

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS

"The MujahidAbdellah ARBAOUTI"



المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⵓⵎⵉⵏⵏ ⵉⵏ ⵙⵏⵉⵙⵏⵉ ⵉⵏ ⵙⵏⵉⵙⵏⵉ ⵉⵏ ⵙⵏⵉⵙⵏⵉ

MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

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

Option : Irrigation et Drainage

THEME :

**DIMENSIONNEMENT DU RÉSEAU D'IRRIGATION DU
PÉRIMÈTRE KSAR SBAHI (SECTEUR B) WILAYA OUM
EL BOUAGHI À PARTIR DU BARRAGE FOUM EI
KHANGA.**

Présenté par :

Mr MESLEM DJAMEL EDDINE

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr HACHEMI Abdelkader	M.A.A	Président
Mr BENKACI ALI Tarek	M.C.B	Examineur
Mme MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examineur
Mr YAHIAOUI Samir	M.C.B	Promoteur

Session OCTOBRE 2020

Dédicace

Ce modeste travail est dédié:

A mes très chers parents

*Ce fut pour moi Un honneur d'avoir suivi ce parcours Inimaginable,
dont vous avez bien connu Les contraintes.*

Merci pour l'incalculable Soutien moral et les nombreux

Encouragements Que j'ai toujours reçus de votre part,

Que dieu tout puissant vous garde et vous Procure la santé et la longue vie.

A mes chers frères

Mohamed et Adel

A mes chères Marwa et Nada

A mes grands parents

A toute ma famille

Surtout mon cousin Oussama

A tous mes chers amis surtout

Ouail, Sidali, Hendi, Sifou Mohamed, et Ziyed

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin

à la concrétisation de ce travail.

MESLEM Djamel Eddine

Remerciement

Je remercie Dieu qui nous a offert la vie et seul capable de nous offrir la joie, le bonheur, la prospérité et la santé.

Je réserve une couronne de remerciements qui restera éternelle à mon encadreur Monsieur YAHIAOUI Samir qui a dirigé ce travail, pour son assistance et ses judicieuses orientations. Qu'il trouve ici mes remerciements les plus humbles et sincères.

Je tiens à remercier et à exprimer mes reconnaissances et mes gratitudes envers Messieurs les membres du jury, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en prenant part à ce jury.

Mes remerciements vont aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail, qu'ils trouvent tous ici d'expression de ma gratitude et ma parfaite considération.

ملخص :

إن سعة استيعاب سد "فم الخنفة" تسمح بإنشاء مساحات زراعية جديدة على مستوى ولاية أم البواقي و سوق أهراس.

الهدف من انجاز هذه المذكرة يندرج ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية, والذي يسعى إلى رفع المردودية الفلاحية و ذلك باستعمال أفضل تقنيات السقي, و تسيير أنجع للموارد المائية و هذا لن يأتي إلا بتبني أنظمة سقي حديثة والتي فرضت فعاليتها, نذكر على سبيل المثال: السقي بالتقطير و السقي بالرش الأكثر تطورا في الأونة الأخيرة نتيجة للتقدم العلمي و التكنولوجي. و من بين ما تتميز به هذه الأنظمة من محاسن هو تحقيقها لاقتصاد معتبر للمياه.

Résumé :

La capacité du barrage Fom El Khonga permis la création de nouvelles surfaces irriguées au niveau de la wilaya d'Oum El Bouaghi et Souk Ahras.

L'objectif de mon mémoire de fin d'études rentre dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irriguée ; dont l'objectif d'augmenter le rendement agricole, par l'utilisation des meilleures systèmes d'irrigation, et une meilleure gestion des ressources en eau et cela par adoption des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée, par aspersion. Ces systèmes présentent de multiples avantages, comme l'importante économie d'eau.

Abstract:

The capacity of the Fom El Khonga dam allowed the creation of new irrigated areas in the wilaya of Oum El Bouaghi and Souk Ahras. The aim of this work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management in a way to attain a high investment feedback, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource and ground resources from the other part. This is achieved by adopting modern irrigation system, which has proved their reliability, localized irrigation, aspersion irrigation the most developed with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like saving important quantities water.

SOMMAIRE :

INTRODUCTION GENERALE.....	1
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PERIMETRE DE LA ZONE D'ETUDE ET ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES DU SECTEUR.....	2
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

Introduction :	3
-----------------------------	----------

I.1 Description de la zone d'étude :	3
---------------------------------------------------	----------

I.3 Conditions climatique :.....	5
-----------------------------------------	----------

I.3.1 Température de l'aire :	5
-------------------------------------	---

I.3.2 Humidité de l'air :	6
---------------------------------	---

I.3.3 Insolation :	6
--------------------------	---

I.3.4 Vent :	7
--------------------	---

I.3.5 Précipitations :	8
------------------------------	---

I.4 Etude foncière :	9
-----------------------------------	----------

I.5 Les indices climatiques:	10
-------------------------------------------	-----------

I.5.1 L'indice d'aridité de MARTONE :	10
---------------------------------------------	----

I.5.2 Quotient pluviométrique d'Emberger :	11
--------------------------------------------------	----

I.5.3 Climogramme de Gaussen :	12
--------------------------------------	----

Conclusion :	14
---------------------------	-----------

CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL ET EN EAU	15
--------------------------------------------------------	-----------

Introduction :	16
-----------------------------	-----------

II.1 Ressources en Sol :	16
---------------------------------------	-----------

II.1.1 Géologie :	16
--------------------------------	-----------

II.1.2 Géomorphologie :	17
--------------------------------------	-----------

II.1.3 Etude de sol :	18
------------------------------------	-----------

II.1.3.a Le profil pédologique :	18
----------------------------------------	----

II.1.3.b Profil N° 01 :	18
-------------------------------	----

II.1.3.c Profil N° 02 :	19
-------------------------------	----

II.1.4 Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques :	21
----------------------------------------------------------------------------	-----------

II.1.4.1 La profondeur du sol et les niveaux limitant :	21
---------------------------------------------------------------	----

II.1.4.2 Texture et structure du sol :	21
----------------------------------------------	----

II.1.4.8 Caractéristiques morphologiques :	22
--------------------------------------------------	----

II.1.4.9 Caractéristiques physico-chimiques :	22
-----------------------------------------------------	----

II.2 Ressource en eau :	23
--------------------------------------	-----------

II.2.1 La géomorphologie du bassin versant :	24
-----------------------------------------------------------	-----------

II.2.2 Qualité de l'eau d'irrigation :	24
II.2.2.1 Qualité de l'eau souterraine :	24
II.2.2.2 Qualité des eaux superficielles :	24
II.2.2.2 a Risques dus à la salinité :	25
II.2.2.2 b. Risques d'alcalinisation :	25
II.2.2.2 c Les ions phytotoxiques :	26
II.2.2.2.d Commentaire des analyses :	29
II.3 Etude hydrologique	31
II.3.1 Pluviométrie :	31
II.3.2 Choix de la station pluviométrique :	31
II.3.3 Homogénéité de la série pluviométrique :	33
II.3.4 Ajustement statistique des pluies :	35
II.3.4.1 Traitement des données :	35
II.3.4.2 Test de validité d'un ajustement :	35
II.3.4.3 Test d'adéquation Khi carré :	35
II.3.4.4 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi Normale :	36
II.3.4.5 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Galton ou loi log-Normale :	37
Conclusion :	39
CHAP III : EVALUATION DES BESOINS EN EAU DU PERIMETRE.....	40
Introduction :	41
III.1 Choix des cultures à mettre en place de la région d'études :	41
III.1 Besoin en eau de périmètre :	41
III.1.1 Evapotranspiration potentielle de référence (ET ₀) :	41
III.1.2 Pluie efficace (P _{eff}) :	43
III.1.3 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :	43
III.1.4 Détermination des besoins bruts :	46
III.2.1 Calcul du débit spécifique :	51
III.2.2 Calcul du débit fictif continu de la culture la plus exigeante :	51
III.3 Évaluation du débit caractéristique :	52
Conclusion:	53
CHAP IV : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION.....	54
Introduction :	55
IV.1 Le système d'adduction :	55

IV.2 Dimensionnement du réseau de distribution :	55
IV.2.1 Dimensionnement du réservoir de distribution :	55
IV.3 Les îlots d'irrigation :	56
IV.3.1 Définition :	56
IV.3.2 Découpage du périmètre en îlots d'irrigation :	56
IV.4 Tracé du réseau d'irrigation :	56
IV.5 Calcul de débits aux bornes :	57
IV.6 Choix de diamètre de la borne :	57
IV.7 Choix du diamètre des bornes :	57
IV.8 Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :	58
IV.8.1 Choix du matériau des conduites :	58
a. Conduites en fonte :	58
b. Conduite en PEHD :	58
c. Conduite en PRV :	59
IV.8.2 Vitesses admissibles :	59
IV.8.3 Calcul des diamètres :	59
IV.8.4 Estimation des pertes de charge :	60
IV.9 L'estimation des pressions aux nœuds, raccordements et bornes est faite par le billet de la simulation EPANET.	61
IV.10 Interprétation des résultats :	65
IV.10.1 Les vitesses :	65
IV.10.2 Les pressions :	65
Conclusion :	66
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE.....	67
Introduction :	68
V.1 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :	68
V.1.1 Données générales :	68
V.1.2 Choix de distributeur :	68
V.1.3 Projection de système d'irrigation localisée sur notre parcelle :	69
V.1.3.1 Influence du taux de couverture du sol :	69
V.1.3.2 Dose nette pratique :	69
V.1.3.3 Pourcentage du sol humidifié :	69
V.1.3.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):	70
V.1.3.5 Dose Brute :	70
V.1.3.6 Durée d'arrosage :	70
V.1.3.7 Durée d'arrosage journalière :	70
V.1.3.8 Nombre d'arbre par hectare :	71
V.1.3.9 Nombre d'arbre par rampe :	71
V.1.3.10 Nombre des goutteurs par rampe :	71

V.1.3.11 Débit d'une rampe :	71
V.1.3.12 Nombre de rampes :	71
V.1.3.13 Débit de la porte rampe :	71
V.1.4 Calcul hydraulique :	72
V.1.4.1 Calcul des diamètres des portes rampes et rampes :	72
V.1.4.1.a Diamètre de la rampe :	72
V.1.4.1.b Diamètre de la porte rampe :	72
V.1.4.2 Calcul de pertes de charge de la conduite secondaire 01:	73
V.1.4.3 Pression en tête du réseau :	73
V.2 Dimensionnement d'un réseau d'asperseur :	74
V.2.1 Données générales :	74
V.2.2 Dose pratique RFU :	74
V.2.3 Diamètre de l'ajutage :	74
V.2.4 Calcul de la portée du jet (L) :	74
V.2.5 Vérification de la pluviométrie ($P < K$) :	76
V.2.6.1 Débit de l'asperseur :	76
V.2.6.2 Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :	76
V.2.7 Paramètres d'arrosage :	76
V.2.7.1 Calcul du tour d'eau :	76
V.2.7.2 Nombre d'irrigation par mois :	76
V.2.7.3 Calcul de la dose réelle :	77
V.2.7.4 Calcul de la dose brute :	77
V.2.7.5 Temps d'arrosage :	77
V.2.7.6 Unité d'arrosage :	77
V.2.7.7 Volume fournie par 1 asperseur pendant 1 mois :	77
V.2.7.8 Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle :	77
V.2.7.9 Nombre d'aspersion (à acheter) :	77
V.2.8 Calculs hydrauliques :	78
V.2.8.1 Dimensionnement hydraulique des rampes :	78
V.2.8.2 Nombre d'aspersion par rampe :	78
V.2.8.3 Nombre de rampes :	78
V.2.8.4 La longueur de la rampe :	78
V.2.8.5 Débit de la rampe :	78
V.2.8.6 Calcul du Diamètre de la rampe :	78
V.2.8.7 Dimensionnement de la porte rampe :	79
V.2.8.7.1 Longueur de la porte Rampe :	79
V.2.8.7.2 Débit de porte rampe :	79
V.2.8.7.3 Calcul du Diamètre de la porte rampe :	79
V.2.8.8 Calcul des pertes de charge :	79
V.2.8.9 Pertes de charge de la rampe :	80
V.2.8.10 Pertes de charge de la porte rampe :	80
V.2.8.11 Pertes de charge de la conduite secondaire 02 :	80
V.2.8.12 Calcul de la pression en tête du réseau :	80
Conclusion :	81
CHAP VI : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE.....	82

Introduction :	83
VI.1 Différents travaux à entreprendre	83
VI.1.1 Travaux concernant le réseau distribution :	83
VI.1.2 Exécution des tranchées :	83
VI.1.3 Pose du lit de sable :	83
VI.1.4 Pose des conduites :	83
VI.1.5 Epreuve de joint et de la canalisation	83
VI.1.6 Remblayage des tranchées	83
VI.1.7 Nivellement et compactage	84
VI.2 Calcul des volumes des travaux de distribution :	84
VI.2.1 Calcul du volume de terrassement	84
VI.2.2 Largeur du fond de la tranchée :	84
VI.2.3 Profondeur de la tranchée :	84
VI.2.4 Calcul du volume de déblai :	85
VI.2.5 Calcul du volume de lit de sable :	85
VI.2.6 Calcul du volume de remblai :	85
VI.3 Les opérations à suivre pour la réalisation de réservoir :	86
VI.4 Calcul du volume de terrassement :	86
VI.5 Estimation de cout total de projet :	87
VI.5.1 Estimation du cout de pose de canalisation de distribution :	87
VI.5.2 Estimation du cout des conduites et des bornes :	87
VI.5.3 Estimation Des équipements interne de la parcelle P2 :	88
Conclusion :	89
CONCLUSION GENERALE	90

Liste des tableaux :

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PERIMETRE DE LA ZONE D'ETUDE ET ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES DU SECTEUR.....	2
Tableau I.1 Température moyennes mensuelles	5
Tableau I.2 : Humidités relatives moyennes mensuelles	6
Tableau I.3 Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois.	7
Tableau I.4 Variation des vitesses du vent.....	7
Tableau I.5 Valeurs de précipitation mensuelle	8
Tableau I.6 Représente la superficie concernée par l'enquête foncière.	9
Tableau I.7 Classification du climat selon MARTON.....	10
Tableau I.8Précipitation et température moyenne.	12
CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL ET EN EAU	15
Tableau II.1 La répartition des surfaces selon les catégories d'aptitudes en irrigué.....	17
Tableau II.2 profile pédologique n°01.....	18
Tableau II.3 profile pédologique n°02.....	19
Tableau II.4 Tableau récapitulatif des sols des zones étudiées :	21
Tableau II.5 Résultats des données du bassin (ONID).	24
Tableau II.6 Composition chimique des eaux souterraines (teneur en mg/l)	24
Tableau II.7 Risque d'irrigation en fonction de la salinité	25
Tableau II.8 Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR	26
Tableau II.9 Niveau de toxicité pour des ions spécifiques.....	27
Tableau II.10 Qualité des eaux du Barrage de Foum El Khonga.	28
Tableau II.11 Les caractéristiques de La station d'Oum El Bouaghi	31
Tableau II.13 test d'homogénéité.....	34
Tableau II.14 Résultats du traitement des données calculé par HYFRAN	35
Tableau II.15 Ajustement à la loi de Gauss	36
Tableau II.16 Ajustement à la loi de Galton.....	37

Tableau II.17 valeurs de khi carré pour les deux lois.....	35
Tableau II.18 Précipitations mensuelles de l'année de probabilité 80%.	38
CHAP III :EVALUATION DES BESOINS EN EAU DU PERIMETRE.....	40
Tableau III.1 Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith	42
Tableau III.2 Pluies efficaces pour chaque mois en mm.....	43
Tableau III.3 Coefficients culturaux et profondeurs d'enracinementsde chaque culture :	45
Tableau III.4 Les besoins de blé :	46
Tableau III.5 Les besoins de l'orge :	46
Tableau III.6 Les besoins de tomate :.....	47
Tableau III.7 Les besoins de pomme de terre :	47
Tableau III.8 Les besoins d'oignon :	48
Tableau III.9 Les besoins de l'haricot :	48
Tableau III.10 Les besoins d'Orgeen vert :	49
Tableau III.11 Les besoins d'olivier :	49
Tableau III.12 Besoins d'irrigation totale des cultures	50
CHAP IV : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION.....	54
Tableau IV.1Choix du diamètre de la borne.....	57
Tableau IV.2 diamètres des bornes choisies.	57
Tableau IV.3 Caractéristique de réservoir.....	56
Tableau IV.4 Calcul hydraulique du réseau de distribution (tançons).	63
Tableau IV.5 Calcul hydraulique du réseau de distribution (bornes et nœuds).	64
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE.....	67
CHAP VI : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE.....	82
Tableau VI.1 Calcul du volume de terrassement :.....	86
Tableau VI.2 Estimation du cout de pose de canalisation de distribution	87
Tableau VI.3 Estimation du cout des conduites et des bornes :	87

Tableau VI.4 Estimation Des équipements interne de la parcelle P2 :	88
---------------------------------------------------------------------------	----

Liste des figures :

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE PERIMETRE DE LA ZONE D'ETUDE ET ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES DU SECTEUR.....	2
Figure I.1 Carte de Localisation de la commune de Kasr Sbahi (source Google images).	3
Figure I.2 Carte de Localisation du périmètre de Kasr Sbahi (source ONID).	4
Figure I.3 Courbe des températures moyennes mensuelles en °C.....	5
Figure I.4 Histogramme de l'humidité moyenne mensuelle en %	6
Figure I.5 Courbe d'insolations moyennes mensuelle en (H/J)	7
Figure I.6 Diagramme représente les vitesses moyennes mensuelles (1981-2019)	8
Figure I.7 Histogramme représentatif de la précipitation moyenne mensuelle (1981-2017).....	9
Figure I.8 Diagramme bioclimatique d'Emberger.	12
Figure I.9 Diagramme de Gaussen période	13
CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL ET EN EAU	15
Figure II.1 Situation géographique du Bassin versant Oued Charef (ONID)	23
Figure II.2 Diagramme Riverside.....	30
Figure II.3 Diagramme de pluviométrie moyenne mensuelle en mm (Période 1971-2011).....	31
Figure II.4. Ajustement à la loi de Gauss (normal).	36
Figure II.5 Ajustement à la loi de GALTON (log-normale).....	38
CHAP III : EVALUATION DES BESOINS EN EAU DU PERIMETRE.....	40
Figure III.1 Caractéristique hydrique de quelque sol.....	44
CHAP IV : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION.....	54
Figure IV.1 Présentation du réseau sur logiciel EPANET.....	61
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE.....	67
Figure V.1 Fiche technique d'un arroseur de type Perrot.....	75

CHAP VI : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE.....	82
Figure VI.1 Schéma d'une tranchée	85
CONCLUSION GENERALE.....	90

Liste des planches :

Planche N° 01 : Plan de situation.

Planche N° 02 : Plan de réseau de distribution.

Planche N° 03 : Plan d'occupation du sol.

Planche N° 04 : Plan de dimensionnement à la parcelle.

Planche N° 05 : Profil en long.

INTRODUCTION GENERALE

Les ressources en eau représentent un élément fondamental dans le développement économique d'un pays. Les interférences du secteur de l'hydraulique avec les autres secteurs économiques ont fait de lui un élément préalable pour la concrétisation des objectifs prioritaires pour le développement de l'agriculture.

L'irrigation dans beaucoup de pays est un art ancien aussi vieux que la civilisation, mais pour le monde entier c'est une science moderne ; la science de la survie.

Assurer la vie d'une plante nécessite bien de l'eau, mais cette eau, doit être distribuée de telle manière à assurer la vie de la culture tout en évitant les pertes aussi, cela dépend du système d'arrosage adopté.

Tout périmètre irrigué, quelque soit sa dimension, son histoire est géré par une organisation ; le périmètre de Ksar Sbahi est géré par l'Office nationale d'irrigation et drainage de la Wilaya d'Oum El Bouaghi.

La région de Ksar Sbahi, située dans l'est Algérien souffre du problème de manque d'eau d'irrigation. Il s'avère en effet que la disponibilité de la ressource en eau dans cette région est de plus en plus compromise en raison des changements climatiques et de la sécheresse qui en résulte d'une part, ainsi que de la mauvaise gestion des fractions allouées au secteur agricole d'une autre part.

Des enquêtes sur le terrain prouvent que les agriculteurs continuent à puiser l'eau de la nappe qui est très sensible et vulnérable à cause de la surexploitation, même si l'état leur a fourni des bornes jusqu'à proximité de leurs périmètres. C'est la raison pour laquelle une bonne gestion de la ressource hydrique devient plus qu'une nécessité à l'heure actuelle.

Le présent mémoire a été établie pour l'étude de l'aire de Ksar Sbahi wilaya d'Oum El Bouaghi située d'une surface de 376 ha (secteur B) d'une surface totale de 2242 ha à partir du barrage de Foug El Khanga.

Ce travail est fait par des étapes bien définies, la première étape est la collecte des données sur le site de travail (situation géographique, climat, qualité de l'eau, qualité du sol...), par la suite le calcul des besoins en eau des cultures de notre zone d'études ce qui nous permettra de dimensionner notre réseau d'irrigation avec des calculs hydrauliques en tenant compte de l'étude technico-économique.

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

Introduction :

Avant d'entamer notre projet, il faut connaître la situation de périmètre Ksar Sbahi du point de vue géographique et climatique, et cela va nous permettre de mener à bien notre travail.

I.1 Description de la zone d'étude :

Le périmètre se trouve à l'est de la commune de Ksar Sbahi. Cette commune est située au nord de la Wilaya de Oum El Bouaghi. La zone se trouve à une altitude variant de 750 à 845m, en rive gauche de l'Oued Sedrata et une partie du périmètre se situe dans la commune de Bir Bouhouche et l'autre se prolonge vers l'ouest dans la commune de Ksar Sbahi.

Le périmètre de Ksar Sebahi a une superficie de 2242 ha qui se trouve au Nord-est de l'Algérie (wilaya d'Oum EL Bouaghi) à environ 90 km de la frontière Tunisienne, est constituée de trois zones indépendantes suivantes :

- Zone A de Ksar Sebahi de superficie 71,40 ha dans la limite de souk Ahras
- Zone B de Bir Bauhouche de superficie 376 ha
- Zone C de Ksar Sebahi de superficie 1794.60 ha.



Figure I.1 Carte de Localisation de la commune de Kasr Sbahi (source Google images).

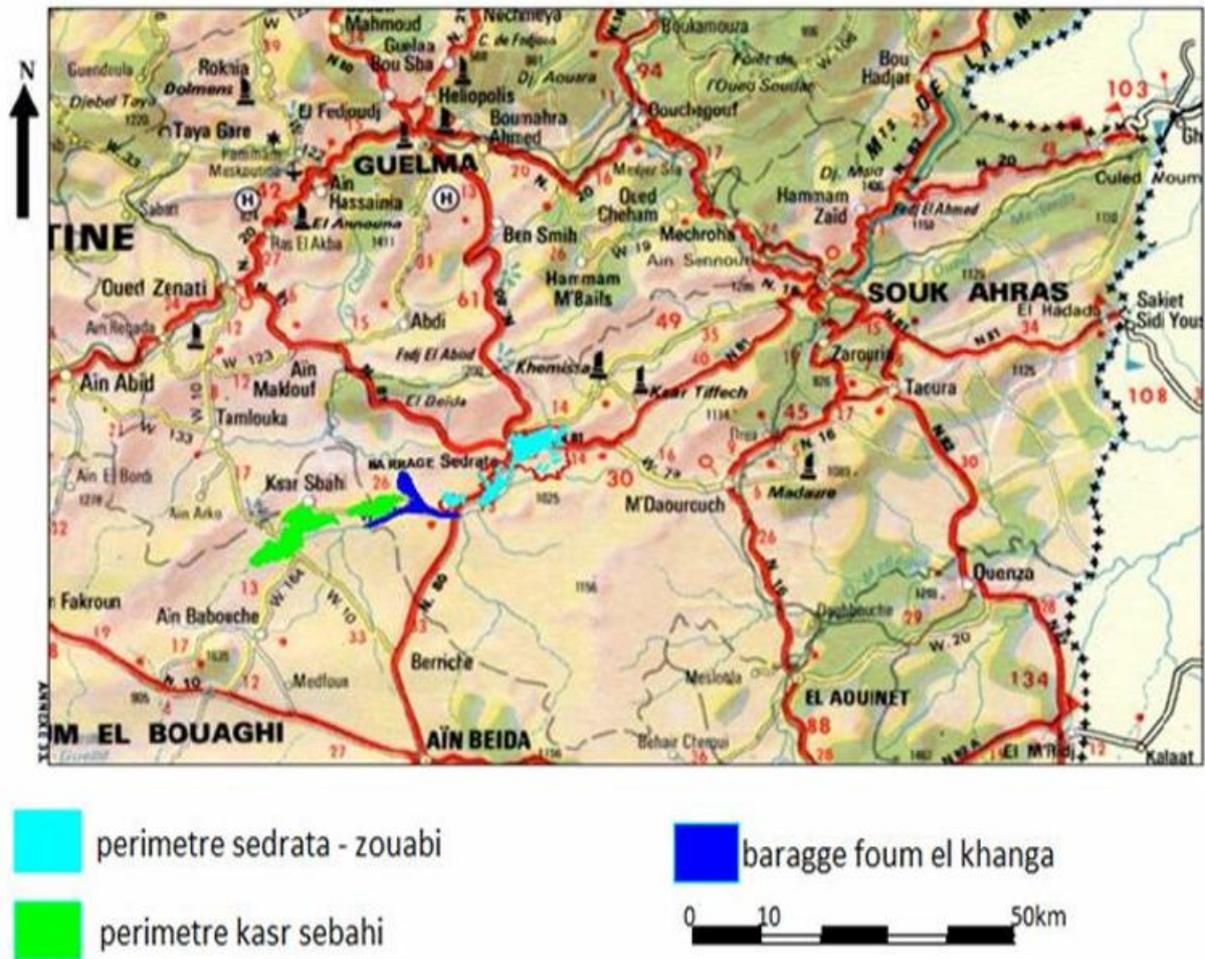


Figure I.2 Carte de Localisation du périmètre de Kasr Sbahi (source ONID).

I.3 Conditions climatique :

I.3.1 Température de l'aire :

Tableau I.1 Température moyennes mensuelles en °C

mois	J	F	M	A	M	J	JUIL	A	S	O	N	D	Année
Tmax	12.51	13.64	16.92	20.56	25.28	30.71	34.89	34.67	29.51	24.55	17.84	13.71	22.95
Tmin	2.75	2.87	4.93	7.32	11.14	15.44	18.62	19.25	16.29	12.44	7.40	4.13	10.25
Tmoy	6.76	7.45	10.20	13.37	17.74	22.57	26.22	26.25	21.99	17.50	11.64	8.00	15.85

Source : tutiempo.net (1989-2011)

Avec :

Tmin= minimale moyenne.

Tmoy = Température moyenne.

Tmax = moyenne maximale.

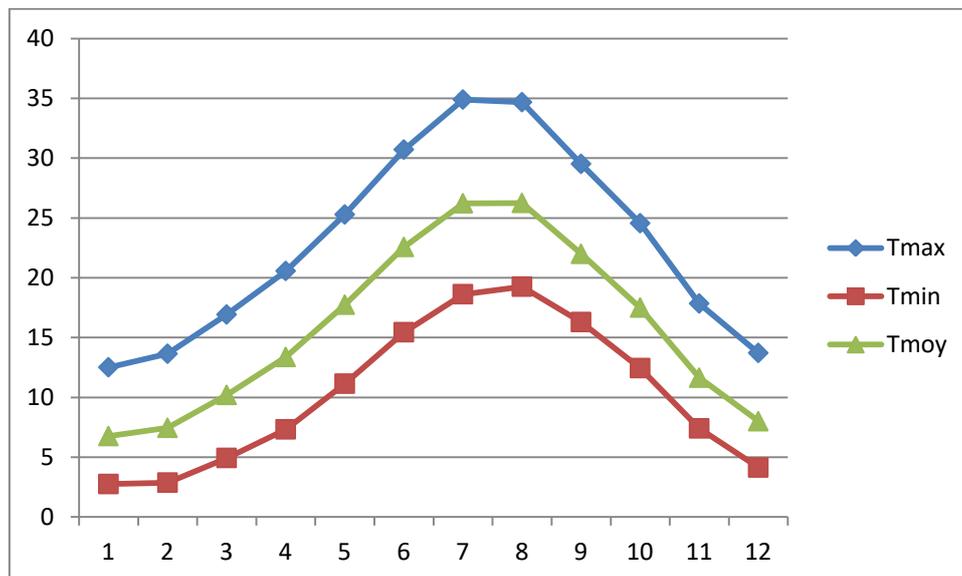


Figure I.3 Courbe des températures moyennes mensuelles en °C

I.3.2 Humidité de l'air :

. Le tableau ci-après donne l'humidité relative moyenne mensuelle de la zone d'étude.

Tableau I.2 : Humidités relatives moyennes mensuelles

Mois	J	F	M	A	M	J	Juil	A	S	O	N	D	Année
Hum%	78.61	75.34	70.61	65.71	60.29	51.93	42.94	44.54	57.05	63.81	72.64	78.58	63.43

Source : tutiempo.net (1981-2019)

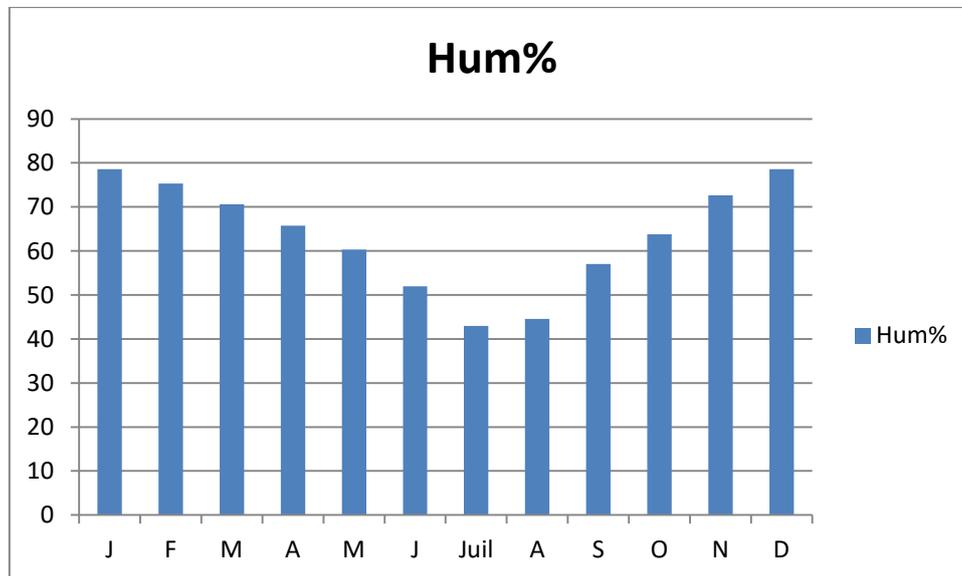


Figure I.4 Histogramme de l'humidité moyenne mensuelle en %

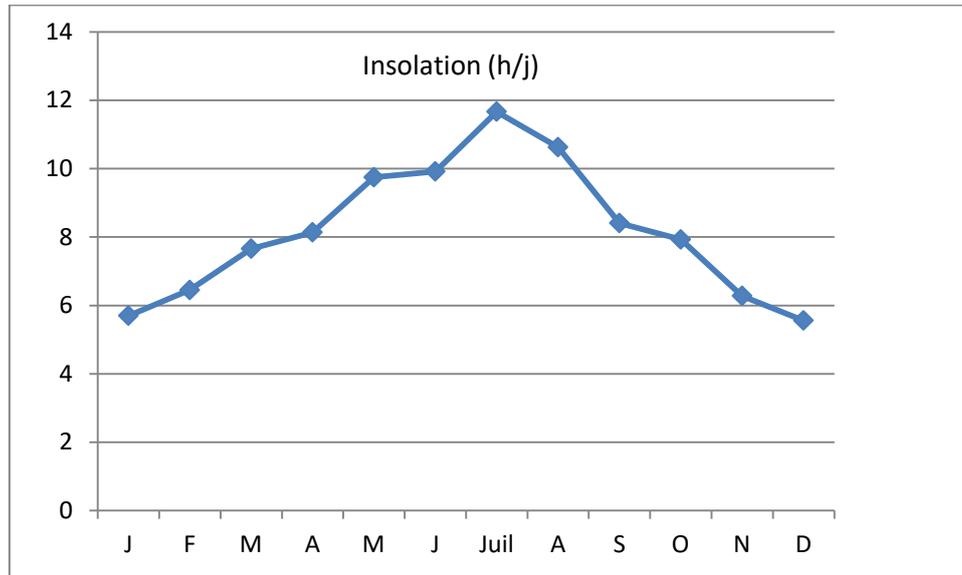
I.3.3 Insolation :

L'insolation moyenne journalière figurée dans le tableau ci-après illustre le paramètre climatique d'insolation dans la zone d'étude.

Tableau I.3 Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois.

Mois	J	F	M	A	M	J	Juil	A	S	O	N	D	Année
Ins (H/J)	5.70	6.45	7.66	8.14	9.75	9.92	11.67	10.63	8.41	7.93	6.28	5.56	8.17

Source : Station météorologique Oum El Bouaghi (ONM)(1977-2011).

**Figure I.5** Courbe d'insolations moyennes mensuelle en (H/J)**I.3.4 Vent :**

D'une manière générale, les vents dans la région de Ksar Sbahi sont pour la plupart faibles et relativement fréquents, notamment en hiver et au printemps.

Tableau I.4 Variation des vitesses du vent

Mois	J	F	M	A	M	J	Juil	A	S	O	N	D	Année
Vent(m/s)	4.01	4.01	3.92	3.72	3.31	3.12	3.12	3.05	3.07	3.30	3.85	4.02	3.54

Source : tutiempo.net (1977-2011).

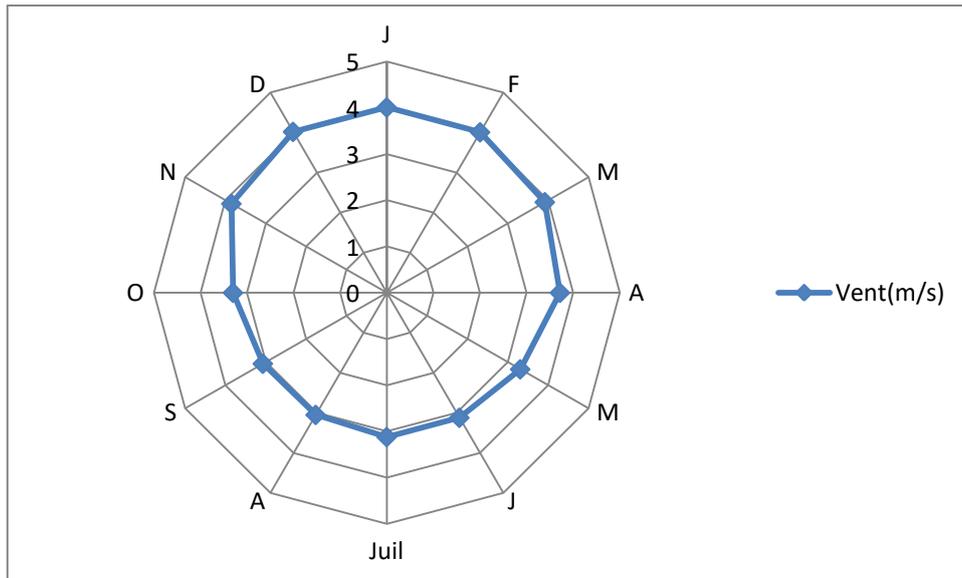


Figure I.6 Diagramme représente les vitesses moyennes mensuelles (1981-2019)

I.3.5 Précipitations :

Les précipitations englobent toutes les chutes d'eau météorique sous ses différentes formes et sont considérées sous divers aspects:

- La quantité totale qui représente la hauteur totale de pluie tombée dans l'année.
- La fréquence qui s'exprime par le nombre annuel de jours de pluie.
- La répartition dans le temps qui conditionne l'alimentation de la plante.
- L'intensité qui s'exprime par la quantité d'eau tombée pendant l'unité de temps (mm/h).

Tableau I.5 Valeurs de précipitation mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	Juil	A	S	O	N	D	Année
Préc(mm)	34,69	27,48	38,35	40,39	38,72	23,43	9,29	14,93	43,8	28,74	34,89	33,32	367,94

Source : Station météorologique Oum El Bouaghi (ONM)(1977-2011).

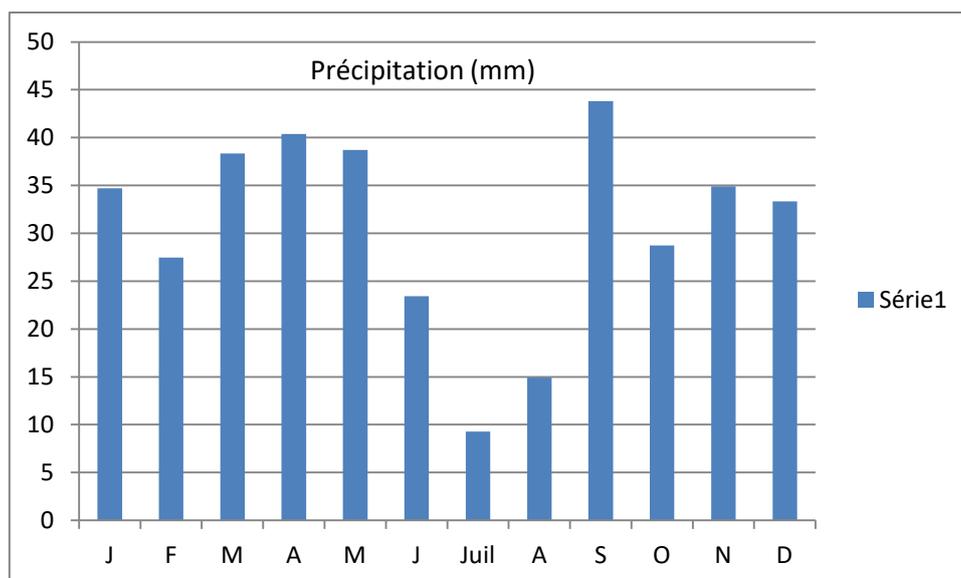


Figure I.7 Histogramme représentatif de la précipitation moyenne mensuelle(1977-2011).

En générale, le régime pluviométrique dans la région est irrégulier. En effet, il connaît des variations au cours de l'année.

La moyenne annuelle des précipitations est d'environ 678.39 mm /an, le mois le plus pluvieux est janvier avec 88.34mm de précipitation moyenne, le plus sec est juillet avec une hauteur moyenne de 11.57mm.

I.4 Etude foncière :

Les informations sur la forme, le statut juridique et la superficie des parcelles et leurs exploitants, sur le mode d'occupation du sol et l'irrigation, sur les bâtiments et leur affectation, ainsi que les autres données nécessaires ont été fournies par la direction de l'AGID et de la DHW de Souk Ahras en 2002.

La liste des parcelles situées dans la zone irrigable délimitée, représentant une superficie de 4267.65 ha, est donnée par les tableaux.

Dans le tableau ci-dessous sont consignées les superficies concernées par l'enquête pour la zone d'étude :

Tableau I.6 Représente la superficie concernée par l'enquête foncière.

Zone	communes	Surface totale (ha)	Nombre de parcelles
Ksar Sbahi	Ksar Sbahi	4267.65	266

Source : ONID ALGER 2002

Une superficie brute de 2430.2 ha, soit une superficie nette de 2242 ha Qui sera mise en irrigué.

Ces superficies constituent 40% du territoire du périmètre de Ksar Sbahi.

I.5 Les indices climatiques:

Par indices, nous entendons une codification du climat par des formules dans le but de voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels : Pluviométrie et température

Les indices les plus connus sont ceux de MARTONE (1926) et EMBERGER (1932)

I.5.1 L'indice d'aridité de MARTONE :

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

$$I_A = \frac{P}{T+10}$$

Avec :

- P : précipitation moyenne annuelles en (mm)
- T : température moyenne annuelle en (°C)
- I_A : indice d'aridité

Tableau I.7 Classification du climat selon MARTON

Valeur d'IA	Type de climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I_A < 20$	Sec (semi aride)	Souvent Indispensable
$20 < I_A < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

Pour : $P = 367.94 \text{ mm}$ $T = 15.85 \text{ }^\circ\text{C}$

$$I_A = \frac{367.94}{15.85 + 10} = 14.23$$

D'après les données :

$P = 367.94 \text{ mm}$ et $T = 15.85 \text{ }^\circ\text{C}$ nous avons obtenus une valeur de I_A égale à 14.23 qui nous informe que notre région est dominée par un climat du type : Sec (semi aride) donc l'irrigation est Souvent Indispensable.

I.5.2 Quotient pluviométrique d'Emberger :

Le quotient pluviométrique d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique et la valeur du coefficient pluviométrique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d'Emberger. Tel que :

$$Q = \frac{1000 \cdot p}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}} = \frac{2000 \cdot p}{M^2 - m^2}$$

- Q : Coefficient pluviométrique d'Emberger.
- P : Précipitation moyenne annuelle en mm.
- M : Température moyenne maximale du mois le plus chaude en $^\circ\text{C}$
- m : Température moyenne minimale du mois le plus froide en $^\circ\text{C}$

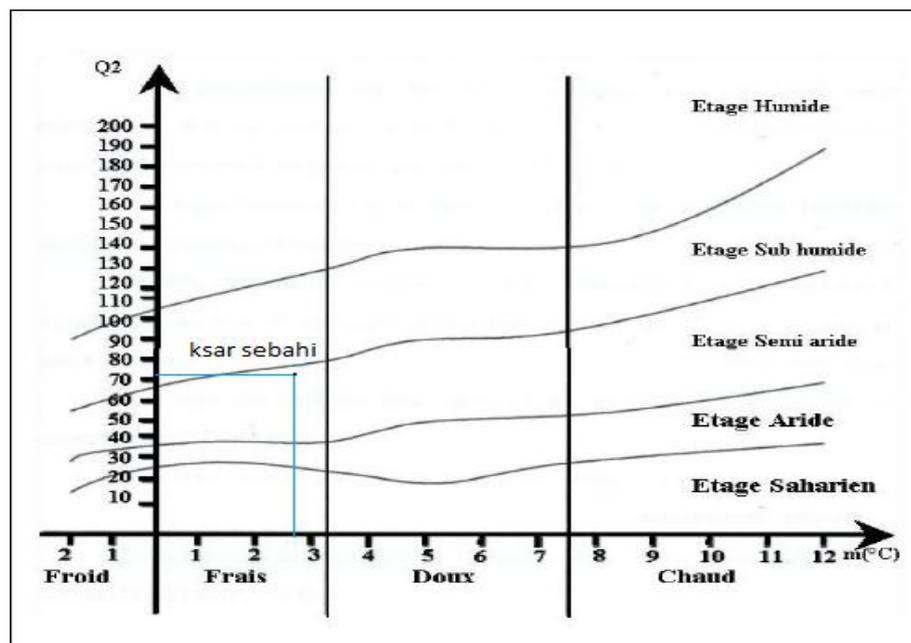


Figure I.8 Diagramme bioclimatique d'Emberger.

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger la valeur de $Q = 72.33$ pour une température du mois le plus froid, $T = 2.75$ °c, nous donne un étage bioclimatique «SEMI- ARIDE».

I.5.3 Climogramme de Gausсен :

Il est établi selon la méthode mise au point par GAUSSEN .Ce diagramme nous permettra donc d'évaluer l'intervalle de saisons sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique.

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison.

Tableau I.8 Précipitation et température moyenne.

Mois	J	F	M	A	M	J	Juil	A	S	O	N	D
Tmoy	6.76	7.45	10.20	13.37	17.74	22.57	26.22	26.25	21.99	17.50	11.64	8.00
Préc(mm)	34,69	27,48	38,35	40,39	38,72	23,43	9,29	14,93	43,8	28,74	34,89	33,32

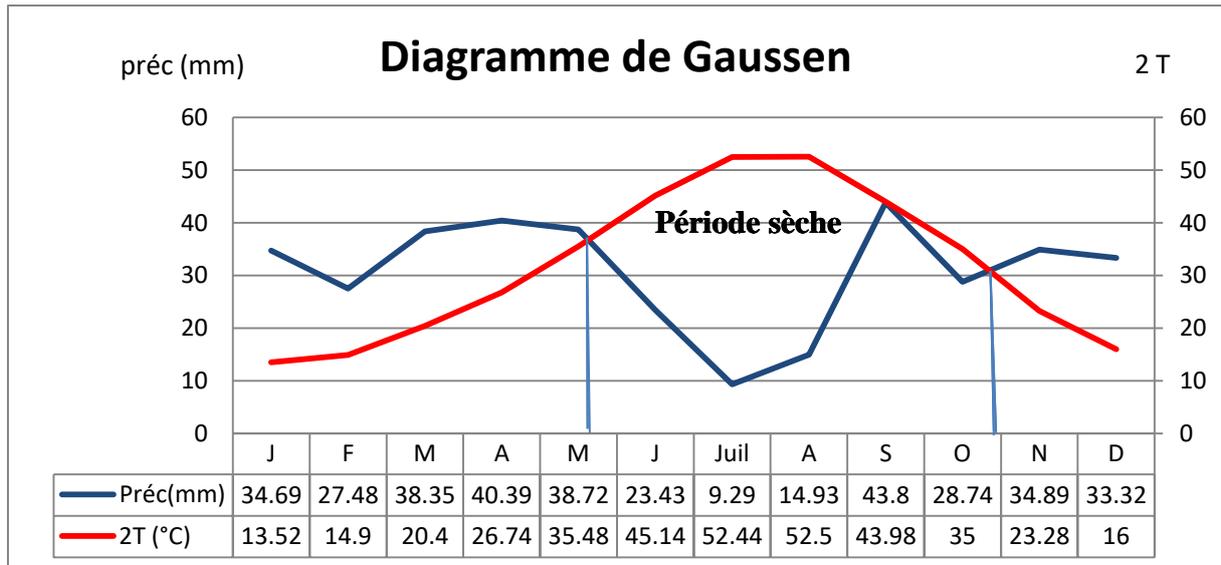


Figure I.9 Diagramme de Gausse période

La période humide est de 6 mois allant du mois de novembre jusqu'au mois d'avril.

La période sèche s'étale sur 6 mois, allant du mois de mai à octobre.

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons déterminé la situation géographique et la description de la zone d'étude et dégagé les principales caractéristiques climatiques de notre région d'étude.

De l'examen des données, il ressort que la région d'étude est déterminée suivant un climat sec avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps, l'année est définie par des hivers pluvieux, des printemps généralement humides et des étés secs.

L'examen des températures moyennes permet de conclure que le climat est semi aride.

Chapitre II : Ressources en sol et en eau

Introduction :

Dans ce chapitre nous déterminons les zones apte a l'irrigation et les zones a revalorise pour ce la on doit tenir compte de point de vu technique ou bien économique pour l'établissement du réseau d'irrigation.

La classification des sols sont : la texture, le critère d'hydromorphie, la porosité, la salinité et le calcaire actif, bien qu'ils sont localisés dans des zones précises.

Avant L'utilisation, nous examinons la qualité d'eau. Pour ce la on doit tenir compte de la salinité, l'alcalinité et les ions phytotoxique.

Une étude hydrologique est nécessaire pour déterminer les caractéristique des pluies de fréquence donné , qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, l'étude porte sur : la détermination de l'année de calcul, l'homogénéisation des séries pluviométriques ,et l'étude fréquentielle des séries pluviométrique par des lois statistiques pour faire ressortir les pluie efficace pour le calcul de bilan hydrique.

II.1 Ressources en Sol :

Le sol est à la base essentielle de toute production agricole, il constitue pour la Plante un support, une réserve d'eau et d'éléments nutritifs. L'étude pédologique permet de déterminer le niveau de fertilité des sols et de chercher le moyen ou les méthodes visant à la mettre en valeur pour un accroissement conséquent de la production agricole et de connaître les problèmes lis au sol de la région pour donner des solutions.

II.1.1 Géologie :

Les principales unités stratigraphiques observées dans les plaines de KSAR SEBAHI et dans la partie méridionale de la plaine de TAMLOUKA sont les suivantes :

- Alluvions récentes : ce sont des limons, graviers et galets roulé constituant des alluvions actuelles des lits majeurs des oueds, ou récentes (banquette rharbienne)
- Terrain, formation de pente et quaternaire indéterminé : le soltanien est une terrasse de cailloux, parfois encroûtée, nettement surélevé par rapport à la banquette rharbienne. La troisième terrasse, très disséquée par l'érosion et dont les éléments (graviers, blocs roulé) sont recouverts d'une croûte calcaire feuilletée caractéristique qui peut être rapportée au tensiftien. Le raccord avec la terrasse soltaniennne peut être progressif.
- Les formations de pente jouent un rôle important dans les zones argileuse ou marneuse. Il s'agit de placage limoneux permettant la culture céréalière avec de bons rendements lorsque l'érosion ne les dilacère pas trop.

- Glacis polygéniques méridionaux : ils correspondent à la surface très faiblement pentées près des plaines. Ces plans légèrement inclinés sont parcourus de ravineaux divergents très faiblement marquées et devenant nuls au bas de la pente, plus nettement entaillés en haut.
- En profondeur, les traces d'encroûtement sont fréquentes et présentent habituellement un aspect de croûte feuilletée classiquement attribuée au tensifien. Leur genèse est donc récente. De toutes les manières, leur épandage sur les croûtes moulouyennes est clair. Au moment des fortes pluies de printemps ou des gros orages d'Août et Septembre, ces glacis sont localement le siège d'un écoulement en nappe avec remise en mouvement de nombreux galets et du limon superficiel. Les conséquences peuvent être catastrophiques pour les cultures des zones basses.
- Croûtes calcaires : sont attribuées au moulouyen et sont installées directement sur des calcaires et des conglomérats fossilifères, dans lesquels il n'est pas possible de déterminer la limite entre le pliocène supérieur et le début du moulouyen.

II.1.2 Géomorphologie :

Les deux plaines étudiées se situent à des altitudes qui varient entre 786 et 838 mètre. Les altitudes les moins élevées correspondent aux terrasses et plaines alluviales, les altitudes plus élevées correspondent aux glacis. Mais dans la majorité des cas, le relief est favorable pour l'utilisation agricole des terres et leur irrigation, à savoir : topographie plane, pentes ne dépassant guère 2 à 3%.

Tableau II.1 La répartition des surfaces selon les catégories d'aptitudes en irrigué.

Zone	Catégorie (ha)					total
	I	II	III	IV	V	
Ksar Sbahi	411	2.339	-	293	626	3669

Source : ANRH Alger

- La majorité des sols définis comme aptes à l'irrigation est caractérisée par une structure polyédrique, grossière et peu prononcée. Les sols étudiés se caractérisent par une texture argileuse, argilo-limoneuse et en moindre partie la texture argilo-sableuse.
- La porosité du sol jusqu'à 100 cm de profondeur varie entre 29 et 46%, la valeur moyenne étant voisine de 35%.
- L'infiltration est en corrélation avec la texture et la structure. Selon les résultats de mesures sur 78% des superficies irrigables, la perméabilité se situe entre 0.5 et 2 cm/h, alors que sur le reste de la surface elle est comprise entre 2 et 4 cm/h.

II.1.3 Etude de sol :

II.1.3.a Le profil pédologique :

Le profil de sol est la séquence caractéristique des horizons d'un sol donnée, chaque horizon étant une couche repérable et distincte de ce sol, (couleur pédologique, caractéristique physique, chimique et biologique spécifique). Les profils décrits et analysés ont été réalisés par l'ANRH.

II.1.3.b Profil N° 01 :

- Situation : Sud-ouest de KSAR SBAHI
- Topographie : plane
- Pente : Ouest-Est 1%
- Végétation : céréale (état moyen)
- Géomorphologie : glacis terrasse
- Coordonnées métrique : X=907.280 Y=312.880

Tableau II.2 profile pédologique n°01

Profondeur (cm)		0-22	22-60	60-110
Granulométrie	Argile %	19	31	34
	Limons fins %	29	27	31
	Limons grossiers %	9	12	7
	Sables fins %	15	12	21
	Sables grossiers %	24	10	10
Matière organique	MO %	2.05	1.21	0.63
	C %	12.00	7.10	3.70
	N %	1.30	0.70	0.67
	C/N	9	10	
Reserve minérale	CaCO3 totale %	39.90	49.40	56.24
	CaCO3 actif %	16.30	18.00	17.80
	P2O5 totale à p ‰	0.62	0.66	0.49
	P2O5 assimilable (PPM)	220.00	220.00	230.00
	K20 ‰	2.60	2.26	1.54
Complexe absorbante	Ca en méq/100g	20.00	23.00	23.00
	Mg en méq/100g	5.00	9.00	12.00
	K en méq/100g	0.30	0.40	0.20
	Na en méq/100g	2.08	1.80	1.30
	T en méq/100g	23.00	20.00	14.40
Ph		8.3	8.4	8.4

Conductivité ds/m	0.6	0.5	0.4
Densité apparente	1.6	1.5	1.4

Source : ANRH Alger

Classification :

- Class : Sol peu évolué
- S/classe : d'origine non climatique
- Groupe : d'apport colluvial
- S/groupe : modal
- Famille : colluvions calcaires de texture moyenne

Description :

0-22 cm : Sec, brun, structure polyédrique fine, moyenne mal développée, texture équilibrée, quelque racines et radicelle, poreux, friable.

22-60 cm : Sec, brun jaunâtre, structure polyédrique moyenne mal développée, poreux, texture limono-argileuse.

60-110 cm : Sec, brun jaunâtre, structure polyédrique grossière assez bien développée, consistance assez dure, texture argilo-limoneuse.

II.1.3.c Profil N° 02 :

- Situation : Extrême Sud-Est de KSAR SBAHI
- Topographie : plane
- Pente : Sud-Nord 1%
- Végétation : jachère
- Géomorphologie : glacis
- Coordonnées métrique : X=914.460 Y=231.160

Tableau II.3 profile pédologique n°02

Profondeur (cm)		0-20	20-55
Granulométrie	Argile %	42	52
	Limons fins %	15	16
	Limons grossiers %	8	6
	Sables fins %	19	19
	Sables grossiers %	14	8
Matière organique	MO %	1.45	1.21
	C %	8.50	7.10
	N %	0.90	0.95

	C/N	9	7
Reserve minérale	CaCO3 totale %	26.60	29.26
	CaCO3 actif %	13.50	15.00
	P2O5 totale à p ‰	0.30	0.21
	P2O5 assimilable (PPM)	180.00	170.00
	K2O ‰	2.40	2.30
Complexe absorbante	Ca en méq/100g	19.00	21.00
	Mg en méq/100g	7.00	9.00
	K en méq/100g	1.66	1.78
	Na en méq/100g	0.60	1.20
	T en méq/100g	17.60	17.60
Ph		8.50	8.30
Conductivité ds/m		0.70	1.40
Densité apparente		1.4	1.6

Source : ANRH Alger

Classification :

- Class : Sol calcimagnésique
- S/classe : carbonaté
- Groupe : brun calcaire
- S/groupe : verticale
- Famille : colluvions calcaires de texture fine

Description :

- 0-20 cm : Sec, brun, texture argilo-limoneuse, structure polyédrique fine à moyenne, porosité bonne.
- 20-55 cm : Sec, à frais, texture argileuse, structure polyédrique moyenne à grossière, porosité bonne.
- Au-delà de 55 cm : Encroûtement calcaire.

Tableau II.4 Tableau récapitulatif des sols des zones étudiées :

classe	Sous-classe	groupe	Sous-groupe	Superficie ha
Sols peu évolués	D'origine non climatique	D'apport alluvial	vertiques	64
		D'apport alluviel	modaux	97
			vertiques	1094
vertisols	A drainage externe possible	A structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs	modaux	1245
Sols calcimagnésiques	Sols carbonatés	Rendzines	modales	626
		Bruns calcaires	modaux	236
			modaux sur encroûtement calcaire	174
			vertiques	78
			vertiques sur encroûtement calcaire	55
TOTAL				3669

Source : ANRH Alger

II.1.4 Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques :

Les principales caractéristiques morphologiques et physico-chimiques de tous les sols qui ont été répertoriés sont les suivantes :

II.1.4.1 La profondeur du sol et les niveaux limitant :

La profondeur du sol est l'espace facilement utilisable par les racines des plantes C'est donc un facteur très important

II.1.4.2 Texture et structure du sol :

La plus grande superficie des zones étudiées est occupée par des vertisols et des sols peu évolués vertiques qui sont caractérisés par une texture fine à très fine, associée à une structure grossière (polyédrique à cubique grossière) notamment dans les horizons supérieurs, une porosité réduite, la présence de fentes de retrait qui s'accroissent surtout en été quand le sol est sec, une compacité élevée.

Ces propriétés physiques du sol s'avèrent donc être des facteurs limitants pour plusieurs cultures, entre autres les arbres fruitiers.

II.1.4.8 Caractéristiques morphologiques :

- profondeur du profil : peu profond, moyen profond et profond
- humidité : sec en superficie et sec à frais en profondeur
- couleur : brun, brun clair, brun foncé, jaunâtre
- structure : polyédrique, polyédrique fine, polyédrique fine à moyenne, polyédrique fine à grumeleuse, polyédrique moyenne grossière, bien développée, polyédrique à prismatique bien développée.

II.1.4.9 Caractéristiques physico-chimiques :

- texture des sols : fine et très fine, rarement moyenne grossière et grossière.
- calcaire actif (CaCO₃) : de teneur environ 12 %.
- PH : situé entre 8 et 8,5
- Salinité des sols : inférieur à 2 mmhos/cm sur la majeure partie des sols examinés
- Teneur en matière organique : irrégulier, dans le premier horizon varie entre 0,15 3,0%.

II.2 Ressource en eau :

Le réseau d'irrigation et de drainage n'existent pas dans les zones étudiées. Les puits existants servent en général à l'alimentation en eau potable. Des petites surfaces des terres longeant les oueds sont irrigués par pompage.

La source d'eau pour l'irrigation de la zone de Ksar Sebahi est la retenue existante Foum el Khanga qui dispose d'un volume de 157 hm³, situé à l'aval du confluent de l'oued Cherf et de l'oued Settara. Cette retenue est en même temps la source d'eau pour l'irrigation des surfaces irrigables dans la zone de Ksar Sebahi. L'eau de ce barrage s'est avéré de bonne qualité pour l'irrigation, d'après ses analyses physico-chimiques. Le niveau maximum dans cette retenue se situe à la cote 745,0, le niveau minimum étant à la cote 730,0.

Le bassin versant d'oued Charef est localisé au Nord- Est de l'Algérie. Il fait partie du grand bassin versant de Seybouse et couvre une superficie de 1735 Km², de forme allongée avec un indice de compacité de 1,27 équivalent à un rectangle de longueur de 70,9 Km et de largeur de 24,1 Km. Le bassin versant de l'oued Charef est constitué de deux plaines, la plaine de Sedrata et la plaine de Zouabi ; il est délimité par :

- au nord : Les crêtes du djebel Ras El Alia.
- au sud : Les crêtes du djebel : Sidi Rghis, Oum el Djemel, Kef lahmar et El Khaunga.
- à l'est : Les crêtes des djebels : Terraguelt et Ain Zitoun .
- à l'ouest : Les crêtes des djebels : Chouaga et Chedk et Sellaoua.

Les coordonnées géographiques d'étude sont : (X= 921.5 ;Y= 322.5 ;Z= 962.0)

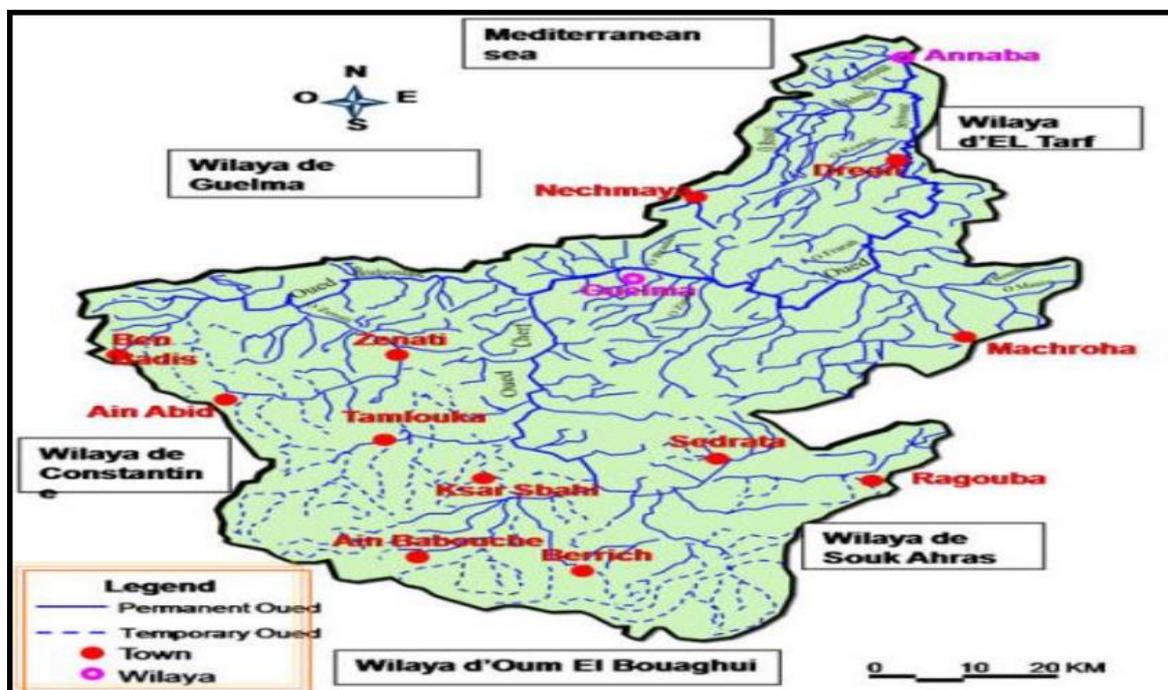


Figure II.1 Situation géographique du Bassin versant Oued Charef (ONID)

II.2.1 La géomorphologie du bassin versant :

L'étude morpho-métrique caractérisée par la détermination des paramètres morpho-métriques, dont les calculs sont résumés dans le tableau

Tableau II.5 Résultats des données du bassin (ONID).

Désignation	unités	valeurs
Superficie du bassin <S>	km ²	1735
Périmètre du bassin versant <P>	km	190
Kc Indice de compacité		1,27
L (longueur équivalent)	km	69.86
I (largeur équivalent)	km	24.83
Ig Indice de pente globale	m/km	9.44
Altitudes caractéristiques		
Hmax	m	1635,00
Hmoy	m	960,00
Hmin	m	705,00
Temps de concentration Tc	H	13.65
Densité de drainage Dd	Km/km ²	0.48

Source : ONID

II.2.2 Qualité de l'eau d'irrigation :

II.2.2.1 Qualité de l'eau souterraine :

La composition chimique de l'eau dans la zone d'étude est prise par analyses sur un échantillon du (puit P-9) et donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.6 Composition chimique des eaux souterraines (teneur en mg/l)

Paramètres	Puits P-9
Magnésium (Mg)	37.94
Sulfates (SO ₄)	229.82
Carbonates (CO ₃)	24
Bicarbonates (HCO ₃)	195.23
pH	8.4
CO ₂ agressif	Néant
Ammonium (NH ₄)	non dose

Source(ONID)

II.2.2.2 Qualité des eaux superficielles :

La qualité chimique de l'eau de Barrage Foug El Khounga a été étudiée sur des échantillons prélevés dans les deux années 2018/2019.

II.2.2.2 a Risques dus à la salinité :

L'excès de teneur en sel fait Processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol ; il s'en suit une diminution des rendements et à terme une stérilisation du sol.

La concentration en sel est exprimée en g de sel par litre d'eau (g/L).

Elle peut aussi être mesurée grâce à la conductivité électrique de l'eau d'irrigation (ECi). Cette conductivité est exprimée en millimhos par centimètre (mmhos/cm) ou milliSiemens par centimètre (mS/cm).

La classification du risque encouru par l'irrigation en fonction la salinité de l'eau d'irrigation est donnée dans le tableau suivant :

Tableau II.7 Risque d'irrigation en fonction de la salinité

	Conductivité électrique (mmhos/cm)	Risque	Remarque
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible	Convient pour toutes les cultures
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé	Eau difficilement utilisable sur sol bien drain

Source: MFE HENDI Mohamed (2019).

II.2.2.2 b. Risques d'alcalinisation :

Pour maintenir les conditions d'infiltration adéquates dans les sols irrigués, il faut veiller à empêcher les complexes d'échange du sol de se charger en Na^+ . Le sodium échangeable a une incidence marquée sur les propriétés physiques et chimiques des sols. A mesure que la teneur en eau échangeable augmente, le sol à tendance à se disperser,

Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure. On exprime le Danger d'alcalinité d'une eau d'irrigation par le SAR (Sodium Absorption Ratio), Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium. Le SAR est défini par l'équation suivante :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

Avec :

Na: Sodium en meq./L

Ca: Calcium en meq./L

Mg: Magnésium en meq./L

Pour les eaux carbonates un SAR ajusté (SAR_{adj}) est utilisé afin de tenir en compte la mise à l'équilibre de l'eau avec la calcite. Une forte teneur en carbonate et bicarbonate dans l'eau peut causer la précipitation des calciums et des magnésiums et augmenter la concentration relative en sodium donc augmentant l'indice SAR .

La formule utilisée pour la détermination du SAR ajusté est la suivante :

$$\text{SAR}_{\text{adj}} = \text{SAR} [1+(8,4 - \text{pH})].$$

Les risques de salinité (apprécié par la conductivité électrique) et d'alcalinisation (apprécié par le SAR) ne sont donc pas indépendants. Le diagramme Riverside permet de faire une première classification des eaux selon leur aptitude à l'irrigation.

Si les eaux de la catégorie 1 peuvent être utilisées sur presque n'importe quel sol et pour n'importe quelle culture, celles des catégories 2 et 3 doivent être utilisées avec précaution, et celles de la catégorie 4 doivent pratiquement toujours être rejetées.

Dans les régions semi-arides, comme celle de notre zone d'étude on peut considérer la classification proposée par l'université californienne suivante :

Tableau II.8 Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S1	$\text{SAR} \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < \text{SAR} \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < \text{SAR} \leq 26$	Risque élevé
S4	$\text{AR} > 26$	Risque très élevé

Source: University of California Committee of Consultants, 1974.

II.2.2.2 c Les ions phytotoxiques :

Les ions phytotoxiques les plus communs sont : Bore (B) - Chlorure (Cl) - Sodium (Na)

Le sodium et le chlorure sont habituellement absorbés par les racines. Lorsque l'absorption se fait par les feuilles le taux d'accumulation est plus grand. L'absorption directe se produit habituellement dans des systèmes d'irrigation par arrosage dans des conditions de faible humidité. La convenance de concentration de ces ions dépend du type de culture, de l'état de croissance, de la concentration en ions, du climat et de l'état des sols.

Tableau II.9 Niveau de toxicité pour des ions spécifiques

	Bore (mg/l)	Chlorure (meq/l)	Sodium (meq/l)
Nul	< 0,7	< 4	< 3
Léger à Modéré	0,7 – 3	4 – 10	> 3
Sévère	> 3	> 10	

Source: University of California Committee of Consultants, 1974

Date	Couleur	Ph	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Cl mg/l	K mg/l	CO3 mg/l	HCO3 mg/l	Cond µs/cm	Rs105 mg/l	MES10 5 mg/l	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	Turb (NTU)
16/01/2018	Incolore	7.6	139.7	70	519	800	9	0	207.4	350	2268	18	0.29	0.125	6	0.03	0.3
20/02/2018	Incolore	7.8	144.2	88	523	810	12	0	176.9	353	2248	22	0.28	0.141	6	0.04	1
07/03/2018	Incolore	7.7	147.2	89	457	826	10	0	207.4	351	2230	20	0.26	0.124	7	0.05	2.2
16/04/2018	Incolore	7.7	250	66	422	800	8	0	207.4	360	2292	20	0.22	0.164	4	0.04	2
22/05/2018	Incolore	7.8	154.2	63	540	835	8	0	79.3	362	2340	22	0.25	0.155	8	0.04	1.9
24/06/2018	Incolore	7.8	124.1	90	530	695	11	0	140.3	354	2276	12	0.29	0.109	4	0.03	3.6
24/07/2018	Incolore	7.8	137.7	80	538	800	8	0	189.1	367	2358	28	0.15	0.112	0	0.03	1.2
13/08/2018	Légèrement Colorée	7.3	121.2	38	244	435	7	0	122	197	1272	22	0.27	0.11	4	0.02	1.4
26/09/2018	-	7.9	106.8	56	500	595	10	0	250.1	296	1889	24	0.11	0.11	2	0.02	1.3
22/10/2018	-	7.9	113.7	66	372	475	8	0	158.6	273	1778	22	0.1	0.148	3	0.03	2
21/11/2018	Incolore	7.9	111.1	68	368	510	6	0	298.9	272	1768	12	0.09	0.103	2	0.04	3.3
30/12/2018	Incolore	7.8	107.9	38	446	680	2	0	152.5	270	1754	20	0.08	0.113	5	0.03	3.6
13/03/2019	Incolore	7.8	116.5	40	315	505	19	0	170.8	234	1550	24	0.17	0.055	7	0.02	4.9
21/04/2019	Incolore	7.9	100.4	33	356	500	13	0	183	230	1498	14	0.08	0.007	5	0.01	6.5
14/05/2019	Incolore	7.9	132.8	40	348	175	13	0	207.4	252	1646	18	0.07	0.194	6	0.02	5.9
16/06/2019	Incolore	7.7	106	43	383	500	4	0	158.6	244	1660	10	0.17	0.166	3	0.02	5.3
24/07/2019	Incolore	7.7	184.8	40	324	595	12	0	128.1	264	1722	18	0.12	0.102	1	0.04	1.4
11/09/2019	Incolore	7.7	104.4	22	450	580	6	0	152.5	263	1710	32	0.19	0.137	5	0.07	1.8
27/10/2019	Incolore	7.8	144.4	40	290	420	5	0	146.4	231	1494	30	0.18	0.187	3	0.02	3.8
24/11/2019	Incolore	7.7	157.8	57	240	460	8	0	219.6	227	1498	24	0.24	0.172	6	0.03	4
17/12/2019	Incolore	7.7	177.8	59	230	420	8	0	158.6	233	1542	20	0.25	0.183	4	0.04	5.4
Moyenne		7.76	137.27	56.48	399.76	591.24	8.90	-	176.90	284.90	1 847.29	20.57	0.18	0.13	4.33	0.03	2.99

Tableau II.10 Qualité des eaux du Barrage de Foum El Khonga. Source ANRH Alger.

II.2.2.2.d Commentaire des analyses :

D'après ces résultats d'analyses, il ressort que :

- La conductivité électrique EC est de 0.28 ms/cm.
- Le SAR est égal à 7.27.

Un risque moyenne de salinité et le risque d'alcalinisation est nul et l'eau est de classe **C2-S1**

- Le pH est situé entre 7.3 et 7.9.

Le PH est dans la gamme normale.

Les eaux de la retenue Foum El Khonga ont un risque moyen de la salinité mais avec la porosité de sol et une dose de précipitation, la concentration de sel va diminuer. Ces eaux sont donc considérées de bonne qualité pour l'irrigation.

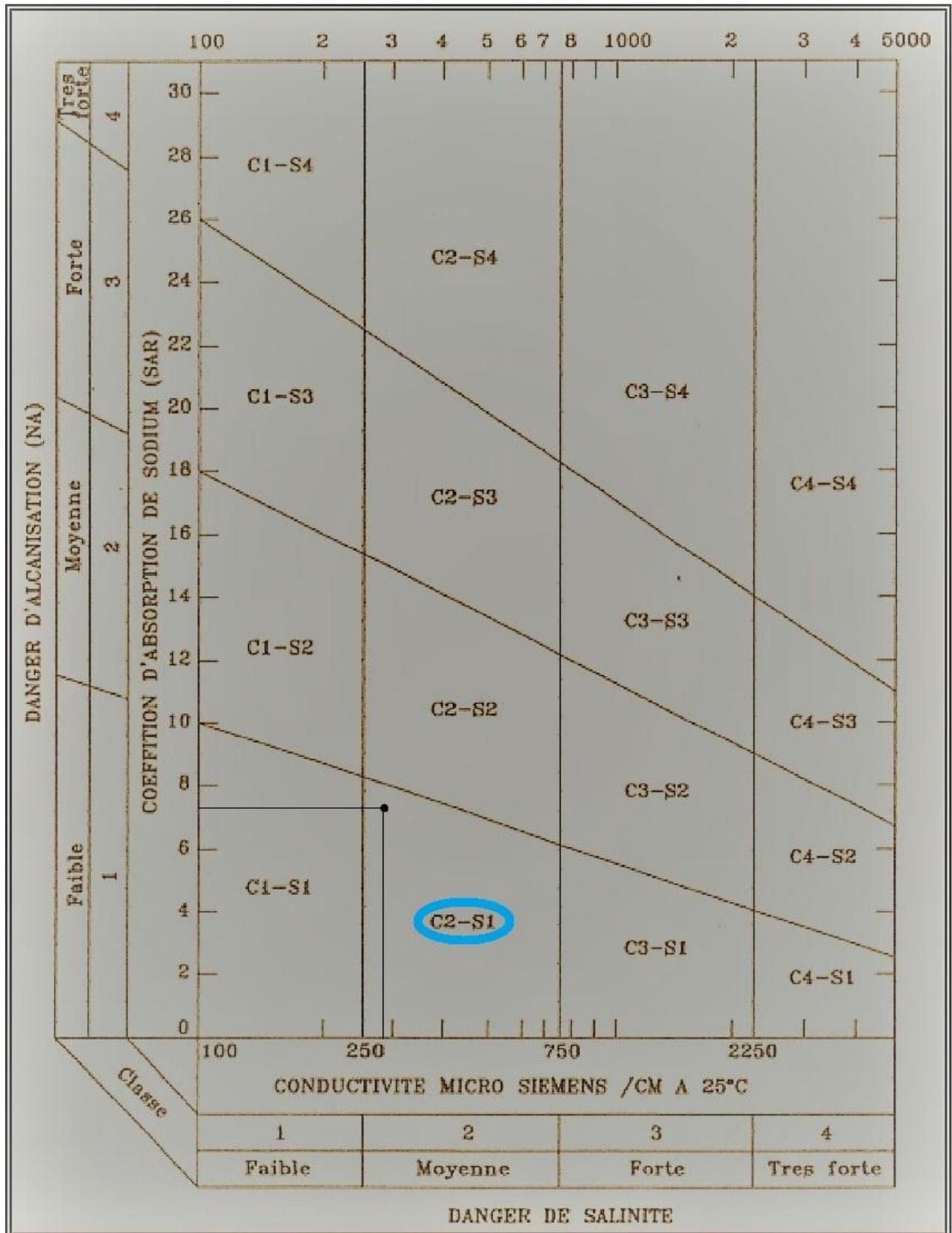


Figure II.2 Diagramme Riverside

II.3 Etude hydrologique

II.3.1 Pluviométrie :

L'étude pluviométrique sera effectuée à partir des données des précipitations mensuelles et journalières enregistrées au niveau de la station la plus proche de la zone d'étude.

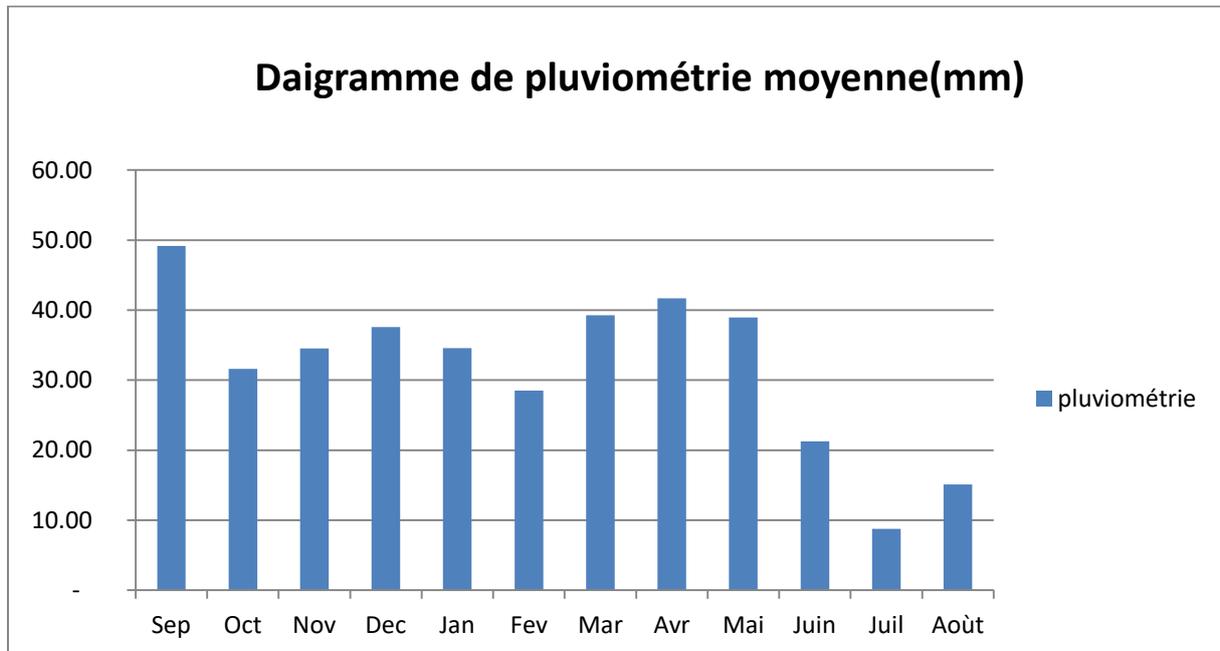


Figure II.3 Diagramme de pluviométrie moyenne mensuelle en mm (Période 1971-2011)

II.3.2 Choix de la station pluviométrique :

En tenant compte de la position géographique de périmètre d'étude, la station la plus représentative est la station de KSAR SBAHI.

Tableau II.11 Les caractéristiques de La station d'Oum El Bouaghi

Nom de la station	Code	Coordonnées en lambert		Coordonnées en degrés		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X (Km)	Y (Km)	Longitude	Latitude			
ksar Sbah	14.01.04	910,625	311,105	07°14'46'' E	36°4'8'' N	866	1971-2011	41

Source ANRH Alger

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique est donnée dans le tableau suivant :

Tableau II.12 Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles (mm) (1971-2011).

N°	Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	P ann
1	1971	92.2	143	9	30	28.9	5.6	19	109.5	56.7	3.2	22.4	9.7	529.2
2	1972	9.6	24	26	36.8	53.5	36	27.3	5.5	64.3	3.6	6.9	5.7	299.2
3	1973	58.8	21.5	49.4	36.1	47.9	29.8	42.5	81.5	62.3	28.5	1.9	43.3	530.5
4	1974	94.8	70.3	21.5	65.2	44.1	43	75.6	43.4	5	28.5	5.2	20.9	517.5
5	1975	19.1	7.8	23	102.2	7.2	37.8	52	34.5	3.4	14.1	2.2	6.6	309.9
6	1976	22.4	23.2	66.3	12.8	22.4	73.1	50.5	21.2	51.1	0.2	4.4	14	361.6
7	1977	45.5	3.4	49.9	16.4	24.1	57.6	67.6	43.1	56.4	68.1	41.3	15.5	488.9
8	1978	54.8	31.2	63.5	25.3	48.7	2.7	18.3	43.5	76.6	26	0	34.1	424.7
9	1979	4.5	1.9	65.4	4.5	10.6	9.4	29	32.2	12.6	7	7	12	196.1
10	1980	16.7	46.5	4.5	3.9	37	39.1	19.7	71	13.7	24.3	8.3	8.3	293
11	1981	26	31.2	20	3.6	15.6	39.6	57.9	38	54.8	6.7	0.1	12.8	306.3
12	1982	59.2	9.9	68.3	87.6	5.7	29.6	34.7	10.8	6.3	11.7	0	13.6	337.4
13	1983	28.4	28.5	3	21.7	23.9	29	41.5	91.6	44.7	52.2	0.3	13.6	378.4
14	1984	64.8	43.5	117.5	21	1.5	20	25	6	7.7	18.1	0.5	10.4	336
15	1985	51.3	13.2	10	12.7	42.2	86.5	17.6	31.5	0.7	13.8	0	28.2	307.7
16	1986	4.9	80.9	6.7	47.9	55.4	16.9	100.3	17	82.2	0.1	0	0	412.3
17	1987	94.8	52	48.6	22.8	46.4	14.6	97.2	18.1	16.5	19.7	0.3	4.8	435.8
18	1988	65.6	31.3	23	29.2	25.1	38	14.5	14.3	26.9	14.5	56.3	0.1	338.8
19	1989	14.1	24.1	27.3	61.5	4	6.3	17.1	19.7	15.9	36.7	1.8	9.6	238.1
20	1990	13.8	6.3	28.8	90.9	9.2	27.6	14.5	39.6	40.8	93.9	3.3	63.4	432.1
21	1991	36.2	4.7	3.7	20.4	129.6	0	53.7	90.6	117.1	7.9	18	14.3	499.2
22	1992	44.2	8	42.1	42.2	5	30.4	103.2	50.8	63.8	28	10.4	4.6	462.7
23	1993	21.1	84.2	14.9	13.5	36	24.4	63.3	46.6	63.4	2	12.8	1.2	383.4
24	1994	38.2	13.2	77.4	60.1	11.7	47	22.5	4.6	30.1	11.2	0.9	0.8	317.7
25	1995	4.8	4.6	22.6	39.3	16.4	25.9	37.5	16.5	14.5	0	1.8	1.9	185.8
26	1996	121.2	37.3	8.5	9.1	52.4	12.5	26.6	8.8	20.3	44.8	5.8	4.7	352
27	1997	63	38.7	5.4	20.4	97.5	87.3	60.5	43.3	40.2	27.6	6.8	19.8	510.5
28	1998	14.5	5.4	5.6	16.2	25.6	5.4	12.5	51.7	5.7	34.5	6.9	7.8	191.8
29	1999	137.2	33.9	93.4	52.5	14	11.7	13	58.6	31.1	14.2	0	16.6	476.2
30	2000	195	13.4	27.2	15.2	60.4	16.9	15.1	10.5	29	12.1	6.2	17.4	242.9
31	2001	43.8	36.4	74.6	63.6	6	2.7	4.6	3.6	38.8	7.3	2.9	22.5	306.8
32	2002	53.9	5.5	15.2	46.6	40.6	16.3	5	8.1	48.6	0	10.3	19.3	269.4
33	2003	69.1	19.2	18.9	9.3	15.5	14.2	16.8	36.5	28.2	11	6.5	9.5	254.7
34	2004	3	22.9	70	35	89.1	19.6	22.8	112.6	32.7	42.1	8.1	18.1	476
35	2005	37.1	100.3	15.1	52	21.1	13.6	73.7	64.2	104	63.8	4.5	54.4	603.
36	2006	19.8	26.5	98.1	122.8	15.1	73.3	30.3	32.9	6.9	25.3	1.9	3.4	456.3
37	2007	24.3	8.7	39.2	31.7	59.1	45.6	15.1	108.2	45.4	6.9	46.1	5.5	435.8
38	2008	44	5	26	35.7	18.8	16.6	54.6	35.2	14	5.1	1.3	9.1	265.4
39	2009	64.9	29.5	2.3	51.8	5.5	1.2	50.1	10.8	76.4	32.7	18.1	32.4	375.7
40	2010	46.6	75.5	18	47.8	105.5	13.9	42.7	99.9	46.6	1.3	9	25.8	550.6
41	2011	93.3	29	6.5	22.8	40	48.5	63.8	43.3	42.7	49.6	15.7	7.1	462.3
	moy	49.18	31.60	34.55	37.56	34.59	28.52	39.25	41.69	38.97	21.28	8.75	15.11	377.38

Source (ANRH)

D'après les données enregistrées dans ce tableau pendant la période 1971 –2011, On remarque une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle et annuelle. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver

II.3.3 Homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant:

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2 Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 > N_2$.
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous série appartient elle. Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

$$W_{\min} < W_x < W_{\max}$$

Avec :

$$W_x = |\text{rang}|_x$$

W_x : somme des rangs des sous-séries.

$$W_{\min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2}$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{\min}]$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau II.13 test d'homogénéité.

Rang	Série p	Série-X	Séries-Y	TRI	X Union Y
1	529.2	529.2	352	603	Y
2	299.2	299.2	510.5	550.6	Y
3	530.5	530.5	191.8	530.5	X
4	517.5	517.5	476.2	529.2	X
5	309.9	309.9	242.9	517.5	X
6	361.6	361.6	306.8	510.5	Y
7	488.9	488.9	269.4	499.2	X
8	424.7	424.7	254.7	488.9	X
9	196.1	196.1	476	476.2	Y
10	293	293	603	476	Y
11	306.3	306.3	456.3	462.7	Y
12	337.4	337.4	435.8	462.3	Y
13	378.4	378.4	265.4	456.3	Y
14	336	336	375.7	435.8	Y
15	307.7	307.7	550.6	435.8	X
16	412.3	412.3	462.3	432.1	X
17	435.8	435.8		424.7	X
18	338.8	338.8		412.3	X
19	238.1	238.1		383.4	X
20	432.1	432.1		378.4	X
21	499.2	499.2		375.7	Y
22	462.7	462.7		361.6	X
23	383.4	383.4		352	X
24	317.7	317.7		338.8	X
25	185.8	185.8		337.4	X
26	352			336	X
27	510.5			317.7	X
28	191.8			309.9	X
29	476.2			307.7	X
30	242.9			306.8	Y
31	306.8			306.3	X
32	269.4			299.2	X
33	254.7			293	X
34	476			269.4	X
35	603			265.4	Y
36	456.3			254.7	Y
37	435.8			242.9	Y
38	265.4			238.1	X
39	375.7			196.1	X
40	550.6			191.8	Y
41	462.3			185.8	X

Après calculs : $W_{min}=451.16$ $W_{max}=598.84$ $W_x=538$

$$451.16 < W_x < 598.84$$

La condition de Mr Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de **Ksar Sbahi** est homogène.

II.3.4 Ajustement statistique des pluies :

Pour l'ajustement de la pluviométrie, il existe des lois statistiques très nombreuses, et pour notre projet on utilise celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois les plus communément employées sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi Normale.
- Loi de Galton ou loi log-Normale.

II.3.4.1 Traitement des données :

La simulation des apports annuels avec le logiciel HYFRAN nous donne les résultats suivants :

Tableau II.14 Résultats du traitement des données calculé par HYFRAN

Nombre d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Médiane	Cv
41	185.8	603	379.31	108.18	375.7	0.2852

II.3.4.2 Test de validité d'un ajustement :

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré " χ^2 ".

II.3.4.3 Test d'adéquation Khi carré :

D'après le logiciel HYFRAN, on a obtenu les résultats suivants:

Tableau II.15 valeurs de khi carré pour les deux lois.

	Loi Normal	Loi log-Normal
X^2 calculé	4.07	3.68
Degré de liberté	5	5
X^2 théorique	11.07	

D'après le test, la condition de validité d'ajustement est vérifiée donc la série des précipitations moyennes annuelles de la Station de Ksar Sbahi est ajustable avec les deux lois, et la loi log-Normale s'ajuste mieux à la série des pluies annuelles pour la station de Ksar Sbahi.

II.3.4.4 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi Normale :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Ksar Sbahi (Oum El Bouaghi) est regroupé dans le tableau :

Tableau II.16 Ajustement à la loi de Gauss

T	Q	Xt	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
10000.0	0.9999	781.63	48.049	687.43 - 875.82
2000.0	0.9995	735.29	43.237	650.53 - 820.05
1000.0	0.9990	713.63	41.019	633.22 - 794.04
200.0	0.9950	658.00	35.443	588.51 - 727.48
100.0	0.9900	631.01	32.823	566.67 - 695.36
50.0	0.9800	601.52	30.044	542.62 - 660.42
20.0	0.9500	557.28	26.102	506.11 - 608.45
10.0	0.9000	517.96	22.929	473.01 - 562.91
5.0	0.8000	470.34	19.723	431.67 - 509.00
3.0	0.6667	425.86	17.678	391.20 - 460.51
2.0	0.5000	379.31	16.894	346.19 - 412.43
1.4286	0.3000	322.63	18.044	287.25 - 358.00
1.2500	0.2000	288.28	19.723	249.62 - 326.95
1.1111	0.1000	240.66	22.929	195.71 - 285.61
1.0526	0.0500	201.34	26.102	150.17 - 252.51
1.0204	0.0200	157.10	30.044	98.198 - 215.99
1.0101	0.0100	127.61	32.823	63.262 - 191.95
1.0050	0.0050	100.62	35.443	31.140 - 170.11

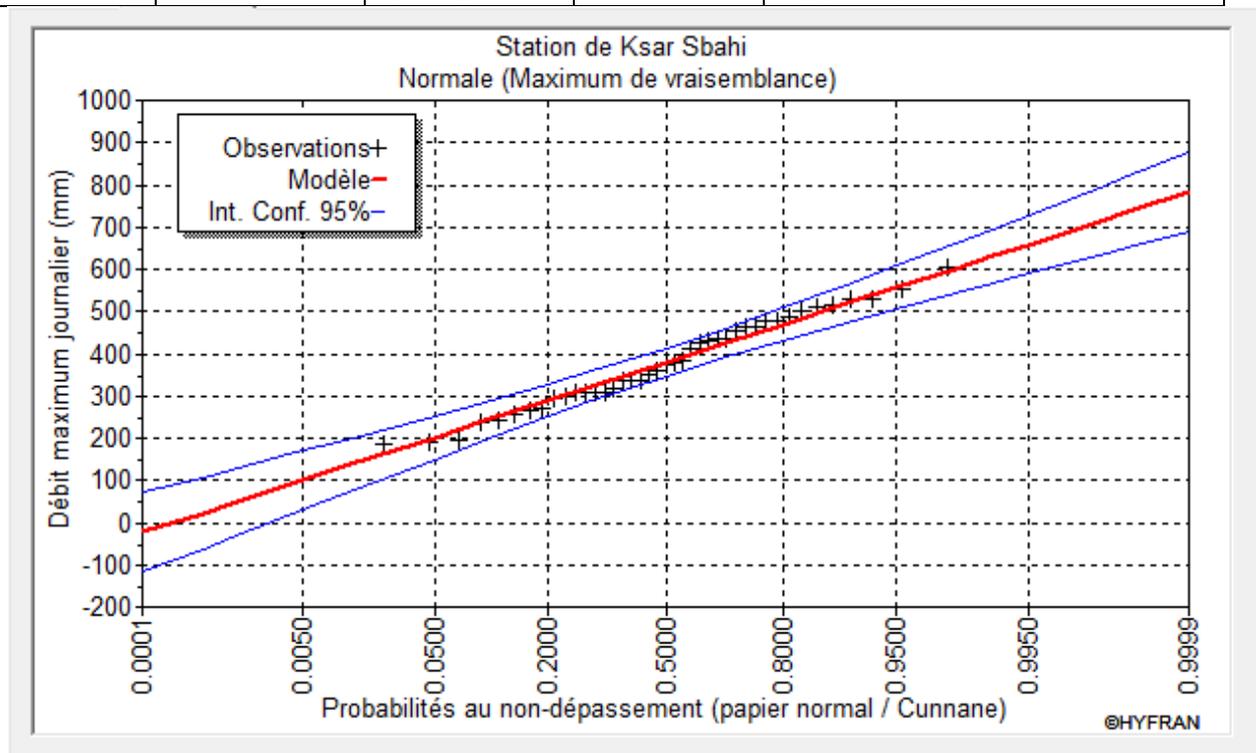


Figure II.4. Ajustement à la loi de Gauss (normal).

$$P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}} = 288.23$$

$$P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} = 379.31$$

$$P_{\text{moy } 80\%} = \frac{288.23}{379.31} \times P_{\text{moy.mensuelle}} = 0.76 \times P_{\text{moy.mensuelle}}$$

II.3.4.5 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Galton ou loi log-Normale :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Ksar Sbah (Oum El Bouaghi) sont regroupés dans le tableau

Tableau II.17 Ajustement à la loi de Galton

T	Q	Xt	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
10000.0	0.9999	1130.1	153.16	829.82 - 1430.3
2000.0	0.9995	991.61	120.93	754.53 - 1228.7
1000.0	0.9990	932.84	107.93	721.26 - 1144.4
200.0	0.9950	797.37	79.716	641.09 - 953.64
100.0	0.9900	738.93	68.412	604.81 - 873.04
50.0	0.9800	679.95	57.622	566.99 - 792.91
20.0	0.9500	600.18	44.189	513.55 - 686.81
10.0	0.9000	537.17	34.741	469.07 - 605.28
5.0	0.8000	469.65	26.127	418.43 - 520.87
3.0	0.6667	414.27	20.657	373.78 - 454.77
2.0	0.5000	363.30	17.312	329.36 - 397.24
1.4286	0.3000	309.62	15.758	278.73 - 340.51
1.2500	0.2000	281.03	15.634	250.39 - 311.68
1.1111	0.1000	245.71	15.891	214.55 - 276.86
1.0526	0.0500	219.91	16.191	188.17 - 251.65
1.0204	0.0200	194.11	16.450	161.86 - 226.36
1.0101	0.0100	178.62	16.537	146.20 - 211.04
1.0050	0.0050	165.53	16.549	133.09 - 197.97

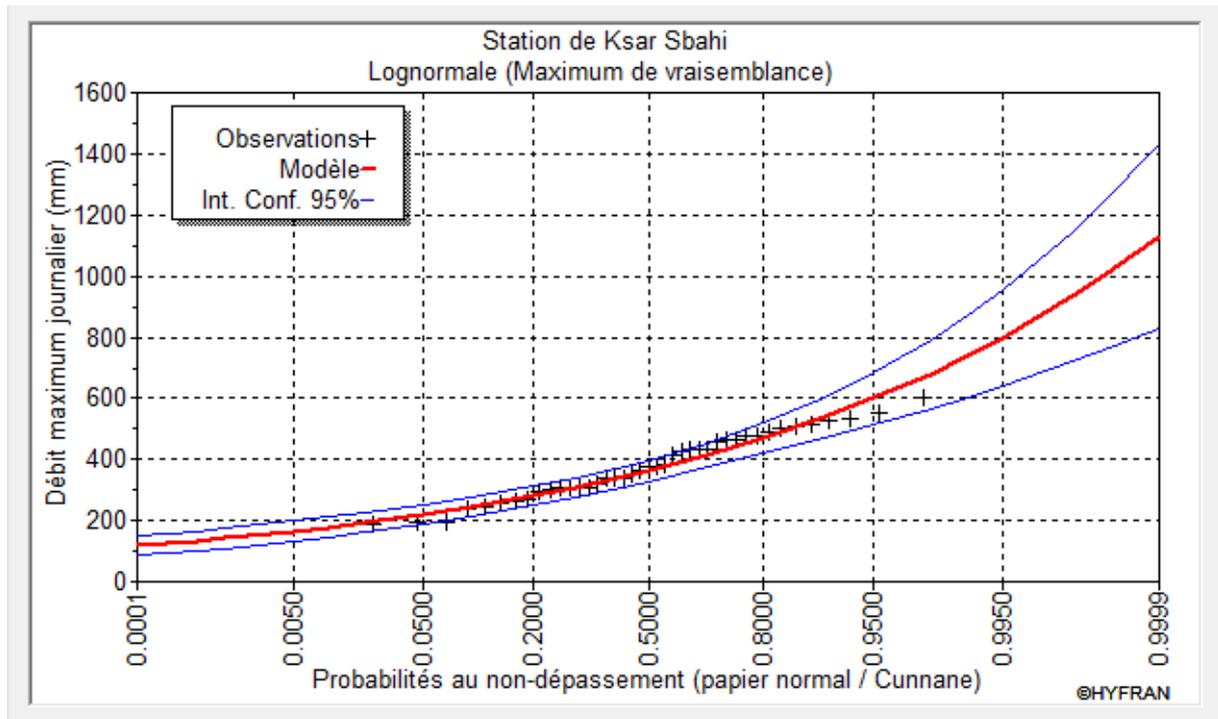


Figure II.5 Ajustement à la loi de GALTON (log-normale).

$$P_{théorique\ 80\%\ annuelle} = 281.03$$

$$P_{théorique\ 50\%\ annuelle} = 363.3$$

$$P_{moy\ 80\%} = \frac{281.03}{363.3} \times P_{moy.mensuelle} = 0.77 \times P_{moy.mensuelle}$$

Après l’ajustement on va calculer la Pluviométrie moyenne mensuelle (mm) pour chaque mois, les résultats dans le tableau suivant :

Tableau II.18 Précipitations mensuelles de l’année de probabilité 80%.

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Été		
mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Pmoy.mens	49.18	31.60	34.55	37.56	34.59	28.52	39.25	41.69	38.98	21.91	8.69	15.19
Pmoy80%	37.87	24.33	26.60	28.92	26.64	21.96	30.22	32.10	30.01	16.87	6.69	11.70

Conclusion :

L'analyse de la qualité des sols de la zone d'étude montre que les aptitudes culturales des sols varient d'une classe à l'autre. Les classes (I et II) ne présentent pas de problèmes particuliers et peuvent recevoir toute la gamme des cultures possibles. Par contre les sols de classes III et IV présentent certaines restrictions à cause principalement de la salinité, et la présence d'une croûte ou encroûtement à une faible profondeur du sol.

Les évaluations effectuées dans ce cadre ont montré que le barrage Foum El Khanga (Souk Ahras) est la seule source d'irrigation de notre périmètre.

La moyenne salinité ainsi le faible degré d'alcalinité de l'eau du Foum El Khanga (Souk Ahras) nous montre que cette eau est de bonne qualité, donc elle est utilisable dans les conditions normales pour l'irrigation.

D'après l'étude hydrologique des séries des pluies moyennes annuelles, le test de Khi carré a montré que le meilleur ajustement est la loi log-normale. Ce qui nous a conduits à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement d'un réseau d'irrigation.

Chap III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

Introduction :

L'estimation des besoins en eau du périmètre irrigué constitue une étape cruciale dans les études d'aménagement hydro agricole. Cette étude tient compte des informations de base telles que les conditions climatiques, cultures envisageables, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation.

III.1 Choix des cultures à mettre en place de la région d'études :

Le choix des cultures à mettre en place se fait en se basant sur les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- L'aptitude culturale des sols, basée sur l'étude pédologique.
- La qualité et la disponibilité de l'eau d'irrigation

D'après les résultats de l'étude climatologique et pédologique ainsi que la disponibilité des eaux d'irrigation de la bonne qualité, les cultures à mettre en place choisies sont :

- **La céréaliculture** : Le blé, l'orge.
- **Les cultures maraîchères** : La tomate, la pomme de terre, l'oignon, l'haricot.
- **Les cultures fourragères** : L'orge en vert.
- **L'arboriculture** : L'olivier.

III.1 Besoin en eau de périmètre :**III.1.1 Evapotranspiration potentielle de référence (ET₀) :**

L'évapotranspiration potentielle (ET₀) est définie comme étant l'ensemble des pertes en eau d'une culture de référence (gazon) couvrant totalement le terrain, ayant une hauteur uniforme de quelques centimètres, à son stade de développement végétatif maximal et suffisamment pourvue en eau.

Pour obtenir l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, parmi ces méthodes :

- Méthodes empiriques.
- Méthodes des stations expérimentales.
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes lysymètre.

Pour les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul qui sont :

- Penman.
- Thornthwaite.
- Penman-monteith modifiée.
- Turc.
- Blaney-cridle.

La formule de Penman est la meilleure manière d'estimation de l'ETP sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station. La formule de Mr Penman et Monteith modifiée se présentant comme suit :

$$ET_0 = C \times [W \times R_n + (1 - W) \times F(U) \times (e_a - e_d)]$$

- C : facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.
- ET_0 : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.
- W : facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.
- R_n : rayonnement net d'évaporation équivalente exprimé en mm/ j.
- F(u) : fonction liée au vent.
- e_a : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars. e_d : tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.
- ($e_a - e_d$): constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Dans notre étude, le calcul de l'évapotranspiration de référence a été effectué à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de Mr Penman et Monteith.

Tableau III.1 Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith

Mois	Temp Min	Temp Max	Humi-dité	vent	insolation	Ray	ET0	ET0
	°C	°C	%	m/s	Heures	Mj/m ² /jour	mm/jour	mm/mois
janvier	2.8	12.5	78	4	2.3	6.3	1.59	49.36
Février	2.9	13.6	75	4	3.1	8.8	2.11	59.03
Mars	4.9	16.9	70	3.9	4.3	12.5	3.1	95.96
Avril	7.3	20.5	65	3.7	5.3	16.1	4.2	125.96
Mai	11.1	25.2	60	3.3	6.2	18.9	5.49	170.11
Juin	15.4	30.7	51	3.1	7.1	20.6	6.78	189.46
Juillet	18.6	34.8	42	3.1	7.3	20.6	8.04	225.8
Août	19.2	34.6	44	3	6.3	18	7.32	205.59
Septembre	16.2	29.5	57	3.1	5	14.2	5.21	156.32
Octobre	12.4	24.5	63	3.3	3.7	10.1	3.73	115.63
Novembre	7.4	17.8	72	3.9	2.4	6.8	2.3	69.02
Décembre	4.1	13.7	78	4	2.1	5.7	1.58	49.09

D'après l'analyse du tableau, les valeurs d'ET₀ sont variées d'un Mois à un autre. La valeur mensuelle maximale est enregistrée au mois de Juillet avec une valeur de 225 mm. La valeur mensuelle minimale est enregistrée au mois de Janvier avec une valeur de 48.41 mm.

III.1.2 Pluie efficace (P_{eff}) :

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeurEtc. Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage détaillée comme suit :

$$P_{\text{eff}} = P_{80\%} \times 0.8$$

Avec :

- P_{eff} : pluie mensuelle efficace en (mm/mois).
- P_{80%} : pluie mensuelle de probabilité 80% en (mm/mois).

Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.

Tableau III.2 Pluies efficaces pour chaque mois en mm.

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
P80%(mm)	26.64	21.96	30.22	32.10	30.01	16.87	6.69	11.70	37.87	24.33	26.60	28.92
Peff (mm)	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.50	5.35	9.36	30.30	19.47	21.28	23.14

III.1.3 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :

Les besoins en eau des cultures sont calculés par la formule suivante :

$$B = ETM - (P_{\text{eff}} + RFU)$$

Tell que :

- B : besoin en eau d'irrigation (mm).
- P_{eff} : est la pluie efficace.
- E.T.M : évapotranspiration (mm /mois).

$$ETM = K_c * ET_0$$

Avec :

- ET_0 : l'évapotranspiration de référence.
- Kc : coefficient cultural.

– RFU : Réserve facilement utilisable.

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) Y \cdot Da \cdot Z$$

Avec :

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ.
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement.
- Y : degré de tarissement $Y = 2/3$.
- Da : densité apparente.
- Z : profondeur d'enracinement mm.

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

Figure III.1 Caractéristique hydrique de quelque sol

-D'après les résultats d'analyse du sol dans notre zone on prend la valeur de

$$(HCC-HPF) = 16 \%$$

-Et d'après les analyses des profils la densité apparente de notre sol on prend

$$Da = 1.4 \text{ g/cm}^3.$$

Tableau III.3 Coefficients culturaux et profondeurs d'enracinements de chaque culture :

Culture		Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Blé	Kc			0.3	0.35	0.45	0.55	0.6	1.05	1.1	0.6		
	Z(m)			0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7		
Tomates	Kc							0.5	0.9	1.05	1.15	0.7	
	Z(m)							0.4	0.8	0.9	1.2	1.2	
Pomme de terre	Kc							0.75	1.1	1.2	0.7		
	Z(m)							0.1	0.2	0.3	0.35		
Oignon	Kc		0.7	0.75	1.05	1.05	0.9						
	Z(m)		0.3	0.4	0.45	0.5	0.5						
orge	Kc			0.3	0.4	0.55	0.9	1.05	1.6	0.6			
	Z(m)			0.2	0.3	0.4	0.55	0.6	0.7	0.7			
haricot	Kc	0.8	1.1	0.95	0.95	0.7							
	Z(m)	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3							
Orge en vert	Kc	0	0.75	0.85	1.05	0.9	0.75	0.6	0	0	0	0	0
	Z(m)	0	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0	0	0	0	0
Olivier	Kc	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75	0.75	0.75
	Z(m)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

III.1.4 Détermination des besoins bruts :**Tableau III.4** Les besoins de blé :

	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
blé	ET0 (mm/mois)	156.32	115.63	69.02	49.09	49.36	59.03	95.96	125.96	170.11	189.46	225.8	205.59
	KC	0	0	0.3	0.35	0.45	0.55	0.6	1.05	1.1	0.6	0	0
	ETM (mm/mois)	0	0	20.02	17.08	21.78	30.77	53.27	122.80	170.07	113.67	0	0
	Peff (mm/mois)	30.3	19.47	21.28	23.14	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.5	5.35	9.36
	Z (m)	0	0	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0	0
	RFU thé (mm/mois)	-	-	44.35	44.35	59.14	73.92	88.70	88.70	103.49	103.49	-	-
	RFU réel(mm/mois)	-	-	14.78	44.35	59.14	19.71	24.64	0	0	0	-	-
	B (mm/mois)							8.76	106.58	163.11	100.18		

Tableau III.5 Les besoins de l'orge :

	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
orge	ET0 (mm/mois)	156.32	115.63	69.02	49.09	49.36	59.03	95.96	125.96	170.11	189.46	225.8	205.59
	KC	0	0	0.3	0.4	0.55	0.9	1.05	1.1	0.6	0	0	0
	ETM (mm/j)	0	0	20.02	19.52	26.62	50.36	93.22	128.65	92.76	0	0	0
	Peff (mm/mois)	30.3	19.47	21.28	23.14	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.5	5.35	9.36
	Z (m)	0	0	0.2	0.3	0.4	0.55	0.6	0.7	0.7	0	0	0
	RFU thé (mm/mois)	-	-	29.57	44.35	59.14	81.31	88.70	103.49	103.49	-	-	-
	RFU réel (mm/mois)			9.86	29.57	44.35	59.14	27.10	0	0	-	-	-
	B (mm/mois)							49.47	112.88	78.06			

Tableau III.6 Les besoins de tomate :

	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
tomate	ET0 (mm/mois)	156.32	115.63	69.02	49.09	49.36	59.03	95.96	125.96	170.11	189.46	225.8	205.59
	KC	0	0	0	0	0	0	0.5	0.9	1.05	1.15	0.7	0
	ETM (mm/j)	0	0	0	0	0	0	44.39	105.26	162.34	217.87	158.06	0
	Peff (mm/mois)	30.3	19.47	21.28	23.14	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.5	5.35	9.36
	Z (m)	0	0	0	0	0	0	0.4	0.8	0.9	1.2	1.2	0
	RFU thé (mm/mois)	-	-	-	-	-	-	59.14	118.27	133.06	177.41	177.41	-
	RFU réel (mm/mois)	-	-	-	-	-	-	59.14	19.71	0	0	0	-
	B (mm/mois)								67.97	154.61	204.38	152.71	

Tableau III.7 Les besoins de pomme de terre :

	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
pomme de terre	ET0 (mm/mois)	156.32	115.63	69.02	49.09	49.36	59.03	95.96	125.96	170.11	189.46	225.8	205.59
	KC	0	0	0	0	0	0	0.75	1.1	1.2	0.7	0	0
	ETM (mm/j)	0	0	0	0	0	0	66.59	128.6	185.5	132.62	0	0
	Peff (mm/mois)	30.3	19.47	21.28	23.14	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.5	5.35	9.36
	Z (m)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.35	0	0
	RFU thé (mm/mois)	-	-	-	-	-	-	14.78	29.57	44.35	51.74	-	-
	RFU réel (mm/mois)	-	-	-	-	-	-	14.78	4.93	0	0	-	-
	B (mm/mois)								33.01	107.95	180.12	119.12	

Tableau III.8 Les besoins d'oignon :

	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
oignon	ET0 (mm/mois)	156.32	115.63	69.02	49.09	49.36	59.03	95.96	125.96	170.11	189.46	225.8	205.59
	KC	0	0.7	0.75	1.05	1.05	0.9	0	0	0	0	0	0
	ETM (mm/j)	0	74.86	50.07	51.26	50.83	50.36	0	0	0	0	0	0
	Peff (mm/mois)	30.3	19.47	21.28	23.14	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.5	5.35	9.36
	Z (m)	0	0.3	0.4	0.45	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
	RFU thé (mm/mois)	-	44.35	59.14	66.53	73.92	73.92	-	-	-	-	-	-
	RFU réel (mm/mois)	-	14.78	14.78	59.14	66.53	73.92	-	-	-	-	-	-
	B (mm/mois)		46.69	15.70				10.92					

Tableau III.9 Les besoins de l'haricot :

	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
haricot	ET0 (mm/mois)	156.32	115.63	69.02	49.09	49.36	59.03	95.96	125.96	170.11	189.46	225.8	205.59
	KC	0.8	1.1	0.95	0.95	0.7	0	0	0	0	0	0	0
	ETM (mm/j)	115.11	117.64	63.42	46.37	33.88	0	0	0	0	0	0	0
	Peff (mm/mois)	30.3	19.47	21.28	23.14	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.5	5.35	9.36
	Z (m)	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0	0	0	0	0	0	0
	RFU thé (mm/mois)	14.78	22.18	29.57	36.96	44.35	-	-	-	-	-	-	-
	RFU réel (mm/mois)	0	4.93	7.39	29.57	36.96	-	-	-	-	-	-	-
	B (mm/mois)	94.76	102.80	36.90									

Tableau III.10 Les besoins d'Orgeen vert :

	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Orge en vert	ET0 (mm/mois)	156.32	115.63	69.02	49.09	49.36	59.03	95.96	125.96	170.11	189.46	225.8	205.59
	KC	0	0.75	0.85	1.05	0.90	0.75	0.60	0	0	0	0	0
	ETM (mm/j)	-	80.21	56.75	51.26	43.57	41.97	53.27	-	-	-	-	-
	Peff (mm/mois)	30.30	19.47	21.28	23.14	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.50	5.35	9.36
	Z (m)	0	0.30	0.30	0.40	0.50	0.60	0.60	-	-	-	-	-
	RFU thé (mm/mois)	-	44.35	44.35	59.14	73.92	88.70	88.70	-	-	-	-	-
	RFU réel (mm/mois)	-	14.78	14.78	44.35	59.14	73.92	29.57	-	-	-	-	-
	B (mm/mois)		52.47	22.60				3.83					

Tableau III.11 Les besoins d'olivier :

	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Olivier	ET0 (mm/mois)	156.32	115.63	69.02	49.09	49.36	59.03	95.96	125.96	170.11	189.46	225.8	205.59
	KC	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75	0.75	0.75
	ETM (mm/j)	100.72	69.51	43.39	31.73	31.46	36.37	57.71	76.02	115.95	142.0	169.35	154.19
	Peff (mm/mois)	30.3	19.47	21.28	23.14	21.31	17.57	24.18	25.68	24.01	13.5	5.35	9.36
	Z (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	RFU thé (mm/mois)	177.41	177.41	177.41	177.41	177.41	177.41	177.41	177.41	177.41	177.41	177.41	177.41
	RFU réel (mm/mois)	0	59.14	59.14	177.41	177.41	177.41	59.14	59.14	0	0	0	0
	B (mm/mois)	79.12								103.57	128.60	164.00	144.83

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
culture												
Blé							8.76	106.58	163.11	100.18		
Tomates								67.97	154.61	204.38	152.71	
Pomme de terre							33.01	107.95	180.12	119.12		
Oignon		46.69	15.70			10.92						
orge							49.47	112.88	78.06			
haricot	94.76	102.80	36.90									
Orge en vert		52.47	22.60				3.83					
Olivier	79.12								103.57	128.60	164.00	144.83
totale	173.88	201.95	75.20	-	-	10.92	95.07	395.37	679.47	552.27	316.71	144.83

Tableau III.12 Besoins d'irrigation totale des cultures

III.2.1 Calcul du débit spécifique :

Le débit spécifique est donné par la formule suivante :

$$q = \frac{B_{net} \times 10^4}{3600 \times E \times D \times j}$$

Tel que :

- q : le débit fictif continu du réseau de distribution.
- Bnet : les besoins en eau des cultures du mois de pointe, c'est le déficit agricole du mois de mai exprimé en m3.
- E : l'efficacité moyenne d'irrigation (75%).
- D : nombre d'heures de fonctionnement par jour (le réseau fonctionne 22h /24 en période de pointe).
- J : nombre de jours de fonctionnement par mois (le réseau fonctionne 26j par mois)

Dans notre cas le débit sera :

$$q = \frac{679.47 \times 10^4}{3600 \times 0.75 \times 22 \times 26} = 4.39 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique calculé est très important, il est de 4.39 l/s/ha, ce débit dépasse les normes (1.5 l/s/ha), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement.

1. Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures.
2. Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante.

III.2.2 Calcul du débit fictif continu de la culture la plus exigeante :

La culture la plus exigeante est la tomate donc le débit sera de :

$$q = \frac{204.38 \times 10^4}{3600 \times 0.75 \times 22 \times 26} = 1.32 \text{ l/s/ha}$$

III.3 Évaluation du débit caractéristique :

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile selon la formule suivante :

$$Q_{car} = q \times S$$

Avec :

- q : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)
- S : la superficie totales à irriguer = 150 ha

$$Q_{car} = q \times S = 1.32 * 375 = 495 \text{ (l/s)}$$

Conclusion:

Dans ce chapitre on a choisir les cultures à mettre en place, et on a calculé la pluie efficace et avec les différent paramètre on a arrivé à estimer les besoins en eau des cultures, puis on a calculé le débit caractéristique que l'on a besoin pour dimensionner le réseau d'irrigation.

Chap IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Introduction :

L'étude du système de distribution est basée sur le choix du tracé du réseau et l'emplacement des bornes pour assurer la bonne répartition du débit écoulé vers les parcelles, ainsi que le choix du diamètre des conduites avec la vérification des vitesses d'écoulement et les pressions sur les bornes.

IV.1 Le système d'adduction :

Une adduction d'eau d'irrigation est l'ensemble de conduites inter-contactées fonctionne sous pression qui assure l'alimentation de réservoir a partir du barrage Foum El Khonga.

Notre réservoir est alimenté par une station de pompage situé à coté de la prise d'eau.

IV.2 Dimensionnement du réseau de distribution :

Le périmètre est alimenté à partir de réservoir gravitairement par un réseau ramifié pour assurer une pression suffisante pour chaque borne d'irrigation.

IV.2.1 Dimensionnement du réservoir de distribution :

Pour assurer l'alimentation gravitaire et le stockage des eaux on implante un bêche à eau sur une cote élevé, et on l'alimente a partir d'une station de pompage.

Le volume se calcul d'après la relation suivante :

$$V_r = Q \times T$$

Tel que :

- V_r : volume du réservoir de stockage en m^3 .
- Q : débit caractéristique en m^3/h .
- T : temps de non fonctionnement égal à 2h.

$$V_r = 1782 \times 2 = 3564 m^3$$

Le réservoir aura une section rectangulaire avec une hauteur totale de 5 m

Tableau IV.3 Caractéristique de réservoir

CTN (M)	Htotale (M)	H d'eau (M)	L à la base (M)	l à la base (M)	L au plafond (M)	l au plafond (M)	V utile (M ³)	V totale (M ³)
851	5	4.5	32	25	32	25	3600	4000

IV.3 Les îlots d'irrigation :

IV.3.1 Définition :

L'îlot d'irrigation décrit l'unité hydro-agricole alimentée par des bornes d'irrigation (une ou plusieurs sa dépend de la surface des parcelles et des îlots), ces dernières doivent être constituées d'une ou plusieurs prises d'irrigation (1 à 4).

Chaque borne aura pour rôle :

- Laisser passer ou arrêter le débit,
- Régler ce débit, ou plus exactement le limiter au module,
- Régler la pression

IV.3.2 Découpage du périmètre en îlots d'irrigation :

Dans notre étude nous avons travaillé sur le **secteur B** qui a une superficie de **376 Ha** et le découpage des îlots se fait en respectant les limites de chaque exploitant privé.

IV.4 Tracé du réseau d'irrigation :

Après avoir réalisé les limites des îlots il s'agit de tracer le réseau de distribution et les bornes d'irrigation et faire relier le plus économiquement les différents bornes.

Pour notre périmètre, le choix du tracé est basé sur les critères suivants :

- Choisir le plus court et le plus économique des tracés,
- Le tracé suit les limites des parcelles.

IV.5 Calcul de débits aux bornes :

$$Q_b = q \times S_{ilot}$$

Avec :

- q = débit fictif continu
- S = Superficie d'ilot (Ha)

IV.6 Choix de diamètre de la borne :

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit :

Tableau IV.1 Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
Q < 8 l/s	D=65 mm
8 < Q < 20 l/s	D=100 mm
20 < Q < 25 l/s	D=150mm
Q > 25 l/s	D=200 mm

Source : ONID Alger

IV.7 Choix du diamètre des bornes :

Tableau IV.2 diamètres des bornes choisies.

N° d'ilot	N° du Borne	surface (ha)	Q bornes (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
1	1	14.11	18.63	100
2	2	13.48	17.79	100
3	3	10.22	13.49	100
4	4	17.25	22.77	150
5	5	15.61	20.61	150
6	6	14.43	19.05	100
7	7	12.87	16.99	100
8	8	13.62	17.98	100
9	9	8.61	11.37	100
10	10	9.23	12.18	100
11	11	11.56	15.26	100
12	12	15.6	20.59	150
13	13	12.35	16.30	100
14	14	20.62	27.22	200
15	15	16.7	22.04	150
16	16	17.52	23.13	150
17	17	6.67	8.80	100

18	18	12.6	16.63	100
19	19	11.64	15.36	100
20	20	19.11	25.23	200
21	21	13.72	18.11	100
22	22	21.77	28.74	200
23	23	16.56	21.86	150
24	24	13.72	18.11	100
25	25	9.06	11.96	100
26	26	13.71	18.10	100
27	27	13.66	18.03	100

IV.8 Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

IV.8.1 Choix du matériau des conduites :

Pour choisir le matériau de canalisation il faut tenir compte de l'agressivité du sol ainsi la satisfaction des conditions hydriques (débit, pression...) et la surtout la disponibilité sur le marché.

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC etc.

a. Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;
- Très rigides et solides ;

Leur inconvénient est :

- Coût relativement important.

b. Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- Sont les plus légers et faciles à couper ;
- Présentent de bonnes propriétés hydrauliques ;
- Disponible sur le marché ;
- Une pose de canalisation facile ;
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

- le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

c. Conduite en PRV :

Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement.

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD pn10 avec une pression nominale de 10 Bars. Car il présente les avantages suivants :

- Ils supportent des pressions élevées.
- Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain).
- Ils offrent une bonne flexibilité.
- Disponible sur le marché.

IV.8.2 Vitesses admissibles :

- La fixation d'un seuil de vitesse admissible a pour but d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).
- La vitesse admissible comprise entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

IV.8.3 Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec :

- Q : le débit exprimé en m³/s ;
- D : le diamètre exprimé en mm ;
- V : la vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

IV.8.4 Estimation des pertes de charge :

Les pertes de charges seront calculées selon la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852}$$

Avec :

- J=Perte de charges linéaire en m ;
- CH : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m.

IV.9 L'estimation des pressions aux nœuds, raccordements et bornes est faite par le billet de la simulation EPANET.

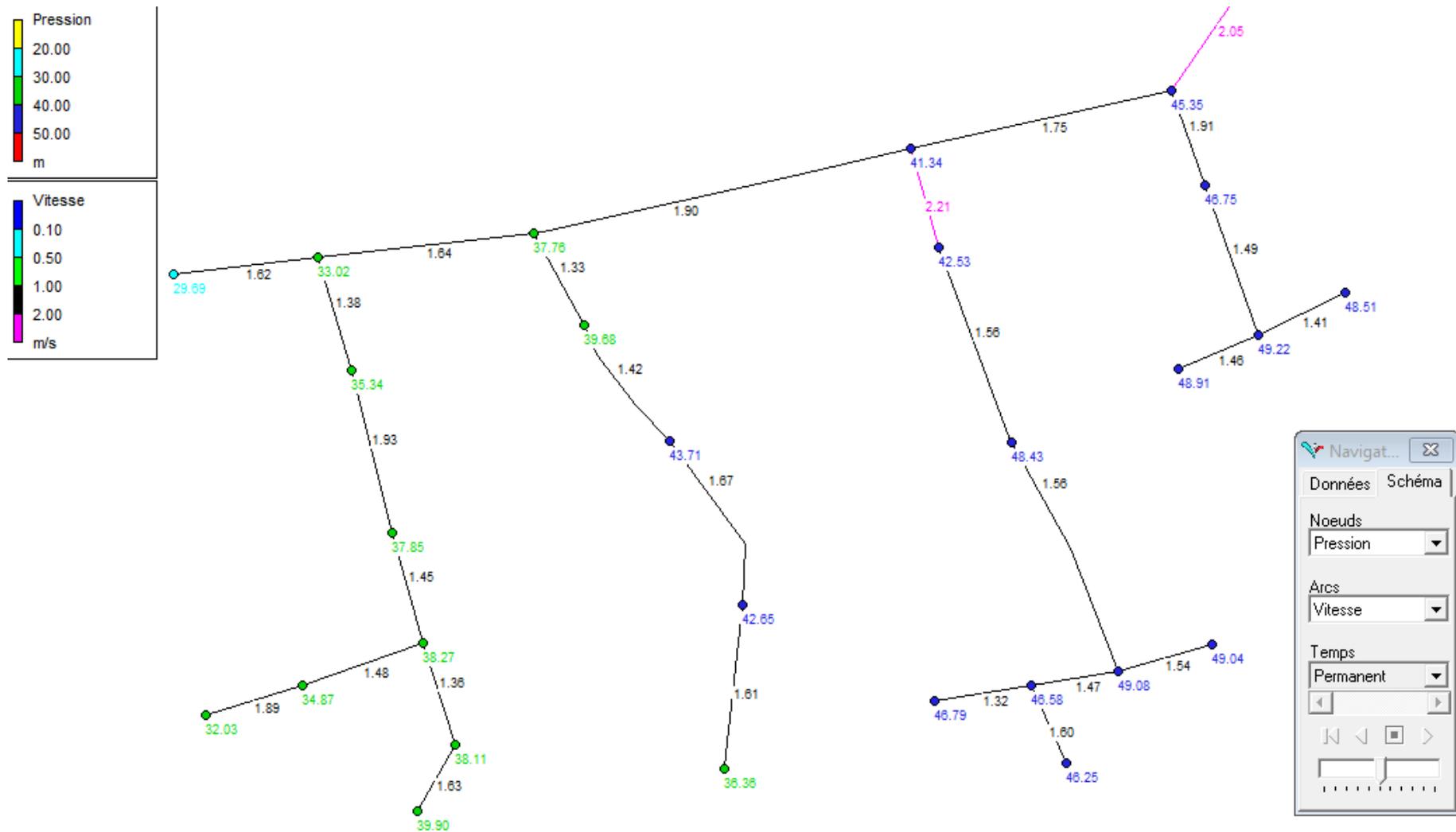


Figure IV.1 Présentation du réseau sur logiciel EPANET

Nœud amont	Nœud aval	tronçon	Longueur m	Diamètre mm	Débit L/S	Vitesse m/s	Pert de Charge Unit. m/km	Perte de charge m	Diamètre Normalisé mm
rés	n01	t1	6247	555.2	496.33	2.05	4.42	27.61	630
n01	n03	t2	522.7	555.2	423.65	1.75	3.3	1.72	630
n03	n05	t3	747.4	440.6	289.62	1.9	5.03	3.76	500
n05	n06	t4	428.8	352.6	160.14	1.64	5	2.14	400
n06	b20	t5	286.7	141	25.23	1.62	14.41	4.13	160
n01	b1-2	t6	188.4	220.4	72.68	1.91	11.43	2.15	250
b1-2	n02	t7	308.9	176.2	36.26	1.49	9.51	2.94	200
n02	b3	t8	28.8	110.2	13.49	1.41	15.22	0.44	125
n02	b4	t9	24.46	141	22.77	1.46	11.97	0.29	160
n03	b5-6	t10	205.8	277.6	134.03	2.21	11.46	2.36	315
b5-6	b7-8	t11	632.4	277.6	94.37	1.56	6.04	3.82	315
b7-8	b10	t12	256.4	220.4	59.4	1.56	7.92	2.03	250
b10	b9	t13	7.135	96.8	11.37	1.54	20.85	0.15	110
b10	n04	t14	240.3	176.2	35.85	1.47	9.31	2.24	200

n04	b12	t15	11.04	141	20.59	1.32	9.98	0.11	160
n04	b11	t16	31.36	110.2	15.26	1.6	19.01	0.60	125
n05	b13-14	t17	182.5	352.6	129.48	1.33	3.39	0.62	400
b13-14	b15-16	t18	373.1	277.6	85.96	1.42	5.1	1.90	315
b15-16	b17-18	t19	297.4	176.2	40.79	1.67	11.77	3.50	200
b17-18	b19	t20	473.6	110.2	15.36	1.61	19.24	9.11	125
n06	b21	t21	179	352.6	134.91	1.38	3.65	0.65	400
b21	b22	t22	372.3	277.6	116.8	1.93	8.91	3.32	315
b22	n07	t23	223.1	277.6	88.06	1.45	5.33	1.19	315
n07	b26	t24	426.6	176.2	36.13	1.48	9.44	4.03	200
b26	b27	t25	104	110.2	18.03	1.89	25.7	2.67	125
n07	b23-24	t26	266.1	220.4	51.93	1.36	6.2	1.65	250
b23-24	b25	t27	313	96.8	11.96	1.63	22.85	7.15	110

Tableau IV.4 Calcul hydraulique du réseau de distribution (tançons).

Tableau IV.5 Calcul hydraulique du réseau de distribution (bornes et nœuds).

Nœud	Débit L/S	Côte TN m	Côte piézométrique m	Pression m
N01	496.33	778.07	823.42	45.35
N03	423.65	780.35	821.69	41.34
N05	289.62	780.17	817.93	37.76
N06	160.14	782.77	815.79	33.02
B20	25.23	781.96	811.66	29.69
B1-2	36.42	774.51	821.26	46.75
N02	36.26	769.10	818.33	49.22
B5-6	39.66	776.80	819.33	42.53
B7-8	34.97	767.08	815.51	48.43
B10	12.18	764.40	813.48	49.08
B13-14	43.52	777.63	817.31	39.68
B15-16	45.17	771.70	815.41	43.71
B17-18	25.43	769.26	811.91	42.65
B19	15.36	766.44	802.80	36.36
N04	35.85	764.66	811.24	46.58
B12	20.59	764.35	811.13	46.79
B21	18.11	779.79	815.13	35.34
B22	28.74	773.96	811.82	37.85
N07	88.06	772.35	810.63	38.27
B23-24	39.97	770.86	808.98	38.11
B25	11.96	761.92	801.83	39.90
B26	18.10	771.73	806.60	34.87
B27	18.03	771.90	803.93	32.03
B9	11.37	764.29	813.33	49.04
B3	13.49	769.38	817.89	48.51
B4	22.77	769.13	818.03	48.91
B11	15.26	764.40	810.65	46.25

IV.10 Interprétation des résultats :**IV.10.1 Les vitesses :**

Les valeurs des vitesses dans les conduites de réseau sont entre deux seuils **1.32** et **2.21** m/s ces vitesses sont acceptables, donc elles ne favorisent ni le dépôt des matières en suspension, ni l'érosion des canalisations.

IV.10.2 Les pressions :

Les pressions au niveau des bornes varient entre (2.9 à 4.9) bars donc elles sont valables pour tous les systèmes d'irrigation et ne présente aucune danger.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a étudié le system de distribution du périmètre qui est découpé en 27 ilots avec une superficie de 376 ha.

Le système est gravitaire alimenté par un réservoir placé sur une cote de 851 m qui assure une pression suffisante sur tout le réseau.

Le dimensionnement des conduites est basé sur le débit à véhiculer et la vitesse admissible en assurant une pression suffisant aux bornes.

Chapitre V : Dimensionnement à la parcelle

Introduction :

L'humidité du sol à l'état naturelle est souvent insuffisante pour les cultures, et pour satisfaire ses besoins, il faut un arrosage par des technique défèrent selon le type du chaque culture, pour notre périmètre on va étudie l'irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte pour les deux cultures suivantes : Olivier et pomme de terre.

V.1 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

V.1.1 Données générales :

La parcelle P1 choisie a une superficie de 0.89 ha dans l'ilot 2 qui sera alimenté par la borne B2

- Longueur : 132 m
- Largeur : 68 m
- Culture : **olivier**
- Espacement entre arbres **Ea** : 4m
- Espacement entre arbres **Er** : 4m
- Besoin de pointe : **164.00 mm**

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal qg : **4l/h**
- Pression nominale : **10 m.c.e**
- Espacement des goutteurs : **1m**
- Nombre des goutteurs par arbre : **2**

V.1.2 Choix de distributeur :

L'organe par où l'eau est distribuée aux plantes s'appelle le distributeur. Il représente l'élément sensible qui assure la bonne répartition de l'eau aux plantes.

Il existe plusieurs types de distributeurs, variables selon leur débit et pression, leur fonctionnement et leur fixation sur la rampe :(Goutteurs ; Ajutages ; Diffuseurs ; Micro asperseurs. Capillaires ; Gaines perforées et gaines poreuses).

Pour les goutteurs il existe 2 types : Les goutteurs autorégulant et non autorégulant.

Les goutteurs autorégulant assurent un débit stable malgré les variations de la pression, et les goutteurs non autorégulant leur débit est proportionnel à la pression.

Donc pour l'irrigation de l'olivier on équipe chaque arbre par deux goutteurs autorégulant de débit 4 l/h.

V.1.3 Projection de système d'irrigation localisée sur notre parcelle :

V.1.3.1 Influence du taux de couverture du sol :

Principalement l'irrigation localisée est utilisée pour les cultures en ligne où une partie seulement de la surface est occupée par les plantes ; donc les chiffres des besoins en eau déterminés par les méthodes où toute la surface est considérée à irriguer doivent être multipliés par un coefficient de réduction « Kr » dépendant du taux de couverture « Cs »

Le coefficient Kr est calculé par la formule proposée suivante :

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = c_s + 0.5(1 - c_s)$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60 % (pour les arbres adultes) :

✓ **Kr = 0.80**

Donc :

$$B_j = B_{\text{mois}}/30 \qquad B_j = 164 / 30 = \mathbf{5.47 \text{ mm/j}}$$

$$\mathbf{B_{nets} = B_j \times Kr = 5.47 \times 0.8 = 4.38 \text{ mm/j}}$$

V.1.3.2 Dose nette pratique :

La dose nette correspond à la quantité d'eau que l'agriculteur devra ramener pour combler la réserve facilement utilisable en irrigation localisée cette dose devra être multipliée par le pourcentage de sol qui devra effectivement mouiller.

$$D_p = (h_{cc} - h_{pf}) \times y \times d_a \times Z \times P\% = RFU \times P\%$$

- Hcc : Humidité à la capacité au champ
- Hpf : Humidité au point de flétrissement
- Z : Profondeur d'enracinement.
- Da : la densité apparente.

Pour un sol limono argileux : ((Hcc-Hpf)= 16% ; Z= 1.2m ; Da=1.4).

$$\mathbf{RFU=177.41 \text{ mm}}$$

V.1.3.3 Pourcentage du sol humidifié :

$$P = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r}$$

- P : volume de sol humidifié.
- n : nombre de point de distribution par arbre.

- Spd : distance entre deux points de distribution voisins du même arbre ; (m)
- Sh : largeur de la bande humidifiée ; (m).
- Sr : écartement entre rangs d'arbre ; (m)
- Sa : espacement des arbres sur les rangs ;(m)

$$P = \frac{2.2.1}{4.4} = 25\%$$

Donc :

$$Dp = RFU \times P\% = 0.25 \times 177.41 = 44.35 \text{ mm}$$

V.1.3.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

L'intervalle entre deux d'arrosage (tour d'eau) est donné par la formule suivante :

$$Fr = \frac{Dp}{Bnets} = \frac{44.35}{4.38} = 10.13 \text{ jours}$$

Alors en a 10 jours. 3 Irrigations par mois.

V.1.3.5 Dose Brute :

La nouvelle dose pratique :

$$Dp' = Fr . Bnets = 10 . 4.38 = 43.8 \text{ mm}$$

$$Dbrute = \frac{Dp'}{Cu \times eff} = \frac{43.8}{0.9 \times 0.9} = 54.07 \text{ mm}$$

Avec :

- Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%
- eff : efficience du réseau d'irrigation eff=90%

V.1.3.6 Durée d'arrosage :

$$d = \frac{Dbrute \times Ea \times Er}{n \times qg} = \frac{54.07 \times 4 \times 4}{2 \times 4} = 108.14 \text{ heures}$$

V.1.3.7 Durée d'arrosage journalière :

$$dj = \frac{d}{Fr} = \frac{108.14}{10} = 11 \text{ heures}$$

V.1.3.8 Nombre d'arbre par hectare :

$$\mathbf{N \text{ d'arbre} = \frac{1Ha}{S} = \frac{1Ha}{Ea \times Er} = \frac{10000}{4 \times 4} = 625 \text{ arbres}}$$

V.1.3.9 Nombre d'arbre par rampe :

$$\mathbf{N \text{ d'arbre par rampe} = \frac{Lr}{Ea} = \frac{68}{4} = 17 \text{ arbres}}$$

V.1.3.10 Nombre des goutteurs par rampe :

$$\mathbf{Ng = \frac{Lr}{Ea} \times 2 = 17 \times 2 = 34 \text{ goutteurs}}$$

V.1.3.11 Débit d'une rampe :

$$\mathbf{Qrampe = Ng \times qg = 34 \times 4 = 136 \text{ l/h}}$$

V.1.3.12 Nombre de rampes :

$$\mathbf{N \text{ rampe} = \frac{Lpr}{Er} = \frac{132}{4} = 33 \text{ rampes}}$$

V.1.3.13 Débit de la porte rampe :

$$\mathbf{Qpr = Qrampe \times N \text{ rampe} = 136 \times 33 = 4488 \text{ l/h}}$$

V.1.4 Calcul hydraulique :

V.1.4.1 Calcul des diamètres des portes rampes et rampes :

V.1.4.1.a Diamètre de la rampe :

Le diamètre d'une rampe est calculé comme suit :

$$D = \left[\frac{Pdc_r \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Donc :

$$D = \left[\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 136^{1.75} \times 68} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = \mathbf{9.9 \text{ mm}}$$

Sur le marché on trouve des portes rampes de **16 mm**.

- Calcul de pertes de charge de la rampe :

$$Pdc = \frac{0.478 \times L_r \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} = \frac{0.478 \times 68 \times 16^{-4.75} \times 136^{1.75}}{2.75} = \mathbf{0.122 \text{ m}}$$

$Pdc = 0.122 \text{ m} < 1.2 \text{ m} \Rightarrow$ la condition est vérifiée.

V.1.4.1.b Diamètre de la porte rampe :

$$D = \left[\frac{Pdc \times 2.75}{0.478 \times Q_{pr}^{1.75} \times L_{pr}} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Donc :

$$D = \left[\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 4488^{1.75} \times 132} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = \mathbf{47.71}$$

Sur le marché on trouve des portes rampes de **63 mm**.

- Calcul de pertes de charge de la porte rampe :

$$Pdc = \frac{0.478 \times L_r \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} = \frac{0.478 \times 132 \times 63^{-4.75} \times 4488^{1.75}}{2.75} = \mathbf{0.160 \text{ m}}$$

$Pdc = 0.160 \text{ m} < 0.6 \text{ m} \Rightarrow$ la condition est vérifiée.

V.1.4.2 Calcul de pertes de charge de la conduite secondaire 01:

- La longueur de la conduite secondaire est : $L_{cs}=265\text{m}$
- Le débit véhiculé est le débit de la porte rampe : $Q=4488\text{l/h}$
- Le diamètre de la conduite secondaire est le même avec le diamètre de la porte rampe :
 $D=63\text{mm}$

$$P_{dc} = \frac{0.478 \times L_{cs} \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} = \frac{0.478 \times 265 \times 63^{-4.75} \times 4488^{1.75}}{2.75}$$

$$= \mathbf{0.311 \text{ m}}$$

V.1.4.3 Pression en tête du réseau :

C'est la somme des pertes de charges dans l'ensemble du réseau auxquelles il faut ajouter la pression nécessaire pour le goutteur.

$$P = P_{dc}(\text{rampe}) + P_{dc}(\text{porte rampe}) + P_{dc}(Cs) + 10$$

$$P = 0.160 + 0.122 + 0.311 + 10 = \mathbf{10.592 \text{ m}} \Rightarrow \mathbf{p=1.06 \text{ bar}}$$

$p=1.06$ bar est la pression d'eau nécessaire qu'il faut fournir pour irriguer l'ilot choisi ce qui est largement suffisant vu la pression au borne N° 2 qui est de **4.7 bar**.

V.2 Dimensionnement d'un réseau d'asperseur :

V.2.1 Données générales :

La parcelle P2 choisie a une superficie de 1.04 ha dans l'ilot 5 qui sera alimenté par la borne B5.

- Longueur : 144 m
- Largeur : 72 m
- Culture : **blé**
- Besoin de pointe : **164.06 mm**
- choix du mode de couverture : **couverture totale**
- temps de travail : **22 h/j, 26 j/mois.**
- Perméabilité du sol : le sol est de type argileux à argileux- limoneux estimée de : **8 mm/h.**

V.2.2 Dose pratique RFU :

Elle est calculée comme suit :

$$D_p = RFU = (h_{cc} - h_{pf}) \times y \times da \times Z = 89.6 \text{ mm}$$

V.2.3 Diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $k=8$ mm/h. pluviométrie admissible.

On pose : $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul par la relation :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04}$$

Donc

$$d = \frac{P \times 1.04}{1.5}$$

$$d = \frac{8 \times 1.04}{1.5} = 5.54 \text{ mm}$$

Le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm.

V.2.4 Calcul de la portée du jet (L) :

La portée du jet se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25}$$

Tel que :

- d : diamètre de la buse (mm).
- h : pression à la buse (m), dans notre cas P=2.5 bars, h=25 m.

$$L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 25^{0.25} = 14.7 \text{ m}$$

D'après le catalogue (voir le tableau suivant), pour le diamètre de la buse de 4.5 mm à une pression minimale de 2.5 bars la portée sera de **15m**.

Ecartements entre les rampes et arroseurs :

Diamètres des buses mm	P (bar) 2,5	P (bar) 3,0	P (bar) 3,5	P (bar) 4,0	P (bar) 4,5	Distance entre arroseurs PR 24											
	Portée en m					P (bar) 2,5 P (bar) 3,0 P (bar) 3,5 P (bar) 4,0 P (bar) 4,5											
3,5	13,8	14,2	14,7	15,1	15,4	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12
4,2	14,3	14,9	15,5	15,9	16,3	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12
4,5	14,6	15,2	15,8	16,3	16,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,8	14,8	15,5	16,0	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,0	15,1	15,8	16,4	16,9	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,2	15,3	16,0	16,6	17,1	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
6,0**	15,9	16,4	17,2	17,5	17,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
7,0**	16,3	16,8	17,6	18,3	18,7	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
Consommation d'eau du PR 24 W																	
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)												
3,5	0,77	0,84	0,91	0,97	1,03												
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33												
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53												
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74												
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89												
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04												
Consommation d'eau du FR 24						Précipitations											
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
3,5x2,4	1,09	1,20	1,29	1,38	1,47	5,2	7,0	5,7	7,7	6,2	8,3	6,6	8,9	7,0	9,4		
4,2x2,4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	6,8	9,2	7,4	10,0	8,0	10,8	8,5	11,5	9,1	12,3		
4,5x2,4	1,46	1,60	1,73	1,85	1,96	3,4	4,5	3,7	4,9	4,0	5,3	4,3	5,7	4,5	6,0		
4,8x2,4	1,62	1,77	1,92	2,05	2,17	3,8	5,0	4,1	5,5	4,4	5,9	4,7	6,3	5,0	6,7		
5,0x2,4	1,73	1,90	2,05	2,19	2,32	4,0	5,3	4,4	5,9	4,7	6,3	5,1	6,8	5,4	7,2		
5,2x2,4	1,85	2,02	2,18	2,33	2,48	4,3	5,7	4,7	6,2	5,0	6,7	5,4	7,2	5,7	7,6		
6,0x2,4	2,22	2,43	2,62	2,80	2,97	5,4	7,3	5,9	7,9	6,4	8,6	6,9	9,2	7,3	9,7		
7,0x2,4	2,85	3,12	3,37	3,60	3,82	7,1	9,5	7,8	10,5	8,4	11,2	9,0	12,0	9,6	12,7		

Figure V.1 Fiche technique d'un arroseur de type Perrot.

L'écartement entre les rampes et arroseurs sera de :

$$Er=18m, Ea=12m$$

V.2.5 Vérification de la pluviométrie (P<K) :**V.2.6.1 Débit de l'asperseur :**

Le débit d'un asperseur se calcule, par la relation suivante :

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \sqrt{2 \times g \times h} = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8 \times 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \times 9.81 \times 25}$$

Avec Q débit de l'asperseur (m³/s).

$$\mathbf{Q=0.00038 \text{ m}^3/\text{s}}$$

V.2.6.2 Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$\mathbf{P = \frac{Q}{Er \times Ea} = \frac{0.00038}{18 \times 12} = 6.35 \text{ mm/h}}$$

Donc le diamètre de la buse choisi va assurer une pluviométrie $P \leq K=8.0$ mm/h.

V.2.7 Paramètres d'arrosage :**V.2.7.1 Calcul du tour d'eau :**

$$T_{eau} = \frac{Dp \times Nj}{Bp}$$

Tel que :

- Dp = 89.6 mm.
- Nj = 26 jours.
- Bp = 164.06 mm

$$T_{eau} = \frac{89.6 \times 26}{164.06} = \mathbf{14.19 \text{ jours}}$$

On opte pour **15 jours**.

V.2.7.2 Nombre d'irrigation par mois :

Donc on irrigue : $\mathbf{Nj/mois = 30 / 15 = 2 \text{ fois.}}$

V.2.7.3 Calcul de la dose réelle :

$$Dose_{réelle} = T_{eau} \times La\ dose\ journalière = 15 \times \frac{164.06}{30} = \mathbf{82.03\ mm}$$

V.2.7.4 Calcul de la dose brute :

L'efficience (μ) = 0.75

$$Dose_{brute} = \frac{Dr}{\mu} = \frac{82.03}{0.75} = \mathbf{109.37\ mm}$$

V.2.7.5 Temps d'arrosage :

Temps d'arrosage par position sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul comme suit :

$$T = \frac{Dose_{brute}}{K_{pluviométrie}} = \frac{109.37}{6.35} \approx \mathbf{17\ heures}$$

Donc on peut avoir 1 position par jour pour un asperseur sans dépasser les 22 heures.

V.2.7.6 Unité d'arrosage :

$$Su = \frac{S}{T_{eau} \times N} = \frac{1.04}{15} = \mathbf{0.069\ ha}$$

V.2.7.7 Volume fournie par 1 asperseur pendant 1 mois :

$V =$ nombre de position par jour \times nombre de jour par mois \times dose \times Ea \times Er

$$V = 1 \times 30 \times \frac{89.6}{1000} \times 18 \times 12 = 580.61\ m^3$$

V.2.7.8 Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle :

$$Vt = B_{mens} \times S$$

$$Vt = \frac{164.06}{1000} \times 1.04 \times 10000 = 1706.22\ m^3$$

V.2.7.9 Nombre d'asperseurs (à acheter) :

$$N_{asp} = \frac{Vt}{V_{asp}} = \frac{1706.22}{580.61} = \mathbf{3\ asperseurs.}$$

V.2.8 Calculs hydrauliques :

V.2.8.1 Dimensionnement hydraulique des rampes :

- La longueur du terrain est de : $L=144$
- La largeur du terrain est de : $l=72$

V.2.8.2 Nombre d'asperseurs par rampe :

$$N_{asp/rampe} = \frac{l}{Ea} = \frac{72}{12} = \mathbf{6 \text{ asperseurs}}$$

V.2.8.3 Nombre de rampes :

$$N_{rampes} = \frac{N_{asp}}{N_{asp/rampe}} = \frac{3}{6} = \mathbf{0.5 = 1 rampe}$$

V.2.8.4 La longueur de la rampe :

$$L_r = l - \frac{Ea}{2} = 72 - \frac{12}{2} = \mathbf{66m}$$

V.2.8.5 Débit de la rampe :

Le débit de la rampe = le débit de l'asperseur \times le nombre d'asperseur/ rampe.

$$Q_r = N_{asp} \times Q_{asp} = 3 \times 0.00038 = 0.00114 \text{ m}^3/\text{s}$$

V.2.8.6 Calcul du Diamètre de la rampe :

Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}}$$

Avec : - V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe ou $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0.5 ; 2.5]$

On suppose que $v=1.5\text{m/s}$ et on calcule D_r :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 0.00114}{\pi \times 1.5}} = 0.031 \text{ m} = \mathbf{31 \text{ mm}}$$

Les conduites en PEHD disponibles sur le marché ont les diamètres suivants :

50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 et 200 mm.

Donc le diamètre de la rampe normalisé est de **50 mm** ce qui permet de calculer la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 0.00114}{\pi \times 0.05^2} = \mathbf{0.58 \text{ m/s}} < V_{adm}$$

V.2.8.7 Dimensionnement de la porte rampe :

V.2.8.7.1 Longueur de la porte Rampe :

La longueur de la porte rampe est calculée par :

$$L_{pr} = L - \frac{Er}{2} = 141 - \frac{18}{2} = 132 \text{ m}$$

V.2.8.7.2 Débit de porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_{rampe} \times N_{rampe}$$

Donc :

$$Q_{pr} = 0.00114 \times 1 = 0.00114 \text{ m}^3/\text{s}.$$

V.2.8.7.3 Calcul du Diamètre de la porte rampe :

Diamètre de la porte-rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}}$$

Avec :

- v : vitesse de l'écoulement à travers la porte rampe ou $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0.5 ; 2.5]$

On suppose que $v=1.5\text{m/s}$ et on calcule D_{pr} :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00114}{\pi \times 1.5}} = 0.031 \text{ m} = 31 \text{ mm}$$

Donc le diamètre de la rampe normalisé est de **50 mm** ce qui permet de calculer la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 0.00114}{\pi \times 0.11^2} = 0.58 \text{ m/s} < V_{adm}$$

V.2.8.8 Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charges seront calculées selon la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852}$$

Avec :

- J=Perte de charges linéaire en m ;

- CH : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m.

V.2.8.9 Pertes de charge de la rampe :

On a $L_{rampe}=66m$ $D_r=0.05m$ $Q_r=0.00114 m^3/s$.

$$J_r = \left(\frac{3.592}{140} \right)^{1.852} \times \frac{66}{0.05^{4.87}} \times 0.00114^{1.852} = \mathbf{0.57 m}$$

V.2.8.10 Pertes de charge de la porte rampe :

On a $L_{pr}=132m$ $D_{pr}=0.05m$ $Q_{pr}=0.00114 m^3/s$.

$$J_r = \left(\frac{3.592}{140} \right)^{1.852} \times \frac{132}{0.05^{4.87}} \times 0.00114^{1.852} = \mathbf{1.15 m}$$

V.2.8.11 Pertes de charge de la conduite secondaire 02 :

On a $L_{cs}=320m$ $D_{cs}=0.05m$ $Q_{cs}=0.00114 m^3/s$.

$$J_r = \left(\frac{3.592}{140} \right)^{1.852} \times \frac{320}{0.05^{4.87}} \times 0.00114^{1.852} = \mathbf{2.78m}$$

V.2.8.12 Calcul de la pression en tête du réseau :

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H=H1+H2+H3+H4$$

Avec :

- H : pression à la tête de la parcelle.
- H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5bar).
- H2 : perte de charge totale.
- H3 : la dénivelée. (0 m)
- H4 : pertes de charge de la conduite secondaire.

$$\mathbf{H = 25+0.57+1.15+2.78= 29.5 m}$$

Donc la pression égale 2.95 bars ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 4.3 bars.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a calculé les différentes paramètres pour les deux systèmes d'arrosage (par aspersion, goutte à goutte), et on a fait le dimensionnement des rampes et porte rampes et le choix des asperseurs et goutteurs puis on a conclu par la vérification des pressions.

Chap VI : Etude technico-économique

Introduction :

L'étude du devis quantitatif et estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet d'irrigation projeté, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain. Pour notre projet on a les travaux suivants :

- Le réseau de distribution.
- - Le réseau d'irrigation (par aspersion).

VI.1 Différents travaux à entreprendre**VI.1.1 Travaux concernant le réseau distribution :**

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place le réseau distribution sont :

VI.1.2 Exécution des tranchées :

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

VI.1.3 Pose du lit de sable :

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 12 cm.

VI.1.4 Pose des conduites :

Avant la descente des conduites dans la fouille, on procède à un triage des conduites de Falcon à écarter celles qui ont subies des chocs ; et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour n'avoir pas des difficultés au raccordement des conduites.

VI.1.5 Epreuve de joint et de la canalisation

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

VI.1.6 Remblayage des tranchées

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

VI.1.7 Nivellement et compactage

Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et éviter le tassement par la suite.

VI.2 Calcul des volumes des travaux de distribution :

VI.2.1 Calcul du volume de terrassement

VI.2.2 Largeur du fond de la tranchée :

La largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + 0.6$$

Avec :

- B : largeur de la tranchée (m).
- d : diamètre de la conduite (m).

VI.2.3 Profondeur de la tranchée :

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

$$H = e + d + h$$

Avec :

- H : profondeur de la tranchée (m).
- e : hauteur du lit de pose (m).
- d : diamètre de la conduite (m).
- h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

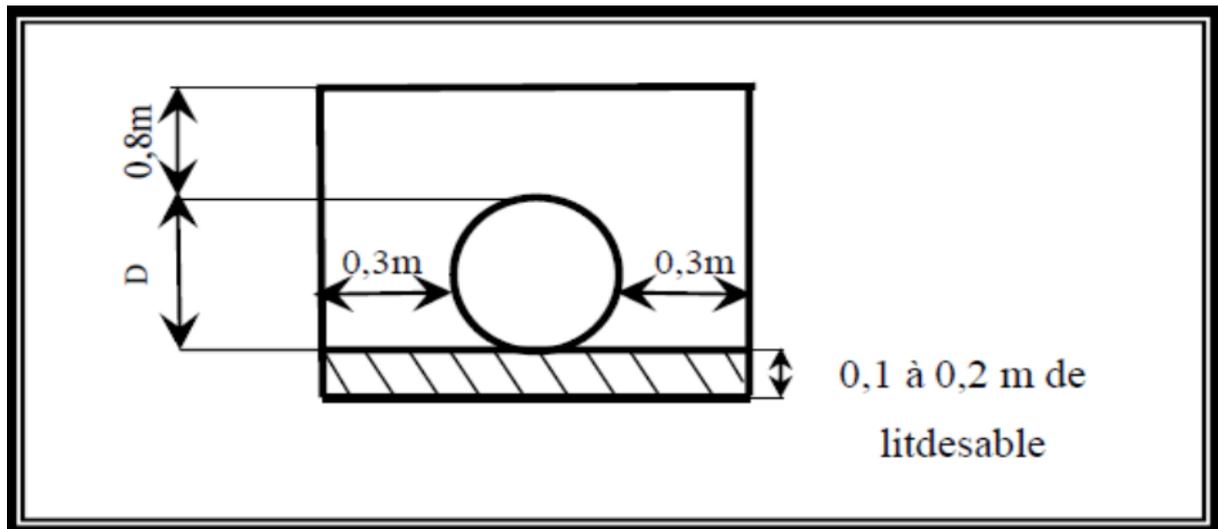


Figure VI.1 Schéma d'une tranchée

VI.2.4 Calcul du volume de déblai :

La surface à calculer est la surface rectangulaire :

$$S = B \times H$$

$$B = d + 0.6$$

$$H = 1 + \emptyset$$

$$V_d = S \times L$$

VI.2.5 Calcul du volume de lit de sable :

Ce lit correspond à une couche de sable de 12 cm sur le fond du tranchée, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante :

$$V_s = e \times b \times L$$

VI.2.6 Calcul du volume de remblai :

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume qu'occupe la conduite et le volume occupé par le lit de sable :

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

Avec :

- V_r : volume du remblai compacté (m^3)
- V_d : volume du déblai (m^3)
- V_s : volume du sable (m^3)
- V : volume occupé par la conduite (m^3) ; $V = L \times \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)$.

- L : longueur de la conduite
- Diamètre de la conduite

VI.3 Les opérations à suivre pour la réalisation de réservoir :

- Terrassement :
 - Décapage des terres végétales.
 - Fouille en grande masse jusqu'au bon sol.
 - Remblai en terre épierrée.
 - Transport des terres excédentaires.
- Coffrage :
 - Radier.
 - Voile.
 - Coupole.
- Béton :
 - Béton de propreté dosé a 150kg/m3.
 - Béton : radier, voile (400kg/m3) ; coupole (350kg/m3)
- Enduit et peinture :
 - Enduit : étanche sur la surface intérieure avec des adjuvants dosés à 600kg/m3 .
 - Peinture :
 - badigeonnage des surfaces en terre par du fillincotte
 - Etanchéité de la coupole par des paxa-aluminium.
 - Peinture vinylique sur la partie apparente.

VI.4 Calcul du volume de terrassement :

Les volumes de toutes les opérations de terrassement sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 Calcul du volume de terrassement :

Diamètre (mm)	Langueur (m)	volume de déblai (m ³)	volume du sable (m ³)	volume de la conduite (m ³)	volume de remblai (m ³)
630	6769.7	13 572.57	999.20772	2109.211735	10 464.15
500	747.4	1 233.21	98.6568	146.67725	987.88
400	790.3	1 106.42	94.836	99.26168	912.32
315	1806.7	2 173.87	198.37566	140.7267989	1 834.76
250	710.9	755.33	72.5118	34.87853125	647.94
200	1273.2	1 222.27	122.2272	39.97848	1 060.07
160	322.2	284.05	29.38464	6.4749312	248.19
125	637.76	520.17	55.48512	7.822525	456.87
110	320.135	252.30	27.275502	3.040802298	221.98
Totale	13 378.30	21 120.19	1 697.96	2 588.07	16 834.16

VI.5 Estimation de cout total de projet :**VI.5.1 Estimation du cout de pose de canalisation de distribution :****Tableau VI.2** Estimation du cout de pose de canalisation de distribution

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Déblai en terrain	M3	21120	300	6 336 058.29
Lit de sable	M3	1698	800	13 583 68.354
Remblaiement de la tranchée	M3	16834	200	3 366 832.225
			Totale	11 061 258.87

VI.5.2 Estimation du cout des conduites et des bornes :**Tableau VI.3** Estimation du cout des conduites et des bornes :

Les types des tuyaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant TTC DA
PEHDTubeØ630	M/l	6770	18 662.72	126 346 614.4
PEHDTubeØ500	M/l	748	12 131.41	9 074 294.68
PEHDTubeØ400	M/l	791	7 884.43	6 236 584.13
PEHDTubeØ315	M/l	1807	4 774.29	8 627 142.03
PEHDTubeØ250	M/l	711	3 186.65	2 265 708.15
PEHDTubeØ200	M/l	1274	2 030.1	2 586 347.4
PEHDTubeØ160	M/l	323	1 326.39	428 423.97
PEHDTubeØ125	M/l	638	809.76	516 626.88
PEHDTubeØ110	M/l	321	635.63	204 037.23
Borne	U	27	80000.00	2 160 000
			TOTALE TTC	159 345 779

Donc le cout de projet sera :

Cout Totale de projet = 170 407 038 DA

VI.5.3 Estimation Des équipements interne de la parcelle P2 :**Tableau VI.4** Estimation Des équipements interne de la parcelle P2 :

Equipement	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Rampes D50 PEHD	M/l	66	740.00	48 840.00
Porte rampes D50 PEHD	M/l	132	740.00	97 680.00
Asperseurs	U	16	1 200.00	19 200.00
Té à clapet pour l'installation d'asperseur	U	16	432.00	6 912.00
Canne d'asperseur	U	16	5.00	80.00
Semelle stabilisatrice	U	16	15.90	254.40
TOTAL (HT)				575 926.40
TVA (19%)				109 426.02
Montant TTC				685 352.42

Conclusion :

Dans ce chapitre on a défini les étapes nécessaires pour la pose de canalisation et les travaux de terrassement. Puis on a fait une étude quantitative des volumes des travaux. Comme deuxième étape nous avons estimé le cout de projet qui est de **170 407 038 DA**.

Et on à calculer a la fin le cout d'équipement de la parcelle P2 irrigué par aspersion.

Conclusion générale

Le présente mémoire a été établi pour l'étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Ksar Sbahi dans la wilaya d'Oum El Bouaghi, la source d'eau est le barrage Fom El Khonga.

En premier lieu, nous avons commencé par la présentation de la zone d'étude ainsi une étude climatologique où on s'est aperçue que La région est caractérisée par un climat semi-aride qui nécessite une irrigation permanente.

Par la suite nous avons abordé l'étude agro-pédologie où l'analyse du sol montre que le périmètre est dominé par des sols à texture argileuse ou limoneux-argileuse et pour cela on a choisi les cultures adaptées avec ces sols.

Après on a fait des analyses sur la qualité des eaux de barrage Fom El Khanga et on a trouvé que cette eau est caractérisé par une conductivité électrique EC de 0,28 mS/cm et un SAR égal à 7.27 ce qui montre qu'on a un risque moyen de salinité et une alcalinité faible, donc on peu dire que ces eaux sont de bonne qualité pour l'irrigation.

L'étude hydrologique nous a permis de déterminer l'année de calcul pour extraire la pluie efficace, et aussi de calculer les besoins en eau des cultures et connaitre le débit spécifique qui rentre dans le dimensionnement de notre réseau de distribution.

Après le calcul de ce débit nous avons pu dimensionner le réseau de distribution qui compte :

- 27 parcelles avec 27 bornes d'irrigation
- Des conduites dont le diamètre varie entre 110 mm et 630 mm.
- Un réservoir de stockage d'une capacité de 4000 m³.

Pour la vérification de la vitesse d'écoulement sur les conduites et la pression on a des résultats acceptable et valable pour tous les systèmes d'irrigation.

On a pris deux exemples de technique d'irrigation pour dimensionner le réseau des deux parcelles, une par goutte à goutte et l'autre par asperseur.

D'après l'étude faite pour la réalisation du projet le cout est estimé à 168 346 038 DA.

Et on a encore calculé le devis pour équiper une parcelle irriguée par aspersion.

La projection de systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion et le goutte à goutte permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

Le périmètre de Ksar Sbahi est un périmètre stratégique, qui mérite cet aménagement afin d'assurer au niveau de ca région l'autosuffisance.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE :

- [1] - ANRH, Annuaire hydrologiques. Données station hydrométriques 1971 – 2011.
- [2] – ANRH, Département Agopédologique, Etude Agro-pédologique de la plaine de Ksar Sbahi M.E.H LEZZAR
OCTOBRE 1994.
- [3] – ANRH, Laboratoire d'analyse, Analyse de la qualité d'eau du barrage Fom El Khonga 2018-2019.
- [4] – ONID, Carte Topographique du périmètre Ksar Sbahi.
- [5] - Mr. HENDI M (2019), ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU PERIMETRE D'OUED CHAABA (WILAYA DE BATNA).
- [6] - TOUAIBIA, Bénina. Manuel d'hydrologie ISBN.BLIDA Algérie. Mars 2004. P166.
- [7] – Logiciel utilisé : Autocad, Covadis, Hyfran, Cropwat, Epanet.

REFERENCES SITOGRAPHIQUES :

- [1] - <https://www.tutiempo.net/>
- [2] - <http://www.canaux-et-territoire.info/d2/index.php?post/2009/12/24/39-les-technique-d-irrigation-ii-irrigation-sous-pression>
- [3] - <https://books.google.dz/books?id=ubAsBa9qWPgC&pg=PA97&dq=irrigation+par+asperseur&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwix85CWq-TiAhXxA2MBHXe8BhMQ6AEIJzAA#v=onepage&q=irrigation%20par%20asperseur&f=false>
- [4] - <http://algerie.prix-construction.info/>

