

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL
FOR HYDRAULICS
"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⵓⵔ ⵏ ⵓⵎⵓⵔ ⵏ ⵓⵎⵓⵔ ⵏ ⵓⵎⵓⵔ ⵏ ⵓⵎⵓⵔ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude d'aménagement Hydro-agricole du périmètre d'Er
Rekina 266 ha au sud-est de Bouguirat W. Mostaganem à
partir du transfert MAO**

Présenté par :

ABDERRAHMANE Omar

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
AZIB Makhoulf	MCA	Président
BENKACI ALI Tarek	MCB	Examineur
MAZOUZI Sabra	MAA	Examineur
BOUZIANE Omar	MAA	Examineur
AZIEZ Ouahiba	MMA	Promoteur

Session : Septembre 2019

REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes surtout mes parents.

Je souhaite ici les en remercier.

Je tiens d'abord à remercier très chaleureusement madame AZIEZ.O qui m'a permis de bénéficier de son encadrement.

Les conseils qu'elle m'a prodigués, la patience, la confiance qu'elle m'a témoignée ont été déterminants dans la réalisation de mon travail de recherche.

Mes remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études.

Spécifiquement à l'ensemble des enseignants Mr AZIB, Mr BENKACI, Mme MAZOUI, et Mr BOUZIANE qui m'ont enseigné et honoré le jury.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

A mes chers parents Mr ABDEERAHMANE Moussa et Mme Naima, Et ma chère femme A. Hiba pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mon cher frère pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

*A mes chers amis, AZARI Seif-El-Islam, TIGRINE Ziyad,
BENAYACHE Samir,*

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

ملخص :

تم تنفيذ هذا العمل ، الذي يهدف إلى تحقيق التهيئة المائية الزراعية لمحيط الريكينا المتواجد في بوغويرات بولاية مستغانم، وفقاً لطريقة منهجية تتكون من البحث البيليوغرافي ، وتحليل عينات المياه التي يتبعها العمل الميداني. مكنت هذه الطريقة من ملاحظة نقاط القوة والصعوبات المحيطة بالمحيط ، على مستوى المنطقة. من أجل : تحديد نوع الزراعة، تحديد إمكانات الموارد المائية و تقدير الاحتياجات المائية للمنطقة. توضح هذه الدراسة أيضاً الحاجة إلى وجود نظام مائي زراعي في محيط الريكينا. ويلاحظ أن مياه سد كرادا و الشلف هي بكمية كافية وذات نوعية جيدة للتزويد دون مشكلة لسقي هذا المحيط. توضح الدراسة أن مثل هذا المشروع التنموي ممكن تقنياً واقتصادياً.

Résumé :

Ce travail, dont le but est la réalisation d'un aménagement hydro-agricole de périmètre d'Er Rekina à Bouguirat dans la wilaya de Mostaganem, a été effectué suivant une démarche méthodologique consistant en la recherche bibliographique, l'analyse des échantillons d'eau suivi des travaux de terrain. Cette démarche a permis de voir qu'au niveau de la zone, les atouts et les contraintes du périmètre, identifier le type d'agriculture, déterminer la potentialité en ressources hydrauliques, estimer des besoins en eau du périmètre. Cette étude montre aussi la nécessité pour qu'il y ait un système hydro-agricole dans le périmètre d'Er Rekina. Elle relève que l'eau de Barrage Kerrada et Cheliff est en quantité suffisante et de bonne qualité pour alimenter sans problème à des fins d'irrigation cette périmètre. L'étude montre qu'un tel projet d'aménagement est faisable techniquement et économiquement.

Abstract :

This work, whose goal is the realization of a hydro-agricultural development of the Er Rekina perimeter in Bouguirat, Mostaganem province, was carried out according to a methodological method consisting of the bibliographical research, the analysis of the water samples followed by the fieldwork. This approach made it possible to see the strengths and constraints of the perimeter, to identify the type of agriculture, to determine the potential for hydraulic resources, and to estimate the water requirements of the area. This study also shows the need for there to be a hydro-agricultural system in the Er Rekina perimeter. It notes that the dam water of both Kerrada and Cheliff has sufficient quantity and good quality of water to supply without problem this perimeter for irrigation purposes. Furthermore, the study reveals that such a development project is technically and economically possible.

Sommaire

Liste des tables

Liste des figures

Introduction Générale	1
Chapitre I : Analyse des conditions naturelles.....	2
1. Introduction :	2
2. La situation géographique :	2
3. Les caractéristiques climatiques :	3
a. Pluviométrie :	3
b. Température de l'air :	4
c. Humidité relative de l'air :	5
d. Vent :	6
e. Insolation :	7
f. Les phénomènes climatiques accidentelles :	8
i. La neige :	8
ii. La grêle :	8
iii. Le sirocco :	8
g. Indices bioclimatiques :	9
i. Indice de Martonne :	9
ii. Quotient pluviothermique d'Emberger (1932) :	10
iii. Indice de Gaussen et Bagnouls (1952) :	11
4. Conclusion :	12
Chapitre II : Ressources en sol	14
1. Introduction :	14
2. Etude pédologique :	14
3. Classification des sols du périmètre Er Rekina :	14
a. Les sols peu évolués :	14
b. Les vertisols :	14
c. Les sols calcimagnésiques :	14
i. Rendzines :	15
ii. Sols bruns calcaires :	15
4. Aptitudes culturales des sols :	18
5. Qualité des sols :	19
a. Perméabilité en surface :	19

Sommaire

b. Conductivité électrique de sol :	19
6. Le développement et la production agricole dans la région d'étude :	20
7. Conclusion :	20
Chapitre III : Ressources en eau	22
1. Introduction :	22
2. Alimentation en eau du périmètre :	22
3. Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :	23
a. La salinité :	24
b. L'alcalinité :	25
4. Etude hydrologique :	26
a. Homogénéisation des séries pluviométrique :	27
b. L'étude fréquentielle de la série pluviométrique :	29
i. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss :	29
ii. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gibrat-Galton :	30
iii. Test de validité d'un ajustement :	32
c. Détermination l'année de calcul :	33
5. Conclusion :	34
Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures	36
1. Introduction :	36
2. Les cultures envisageables :	36
3. Besoins en eau du périmètre :	37
a. L'évapotranspiration :	37
i. L'évapotranspiration de référence (ET_0) :	37
ii. L'évapotranspiration maximale (ET_M) :	39
b. La pluie efficace :	40
c. La réserve facilement utilisable RFU :	40
4. Débits spécifique et caractéristique du périmètre :	45
a. Le débit spécifique :	45
b. Le débit caractéristique :	45
5. Conclusion :	46
Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution	48
1. Introduction :	48
2. Organisation et structure du périmètre :	48
a. Ilots et bornes d'irrigation :	48
b. Calcul hydraulique aux bornes :	49

Sommaire

c.	Choix du diamètre des bornes :	50
3.	Schéma d'aménagement hydro-agricole :	51
a.	Schéma d'adduction :	51
b.	Schéma de distribution :	51
4.	Dimensionnement du réservoir de distribution :	51
5.	Calcul hydraulique du réseau de distribution :	51
a.	Vitesses admissibles :	52
b.	Le calcul du diamètre :	52
c.	Calcul des pertes de charges :	52
6.	Choix du matériau des conduites	53
a.	Caractéristiques des canalisations	53
i.	Conduites en fonte :	53
ii.	Conduite en PEHD :	53
b.	Choix du matériau	53
7.	Conclusion :	56
Chapitre VI : Les techniques d'irrigation		57
1.	Introduction :	57
2.	Différentes techniques d'irrigation :	57
a.	L'irrigation gravitaire ou de surface :	57
i.	L'irrigation par ruissellement :	57
ii.	L'irrigation par submersion :	58
iii.	Les techniques mixtes :	59
b.	L'irrigation sous pression :	59
i.	Par aspersion :	59
ii.	Par micro-irrigation (goutte à goutte) :	61
3.	Le choix des techniques d'irrigation :	61
4.	Conclusion :	63
Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation		65
1.	Introduction :	65
2.	Données générales :	65
a.	Point de fourniture d'eau :	66
b.	L'unité de tête :	66
c.	La conduite principale :	68
d.	Les porte rampes :	69
e.	Les rampe :	69

Sommaire

f.	Les distributeurs :.....	69
4.	Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :	69
a.	Besoin d'irrigation :.....	69
i.	Besoin journalier :.....	70
ii.	Besoin journalier en tenant compte de la réduction Kr :.....	70
iii.	Dose d'irrigation nette pratique :	70
iv.	Fréquence des arrosages :	71
v.	Dose réelle et brute :	71
vi.	Durée d'arrosage par mois :.....	71
vii.	Durée d'arrosage journalier :.....	72
viii.	Nombre de poste :	72
ix.	Surface de la parcelle :.....	72
b.	Calculs hydrauliques :	72
i.	Condition hydraulique :	72
ii.	Le débit :.....	72
c.	Dimensionnement des différentes parties du réseau :	73
i.	Rampes et porte rampe :.....	73
ii.	La conduite secondaire :	75
5.	La pression d'eau à la borne de distribution :.....	75
6.	Conclusion :.....	76
Chapitre VIII : Evaluation du cout de projet		79
1.	Introduction :	79
2.	Exécution des travaux de pose des canalisations :	79
a.	Exécution des tranchées :	79
b.	Aménagement du lit de sable :	80
c.	Mise en place des canalisations :.....	81
d.	Assemblage des conduites en PEHD :	81
e.	Contrôle du compactage des tranchées :	82
3.	Frais de system d'irrigation implanté :	82
a.	Travaux de terrassements :.....	82
i.	Calcul du volume de déblai :	82
ii.	Calcul du volume de lit de sable :	83
iii.	Calcul du volume de remblai :.....	83
b.	Frais du réseau de distribution :	84
c.	Frais du réseau d'irrigation :	84
4.	Conclusion :.....	84

Sommaire

Conclusion Générale86

Références Bibliographiques

Annexes

Liste des tables

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles.....	2
Tableau 1 : Répartition mensuelle moyenne de la pluie en mm	3
Tableau 2 : Moyenne des données mensuelles des températures	4
Tableau 3 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %	5
Tableau 4 : Vitesse du vent	6
Tableau 5 : Durée moyenne journalière de l'insolation	7
Tableau 6 : Nombre de jours de neige par mois	8
Tableau 7 : Nombre de jours moyen de grêle par mois	8
Tableau 8 : Nombre de jours moyen de sirocco par mois	8
Tableau 9 : Moyennes mensuelles de précipitations et de températures	11
Chapitre II : Ressources en sol	14
Tableau 1 : Données générales de profil N°1	15
Tableau 2 : Caractéristique physico-chimique profil N°1	16
Tableau 3 : Données générales de profil N°2	17
Tableau 4 : Caractéristique physico-chimique profil N°2	18
Tableau 5 : Conductivité du sol	19
Chapitre III : Ressources en eau.....	22
Tableau 1 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation	24
Tableau 2 : Classification de la salinité des eaux selon la conductivité électrique	24
Tableau 3 : Classification de l'alcalinité des eaux selon le SAR	25
Tableau 4 : Calcul de SAR	25
Tableau 5 : Caractéristiques météorologique de Bouguirat	26
Tableau 6 : La série pluviométrique de la station de Bouguirat	27
Tableau 7 : Test d'homogénéité	29
Tableau 8 : Ajustement à la loi normale	30
Tableau 9 : Ajustement à la loi log normale	31
Tableau 9 : Test du Khi-carré (χ^2)	32
Tableau 10 : La pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%	33
Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures.....	36
Tableau 1 : Occupation de sol	36
Tableau 2 : Le cycle végétatif des différentes cultures	37
Tableau 3 : L'évapotranspiration de référence ETO calculés	39
Tableau 4 : Les valeurs du coefficient cultural (K_c)	40
Tableau 5 : La pluie efficace (<i>Peff</i>)	40
Tableau 6 : Besoins en eau d'agrumes	41

Liste des tables

Tableau 7 : Besoins en eau d'olivier	42
Tableau 8 : Besoins en eau de la pomme de terre	43
Tableau 9 : Besoins en eau de la tomate	43
Tableau 10 : Besoins en eau du piment/poivrons	44
Tableau 11 : Besoins en eau d'orge	44
Tableau 12 : Les besoins totaux en eau du périmètre en mm	44
Tableau 13 : Volume totale du périmètre en m ³	45
Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution.....	48
Tableau 1 : Découpage du périmètre en ilots	49
Tableau 2 : Choix du diamètre des bornes	50
Tableau 3 : Débit et diamètre du chaque borne	50
Tableau 4 : Dimensionnement du réseau de distribution	55
Chapitre VI : Les techniques d'irrigation.....	57
Tableau 1 : Les avantages et les inconvénients des techniques d'irrigation	63
Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation	65
Tableau 1 : Caractéristique de conduites secondaires	75
Tableau 2 : Les pertes de charge	76
Chapitre VIII : Evaluation du cout de projet	79
Tableau 1 : Frais des travaux de terrassements (DA)	83
Tableau 2 : Frais des conduites de distribution	84

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles.....	2
Figure 1 : Wilaya de Mostaganem, limites administratives	2
Figure 2 : Limitation de périmètre Bouguirat et la zone d'étude	3
Figure 3 : Courbe des précipitations sur la période de 1990 à 2014	4
Figure 4 : Histogramme des températures (1990-2014)	5
Figure 5 : Histogramme de l'humidité relative en % (1990-2014)	6
Figure 6 : La vitesse du vent moyenne mensuelle en m/s (1990-2014)	7
Figure 7 : Courbe de l'insolation (1990-2014)	7
Figure 8 : Diagramme bioclimatique d'Emberger	10
Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Mostaganem	11
Chapitre II : Ressources en sol	14
Chapitre III : Ressources en eau.....	22
Figure 1 : Schéma de système MAO	22
Figure 2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation	26
Figure 3 : Courbe d'ajustement à la loi normale	30
Figure 4 : Courbe d'ajustement à la loi log normale	32
Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures.....	36
Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution.....	48
Chapitre VI : Les techniques d'irrigation.....	57
Figure 1 : L'irrigation par ruissellement	58
Figure 2 : La submersion continue	58
Figure 3 : Submersion par terrasses	58
Figure 4 : Submersion par cuvettes	59
Figure 5 : Sprinkler	60
Figure 6 : Aspersion simple	60
Figure 7 : Enrouleur	60
Figure 8 : Pivot	61
Figure 9 : Goutteur	61
Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation	65
Figure 1 : Schéma explicatif d'une installation goutte à goutte	66
Figure 2 : Filtre à tamis	67
Figure 3 : Filtre à sable	67
Figure 4 : Filtre à gravier	68
Figure 5 : Injecteur d'engrais	68

Liste des figures

Figure 6 : Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur	76
Chapitre VIII : Evaluation du cout de projet	79
Figure 1 : Pelle mécanique	80
Figure 2 : Lit de sable	80
Figure 3 : Mise en place des canalisations	81

Liste des planches

Planche 1 : Plan de situation du périmètre d'Er Rekina.

Planche 2 : Occupation du sol du périmètre d'Er Rekina.

Planche 3 : Plan de réseau de distribution du périmètre d'Er Rekina.

Planche 4 : Profil en long entre les nœuds N0-B11 de la conduite de distribution.

Planche 5 : Plan de réseau d'irrigation par goutte à goutte d'une partie de l'ilot n°13.

Introduction Générale

Une grande partie, sinon la totalité, des pays en voie de développement (PVD) se situe en régions chaudes avec période sèche. Nombreux sont ceux dont l'agriculture est handicapée par une pluviométrie insuffisante ou mal répartie. Cela provoque des déficits hydriques très préjudiciables à la productivité des cultures, à la régularité des récoltes et à l'alimentation des troupeaux.

Pour avoir une production agricole beaucoup plus importante, il faut pratiquer l'irrigation. En effet l'objectif principal de l'irrigation est d'apporter artificiellement l'eau à un couvert végétal, lorsqu'on estime que les précipitations naturelles éventuelles sont insuffisantes pour parvenir à l'objectif de production recherchée.

Ainsi donc, une étude de réalisation d'un aménagement hydro-agricole du périmètre d'Er Rekina, reste et demeure un travail important. Cette étude doit déboucher sur un plan d'aménagement physique du périmètre, formuler des recommandations pour une meilleure mise en valeur agricole et une gestion durable des infrastructures dans l'objectif d'accroître la production agricole.

A travers l'irrigation, on favorise une augmentation de la production agricole du périmètre et une amélioration du revenu des exploitants. D'une manière plus spécifique, on propose de cerner les points suivants :

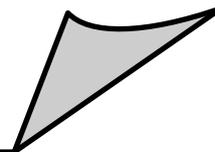
- Déterminer les atouts et les contraintes des conditions naturelles de la zone ;
- Inventorier les cultures et les calendriers culturels pratiqués au niveau du périmètre puis évaluer l'exigence hydrique de ces cultures ;
- Estimer les ressources en eau disponible en période de crue et d'étiage des barrages et étudier la qualité de l'eau pour l'irrigation ;
- Calculer le coût économique du projet.

L'utilisation de l'eau des barrages Kerrada et Cheliff permettra de couvrir les déficits hydriques des cultures pratiquées sur le périmètre.

Cette étude va servir comme document de base destiné à être utilisé dans toutes les interventions relatives à l'aménagement hydro-agricole du périmètre en question.

Chapitre I

Analyse des Conditions Naturelles



Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

1. Introduction :

Ce chapitre a pour but la présentation de périmètre irrigué d'Er Rekina, donc il convient de connaître le cadre naturel où se trouve ce périmètre, c'est-à-dire la situation géographique, les caractéristiques climatiques et les différents paramètres physiques.

2. La situation géographique :

Le périmètre irrigué Er Rekina est situé au sud-est de grand périmètre Bouguirat qui se trouve dans la wilaya de Mostaganem.

La wilaya de Mostaganem est une wilaya côtière située au Nord-Ouest du territoire national, à environ 360 Km de l'Ouest d'Alger et à 80 Km à l'Est d'Oran,

- A l'Est par les Wilayas de Chlef et Relizane ;
- Au Sud par les Wilayas de Mascara et de Relizane ;
- A l'Ouest par les Wilayas d'Oran et de Mascara ;
- Au Nord par la Mer Méditerranée,

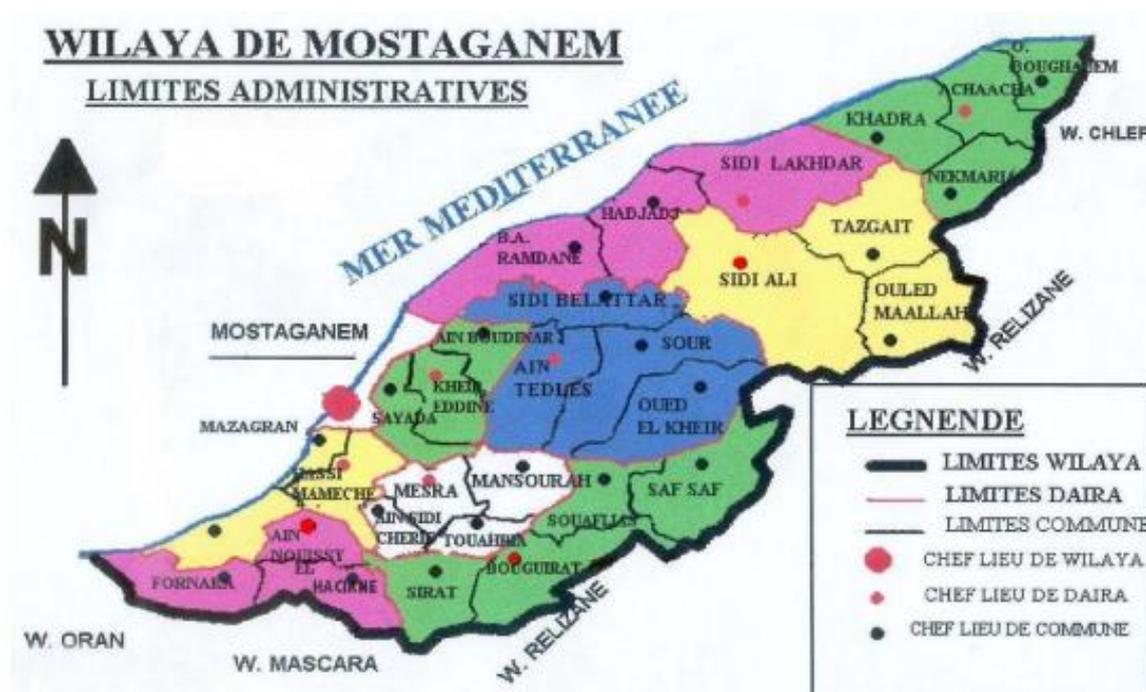


Figure 1 : Wilaya de Mostaganem, limites administratives

Le périmètre de Bouguirat relève du territoire de la daïra de Bouguirat qui se situe sud de la wilaya de Mostaganem. Il couvre une superficie totale de 4646 ha. Le périmètre étudié Er Rekina a une surface de 266 ha.

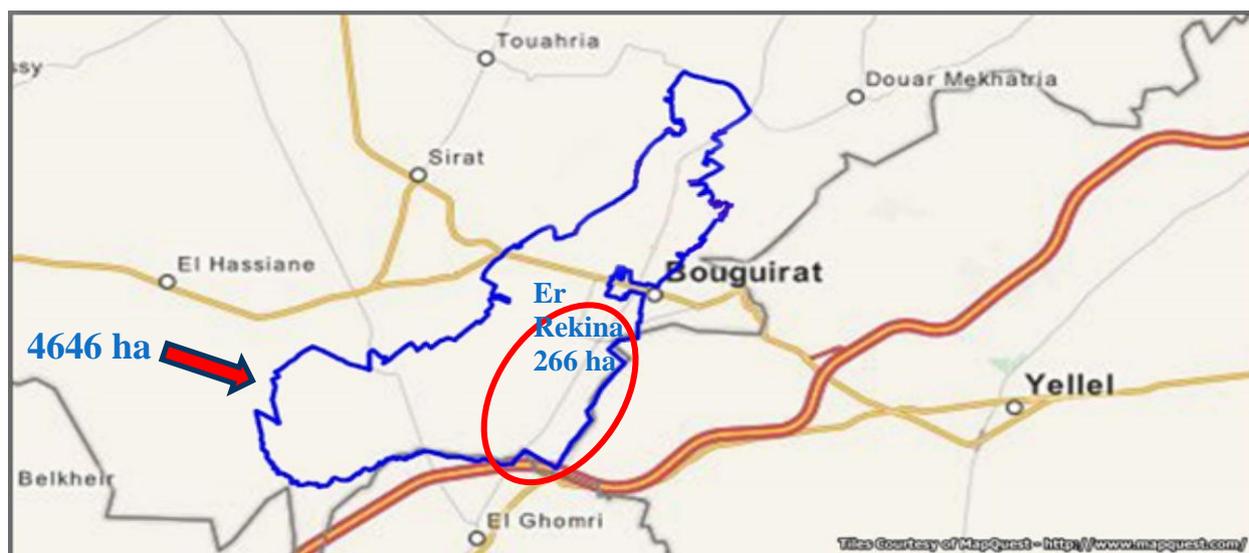


Figure 2 : Limitation de périmètre Bouguirat et la zone d'étude

3. Les caractéristiques climatiques :

L'étude climatique présentée a pris en considération une série statistique fournie par l'ONM couvrant une période de 25 années (1990 à 2014).

Le climat est un facteur principal qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. C'est l'indicateur le plus suivi par les agriculteurs et pour cause, puisque l'impact de la météo sur l'agriculture est colossal. Tous les facteurs climatiques à savoir : température, vent, précipitation, l'humidité relative, nébulosité et l'évaporation influent sur les cultures envisagées dans leurs cycle végétatifs et sur leurs besoins en eau.

a. Pluviométrie :

Une sécheresse va accentuer le stress hydrique de la plante. Les précipitations et la météo de manière générale doivent être minutieusement suivies. Pour être précis dans l'irrigation, l'installation d'une station météo dotée d'un pluviomètre est un atout indéniable.

Les valeurs des pluies moyennes annuelles des postes pluviométriques sont récapitulées dans le tableau suivant :

Année	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
Moyenne	23,59	34,35	73,65	61,30	56,58	46,14	36,37	36,40	25,64	3,51	1,83	5,46	404,82
Saisonnière	131,59			164,02			98,41			10,8			404,82
Max	143	73	178	216	134,7	140	133,5	111	111	31,8	7,2	42	
Min	0	1	3,4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Tableau 1 : Répartition mensuelle moyenne de la pluie en mm

La pluie moyenne de la zone d'étude est de 404,82 mm, des quantités appréciables sont notées en automne avec 131 mm et en été. Elles sont relativement faibles, apportées sous forme d'orage qui provoque des dégâts importants sur les cultures. Les précipitations les plus importantes pour l'agriculture sont celles enregistrées durant les périodes d'automne au printemps.

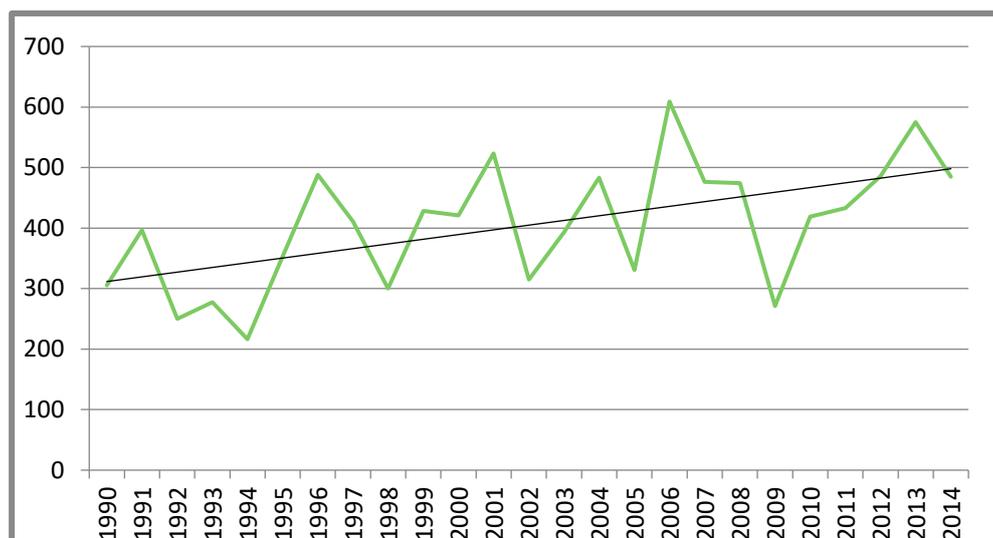


Figure 3 : Courbe des précipitations sur la période de 1990 à 2014

Le graphe montre bien la fluctuation des précipitations d'une année à une autre. La tendance des précipitations durant la période considérée est haussière.

b. Température de l'air :

La température est un facteur important dans l'étude climatique car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration.

La connaissance des températures et leurs amplitudes est indispensable au choix des paramètres d'irrigation et des cultures à mettre en place.

Les températures dans la région d'étude sont données par le tableau ci-dessous.

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août
T moy max	27,51	24,04	19,12	16,34	15,58	16,22	18,38	20,22	23,15	27,04	30,09	30,87
T moy min	17,07	13,74	9,53	6,93	5,72	5,99	7,85	9,09	12,63	16,014	18,63	19,43
T moy	22,29	18,89	14,33	11,64	10,65	11,11	13,12	14,66	17,89	21,53	24,36	25,15

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Tableau 2 : Moyenne des données mensuelles des températures

Les températures minimales sont observées en Janvier, avec une moyenne interannuelle variant entre 5,72 °C et 19,43 °C. La température maximale est relevée au mois d'Août avec une température de 30,87 °C. En moyenne, les températures minimales sont de l'ordre de 10,64 °C, alors que les températures maximales sont 25,15 °C.

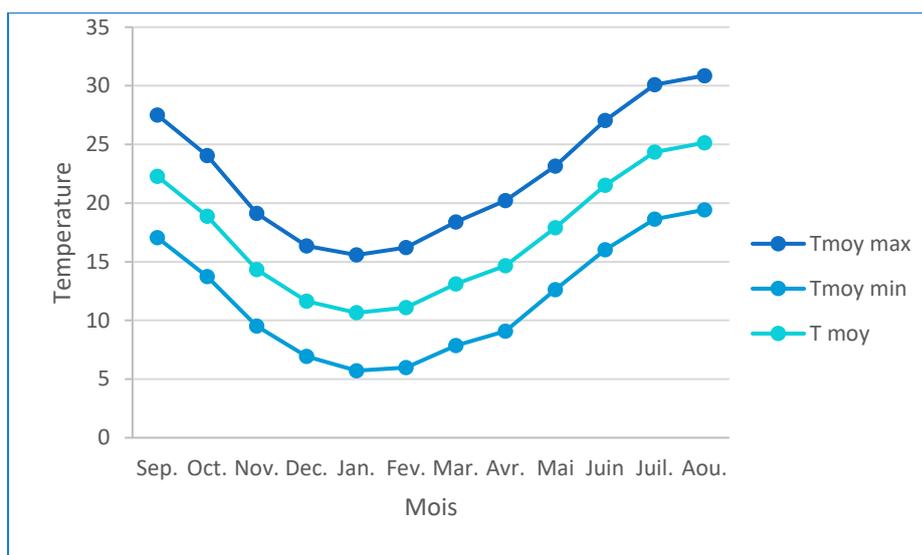


Figure 4 : Histogramme des températures (1990-2014)

c. Humidité relative de l'air :

L'humidité relative indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation. L'humidité relative est à l'origine de toute précipitation, en outre elle régit l'évaporation de l'eau sur la végétation, le sol ou les nappes d'eau.

La répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative, mesurée au psychomètre est donnée dans le tableau suivant :

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
Humidité (%)	67,93	70,12	73,65	74,43	74,46	72,84	71,15	67,70	66,20	63,82	62,32	63,71	69.03

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Tableau 3 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %

La valeur d'humidité relative minimale est enregistrée au mois de Juillet (62,32%) alors que la valeur maximale est notée au mois de Janvier (74,46%).

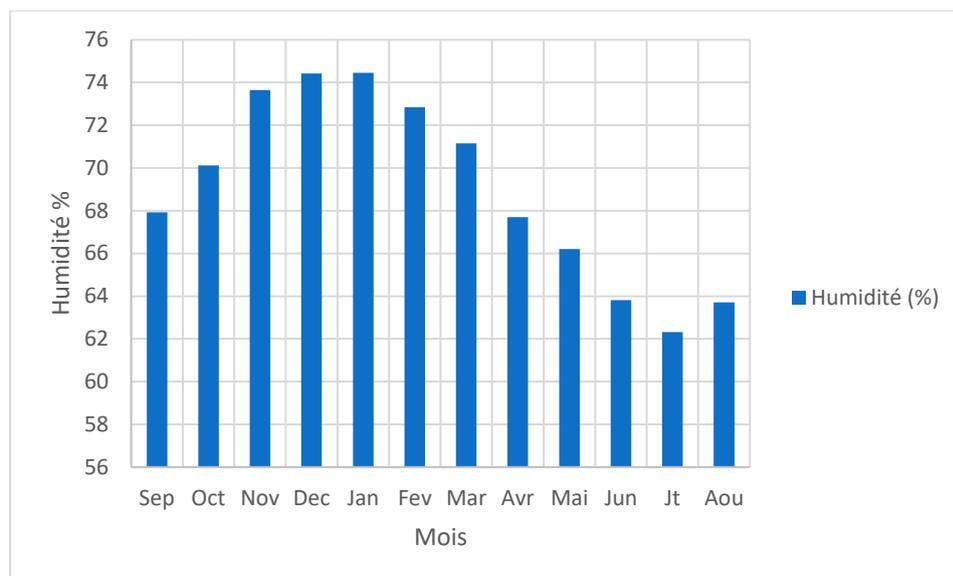


Figure 5 : Histogramme de l'humidité relative en % (1990-2014)

d. Vent :

Le vent peut vraiment gâcher un système d'irrigation. Même une légère brise soufflera autour des gouttelettes d'eau provenant de la plupart des arroseurs. De manière réaliste, une légère brise de temps en temps ne pose généralement pas de problème. Mais si vous vous attendez à une brise constante sur une base constante, vous devez prendre des précautions lors de la conception de votre système d'irrigation. Le vent est un facteur important, puisqu'il agit sur l'évapotranspiration des cultures au niveau des parcelles. En irrigation par aspersion en régime venteux, on estime en général les pertes d'eau par évaporation entre 10 et 15 % de l'apport d'eau nécessaire, sans compter l'irrégularité de la répartition de l'eau autour des asperseurs.

Les valeurs mensuelles de la vitesse du vent enregistrées au niveau des stations climatologiques sont présentes dans le tableau ci-dessous :

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
Vitesse du vent (m/s)	1,68	1,62	1,75	1,88	1,89	2,06	2,01	2,39	2,24	2,09	1,77	1,67	1,68

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Tableau 4 : Vitesse du vent

Les vitesses sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année. Elles varient entre 1,62 m/s à 2,39 m/s.

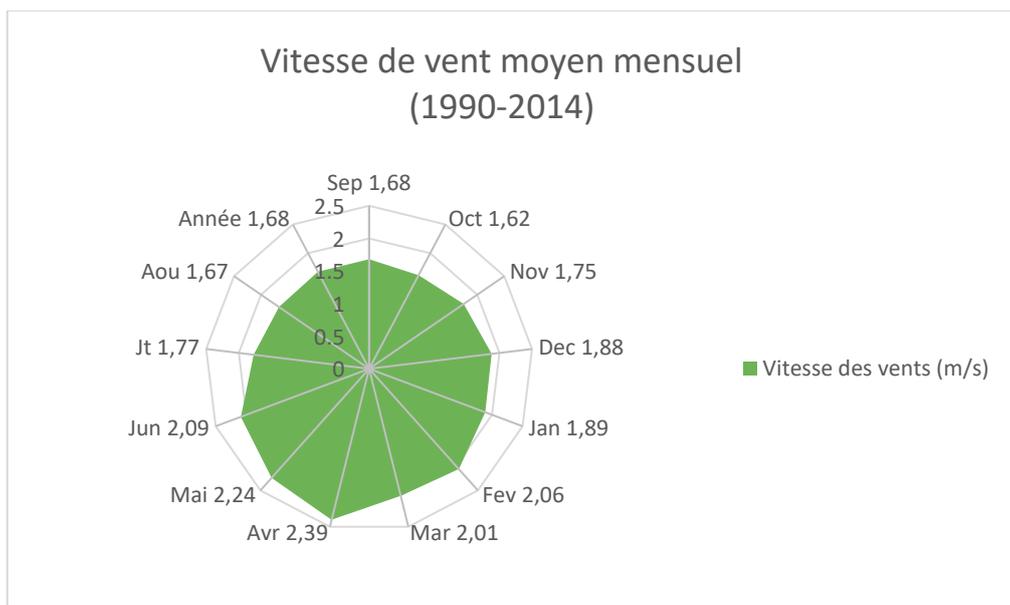


Figure 6 : La vitesse du vent moyenne mensuelle en m/s (1990-2014)

e. Insolation :

C'est la durée pendant laquelle le soleil brille, elle conditionne l'activité photosynthétique.

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est donnée par le tableau ci-dessous.

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août
Insolation/jour	8,34	6,89	5,64	5,32	5,56	6,41	7,42	8,28	8,71	9,79	9,44	9,81

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Tableau 5 : Durée moyenne journalière de l'insolation

La durée de l'insolation varie d'une valeur minimale au mois Décembre de 5,32 à une valeur maximale au mois Juin de 9,79.

Les plantes absolument demandent des durées quotidiennes d'éclairements.

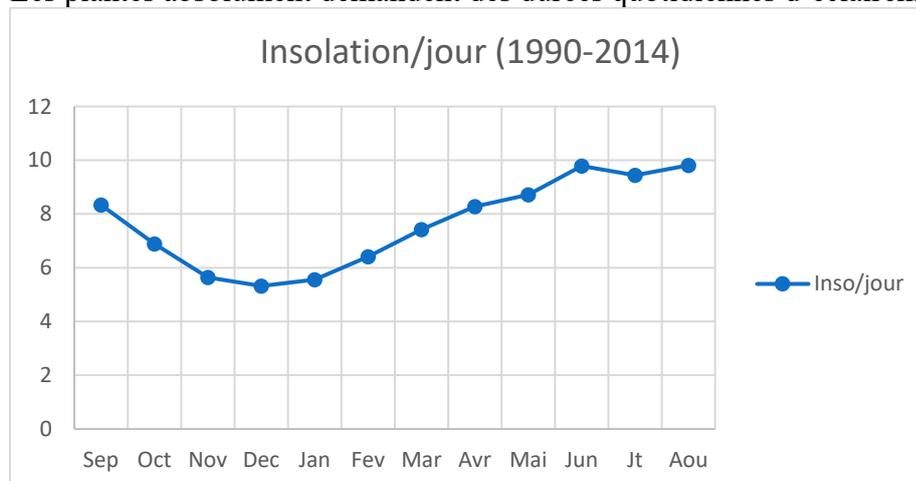


Figure 7 : Courbe de l'insolation (1990-2014)

f. Les phénomènes climatiques accidentelles :

i. La neige :

La neige influe sur le développement des végétaux d'une manière directe, le nombre de jours de neige est donné dans le tableau suivant :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt
Nombre de jours de neige	0	0	0	0.3	0.9	0.6	0	0	0	0	0

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Tableau 6 : Nombre de jours de neige par mois

Chute de neige est observée depuis le mois de Décembre à Février, le nombre de jours de neige maximum est au mois de Janvier. Le nombre moyen de jours de neige est de 0,6.

ii. La grêle :

Le nombre de jours où il y a de la grêle est donnée dans le tableau :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt	Aou
Nombre de jours de grêle	0	0	0	0	0	0.1	0.5	0.2	0.2	0	0	0

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Tableau 7 : Nombre de jours moyen de grêle par mois

Dans la zone étudiée, on remarque qu'il y a de la grêle au mois de Mars beaucoup plus.

iii. Le sirocco :

C'est un vent sec et chaud qui assèche le sol et fait augmenter l'évapotranspiration des plantes et de ce fait il constitue un danger pour les cultures agricoles.

Le nombre de jours moyen de sirocco est indiqué dans le tableau suivant :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt
Nombre de jours de sirocco	2.1	0.8	1.3	0.4	0.3	0.4	1.3	1.9	1.5	2.5	5.2

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Tableau 8 : Nombre de jours moyen de sirocco par mois

Le nombre de sirocco apparaît le plus au mois de Juillet et il faut

prendre en considération des précautions surtout en été.

g. Indices bioclimatiques :

Pour étudier et classer le climat de la zone d'étude, on utilise des indices bioclimatiques qui permettent de définir l'étage bioclimatologique, le classement des climats, et l'analyse de la répartition des groupements végétaux et son impact sur les cultures.

i. Indice de Martonne :

L'indice d'aridité (De Martonne, 1923) est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles :

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

Cet indice nous renseigne sur le degré de sécheresse de la région et donc la nécessité d'introduction de l'irrigation par rapport au climat.

$$I = \frac{404,82}{(17,135 + 10)} = 14,92$$

Avec :

I : Indice d'aridité

P : Précipitations moyennes annuelles = 404,82 (mm).

T : Températures moyennes annuelles = 17,135 (°C).

a) Classement de l'Indice selon De Martonne :

Les régions hyperarides ont un indice d'aridité inférieur à 5. Ces régions correspondent à des déserts absolus. L'irrigation est indispensable dans ces régions.

Les régions arides sont celles où les valeurs de l'indice d'aridité sont comprises entre 5 et 10. Les régions arides reçoivent de faibles pluies (en moyenne annuelle, de 50 à 150 mm dans la zone tropicale) groupées sur une saison, très irrégulières d'une année sur l'autre. Donc l'irrigation est aussi indispensable dans ces régions.

Les régions semi-arides sont celles où les valeurs de l'indice comprises entre 10 et 20. Ce sont essentiellement les régions sahéliennes. Dans les régions semi-arides, les pluies réparties sur quelques mois de l'année sont assez abondantes pour assurer à la végétation et à l'écoulement des eaux un rythme saisonnier ; mis à part le cas exceptionnel des cours d'eau allogènes, l'écoulement se fait par crues isolées parfois soudaines et violentes. L'irrigation est parfois utile dans ces régions.

b) Commentaire des résultats :

D'après la valeur de l'indice climatique qui est égal à 14,92 (mm/°C), on voit que la région se caractérise par un climat semi-aride, alors l'irrigation est parfois utile dans cette région.

ii. Quotient pluviométrique d'Emberger (1932) :

Le quotient pluviométrique indique l'étage bioclimatique de la région étudiée.

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

Avec :

Q : Coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (Kelvin).

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (Kelvin).

$$Q = \frac{2000 \cdot 404,82}{(30,87 + 273)^2 - (5,72 + 273)^2} = 55,26$$

La région de Mostaganem aura un $Q = 55,26$; elle est située à la limite inférieure de l'étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré.

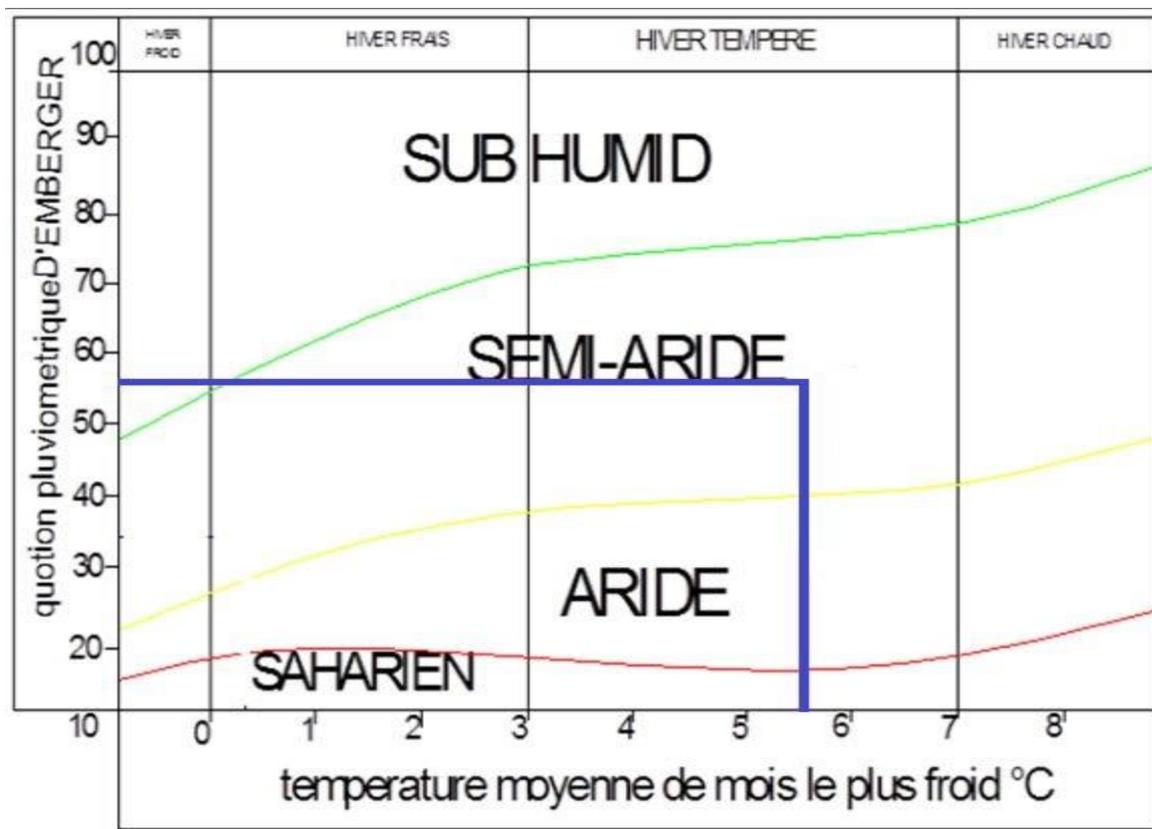


Figure 8 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

iii. Indice de Gaussen et Bagnouls (1952) :

Pour connaître la succession des périodes sèches et humides durant l'année, on trace le Climogramme de Gaussen à l'aide des données climatiques.

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonnée les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale à la moitié de celle des précipitations. Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a la période sèche, dans le cas contraire on dit que la période est humide.

La détermination de cette période est d'une grande importance puisqu'elle permet d'identifier les périodes où l'irrigation est indispensable.

MOIS	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total annuel
Pluie (mm)	56.58	46.14	36.37	36.4	25.64	3.51	1.83	5.46	23.59	34.35	73.65	61.3	404.82
T moy (°C)	10.65	11.11	13.12	14.66	17.89	21.53	24.36	25.15	22.29	18.89	14.33	11.64	22,29

Tableau 9 : Moyennes mensuelles de précipitations et de températures

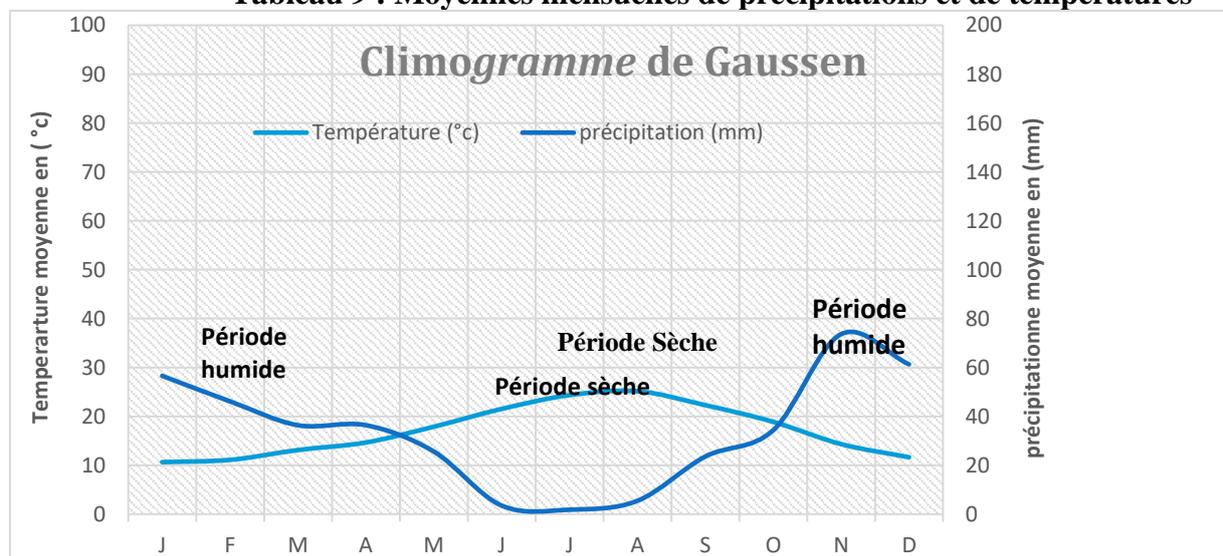


Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Mostaganem

Discussion du diagramme :

D'après la courbe on distingue deux zones : une zone humide et une zone sèche. La zone humide s'étale du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril, alors que la zone sèche s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre. Enfin on peut dire que le climat de notre région est situé dans un étage semi-aride.

4. Conclusion :

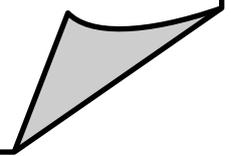
A travers ce chapitre, nous avons déterminé les principales caractéristiques climatiques de notre région d'étude.

Et d'après l'examen des données, on a conclu les points suivants :

- Des précipitations avec des quantités appréciables durant les périodes d'automne au printemps qui sont les plus importantes pour l'agriculture.
- Des températures moyennes permettent de dire que le climat de la région a un caractère continental.
- Des vitesses du vent relativement faibles et homogènes durant toute l'année, donc elles n'affectent pas les systèmes d'irrigation.
- Les phénomènes climatiques accidentelles sont aussi faibles, c'est-à-dire elles ne posent aucun problème aussi.
- La valeur de l'indice climatique qui est égal à 14,92 (mm/°C) qui implique que la zone est caractérisée par un climat semi-aride.
- La période sèche est étalée du mois Mai jusqu'à Septembre, donc c'est la période où la culture besoin d'eau.

Chapitre II

Ressources en sol



Chapitre II : Ressources en sol

1. Introduction :

Le but de ce chapitre est tout d'abord une étude pédologique sensu stricto afin d'approfondir la connaissance des sols ; les différentes classes de sol, les aptitudes culturales, et la qualité des sols.

Tout cela nous aide à choisir les meilleures cultures dans la zone d'étude en plus dans les besoins en eau d'irrigation.

2. Etude pédologique :

La pédologie est la science qui étudie les sols, c'est une branche de la géologie appliquée. Le pédologue est le spécialiste de l'étude des sols. Elle est nécessaire dans chaque projet d'aménagement agricole.

But de l'étude pédologique :

- Préciser la fonction hydrodynamique du sol et connaître son pouvoir d'épuration et d'élimination des eaux.
- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié à assurer un bon développement des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement.
- Choisir les techniques d'irrigation les plus adaptées aux conditions du sol et de culture.

3. Classification des sols du périmètre Er Rekina :

Les sols contrôlés dans le cadre de l'étude sont localisés en totalité à Bouguirat. La superficie du périmètre entier concerné par l'étude pédologique est de 4646 ha.

Trois grandes classes de sols ont été définies :

a. Les sols peu évolués :

Ils sont caractérisés par des textures moyennes à légères allant du sable au sable limono-argileux. Leur structure n'est pas affirmée et leur taux de calcaire varie de 3 à 6%. La profondeur du sol dépasse le 120 cm en général. Un encroûtement calcaire à moins de 60 cm peut subvenir sans être consolidé.

b. Les vertisols :

Ces sols sont très profonds. Ils sont caractérisés par une texture lourde.

c. Les sols calcimagnésiques :

C'est la classe la plus importante du point de vue superficie et qualité. Ils appartiennent à la sous-classe des sols carbonatés et se répandent sur les groupes des rendzines et des sols bruns calcaires :

i. Rendzines :

Ce sont des sols calcaires caractérisés par des profondeurs inférieures à 50 cm avec un taux de calcaire pouvant dépasser le taux de 16%.

ii. Sols bruns calcaires :

Ce type de sols se répartisse sur les groupes des sols modaux, les sols à encroutement calcaires et les sols vertiques.

Deux différents profils ont été extrait de la région d'Er Rekina et ce sont les suivants :

a) Description d'un profil type ; Profil n°1 :

• **Données générales :**

Géomorphologie	Plaine
Pente	0 – 5 %
Occupation actuelle	Culture maraichères
Coordonnées	35°71'71"N 0°23'49"E
Aspect de surface	/
Classification	
Classe	Sols calcimagnésiques
S/Classe	Sols carbonatés
Groupe	Rendzine
S/groupe	Rendzine modale

Source : BNEDER

Tableau 2 : Données générales de profil N°1

• **Description morphologique du profil N°1 :**

0-40 cm ; Sec, couleur 10YR5/3, texture limono argileuse, structure polyédrique fine, pas de charge, nombreuses racines fines, bonne activité biologique, matière organique directement décelable, poreux, friable, forte effervescence à HCl, transition nette.

• **Résultats analytiques :**

Numéro du profil	01
Horizons	H1
Profondeur en cm	0-40

Granulométrie (en %)	Argile	32,10
	Limon Fin	19,80
	Limon Grossière	18,80
	Sable Fin	15,10
	Sable Grossière	14,20
Caco3 Total (en %)		32,55
Caco3 Actif (en %)		13,00
CEC (en m éq /100 g)		20,63
PH (au 1/5)		9,35
C.Emmhos/cm. (1 /5)		0,01
C %		1,33
MO %		3,20
Gypse %		/

Source : BNEDER

Tableau 2 : Caractéristique physico-chimique profil N°1

- **Interprétation et valeur agronomique :**

Ces sols peu profonds, présentent une texture légèrement dominée par la fraction limon argileuse avec une bonne structure et une porosité adéquate des agrégats. Chimiquement, ces sols offrent des propriétés moyennement favorables qui s'articulent autour de :

- Des teneurs en calcaire actif inférieures à 20% tolérables par une grande gamme de cultures.
- Un Ph légèrement alcalin moyennement favorable à la nutrition des plantes ;
- Une fertilité chimique appréciable exprimée par une capacité d'échange cationique supérieure à 20 m éq / 100 g de sol et un taux de matière organique variant entre 1 et 3 % dans tous les profils analysés.

De ces propriétés, il ressort que ces sols présentent une convenance moyenne pour la céréaliculture et les cultures fourragères, mais une bonne aptitude pour les cultures maraichères et l'arboriculture rustique, notamment les espèces tolérant les fortes teneurs en calcaire telles que le figuier, l'olivier, l'amandier et le grenadier.

b) Description d'un profil type ; Profil n°2 :

• Données générales :

Géomorphologie	Replat
Pente	0 - 2%
Occupation actuelle	Grandes cultures
Aspect de surface	/
Coordonnées	35°73'70"N 0°24'79"E
Classification	
Classe	Sols calcimagnésiques
S/Classe	Sols carbonatés
Groupe	Sols bruns calcaire
S/groupe	Vertique

Source : BNEDER

Tableau 3 : Données générales de profil N°2

• Description morphologique du profil N°2 :

0-40 cm : Sec, couleur 10YR5/3, texture limono-argileuse, structure polyédrique fine, présence des fentes de retrait de 1 à 2 cm de large, pas de charge, nombreuses racines fines, bonne activité biologique, matière organique directement décelable, poreux, friable, effervescence moyenne à HCl, transition nette.

40-80 cm : sec, couleur 10YR4/3, texture limono argileuse, structure polyédrique moyenne, pas de charge, quelques racines fines, activité biologique très faible, matière organique non directement décelable, porosité moyenne, peu compact, forte effervescence à HCl avec calcaire an amas friable, transition nette.

• Résultats analytiques :

Numéro du profil	02	
Horizons	H1	H2
Profondeur (cm)	0-40	40-80
	Argile	35,20
	30,80	

S o u r c e s :	Granulométrie (en %)	Limons fins	18,50	22,50
		Limons grossiers	16,60	16,80
		Sables fins	21,90	17,20
		Sables grossiers	12,20	8,30
	Caco3 Total (en %)		24,63	27,63
	Caco3 Actif (en %)		10,72	13,33
	CEC (en m éq /100 g)		16,58	19,33
	PH (au 1/5)		8,27	8,23
	C.Emmhos/cm. (1/5)		0,39	0,44
B		C %	1,18	0,76
N		MO %	2,04	1,30
E		Gypse %	/	/

DER

Tableau 4 : Caractéristique physico-chimique profil N°2

• **Interprétation et valeur agronomique :**

Ces sols moyennement profonds présentent des caractéristiques physico chimiques favorables à leur utilisation, et qui s'articulent autour :

- Un aspect de surface sans aucune contrainte pour les travaux du sol ;
- Une profondeur de 80 cm permettant l'introduction d'une large gamme de cultures.
- Absence de niveau limitant (croûte et encroûtement).
- Une texture limono argileuse avec une bonne structure des agrégats favorable à tout type d'utilisation.
- Absence du risque de salinité exprimé par une conductivité électrique faible.
- Des teneurs en calcaire actif inférieures à 15% tolérables par une large gamme de cultures.
- Une bonne fertilité chimique exprimée par une capacité d'échange cationique variant entre 17 et 21 m éq / 100 g de sol, et des taux de matière organique bien incorporés en profondeur.

De ces caractéristiques, il ressort que cette unité morpho pédologique sans contraintes majeures, peut convenir à tout type d'utilisation notamment aux céréales (blé et orge), aux cultures fourragères, aux cultures maraichères (tomate, piment, poivron, courgette, navet, pomme de terre, oignons, artichaut, etc.) et à l'arboriculture fruitière.

4. Aptitudes culturales des sols :

Les sols du périmètre d'étude possèdent des caractéristiques édaphiques très différentes (la profondeur du sol, la texture du sol, la présence d'éléments grossiers dans le profil, la salinité du sol, le calcaire et la réaction du sol (PH) etc.) qui confèrent à ces sols des classes d'aptitude contrastées.

Les deux types de sols qu'on a vu précédemment présentent deux classes d'aptitude culturales différentes :

- **Classe M15 C21 :**

Cette classe des sols, les rendzines, exclue l'arboriculture fruitière et les cultures industrielles à cause de très faible profondeur du sol.

Les cultures maraichères (M15) et les cultures céréalières et fourragères (C21) sont tout juste tolérées par ces sols.

- **Classe C11 I11 M15 B25 :**

Cette classe regroupe les sols bruns calcaires modaux. Ce sont des sols excellents pour les cultures céréalières et fourragères ainsi que pour les cultures industrielles.

Ils sont moyens pour les cultures maraichères.

5. Qualité des sols :

a. Perméabilité en surface :

La perméabilité en surface, réalisée sur terrain par la méthode au double anneau.

Selon les normes adoptées par l'USDA, deux classes de perméabilité sont présentes.

Il s'agit des perméabilités classées relativement lentes par la classe 1 ($0.5 \leq K \leq 2$ Cm/h) et moyennes pour la classe 2 ($2 < K \leq 6$ Cm/h).

b. Conductivité électrique de sol :

Pour les profils analysés, les conductivités électriques moyennes, maximales et minimales sont rappelées ci-dessous :

Zone	Classification ECe moyenne	Nombre de profil	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	
			Maximale (M)	Minimale (m)
Périmètre d'Er T Rekina	ECe < 0,6	2	0.44	0.01

a

bleau 5 : Conductivité du sol

Interprétation en fonction d'une échelle au terme de conductivité électrique de l'extrait :

- 00 - 0,6 mmhos/cm : Non salin
- 0,6 - 1,2 mmhos/cm : Peu salin
- 1,2 - 2,4 mmhos/cm : Salé
- 2,4 - 6 mmhos/cm : Fortement salé
- > 6 mmhos/cm : Extrêmement salé

Dans le périmètre d'Er Rekina la conductivité électrique inférieure à 0,6 mmhos/cm donc le sol est non salin alors il ne nécessite pas de lessivage.

6. Le développement et la production agricole dans la région d'étude :

L'existant agricole dans la région d'étude présente un fort potentiel et constitue la principale source de revenus d'une population à dominante agricole et rurale. C'est un bassin maraîcher et arboricole qui trouve des difficultés de croissance agricole en termes physique en raison de la rareté du facteur eau.

60% des terres agricoles sont occupées à parties égales par le maraîchage et l'arboriculture. Cela montre que sans irrigation, il n'y aura point d'agriculture intensive dans cette région.

Quant aux grandes cultures (céréales et fourrages) menées actuellement en pluvial ne peuvent donner de bons rendements sans une irrigation.

L'élevage ne peut se développer sans un apport de fourrages conséquents. Actuellement la faiblesse des superficies fourragères ne peut pas assurer la couverture des besoins en alimentation.

Cependant, dans les conditions actuelles du développement agricole, l'arboriculture et le maraîchage dans la zone d'étude doivent être consolidés par un apport d'eau d'irrigation pour faire croître d'une manière substantielle la valeur ajoutée agricole.

Les cultures dominantes de la zone sont :

- Agrumes principalement la variété thomson pour l'orange.
- L'olivier (olives de table).
- Pomme de terre.
- Tomate.
- Piment/ poivrons.
- Orge.

7. Conclusion :

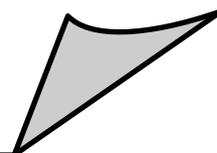
Le présent chapitre avait pour but de définir les ressources en sol, qui a fait ressortir en conclusion les points suivants :

- La zone d'étude possède deux types de sols d'une bonne aptitude culturale.
- La perméabilité est relativement lente dans la zone d'étude.
- Dans le périmètre d'Er Rekina la conductivité électrique inférieure à 0,6 mmhos/cm donc le sol est non salin alors il ne nécessite pas de lessivage.

- De façon générale les sols présentent de bonnes aptitudes culturales à diverses spéculations agricoles les plus cultivées dans la région, ce qui constitue un avantage agronomique.

Chapitre III

Ressources en eau



Chapitre III : Ressources en eau

8. Introduction :

Visé aux insuffisances des précipitations lors des périodes de développement des plantes cultivées ; il faut penser aux quantités d'eaux nécessaires à compenser ce déficit ainsi que la connaissance de l'origine de ses eaux, également de fournir les différents éléments de valeur concernant sa qualité pour l'irrigation.

9. Alimentation en eau du périmètre :

La ressource pour le projet est constituée de la réaffectation des ressources mobilisées par le système MAO (Mostaganem-Arzew-Oran).

Ce système vise le transfert des eaux du barrage de dérivation de l'oued Chélif vers le barrage de Kerrada avec un débit de $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ et vers le réservoir de régulation avec un débit de $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ après le passage de cette eau par les deux batteries de débourbeurs.

Le système de transfert des eaux du MAO est donné par le schéma suivant :

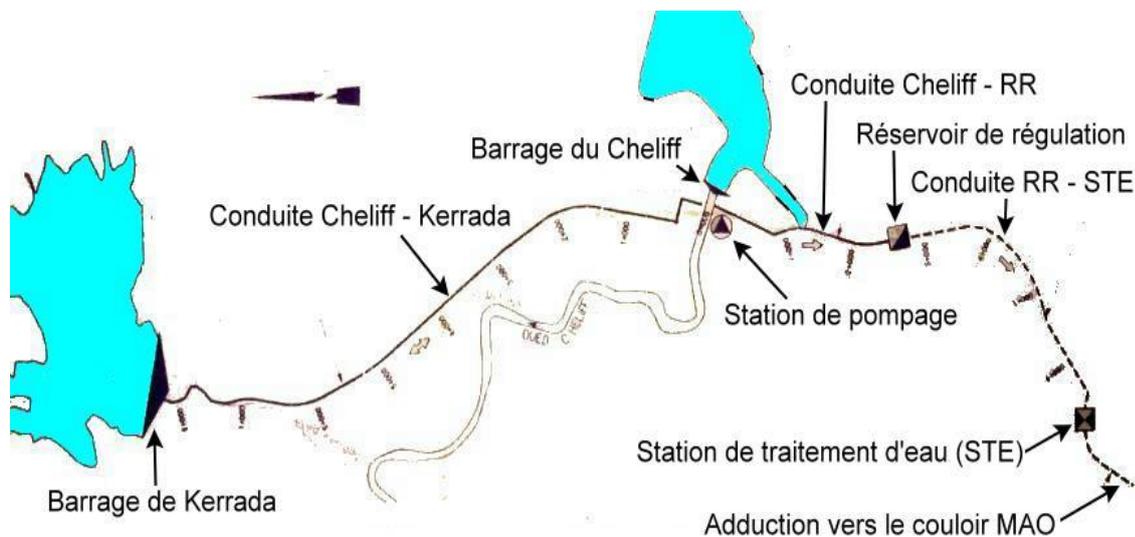


Figure 1 : Schéma de système MAO

Le système MAO comporte les ouvrages suivants :

- Le barrage de prise du Chélif situé à 25 km de l'embouchure de l'oued de même nom. Sa capacité totale est de 50 Mm^3 dont 30 Mm^3 de volume utile.
- Le barrage de compensation du Kerrada situé à 8,2 km du barrage prise avec une capacité de 65 Mm^3 dont $58,3 \text{ Mm}^3$ de volume utile.
- Quatre tronçons principaux d'adductions :
 - Conduite de refoulement (Station de pompage Chélif – Kerrada) sur une longueur de 8,2 km de diamètre de 2000 mm et de débit de $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$;

- Conduite gravitaire (Kerrada – Station de pompage Chélif) de longueur 8,2 km de diamètre 2000 mm et un débit de 6.5 m³/s ;
- Conduite de refoulement (Station de pompage Chélif – Réservoir d'équilibre) de longueur 2,6 km et de diamètre 2000mm ;
- Conduite gravitaire (Réservoir d'équilibre – Station de traitement) de longueur 4,1 km et de diamètre 2000 mm ;
- Une station de pompage de 9,5 m³/s ;
- Une station de traitement de 560 000 m³/j à Sidi Hadjel.

10. Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :

Pour garantir le bon développement des plantes, et éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement et le système d'irrigation lors d'un aménagement hydro-agricole il faut vérifier la qualité de l'eau, pour cela il faut vérifier certains facteurs les plus importants qui sont :

- Le pH ;
- Risque de Salinité ;
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR) ;
- Carbonate et bicarbonates ;
- Anions toxiques.

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés à la station hydrométrique, les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont données par le tableau suivant :

Les éléments	Barrage de Chélif	Barrage de Kerrada
	Les valeurs	
Ca ⁺⁺	143 mg/l	141 mg/l
Mg ⁺⁺	98 mg/l	90 mg/l
Na ⁺	391 mg/l	306 mg/l
Cl ⁻	539 mg/l	416 mg/l
SO ₄	644 mg/l	560 mg/l
NH ₄	2.4 mg/l	0.33 mg/l
PO ₄	0.1 mg/l	0.06 mg/l
NO ₃	09 mg/l	07 mg/l
DBO ₅	9.7 mg/l	7.1 mg/l

DCO	48 mg/l	38 mg/l
MO	8.3 mg/l	7.6 mg/l
O₂ dissous	72.7 %	68.6 %
Résiduel sec à 110 °C	2080 mg/l	1660 mg/l
Minéralisation	1288mg/l	1288 mg/l
Conductivité à 25 °C	0.7mmhos/cm	0.7 mmhos/cm
PH	7	7
Turbidité (FTU)	3	2

Source : ANRH Oran

Tableau 3 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation

La classification des eaux d'irrigation proposé par l'US « Salinity Laboratory » est basée sur deux paramètres :

- La Conductivité électrique CE.
- Le rapport d'absorption du Sodium SAR.

a. La salinité :

La salinité est l'un des éléments les plus intéressants à évaluer pour l'eau d'irrigation, elle représente la quantité des sels dissouts en eau sous forme d'ions.

L'accumulation de ces sels hydrosolubles dans le sol d'enracinement influe négativement sur la croissance des plantes.

La salinité est déterminée à partir de la mesure de la conductivité électrique exprimée en dS.m^{-1} ou en mmho.cm^{-1} à 25 °C.

À partir de ce mode d'expression l'US « Salinity Laboratory » (1953) a établi un classement des eaux d'irrigation en cinq classes de salinité qui se présentent ainsi :

Classe	Conductivité électrique CE	Qualité des eaux
C1	0 à 0.25 mmho.cm-1	Eau faiblement salée
C2	0.25 à 0.75 mmho.cm-1	Eau moyennement salée
C3	0.75 à 2.25 mmho.cm-1	Eau moyennement à fortement salée
C4	2.25 à 4.00 mmho.cm-1	Eau fortement salée
C5	4.00 à 6.00 mmho.cm-1	Eau très fortement salée

Tableau 2 : Classification de la salinité des eaux selon la conductivité électrique

L'eau des deux barrages Kerrada et Chélif prévue pour l'irrigation du périmètre ont une conductivité électrique $\text{CE} = 0,7 \text{ mmhos/cm}$ donc l'eau est moyennement salée (Classe C2). Ce qui présente un risque moyen, et convient pour

les plantes moyennement tolérantes.

b. L'alcalinité :

Le danger d'alcalinisation est évalué à partir du rapport entre les concentrations de sodium, de calcium et de magnésium, rapport obtenu à partir de l'équation de Gapon (1933) proposée par l'US « Salinity Laboratory » (1953) sous l'appellation sodium-adsorption ratio (SAR) que l'on peut traduire par le rapport de sodium adsorbé et qui décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

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

Avec : Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en méq/l

Les recherches à partir du SAR ont abouti à la classification des eaux d'irrigation en quatre classes d'alcalinité :

Classe	SAR	L'alcalinité
S1	0 à 10	Eau faible en sodium
S2	10 à 18	Eau moyenne en sodium
S3	18 à 26	Eau riche en sodium
S4	> 26	Eau très riche en sodium

Tableau 3 : Classification de l'alcalinité des eaux selon le SAR

Les éléments	Barrage de Chéiff			Barrage de Kerrada		
	mg/l	méq/l	SAR	mg/l	méq/l	SAR
Na ⁺	391	17	6,14	306	13.3	4,93
Ca ⁺⁺	143	7,15		141	7,05	
Mg ⁺⁺	98	8.16		90	7.5	

bleau 4 : Calcul de SAR

On prend la valeur la plus défavorable c'est à dire le SAR le plus élevé qui implique le SAR = 6,14. Il appartient à la classe S1 eau faible en sodium, elle peut être utilisée sur presque tous les sols avec un faible danger d'accumulation de quantité nocive de sodium échangeable ; très peu de danger d'alcalinisation.

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation proposé par l'US « Salinity Laboratory », on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité moyenne avec un degré d'alcalinité faible (C2- S1).

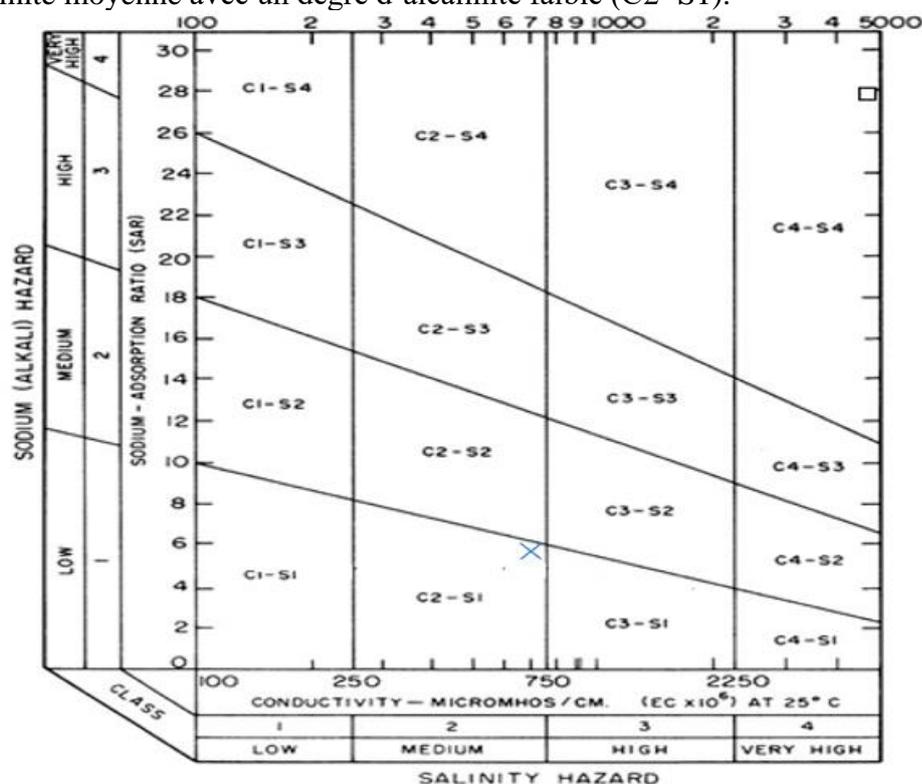


Figure 2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

11. Etude hydrologique :

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, le but du présent volet est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro hydro-agricole.

L'étude consiste à :

- Homogénéisation des séries pluviométrique.
- L'étude fréquentielle de la série pluviométrique par des lois statistiques, et la détermination l'année de calcul.

Nous disposons d'un échantillon de pluies annuelles d'une durée d'observations de 25 ans (1990-2014). La station pluviométrique choisie est celle de Bouguirat qui est proche du périmètre d'étude, et gérée par l'ANRH elle présente les caractéristiques suivantes :

Station	Code	Latitude	Longitude	Altitude
Bouguirat	111609	35°46'	00°15'	85 m

Tableau 5 : Caractéristiques météorologique de Bouguirat

La série pluviométrique de la station de Bouguirat est donnée dans le tableau suivant :

Année	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Ao.	Annuel
1990	7,5	24,6	29,6	29,9	108,5	0	28,9	58,8	11,8	0	5,9	0	305,5
1991	9	35,9	80,6	11,5	28,3	60,7	133,5	6,8	26,8	2	1,2	0,4	396,7
1992	1,5	9,1	34,7	23,8	42,4	0	54	8,8	36,2	31,8	7,2	0,3	249,8
1993	5,8	55,9	55,7	9,7	0	68,1	23	26,1	25,3	4,7	0	3,3	277,6
1994	20,5	23,7	34,8	3	40,2	47,9	1,4	36,5	8,4	0	0	0	216,4
1995	24,7	15,3	86,1	61,1	47,2	37	56,8	14,8	0,6	3,1	5,7	1,4	353,8
1996	35,3	30,2	3,4	48,5	134,7	105	39,9	59,5	24,8	0	5,6	0,8	487,7
1997	23,4	37,9	66,9	56,1	79,4	4,2	0	111	16,8	1,6	2	11,4	410,7
1998	6,2	10,9	26,1	69,2	49	32,5	12,7	33	49,2	0	2,4	9,2	300,4
1999	23	24,5	74,2	62,1	89,1	81,2	51,5	4,5	3	1,2	0,7	13,2	428,2
2000	143	60	118	27	5	0	14	21	32	0,5	0	0,5	421
2001	7	17	178	45	43	140	3	68	21	1	0	0,1	523,1
2002	1	41	71	9	7	0	70	60	42	2	1	11	315
2003	0	36	75	78	72	47	7	63	14	1	0	0	393
2004	5	65	95	147	27	43	12	13	61	14	0	1	483
2005	21	45	108	44	11	67	26	6	0,5	1	0	1	330,5
2006	37	1	6	216	118	82	10	24	111	4	0	0	609
2007	42	73	69	59	41	65	83	0	0	0,1	2	42	476,1
2008	36	45	169	129	28	7	17	6	21	9	7	0	474
2009	28	4	22	35	64	15	36	45	20	1	0	1	271
2010	6	72	65	16	48	70	49	52	12	4	2	23	419
2011	5	41	79	45	72	26	29	87	49	0	0	0	433
2012	14	59	151	81	74	26	64	3	0	0	0	14	486
2013	25	6	75	145	69	62	46	94	48	0	3	2	575
2014	62,8	25,7	68,2	81,6	116,8	66,8	41,6	8,1	6,6	5,8	0	1	485

Tableau 6 : La série pluviométrique de la station de Bouguirat

a. Homogénéisation des séries pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au test de Wilcoxon ou test des rangs, ce test permet l'homogénéisation de la série sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalé sur

la même période d'observation.

Soient 2 variables aléatoires X et Y, représentant respectivement 2 séries de précipitations annuelles de taille N_1 et N_2 .

Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec $N_1 > N_2$.

On classe les éléments de ce nouvel échantillon X union Y par ordre décroissant et on associe à chacune des valeurs le rang qu'elle occupe dans cette série.

La série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée :

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

Avec :

W_y : Somme des rangs de sous série étudié Y

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

$$W_{\max} = \left((N_1 + N_2 + 1)N_2 - W_{\min} \right)$$

On prend $N_1 = 17$ et $N_2 = 8$

Donc :

$$W_{\min} = 69,85 \quad W_{\max} = 138,15$$

Le tableau suivant détaille le procédé de test d'homogénéité des pluies de notre station :

Rang	La Série P (mm)	Série X (mm)	Série Y (mm)	Décroissant (mm)	X union Y
1	305,5	305,5	476,1	609	X
2	396,7	396,7	474	575	Y
3	249,8	249,8	271	523,1	X
4	277,6	277,6	419	487,7	X
5	216,4	216,4	433	486	Y
6	353,8	353,8	486	485	Y
7	487,7	487,7	575	483	X
8	410,7	410,7	485	476,1	Y
9	300,4	300,4		474	Y
10	428,2	428,2		433	Y
11	421	421		428,2	X
12	523,1	523,1		421	X
13	315	315		419	Y
14	393	393		410,7	X
15	483	483		396,7	X
16	330,5	330,5		393	X
17	609	609		353,8	X

18	476,1			330,5	X
19	474			315	X
20	271			305,5	X
21	419			300,4	X
22	433			277,6	X
23	486			271	Y
24	575			249,8	X
25	485			216,4	X

Tableau 7 : Test d'homogénéité

$$69,85 < W_y = 76 < 138,15$$

La condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Mostaganem est homogène.

b. L'étude fréquentielle de la série pluviométrique :

Les séries pluviométriques peuvent être ajustées par de nombreuses lois statistiques, pour notre projet on utilise celles qui garantissent le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus utilisées sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Gibrat-Galton ou loi log normale.

i. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss :

La méthode de Gauss consiste à :

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Classer les fréquences des valeurs observées par la formule :

$$F_{(x)} = \frac{n - 0.5}{N}$$

Avec : n : Numéro d'ordre

N : nombre d'années observées

- Calculer la moyenne arithmétique : $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n}$
- Calculer l'écart type : $\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$ pour $n > 30$
- Calculer la variable réduite de Gauss : $U = \frac{x - \bar{X}}{\delta}$
- Calculer le coefficient de variation : $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$

- Calculer les caractéristiques empiriques : (\bar{X} ; δ ; C_v ; $CS=0$).
- L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien :

$$X_p \% = \bar{X} + \delta * U_p \%$$

Avec :

X_p : Précipitation de probabilité P%

U_p : Variable réduite de Gauss

\bar{X} : Moyenne arithmétique

δ : Ecart type

Pour le calcul on a utilisé le logiciel HYFRAN.

T	F	P %	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0,99	644	40,2	565 - 723
50	0,98	616	36,8	544 - 688
20	0,95	574	31,9	511 - 636
10	0,9	536	28	481 - 591
5	0,8	491	24,1	444 - 538
2	0,5	405	20,6	364 - 445
1,25	0,2	318	24,1	271 - 365

Tabl

eau 8 : Ajustement à la loi normale

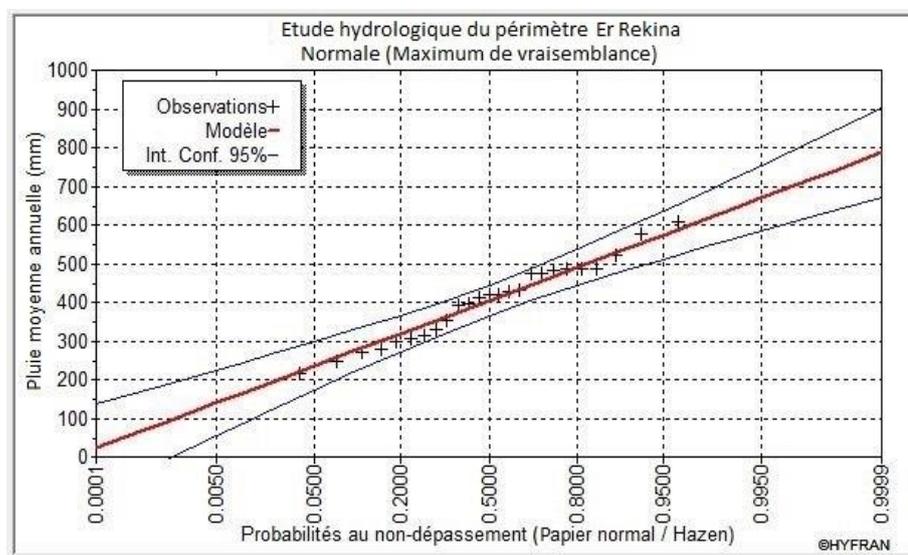


Figure 3 : Courbe d'ajustement à la loi normale

ii. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gibrat-Galton :

L'ajustement par la loi log-normal se fait comme suit :

- Les données statistiques des pluies sont rapportées à l'échelle log-normale.
- L'équation de la droite de Galton s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(X_p\%) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta \text{Ln} * (U_p\%)$$

Avec :

$X_p\%$: Précipitation probable a P%.

$\overline{\text{Ln}(X)}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

δLn : La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)})^2} \quad \text{si } n < 30$$

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)})^2} \quad \text{si } n \geq$$

30

$U_p\%$: variable réduite de Gauss

Pour le calcul on a utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau 9 : Ajustement à la loi log normale	T	F	P %	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
	100	0,99	733	77,4	582 - 885
	50	0,98	681	65,8	552 - 810
	20	0,95	610	51,1	510 - 710
	10	0,9	553	40,7	473 - 633
	5	0,8	491	31,0	430 - 552
	2	0,5	391	21,1	350 - 433
	1,25	0,2	312	19,7	273 - 350

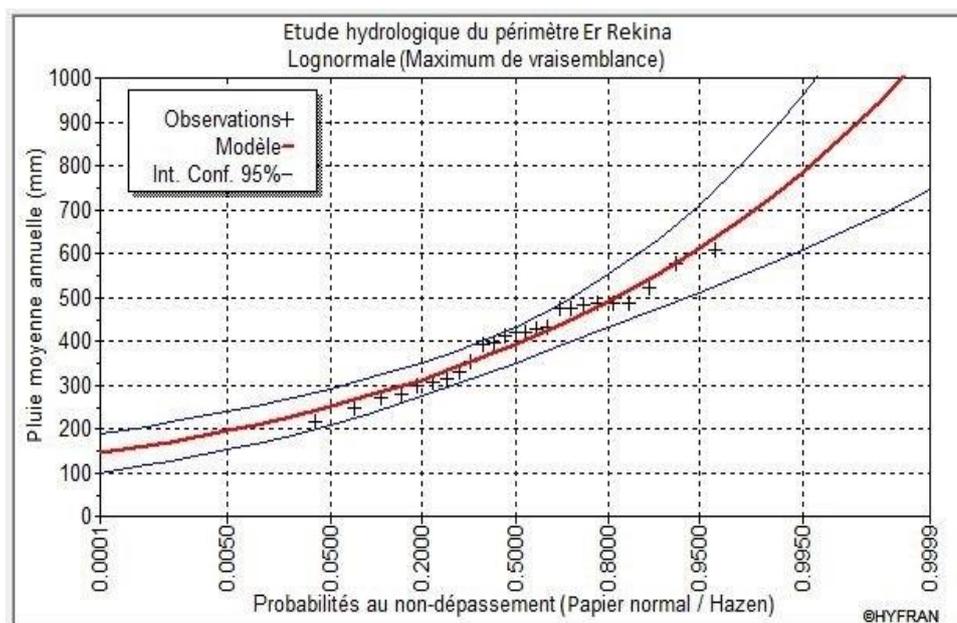


Figure 4 : Courbe d'ajustement à la loi log normale

iii. 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).

Ce test permet de juger la qualité de l'ajustement d'une distribution théorique à une distribution expérimentale.

A partir du logiciel HYFRAN on obtient les résultats suivants :

	Loi normale	Loi log-normale
χ^2 calculée	4,96	3,84
α	0.05	0.05
γ	4	4

Tableau 9 : Test du Khi-carré (χ^2)

A partir du tableau de Pearson on peut tirer la valeur de χ^2 théorique, tel que :

$$\chi^2 \text{ théorique} = f(\gamma, \alpha)$$

Le test de Khi-carré (χ^2) montre que les deux lois présentent une même adéquation, sur la table de Pearson khi-deux (χ^2) théorique = 9,488 , pour : $\alpha=0.05$ et $\gamma=4$

Donc :

$$\chi^2 \text{ calculée} < \chi^2 \text{ théorique (Pour les deux lois)}$$

L'adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l'ajustement est correct avec une certaine probabilité : $1-\alpha$ soit 95%.

Après l'examen d'ajustement sur les deux lois, il en résulte que la loi log-normale s'ajuste mieux à la série des pluies annuelles pour la station de Bouguirat.

c. Détermination l'année de calcul :

Le but principal de la détermination de l'année de calcul, est de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante, c'est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%).

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

$$P_{i,80\% \text{ de chaque mois}} = P_{i,\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique } 80\% (\text{annuel})}}{P_{\text{théorique } 50\% (\text{annuel})}}$$

$$P_{80\%} = 312 \text{ mm} \quad \text{alors : } P_{i,80\% \text{ de chaque mois}} = P_{i,\text{moy de chaque mois}} \times \frac{312}{391}$$

Donc $P_{i,80\%}$ de chaque mois est donnée dans le tableau suivant :

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{i,\text{moy}}$	23,59	34,35	73,65	61,3	56,58	46,14	36,37	36,40	25,64	3,51	1,83	5,46
$P_{\text{sec } 80\%}$	18,82	27,41	58,77	48,91	45,15	36,82	29,02	29,05	20,46	2,8	1,46	4,36

Tableau 10 : La pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%

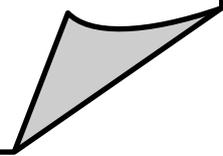
12. Conclusion :

Ce chapitre révèle la potentialité en ressource en eau par la présence des deux barrages Kerrada et Cheliff au voisinage du périmètre étudié.

En plus de la quantité de la pluie efficace déterminé dans ce chapitre ces barrages possèdent une potentialité pour assurer les besoins en eau du périmètre en qualité et en quantité suffisante.

Chapitre IV

Calcul des besoins en eau des cultures



Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

13. Introduction :

La consommation d'eau pour l'irrigation est définie comme étant le volume d'eau nécessaire pour compenser le déficit, d'une part l'évaporation potentielle et d'autre part les pluies efficaces pendant la période de croissance des cultures et le changement dans la teneur en eau du sol. Elle varie considérablement en fonction des conditions climatiques, des saisons, des cultures et des types de sol.

L'objectif de ce chapitre est de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des calculs définis dans les chapitres précédents.

14. Les cultures envisageables :

Afin de quantifier les besoins en eau des cultures, il faut étudier et choisir les cultures possibles à faire dans le périmètre.

Les cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

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

L'occupation des sols retenue pour nôtre étude est donnée par le tableau suivant :

Cultures	Surface (%)	Surface (ha)
Agrumes	20	53,2
Olivier	20	53,2
Pomme de terre	10	26,6
Tomate	10	26,6
Piment/ poivrons	10	26,6
Orge	30	79,8
Surface total	100	266

Tableau 1 : Occupation de sol

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau :

Culture	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Agrumes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Olivier	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pomme de terre							■	■	■	■		
Tomate							■	■	■	■		

Piment/ poivrons												
Orge												

Tableau 2 : Le cycle végétatif des différentes cultures

15. Besoins en eau du périmètre :

Les besoins en eau d'irrigation déterminent la quantité totale d'eau, par unité de surface, dont une culture a besoin pour se développer normalement dans les conditions du terrain.

C'est donc la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'ajouter aux précipitations pour une production agricole optimale. Et elle est calculée par la formule suivante :

$$B = ET_M - (P_{eff} + RFU)$$

Pour cela on définit :

a. L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, m³/ha/jour, en m³/ha/mois, ou en m³/ha/an. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours ou par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET₀) et l'évapotranspiration maximale (ET_M).

i. L'évapotranspiration de référence (ET₀) :

L'évapotranspiration de référence (ET₀) est définie comme le transport de l'eau depuis la surface vers l'atmosphère, ou la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal en pleine croissance ; l'ET₀ caractérise la demande en fonction des conditions climatiques exprimé en mm/j.

L'évapotranspiration de référence peut être évaluée selon plusieurs méthodes :

- Les méthodes directes « instruments et appareils » ;
- Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration de référence et à défaut de mesures directes. On utilise généralement les formules empiriques de calcul parmi lesquelles, les principales sont :

- Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948).
- Formule de Thornthwaite (1955) ;
- Formule de Blaney-Criddle (1959) ;
- Formule de Turc (1960) ;

La formule de Penman-Monteith est la méthode la plus utilisée sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, qui sont rarement toutes disponibles sur

une même station.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme méthode privilégiée d'estimation de ET_0 .

Elle est définie comme suit :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Avec :

ET_0 : Evapotranspiration de référence [mm jour⁻¹]

R_n : Rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹]

G : Densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹]

T : Température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2m [°C]

u_2 : Vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹]

e_s : Pression de vapeur saturante [kPa]

e_a : Pression de vapeur réelle [kPa]

$e_s - e_a$: Déficit de pression de vapeur saturante [kPa]

γ : Constante psychrométrique [kPa °C⁻¹]

Δ : Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹]

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Bouguirat :

- Température : Les températures minimales et maximales mensuelles (°C).
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en km/jour.

Pays	ALGERIE		Station climatique :		BOUGUIRAT		25 ans
Altitude	85 m		Coordonnées :		Latitude : 35°46'	Longitude : 0°15'	
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Radiation	ET_0

	°C	°C	%	Km/jour	Heures	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	5,7	15.6	74	163	5.6	9.7	1.45
Février	6,0	16.2	73	177	6.4	12.6	1.88
Mars	7,8	18.4	71	206	7.4	16.7	2.72
Avril	9,1	20.2	68	193	8.3	20.5	3.48
Mai	12,6	23.1	66	180	8.7	22.5	4.18
Juin	16,0	27.0	64	152	9.8	24.6	4.91
Juillet	18,6	30.1	62	144	9.4	23.7	5.19
Août	19,4	30.9	64	145	9.8	23.0	5.13
Septembre	17,1	27.5	69	145	8.3	18.6	3.91
Octobre	13,7	24.0	68	139	6.9	13.9	2.79
Novembre	9,5	19.1	70	151	5.6	10.1	1.87
Décembre	6,9	16.3	74	162	5.3	8.8	1.41
Moyenne	11,9	22.4	69	163	7.6	17.1	3.24

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : L'évapotranspiration de référence ET_0 calculés

ii. **L'évapotranspiration maximale (ET_M) :**

L'Evapotranspiration maximale c'est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée) et elle dépend aussi des conditions pédologiques et climatiques.

L'évapotranspiration maximale (ET_M) est calculée comme suit :

$$ET_M = K_c * ET_0$$

Avec :

K_c : Coefficient cultural

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la vitesse du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », F.A.O N°24.

Culture	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Agrumes	0,7	0,75	0,75	0,75	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,7

Olivier	0,85	0,85	0,75	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,8	0,9	0,9
Pomme de terre							0,6	0,8	1,15	0,9		
Tomate							0,7	0,9	1,15	0,75		
Piment/ poivrons							0,6	0,8	0,9	1	1,05	0,9
Orge			0,4	0,65	0,8	0,9	0,9	0,9	0,7	0,4		

Tableau 4 : Les valeurs du coefficient cultural (K_c)**b. La pluie efficace :**

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations qui 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 profondeur etc.

Ces pertes sont estimées à 20% de la pluie tombée.

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy}$$

Avec :

P_{moy} : La pluie moyenne mensuelle.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{sec\ 80\%}$ (mm/mois)	18,82	27,41	58,77	48,91	45,15	36,82	29,02	29,05	20,46	2,8	1,46	4,36
P_{eff} (mm/mois)	15,06	21,93	47,02	39,13	36,12	29,46	23,22	23,24	16,37	2,24	1,17	3,49

Tableau 5 : La pluie efficace (P_{eff})**c. La réserve facilement utilisable RFU :**

La réserve utile est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU), la quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la ressource utile :

$$RFU = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z$$

Avec :

Y : Degré de tarissement (2/3).

D_a : Densité apparente (1,4).

Z : Profondeur d'enracinement mm.

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ (25%).

Agrumes	Mois	P_{eff} (mm)	ET_0 (mm)	K_c	ET_M (mm)	Z (m)	RFU_t	RFU_r	$B_{irr\ net}$ (mm)
----------------	-------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---------------------------	---------------------------	---

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement (11%).

L'estimation des besoins en eau de chaque culture sont donnés dans les tableaux suivant :

Tableau 6 : Besoins en eau d'agrumes

	Septembre	15,06	117,3	0,7	82,11	1,2	156,8	0	67,05
	Octobre	21,93	83,7	0,75	62,78	1,2	156,8	52,27	0
	Novembre	47,02	56,1	0,75	42,08	1,2	156,8	52,27	0
	Décembre	39,13	42,3	0,75	31,73	1,2	156,8	156,8	0
Pomme de terre	Janvier	36,12	43,5	0,65	28,28	1,2	156,8	156,8	Birr net (mm)
	Février	29,46	56,4	0,65	36,66	1,2	156,8	156,8	
	Mars	23,22	81,6	0,65	53,04	1,2	156,8	52,27	0
	Avril	23,24	104,4	0,65	67,86	1,2	156,8	52,27	0
	Mai	16,37	125,4	0,65	81,51	1,2	156,8	0	65,14
	Juin	2,24	147,3	0,65	95,75	1,2	156,8	0	93,51
	Juillet	1,17	155,7	0,65	101,21	1,2	156,8	0	100,04
	Août	3,49	153,9	0,7	107,73	1,2	156,8	0	104,24
	Mars	23,22	81,6	0,6	48,96	0,4	52,27	17,42	8,32
	Avril	23,24	104,4	0,8	83,52	0,6	78,4	26,13	34,15
	Mai	16,37	125,4	1,15	144,21	0,6	78,4	0	127,84
	Juin	2,24	147,3	0,9	132,57	0,6	78,4	0	130,33

Tableau 7 : Besoins en eau d'olivier

	Mois	P _{eff} (mm)	ET ₀ (mm)	K _c	ET _M (mm)	Z (m)	RFU _t	RFU _r	Birr net (mm)
Olivier	Septembre	15,06	117,3	0,85	99,71	1,5	196	0	84,65
	Octobre	21,93	83,7	0,85	71,15	1,5	196	65,33	0
	Novembre	47,02	56,1	0,75	42,08	1,5	196	65,33	0
	Décembre	39,13	42,3	0,65	27,5	1,5	196	196	0
	Janvier	36,12	43,5	0,65	28,28	1,5	196	196	0
	Février	29,46	56,4	0,65	36,66	1,5	196	196	0
	Mars	23,22	81,6	0,65	53,04	0,5	91,97	66,39	3,41
	Avril	23,24	104,4	0,65	67,86	0,9	119,66	69,33	31,02
	Mai	16,37	125,4	0,65	81,51	1,3	156,8	0	127,84
	Juin	2,24	147,3	0,75	110,88	1,3	156,8	0	105,24
	Juillet	1,17	155,7	0,9	140,13	1,5	196	0	138,96
	Août	3,49	153,9	0,9	138,51	1,5	196	0	135,02

	Juillet	1,17	155,7						
	Août	3,49	153,9						

Piment/ poivrons	Mois	P _{eff} (mm)	ET ₀ (mm)	K _c	ET _M (mm)	Z (m)	RFU _t	RFU _r	B _{irr net} (mm)
	Septembre	15,06	117,3						
	Octobre	21,93	83,7						
	Novembre	47,02	56,1						
	Décembre	39,13	42,3						
	Janvier	36,12	43,5						
	Février	29,46	56,4						
	Mars	23,22	81,6	0,6	48,96	0,5	65,33	21,78	3,96
	Avril	23,24	104,4	0,8	83,52	0,7	91,47	30,49	29,79
	Mai	16,37	125,4	0,9	112,86	0,9	117,6	0	96,49
	Juin	2,24	147,3	1	147,3	1	130,67	0	145,06
	Juillet	1,17	155,7	1,05	163,49	1	130,67	0	162,32
	Août	3,49	153,9	0,9	138,51	1	130,67	0	135,02

Tableau 8 : Besoins en eau de la pomme de terre

Tableau 9 : Besoins en eau de la tomate

Tableau 10 : Besoins en eau du piment/poivrons

Tableau 11 : Besoins en eau d'orge

Les tableaux suivant recapitulent les besoins totaux et le volume total de l'eau du périmètre d'Er Rekina :

Culture	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Agrumes	67,05	0	0	0	0	0	0	0	65,14	93,51	100,04	104,24

Orge	Mois	P _{eff} (mm)	ET ₀ (mm)	K _c	ET _M (mm)	Z (m)	RFU _t	RFU _r	B _{irr net} (mm)			
	Septembre	15,06	117,3									
	Octobre	21,93	83,7									
	Novembre	47,02	56,1	0,4	22,4	0,3	39,2	13,07	0			
	Décembre	39,13	42,3	0,65	27,5	0,5	65,33	65,33	0			
	Janvier	36,12	43,5	0,8	34,8	0,5	65,33	65,33	0			
	Février	29,46	56,4	0,9	50,76	0,6	78,4	78,4	0			
	Mars	23,22	81,6	0,9	73,44	0,6	78,4	26,13	24,09			
	Avril	23,24	104,4	0,9	93,96	0,6	78,4	26,13	44,59			
	Mai	16,37	125,4	0,7	87,78	0,6	78,4	0	71,41			
	Juin	2,24	147,3	0,4	58,92	0,6	78,4	0	56,68			
	Juillet	1,17	155,7									
août	3,49	153,9										
Olivier	84,65	0	0	0	0	0	0	65,14	115,6	138,96	135,02	
Pomme de terre	0	0	0	0	0	0	8,32	34,15	127,84	130,33	0	0
Tomate	0	0	0	0	0	0	3,41	31,52	127,84	108,24	0	0
Piment/poivrons	0	0	0	0	0	0	3,96	29,79	96,49	145,06	162,32	135,02
Orge	0	0	0	0	0	0	24,09	44,59	71,41	56,68	0	0

Tableau 12 : Les besoins totaux en eau du périmètre en mm

$$B_{\text{irr brut}} = B_{\text{irr net}} / K$$

Avec : K : Coefficient d'efficience (0,75)
1 mm = 10 m³/ha

Culture	Surface de culture (ha)	B _{irr net} (mm)	B _{irr brut} (mm)	B _{irr brut} (m ³ /ha)	Volume (m ³)
Agrumes	53,2	429,98	573,31	5733,1	305000,92
Olivier	53,2	539,37	719,16	7191,6	382593,12
Pomme de terre	26,6	300,64	400,85	4008,5	106626,1
Tomate	26,6	271,01	361,35	3613,5	96119,1
Piment/ poivrons	26,6	572,64	763,52	7635,2	203096,32
Orge	79,8	196,77	262,36	2623,6	209363,28
					1302798,84

Tableau 13 : Volume totale du périmètre en m³

16. Débits spécifique et caractéristique du périmètre :

a. Le débit spécifique :

Il est défini d'après le besoin en eau de la culture la plus exigeante, évalué précédemment, et il est calculé par la formule suivante :

$$q_s = \frac{B_{\text{irr net}} \times 10 \times 1000}{N_j \times N_i \times 3600 \times K} \text{ l/s/ha}$$

Avec :

q_s : Débit spécifique,

$B_{\text{irr net}}$: Besoin d'irrigation net de la culture la plus exigeante
piment/poivrons (162,32),

N_j : Nombre des jours d'irrigation par mois (26 j),

N_i : Nombre des heures d'irrigation par jour (22 h),

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation (0,75).

$$q_s = 1,05 \text{ l/s/ha}$$

b. Le débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique 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 (spécifique) par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_{\text{car}} = q_s \times S \text{ l/s}$$

Avec :

Q_{car} : Débit caractéristique,

q_s : Débit spécifique (1,05 l/s/ha),

S : Surface du périmètre (266 ha).

$$Q_{car} = 297,3 \text{ l/s}$$

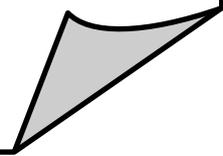
17. Conclusion :

Dans notre travail nous avons essayé d'approcher la demande par la détermination de besoins en eau des cultures implantés, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante à cause des contraintes agricoles et agronomique.

Le volume total qu'il faut solliciter en moyenne pour couvrir les besoins d'irrigation des cultures de notre périmètre est de 1.3 Hm^3 d'eau pour une superficie irriguée de 266 hectares et on déduit que la capacité des Barrages Kerrada et Cheliff suffit largement pour irriguer le périmètre d'Er Rekina.

Chapitre V

Dimensionnement du réseau de distribution



Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution

18. Introduction :

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système.

Le système d'adduction est la première tâche à laquelle doit se préoccuper l'ingénieur, puisque tous les systèmes d'irrigation dépendent du tracé et de la conception des conduites du réseau d'adduction.

L'objectif du présent chapitre, est de faire l'optimisation du réseau de distribution de l'eau destiné à l'irrigation du périmètre. Pour cela nous allons dimensionner les différents ouvrages d'adduction et de distribution.

19. Organisation et structure du périmètre :

L'organisation du périmètre est la première contrainte dans l'aménagement d'un périmètre d'irrigation.

a. Ilots et bornes d'irrigation :

L'ilot d'irrigation est l'unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation. L'organisation d'un périmètre en ilots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles.

Dans le cas d'un réseau de distribution au niveau du périmètre, la borne représente le point limite du réseau qui intervient directement dans la gestion de l'eau.

La taille maximum de l'ilot est déterminée en tenant compte des facteurs suivants :

- Le débit d'équipement de la borne,
- La superficie des unités foncières existantes,
- La distance maximale entre la borne et la parcelle.

Pour notre secteur, le périmètre est divisé en 15 ilots. Chaque îlot, sera desservi par une borne. Chaque borne aura une ou plusieurs sorties, suivant le nombre d'exploitants et les besoins en eau pour la superficie de l'ilot défini.

N° d'ilot	Surface (ha)
01	16.06
02	15.23
03	11.31

04	21.2
05	8.86
06	24.77
07	22.85
08	27.25
09	19.04
10	14.25
11	15.95
12	7.93
13	17.93
14	22.22
15	21.48
TOTAL	266

Tableau 1 :

Découpage du périmètre en ilots

La borne d'irrigation est un appareil fonctionnant à la demande, qui assure les fonctions suivantes :

- Ouverture / fermeture de l'alimentation en eau ;
- Réglage du débit ;
- Régulation de la pression aval ;
- Comptage du volume d'eau utilisé.

b. Calcul hydraulique aux bornes :

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est calculé comme suit :

$$Q_b = q_s * S_i$$

Avec :

Q_b : Débit de chaque ilot (l/s) ;
 q_s : Débit spécifique (1.05 l/s/ha) ;
 S_i : Superficie de l'ilot (ha).

c. Choix du diamètre des bornes :

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont détaillés dans le tableau suivant :

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11 l/s)	D = 63mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11 l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	D = 110mm
$80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) $< Q < 120 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D = 160mm
$Q > 120 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D = 200 mm

Tableau 2 : Choix du diamètre des bornes

T	N° d'ilot	N° du borne d'irrigation	Surface (ha)	Q _b (l/s)	Diamètre du borne (mm)
a	01	B1	16.06	16.86	100
b	02	B2	15.23	15.99	100
e	03	B3	11.31	11.88	100
u	04	B4	21.2	22.26	150
3	05	B5	8.86	9.30	65
:	06	B6	24.77	26.01	150
D	07	B7	22.85	23.99	150
é	08	B8	27.25	28.61	150
b	09	B9	19.04	19.99	100
i	10	B10	14.25	14.96	100
t	11	B11	15.95	16.75	100
e	12	B12	7.93	8.33	65
t	13	B13	17.93	18.83	100
d	14	B14	22.22	23.33	150
i	15	B15	21.48	22.55	150
a					
m					
è					
t					

re du chaque borne

20. Schéma d'aménagement hydro-agricole :

a. Schéma d'adduction :

L'eau du système d'irrigation du périmètre d'Er-Rekina sera fournie par les deux barrages de Kerrada et Cheliff situé à 33 km au nord du côté du périmètre.

La conduite d'adduction part de la station de traitement Sidi Hajdel vers le réservoir qui distribue l'eau jusqu'au périmètre. Tout le système est irrigué par pression naturelle.

Cependant, dans le cas où la pression est importante (>10 bars) on préconise soit :

- La réalisation d'un réservoir de stockage (de régulation) pour baisser la charge hydrostatique dans les canalisations ;
- L'installation des brises charge.

b. Schéma de distribution :

Pour le réseau de distribution, des canalisations secondaires et tertiaires alimenteront les parcelles à partir de la conduite principale.

21. Dimensionnement du réservoir de distribution :

Etant donné la superficie importante, on opte pour un réservoir circulaire. Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Q_c \times T_{nf}$$

Avec :

V : Volume de réservoir (m³) ;

Q_c : débit caractéristique (Q_c = 297,3*3,6= 1070,28 m³/h)

T_{nf} : temps de non-fonctionnement pris égal à 2 heures.

On trouve donc : $V = 2140,56 \text{ m}^3$

On prend les dimensions suivant pour un réservoir circulaire :

$$D = 20 \text{ m}, H = 7 \text{ m} \text{ ceci implique } V_R = 2198 \text{ m}^3 > V$$

22. Calcul hydraulique du réseau de distribution :

Le dimensionnement optimal est une des problématiques auxquelles doit résoudre l'ingénieur. Dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doivent répondre aux normes hydrauliques :

a. 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. Dans notre étude, on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.5 m/s.

b. Le calcul du diamètre :

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 :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 100$$

Avec :

Q : Débit, exprimé en m³/s ;

D : Diamètre exprimé en mm.

V : vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s

c. Calcul des pertes de charges :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, elle est donnée par l'expression suivante :

$$J = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C$$

Avec :

J : perte de charge unitaire en m/km ;

Q : débit en m³/s ;

D : diamètre de la conduite considérée ;

L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (K) des canalisations, dans notre cas L = 1.1, M = 1.89, N = 5.01 ;

C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière.

23. Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau est l'un des compromis entre critères à voir :

- La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression).
- La disponibilité sur le marché local.
- L'intérêt économique.
- Du type de sol.

a. Caractéristiques des canalisations

i. 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

ii. Conduite en PEHD :

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

- Bonne résistance à la corrosion
- 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.

b. Choix du matériau

Dans le cas de notre étude, on choisira un matériau selon le diamètre de la conduite :

- Fonte pour les conduites supérieur ou égale à 400 mm.
- PEHD pour les conduites de diamètre inférieurs à 400 mm.

Et pour le réseau d'irrigation en a choisi le PEBD.

N° tronçon	Long L(m)	Surface (Ha)	débit (L/s)	Diamètre (mm)	D.Norm (mm)	Matériau de canalisation	V(m/s)	P.charge (m)	C. terrain Z(m)	C.piézo (m)	Pression (bars)
R-N0	7850.80	266	279.30	487.03	500	Fonte	1.42	27.47	57.24	105.94	4.87
N0-N1	318.18	196.77	206.61	418.88	450	Fonte	1.30	1.07	59.2	104.87	4.57
N1-B1	220.89	16.06	16.86	119.67	125	PEHD	1.37	3.98	59.27	100.89	4.16
N1-N2	96.56	180.71	189.75	401.43	450	Fonte	1.19	0.28	58.64	104.59	4.60
N2-B2	168.59	15.23	15.99	116.54	125	PEHD	1.30	2.75	57.05	101.84	4.48
N2-N3	264.73	165.48	173.75	384.14	400	Fonte	1.38	1.16	57.4	103.43	4.60
N3-B3	138.64	11.31	11.88	100.43	110	PEHD	1.25	2.45	57.89	100.98	4.31
N3-N4	235.34	154.17	161.88	370.78	400	Fonte	1.29	0.90	57.75	102.53	4.48
N4-B4	305.96	21.2	22.26	137.49	140	PEHD	1.45	5.29	56.38	97.24	4.09
N4-N5	391.74	132.97	139.62	344.34	355	PEHD	1.41	2.06	58.33	100.47	4.21
N5-B5	107.7	8.86	9.30	88.89	90	PEHD	1.46	3.27	58.88	97.2	3.83
N5-N6	48.11	124.11	130.32	332.67	355	PEHD	1.32	0.22	58.48	100.25	4.18
N6-B6	328.46	24.77	26.01	148.62	160	PEHD	1.29	3.90	58.99	96.35	3.74

N6-N7	797.83	99.34	104.31	297.63	315	PEHD	1.34	4.39	61.29	95.86	3.46
N7-B7	166.31	22.85	23.99	142.74	160	PEHD	1.19	1.70	61.86	94.16	3.23
N7-N8	52.6	76.49	80.31	261.17	280	PEHD	1.30	0.32	62.2	95.54	3.33
N8-B8	156.53	27.25	28.61	155.88	160	PEHD	1.42	2.23	61.28	93.31	3.20
N8-N9	740.17	49.24	51.70	209.54	225	PEHD	1.30	5.84	62.94	89.7	2.68
N9-B9	272.68	19.04	19.99	130.30	140	PEHD	1.30	1.84	66.01	87.86	2.19
N9-N10	70.52	30.2	31.71	164.10	180	PEHD	1.25	0.68	62.66	89.02	2.64
N10-B10	165.92	14.25	14.96	112.73	125	PEHD	1.22	2.39	62.18	86.63	2.45
N10-B11	490.3	15.95	16.75	119.26	125	PEHD	1.37	1.73	66.82	87.29	2.05
N0-N12	1866.45	69.56	73.04	249.05	250	PEHD	1.49	16.68	60.44	89.26	2.88
N12-B12	206.6	7.93	8.33	84.09	90	PEHD	1.31	5.10	61.42	84.16	2.27
N12-N13	14.61	61.63	64.71	234.43	250	PEHD	1.32	0.10	60.25	89.16	2.89
N13-B13	285	17.93	18.83	126.45	140	PEHD	1.22	3.59	58.88	85.57	2.67
N13-N14	285.94	43.7	45.89	197.40	200	PEHD	1.46	3.25	57.36	85.91	2.86
N14-B14	245	22.22	23.33	140.76	160	PEHD	1.16	2.37	58.19	83.54	2.54
N14-B15	417.92	21.48	22.55	138.40	140	PEHD	1.47	7.40	56.78	78.51	2.17

Tableau 4 : Dimensionnement du réseau de distribution

24. Conclusion :

Dans ce chapitre, en premier phase nous avons découpé le périmètre en 15 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 266 ha.

En deuxième phase on a déterminé le volume de réservoir nécessaire pour alimenter notre périmètre.

Et en dernière phase on a fait le dimensionnement du réseau de distribution de périmètre d'Er Rekina où nous avons déterminé les diamètres des différents tronçons avec le choix du matériau en vérifiant les vitesses et les pressions au niveau de ces tronçons et des nœuds.



Chapitre VI

Les techniques d'irrigation

Chapitre VI : Les techniques d'irrigation

25. Introduction :

Les techniques d'irrigation agricole sont des méthodes pour apporter de l'eau aux cultures et sont classifiées en irrigation de surface, irrigation par aspersion et micro-irrigation.

Décider de sélectionner une technique d'irrigation ou de passer à une technique plus efficace est compliqué. D'un point de vue de la préservation de l'eau, le choix est simple, les économies en eaux augmentent lorsque l'on passe de l'irrigation de surface à l'aspersion et de l'aspersion à la micro-irrigation.

Cependant, le succès d'une technique d'irrigation sera très dépendant du site, de facteurs de situation ainsi que du niveau de gestion utilisé. La technique d'irrigation existante doit être évaluée très précisément avant de passer à une autre technique.

26. Différentes techniques d'irrigation :

Il existe 2 principaux modes :

a. L'irrigation gravitaire ou de surface :

C'est l'ensemble des techniques où la répartition de l'eau se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol.

L'application de l'eau se fait par ruissellement, submersion ou techniques mixtes.

i. L'irrigation par ruissellement :

Le ruissellement recouvre les techniques pour lesquelles l'apport d'eau se fait plus lentement. Le transport de l'eau au sein de la parcelle occasionne des différences de temps d'humidification importantes. La plupart des techniques de ruissellement présentent les caractéristiques communes suivantes :

- Un parcours en pente,
- Une sortie aval pour évacuer le trop-plein de colature.

Trois grands types peuvent être distingués :

- L'irrigation à la raie (le transport et l'infiltration s'effectuent dans un sillon aménagé entre les rangées de culture), plutôt adaptée aux grandes cultures,
- L'irrigation par rigoles de niveau (la bande de terre arrosée est comprise entre deux levées distantes de quelques dizaines de mètres) plutôt utilisée sur prairies ou luzerne ;
- L'irrigation à la planche, rencontrée en arboriculture.



Figure 1 : L'irrigation par ruissellement

ii. L'irrigation par submersion :

Dans ce type d'irrigation l'eau submerge le terrain et s'y infiltre. On a :

- La submersion continue (utilisée pour le riz)



Figure 2 : La submersion continue

- Les terrasses ou banquettes (réalisée sur des terrains à plus forte pente)



Figure 3 : Submersion par terrasses

- Les cuvettes (utilisées en arboriculture)

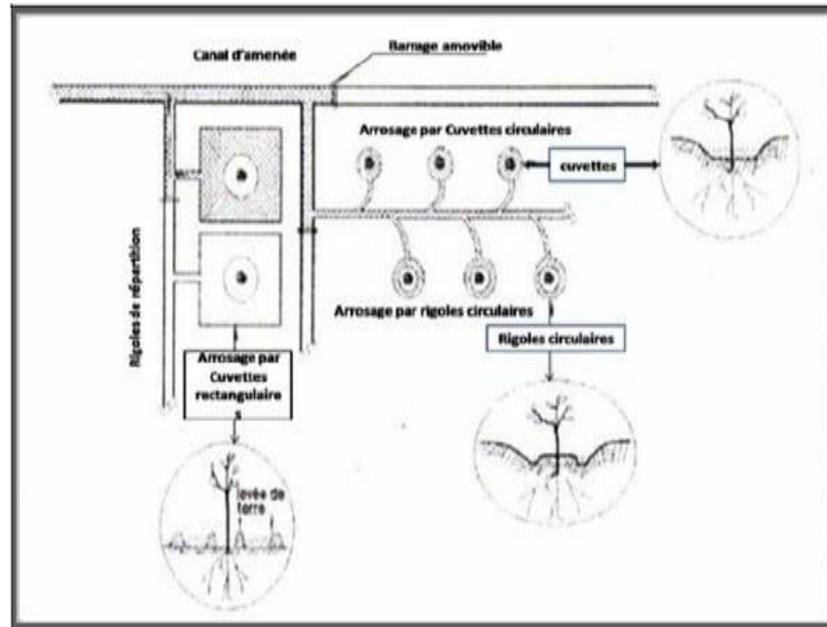


Figure 4 : Submersion par cuvettes

iii. Les techniques mixtes :

- L'irrigation par raies courtes :

La rigole d'alimentation dessert un certain nombre de raies courtes, séparées par des billons et bouchées à leur extrémité. L'eau ruisselle d'abord dans les raies puis les remplit. On règle le débit pour éviter le débordement. La faible longueur des raies assure une infiltration homogène le long de la raie.

b. L'irrigation sous pression :

i. Par aspersion :

L'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la pluie, grâce à divers appareils alimentés sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition la plus homogène possible de la pluviométrie.

Il existe 2 grandes catégories d'arrosage par aspersion en fonction du matériel utilisé :

- L'aspersion simple par rampes perforées, asperseurs ou sprinklers.
 - Par rampes perforées oscillantes : Ce sont des rampes en acier, en aluminium ou de plus en plus en PVC qui ont des perforations de l'ordre du mm ou des gicleurs sur la partie supérieure. Un mouvement d'oscillation est imprimé par un vérin hydraulique si bien que l'eau arrose un rectangle dont l'axe est le tuyau. Ce genre d'installation fonctionne à basse pression (30 à 150 KPa) mais peut délivrer une pluviométrie élevée

(jusqu'à 50 mm/h). Elles sont utilisées essentiellement en maraîchage et en horticulture.



Figure 5 : Sprinkler

- Par arroseurs rotatifs : On arrose alors des cercles d'où la nécessité de réaliser un quadrillage avec un certain recouvrement des cercles d'arrosage.



Figure 6 : Aspersion simple

- Les machines d'irrigation :
 - Des machines à déplacement automatique arrosant des bandes de terrains juxtaposés : Le plus souvent il s'agit d'enrouleurs qui se tirent par le tuyau d'alimentation.



Figure 7 : Enrouleur

- Des rampes frontales arrosant à poste fixe et montées sur roues.
- Des rampes articulées automotrices : Pivots et rampes frontales automotrices.



Figure 8 : Pivot

ii. Par micro-irrigation (goutte à goutte) :

La micro-irrigation ou l'irrigation localisée, se fait au goutte-à-goutte, c'est une technique très économe puisqu'elle ne consomme que ce dont la plante a besoin Effectivement, l'eau est amenée directement au pied de la plante, pourtant il doit être filtrée afin de ne pas boucher les goutte-à-goutte.

Un apport d'eau au voisinage de la plante qui crée un bulbe humide qui comprend différentes zones :

- Une zone saturée à proximité du goutteur.
- Une frange non saturée où l'humidité décroît en fonction de la distance par rapport au goutteur. L'épaisseur de cette dernière dépend de la nature du sol, du débit du goutteur, de l'humidité du sol lors des premiers arrosages et de la fréquence des apports.

L'efficacité théorique de l'eau est excellente (dans la pratique de 70 à 95%).

L'installation est composée d'une source d'eau, d'une unité de tête, des canalisations principales et secondaires, de porte rampes et rampes, et enfin de distributeurs.



Figure 9 : Goutteur

27. Le choix des techniques d'irrigation :

Pour choisir une méthode d'irrigation, l'agriculteur doit connaître les avantages et les inconvénients des différentes méthodes. Malheureusement dans bien des cas, il n'existe pas une unique bonne solution car toutes les méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients.

Le choix repose sur un ensemble de critères et de contraintes. On tient compte de :

- La topographie ;
- Ressources en eau (qualités, quantités et pression) ;
- La nature du sol (perméable ou non, argileux ou à texture plus grossière) ;
- Facteurs sociologiques et culturels ;
- Facteurs économiques ;
- La rentabilité de l'opération.

Le tableau suivant englobe les différents avantages et inconvénients des techniques d'irrigation cités dans ce chapitre :

	Technique d'irrigation	Les avantages	Les inconvénients
Gravitaire	Ruissellement	Matériel d'irrigation assez simple ; Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau ; Possibilité de lessivage sans risques d'érosion.	Temps d'irrigation important ; Nécessité de nivellement et son entretien ; Pertes importantes d'eau.
	Submersion	Destruction des adventices ; Protège contre le gel.	Tassement du sol ; Diminution de la porosité ou diminution de la perméabilité ; Nécessite d'assainissement ; Manque d'aération.

Sous-pression	Aspersion	<p>Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation ;</p> <p>Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie ;</p> <p>Réalise une importante économie d'eau ;</p> <p>Permet un dosage précis et une répartition régulière ;</p> <p>Possibilité d'automatisation ;</p> <p>Bonne adaptation à tous les types de sol.</p>	<p>Coût élevé (prix d'achat du matériel très important) ;</p> <p>Favorisait l'évaporation et le développement des mauvaises herbes ;</p> <p>Tassement de sol.</p> <p>Moins adapté à l'eau saline</p>
	Micro-irrigation	<p>Rendement des cultures importants ;</p> <p>Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;</p> <p>Très faible besoin de main d'œuvre ;</p> <p>Insensibilité au vent ;</p> <p>Economie d'engrais ;</p> <p>Compatible à l'automatisation.</p>	<p>Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;</p> <p>Coût très élevé du matériel ;</p> <p>Risque d'obstruction des goutteurs ;</p> <p>Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés ;</p> <p>Incompatible avec les cultures en plein champ.</p>

Tableau 1 : Les avantages et les inconvénients des techniques d'irrigation

28. Conclusion :

Le choix d'un système d'irrigation rationnel et économique doit tenir compte des critères suivants :

- Le type de culture.
- Les contraintes existantes dans la pratique.
- La maîtrise de la technique par l'exploitant.
- Le coût de l'installation.

En se basant sur ce qui précède, nous pouvons choisir la technique moderne d'irrigation par goutte à goutte qui a une excellente efficacité d'arrosage à la parcelle et un rendement très élevé.



Chapitre VII

Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

29. Introduction :

Le présent chapitre concerne le dimensionnement d'un réseau d'irrigation localisée (goutte à goutte), en considérant les différents paramètres pour atteindre des rendements optimaux en économisant de l'eau, dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment.

Pour ce projet, nous avons choisi les agrumes comme culture pour dimensionner le réseau goutte à goutte.

30. Données générales :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

Le réseau d'irrigation sera installé sur une partie de l'ilot n°13 dont la pression calculée est de l'ordre de 2.67 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 2.2 ha et présente une forme relativement rectangulaire.

- **La culture** : Les agrumes.
- **Besoin de pointe** : 104,24 mm en mois d'Aout.
- **Caractéristiques de la surface occupées par les agrumes** :
 - Surface : 2.2 ha ;
 - Longueur : 220 m ;
 - Largeur : 100 m.
- **Organisation du réseau** : Avec un écartement de 4x4m, et 2 goutteurs pour chaque arbre dont l'espacement des goutteurs de chaque arbre égale à 1 m.
- **Caractéristique du goutteur** :
 - Débit nominal : 4 l/h ;
 - Pression nominale : 10 m.c.e ;
 - Espacement des goutteurs : 2 m ;
 - Le nombre de goutteurs par arbre : 2.

31. Composition d'une installation goutte à goutte :

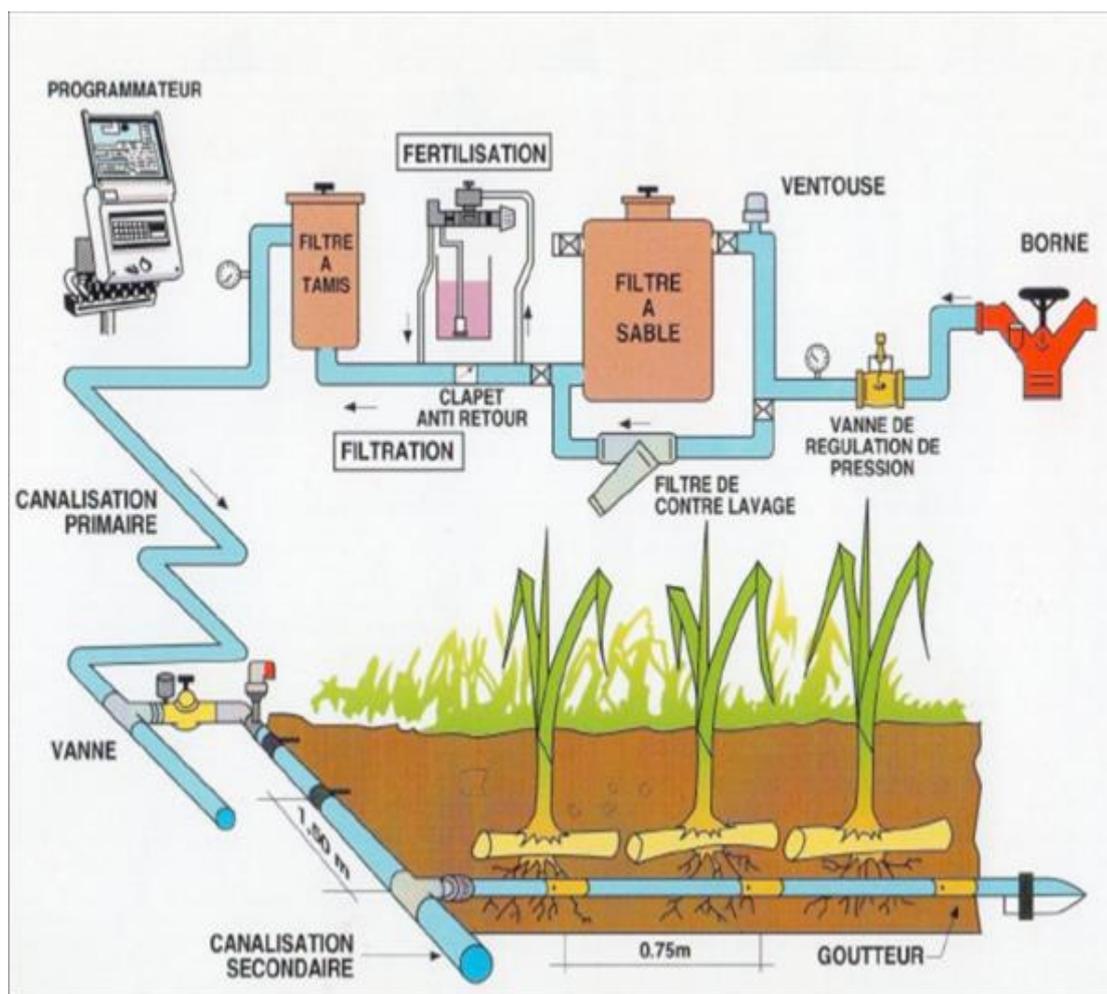


Figure 1 : Schéma explicatif d'une installation goutte à goutte

a. Point de fourniture d'eau :

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre.

b. L'unité de tête :

Cette unité est reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des porte rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. L'installation comprend :

- **Unité de filtration :**

Elle constitue la partie essentielle de toute installation goutte à goutte. On distingue plusieurs sortes de filtres.

- Filtre à tamis :

Il est constitué d'une toile fine ou des lamelles faiblement écartées.

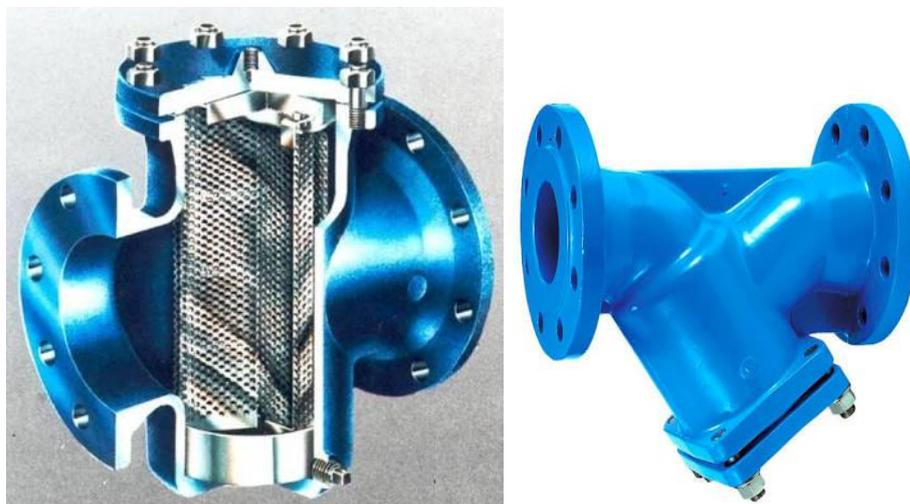


Figure 2 : Filtre à tamis

- Filtre à sable :

Constitué d'un certain nombre de couche de matériaux, de granulométrie bien définie et régulière.



Figure 3 : Filtre à sable

- Filtre à gravier :

Systèmes de gravier filtrant se compose de filtres individuels ou batteries de filtres, selon les exigences de rendement de l'eau et la filtration.



Figure 4 : Filtre à gravier

- **Injecteur d'engrais :**

Il comporte une vanne montée entre l'entrée et la sortie d'arroseur qui permet de dévier une partie de la pression du réseau dans la cuve et d'agir sur la solution fertilisante. Ainsi, la solution est aspirée par la crépine située dans la cuve.



Figure 5 : Injecteur d'engrais

c. La conduite principale :

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les divers porte rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

d. Les porte rampes :

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

e. Les rampe :

Ce sont les conduites qui généralement en PEBD (polyéthylène basse densité), et sont équipés de distributeurs. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

f. Les distributeurs :

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

La classification des goutteurs peut se faire selon :

- Des critères hydrauliques.
- La façon dont le goutteur est fixé sur la rampe.
- Le nombre de sorties dont est muni le goutteur

Les Différents types de distributeurs sont :

- Goutteurs : Ce sont les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes.
- Gaines : Destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers ; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.
- Tubes poreux : La paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.
- Mini diffuseurs : Ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.

32. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :**a. Besoin d'irrigation :**

i. Besoin journalier :

$$B_j = \frac{B_m}{N_j}$$

Avec :

B_j : Besoin journalier (mm) ;

B_m : Besoin de pointe (104,24 mm) ;

N_j : Nombre de jours (26 j).

$$B_j = \frac{104,24}{26} = 4 \text{ mm/j}$$

ii. Besoin journalier en tenant compte de la réduction K_r :

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite :

On applique alors à l'ETM un coefficient de réduction : K_r

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5 * (1 - C_s)$$

$$K_r = 0.6 + 0.5 * (1 - 0.6) = 0.8$$

D'où :

$$B_{jl} = B_j * K_r$$

$$B_{jl} = 4 * 0.8 = 3.2 \text{ mm/j}$$

iii. Dose d'irrigation nette pratique :

Le besoin d'irrigation (B_{net}) est le volume d'eau d'irrigation théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée (à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

$$D_p = RFU * P$$

Avec : P : Pourcentage du sol humidifié (%)

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

Avec :

n : Nombre de point de distribution par arbre (2) ;

S_{pd} : Distance entre 2 points de distribution du même arbre (2 m)

S_h : Largeur de la bande humidifiée (1 m) ;
 S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (4 m) ;
 S_a : Espacement des arbres sur les rangs (4m).

On obtient $P = 25 \%$

La dose nette corrigée :

$$D_p = 156,8 * 0,25 = 39,2 \text{ mm}$$

iv. Fréquence des arrosages :

La fréquence des arrosages est fonction d'une part du besoin journalier qu'il faut satisfaire et d'autre part de la dose réelle net dont profite les plantes. Elle est donnée par la formule suivante :

$$F = \frac{D_p}{B_{jl}} = \frac{39,2}{3,2} = 12,25 \text{ jour}$$

Donc on prend $F = 12$ jours.

v. Dose réelle et brute :

Après détermination de la fréquence d'arrosage, on recalcule :

- La dose réelle :

$$D_r = F * B_{jl} = 12 * 3,2 = 38,4 \text{ mm}$$

- La dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * Eff}$$

Avec :

C_u : Coefficient d'uniformité (0,9)

Eff : Efficience du réseau d'irrigation proposé (0,9)

$$D_{brute} = \frac{38,4}{0,9 * 0,9} = 47,41 \text{ mm}$$

vi. Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_{brute} * S_a * S_r}{n * Q_g}$$

Avec :

θ : Durée d'arrosage par mois

Q_g : Débit de goutteur (4 l/h)

$$\theta = \frac{47.41 * 4 * 4}{2 * 4} = 94.82 \text{ h/mois}$$

vii. **Durée d'arrosage journalier :**

$$D_j = \frac{\theta}{F}$$

$$D_j = \frac{94.82}{12} = 7.9 \approx 8 \text{ h/j}$$

viii. **Nombre de poste :**

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{T_j}{D_j}$$

$$N = \frac{22}{8} \approx 3 \text{ postes}$$

ix. **Surface de la parcelle :**

$$S_p = \frac{S}{N}$$

$$S_p = \frac{2.2}{3} = 0.73 \text{ ha}$$

b. **Calculs hydrauliques :**

i. **Condition hydraulique :**

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

La variation maximale de la pression :

$q = K * H^x$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \times \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec :

$q(g)$: Débit nominal du goutteur

$H(n)$: Pression nominale

$$0.1 = 0.5 \times \frac{\Delta H (\text{max})}{10}$$

$$\Delta H (\text{max}) = 2 \text{ m.c.e}$$

ii. **Le débit :**

$$Q_r = Q_g \times N_g$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r$$

Avec :

Q_r : Débit de rampe

Q_g : Débit des goutteur

N_g : Nombre des goutteurs par rampe

N_r : Nombre des rampes

Q_{pr} : Débit de porte rampe

La longueur de la rampe (L_r) : 100 m

La longueur de la porte rampe (L_{pr}) : 220 m

La longueur de la conduite secondaire (L_s) : 63 m

a) Nombre d'arbre par rampe :

$$N_{\text{arbre}} = L_r / E_r = 100 / 4 = 25 \text{ arbres}$$

b) Nombre de goutteur par rampe :

$$N_g = N_{\text{arbre}} \times n = 25 \times 2 = 50 \text{ goutteurs}$$

c) Nombre de rampes :

$$N_r = L_{pr} / E_r = 220 / 4 = 55 \text{ rampes}$$

d) Débit de la rampe :

$$Q_r = 4 \times 50 = 200 \text{ l/h}$$

e) Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = 200 \times 55 = 11000 \text{ l/h}$$

f) Débit de la conduite secondaire :

Etant donné que nous avons une porte rampe :

$$Q_{cs} = Q_{pr} = 3.06 \text{ l/s}$$

c. Dimensionnement des différentes parties du réseau :

i. Rampes et porte rampe :

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

Comme la valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression alors :

$$P_{dc}(\text{sing}) = 2 * 0,1 = 0,2 \text{ m.c.e}$$

$$P_{dc}(\text{linéaire}) = 2 - 0,2 = 1,8 \text{ m.c.e}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$1/3 \text{ sur la porte rampe } P_{dc}(\text{PR}) = 1,8 * 1/3 = 0,6 \text{ m.c.e} ;$$

$$2/3 \text{ sur les rampes } P_{dc}(\text{R}) = 1,8 * 2/3 = 1,2 \text{ m.c.e} ;$$

Le diamètre de rampes ainsi que des porte rampes est calculé d'après les formule suivante :

$$\varnothing_{r(cal)} = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing_{pr(cal)} = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

- $P_{dc}(r)$: Perte de charge dans la rampe (m.c.e) ;
- $Q(r)$: Débit de la rampe en l/h ;
- $L(r)$: Longueur de la rampe en m ;
- $\varnothing_{r(cal)}$: Diamètre de rampe ;
- $P_{dc}(pr)$: Perte de charge dans la porte rampe (m.c.e) ;
- $Q(pr)$: Débit de la porte rampe en l/h ;
- $L(pr)$: Longueur de la porte rampe en m ;
- $\varnothing_{pr(cal)}$: Diamètre de porte rampe.

$$\varnothing_{r(cal)} = 12.36 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{r(normalisée)} = 16 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{pr(cal)} = 73.93 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{pr(normalisée)} = 75 \text{ mm}$$

a) Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison ».

La perte de charge unitaire :

$$i = \frac{0.478}{2.75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75}$$

La perte de charge le long de la conduite en (m)

$$h_{cal} = \frac{L}{2.75} \cdot i$$

Où :

- L : la longueur de la conduite ;
- Q : débit (l/h) ;
- D : diamètre intérieur de la canalisation.

$$i(r) = \frac{0.478}{2.75} \cdot 16^{-4.75} \cdot 200^{1.75} = 0.0035$$

$$hcal(r) = \frac{100}{2.75} \cdot 0.0035 = 0.13 \text{ m.c.e}$$

$$i(pr) = \frac{0.478}{2.75} \cdot 75^{-4.75} \cdot 1100^{1.75} = 0.0025$$

$$hcal(pr) = \frac{220}{2.75} \cdot 0.0025 = 0.2 \text{ m.c.e}$$

D'après les résultats précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen (0.6 m.c.e).

b) Calcul de vitesses :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V(r) = \frac{4 \times 200}{1000 \times 3600 \times \pi \times 0.016^2} = 0.28 \text{ m/s}$$

$$V(pr) = \frac{4 \times 11000}{1000 \times 3600 \times \pi \times 0.075^2} = 0.69 \text{ m/s}$$

ii. La conduite secondaire :

La conduite secondaire alimente surface de 2.2 ha. Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

Avec : Q : débit de la conduite considérée (m³/s) ;
V : Vitesse d'écoulement (m/s).

Culture	L (m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	D cal (mm)	D nor (mm)	V cal (m/s)	H (m.c.e)
Agrumes	63	11000	1.05	60.87	75	0.69	0.02

Tableau 1 : Caractéristique de conduites secondaires

33. La pression d'eau à la borne de distribution :

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution à la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 m.c.e) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

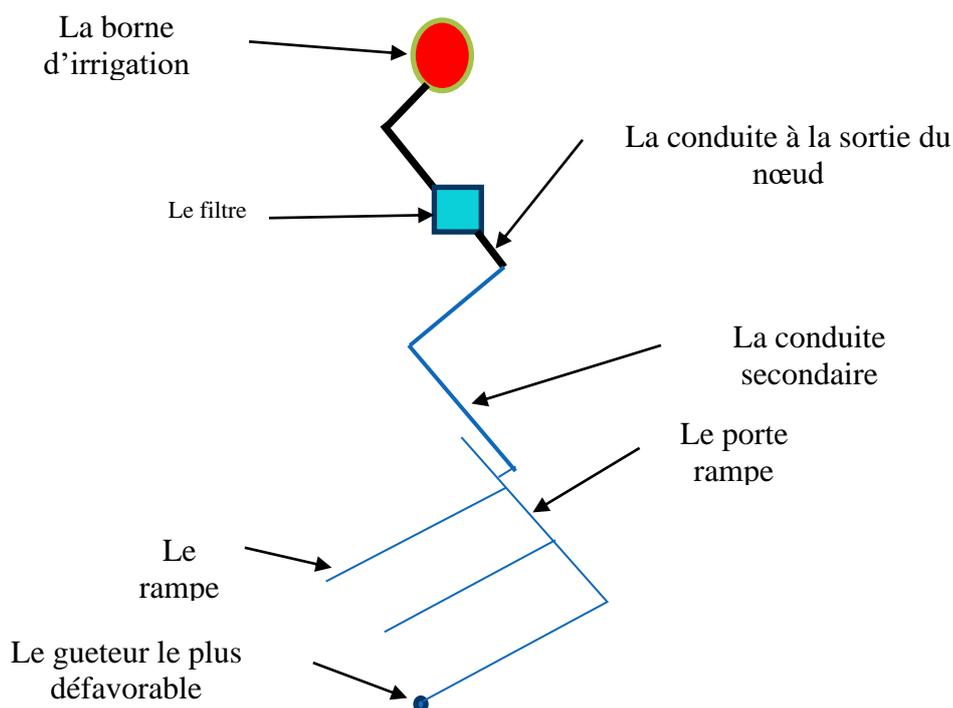


Figure 6 : Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	100	220	63
Diamètre(mm)	16	75	75
Débit (l/s)	0.056	3.1	3.1
Pertes de charge(m)	0.13	0.2	0.02

Tableau 2 : Les pertes de charge

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable :

$$\Delta h = 10 + 0.13 + 0.2 + 0.02 = 10.35 \text{ m} < 2,67 \text{ bars}$$

34. Conclusion :

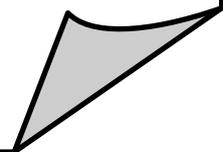
Dans ce chapitre, nous avons abordé, la phase la plus importante d'un projet d'irrigation, il s'agit d'étudier le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte.

Ayant dimensionné tous les organes du réseau localisé projeté sur la parcelle choisie, nous avons effectué une vérification de la pression à la sortie de la borne, afin d'assurer la

pression nominale de 10 m.c.e dans le goutteur le plus éloigné et cela pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs.

Chapitre VIII

Evaluation du cout de projet



Chapitre VIII : Evaluation du cout de projet

35. Introduction :

Après l'étude ou l'élaboration d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

Le but de ce chapitre est l'évaluation du cout estimatif pour une meilleure réalisation et l'exécution des travaux de notre projet d'irrigation.

Pour se faire il est important de quantifier l'ensemble des travaux à entreprendre et qui sont :

- Conduite d'adduction
- Réseau de distribution.
- Réseau d'irrigation.

36. Exécution des travaux de pose des canalisations :

a. Exécution des tranchées :

La largeur de la tranchée dépend essentiellement des dimensions extérieures et du type d'emboîtement des tuyaux, de la fondation, de l'espace minimum nécessaire entre la canalisation et la paroi de la tranchée pour réaliser une pose correcte et un remblayage latéral de compacité adéquate, de la profondeur de pose de la place disponible pour l'exécution des fouilles, de la nature des terrains rencontrés, notamment si les terrassements ne sont pas réalisés à l'abri d'un blindage.

Économiquement il n'est pas intéressant d'établir des tranchées trop larges, vu le coût des terrassements ; on s'oriente donc vers l'exécution de fouilles de largeurs minimales.

L'exécution des fouilles pour les tranchées est réalisée par une pelle mécanique équipée en rétro de l'aval vers l'amont du réseau.
Les aptitudes de la pelle rétro sont :

- Creuser au-dessous de la surface d'appui ;
- Creuser rapidement et précisément les tranchées à talus vertical ;
- Creuser à une profondeur importante ;
- Creuser dans la direction de la machine.

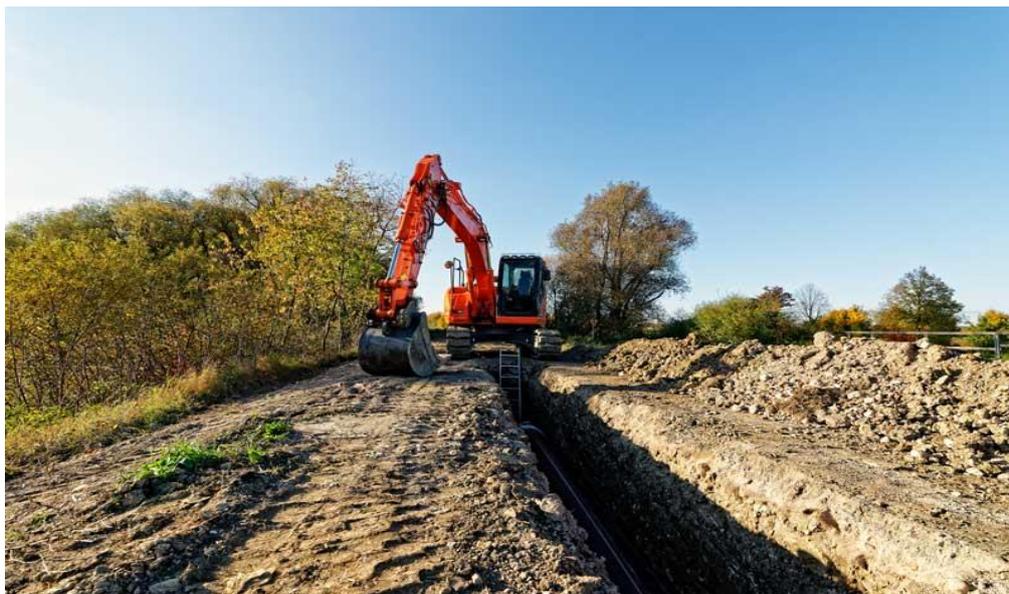


Figure 1 : Pelle mécanique

b. Aménagement du lit de sable :

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui. Avant la pose des conduites on procède aux opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Respecter les côtes du profil en long ;
- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée ;
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Les conduites seront posées sur un lit de pose de sable d'épaisseur égale au moins à 10 cm. Ce dernier sera bien nivelé suivant les côtes du profil en long. Le lit de pose doit être constitué de sable contenant au moins 12% de particules inférieures à 0,1mm.

Si le terrain est instable, des travaux spéciaux se révèlent nécessaire : exécution d'un béton de propreté, des berceaux ou même des dalles de répétition.



Figure 2 : Lit de sable

c. Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé ;
- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol ;
- Réaliser si possible un appui de manière que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.



Figure 3 : Mise en place des canalisations

d. Assemblage des conduites en PEHD :

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être livrées en barres de 6 à 12 m ou en couronnes par longueurs de 50 à 100 m. Pour le raccordement de ces conduites, deux procédés sont employés :

- Jusqu'au diamètre 63, le raccordement est mécanique à emboîtement.
- Raccord électro-soudables : les raccords électro-soudables en PEHD à emboîtement femelle sont munis sur leur diamètre intérieur d'une résistance chauffante.

Les deux extrémités de cette résistance sont reliées à des plots situés à l'entrée de chaque emboîtement. Le temps de soudage est de l'ordre d'une minute et celui du

refroidissement est d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et accessoires en polyéthylène doivent être assurés par des positionneurs.

Ce procédé d'assemblage des tuyaux présente l'avantage d'éviter la mise en place des butées, d'où une économie d'exécution, à laquelle s'ajoute celle d'encombrement du sous-sol.

e. Contrôle du compactage des tranchées :

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement influe directement sur la répartition des charges à la périphérie du tuyau donc sur la stabilité de celui-ci.

Il est nécessaire de vérifier la qualité de réalisation de cette opération. Le contrôle peut utilement être réalisable à l'aide d'un outil peu coûteux, pratique et très rapide à mettre en œuvre que l'on appelle « Sonde battus ». Cet appareil permet :

- Une approche relativement faible de la densité du sol.
- De déceler rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

37. Frais de system d'irrigation implanté :

a. Travaux de terrassements :

i. Calcul du volume de déblai :

$$V_d = H \times B \times L$$

Avec :

V_d : Volume de déblai (m^3) ;

H : Profondeur = $D + 1$ (m) ;

B : Largeur = $D + 0.3 \times 2$ (m) ;

L : Longueur de la conduite (m) ;

D : Diamètre de la conduite (m) ;

Prix unitaire de déblai = 300 DA.

ii. Calcul du volume de lit de sable :

$$V_s = e \times B \times L$$

Avec :

V_s : Volume de lit de sable (m³) ;

e : Epaisseur = 0.1 (m) ;

Prix unitaire de lit de sable = 800 DA.

iii. Calcul du volume de remblai :

$$V_r = V_d - V_s - \frac{\pi \times D^2}{4} \times L$$

Avec :

V_r : Volume de remblai c ;

Prix unitaire de remblai = 100 DA.

D (mm)	L (m)	B (m)	H(m)	e (m)	V deblai (m3)	V l.sable (m3)	V remblai (m3)	
500	7850.8	1.10	1.50	0.1	12953.82	863.59	10548.73	
450	414.74	1.10	1.50	0.1	684.32	45.62	572.74	
400	500.07	1.00	1.40	0.1	700.10	50.01	587.25	
355	439.85	1.00	1.40	0.1	615.79	43.99	528.27	
315	797.83	1.00	1.40	0.1	1116.96	79.78	975.00	
280	52.6	0.90	1.30	0.1	61.54	4.73	53.57	
250	1881.06	0.90	1.30	0.1	2200.84	169.30	1939.21	
225	740.17	0.90	1.30	0.1	866.00	66.62	769.95	
200	285.94	0.80	1.20	0.1	274.50	22.88	242.64	
180	70.52	0.80	1.20	0.1	67.70	5.64	60.26	
160	896.3	0.80	1.20	0.1	860.45	71.70	770.72	
140	1281.56	0.80	1.20	0.1	1230.30	102.52	1108.04	
125	1045.7	0.80	1.20	0.1	1003.87	83.66	907.38	
110	138.64	0.80	1.20	0.1	133.09	11.09	120.69	
90	314.3	0.70	1.10	0.1	242.01	22.00	218.01	
					Total (m3)	23011.30	1643.12	19402.48
					Prix (DA)	6903389	1314498	1940248
					Total (DA)	10158135		

Tableau 1 : Frais des travaux de terrassements (DA)

b. Frais du réseau de distribution :

Réservoir de distribution de 2000 m³ est estimé à un montant de : 1.560.000 DA

+

Diametre	Longeur	Prix U (DA)	Prix (DA)
500	7850.8	20231.06	158830006
450	414.74	17624.56	7309610
400	500.07	15012.73	7507416
355	439.85	17183.01	7557947
315	797.83	13577.7	10832696
280	52.6	10708.87	563287
250	1881.06	8550.83	16084624
225	740.17	6938.72	5135832
200	285.94	5463.62	1562268
180	70.52	4457.39	314335
160	896.3	3513.24	3148917
140	1281.56	2691.14	3448857
125	1045.7	2146.27	2244355
110	138.64	1738.42	241015
90	314.3	1175.36	369416
		Total (DA)	225150580

Source : algerie.prix-construction.info

Tableau 2 : Frais des conduites de distribution

c. Frais du réseau d'irrigation :

On estime le cout du réseau d'irrigation à 15% du cout totale.

Frais totaux = 10158135 + 1560000 + 225150580 = 236868715 DA

Multiplier fois 1.15 :

F = 272399022 DA sans TVA (17%)

Frais final de projet + TVA : 318706856 DA

38. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation, puis on a calculé les volumes de terrassement et estimer leur frais.

En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec une recherche approfondie des prix du marché des matériaux recueillis auprès des fournisseurs. Le cout total du projet (TTC) est de l'ordre de : **Trois-cent-dix-huit million sept-cent-six mille huit-cinquante-six dinars Algérien.**

Conclusion Générale

Le présent rapport de mémoire qui a porté sur l'étude d'avant-projet détaillée du projet d'aménagement des 266 ha du périmètre Er Rekina dans la wilaya de Mostaganem irrigué à partir des deux barrages Kerrada et Cheliff, a conclu les points suivants :

- L'analyse du sol nous a permis de déterminer la texture des sols étudiés, qui est limono argileuse, et les valeurs de ses caractéristiques physiques (l'humidité, l'insolation ...) qui nous ont permis après étude statistique des précipitations et estimation de l'évapotranspiration par le logiciel (Cropwat) de calculer les besoins en d'irrigation des cultures, grâce aux bilans hydriques mensuels (mois par mois).
- L'alimentation du réseau se fait par pression naturel à partir d'un réservoir de 2000 m³ qui reçoit les eaux des barrages Cheliff et Kerrada.
- Pour le système d'irrigation, nous avons insisté sur la nécessité d'introduction d'une technique moderne telle que le goutte à goutte, car l'augmentation des rendements des spéculations agricoles ne peut se faire qu'à travers des systèmes d'irrigation efficaces.

En fin pour compléter notre travail on a estimé le cout total du projet qui est primordial car l'ingénieur doit avoir la notion de la faisabilité technique mais aussi de la rentabilité économique, dans notre cas l'aménagement est amortissable dans quatre à cinq ans donc la rentabilité est réussie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ONM Mostaganem : Office Nationale de la Météorologie. Données climatologiques.

BNEDER : Bureau National Etudes pour le Développement Rural. Données géologiques.

ANRH Oran : Agence National des Ressources Hydrauliques. Données pluviométriques.

algerie.prix-construction.info : Site web. Prix unitaire des conduites.

Gobat et Al ,1998. Gobat, J.M., & Matthey, W.1998 : Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols.

Touibia, B, (2004) : Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.

FAO N°24 : Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24. 1975.

Doorenbos et Puill, (1976) : Directives pour la prévision des besoins en eau des cultures. Document d'irrigation et de drainage n ° 24, FAO, Rome.

Ollier ch.et Poirée m. (1981) : Irrigation : Les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. Paris. 455 p.

D. Veschambre, P. Vaysse ; (1980) : Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro-irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA ; P 156.

Annexes

Table de χ^2 théorique

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

Coefficient culturel Kc

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9

Kc	Initial	développement	saison	de saison	Récolte	Total
Haricots verts	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
Haricots secs	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7-0,8
Chou	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Vigne	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Maïs doux	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Maïs grain	0,3-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	0,8-0,95	0,55-0,6	0,75-0,9
Pois	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Patates	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7-0,75	0,75-0,9
Riz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Soja	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,8	0,4-0,5	0,75-0,9
Betterave	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Tournesol	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabac	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Blé	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2-0,25	0,8-0,9

Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHIALI)

TABEAU N° 1 – Diamètre extérieur

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	d_{m1} (mm)	d_{m2} (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4