

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI Abdellah »**

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE**

Option : Conception des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**DIAGNOSTIC D'UN RESEAU DE DRAIANGE
DANS LA REGION DE RELIZANE (BAS CHELIFF)**

Présenté par :

M^r : KHIATI AHMED

Promoteur :

M^{me} : LEULMIS

Devant le jury composé de :

Présidente : M^r B.BENLAOUKLI

**Examineurs : M^{me} A.AZIEZ
M^{me} D. DJOUDAR
M^r R.REKROUK
M^r D.KOLAIAI**

Octobre 2011

بِسْمِ الرَّحْمَنِ
الرَّحِيمِ

إهداء

أعوذُ با من الشيطان الرجيم

"و وصينا الإنسان بوالديه حملته أمه وهنا على وهن و فصاله في عامين أن
اشكر لي و لوالديك إلي المصير"

لقمان (14)

أبدأ بحمد الله على فضائله	تلك التي لا تقن و لا تنقطع
لو طُلبَ منِّي إحصاؤها	لما عرفتُ ما أقول و ما أدعُ
و أثنِّي بالصلاة على من شعاره	العلمُ و الأخلاق و السورعُ
أهدي صنيعي لأمي التي ربّت	فما هدّها عجزٌ و لا وجعُ
و أبي الذي زادت في شأني أبوتّه	رفعتُ به رأسي بين الناس لا أضعُ
والديّ اللذان في شكرهما	لا الكلامُ يكفي و لا المجالُ يتسعُ

جزأكما الله عني كل خير والداي

أهدي هذا العمل المتواضع

لإخوتي و أخواتي بعد أن أعيدهم بكلمات الله التامات من كل شر

سليم، حسام الدين و اسماء

إلى الصغار علاء الدين، نرهان، نور، ربيع، نضال، محمد، زكريا

لكل عائلة: خياطي، عائلة صغير

إلى كل أساتذتي و كل من علمني حرفا، و أسأل الله أن يجعله في ميزان
حسناتهم

إلى كل أصدقائي: العربي، نيسطا، احمد، مصطفى، بلقاسم، مينو، حاج،
عبد الرزاق، كومان، تقي الدين، احمد، حسان، هواري

إلى كل من يحبني و أحبه

و كما بدأت بحمد الله أتم كلامي بحمده و أصلي على نبيه.

احمد خياطي.

Remerciements

Au terme de ce travail. Il m'est agréable d'exprimer mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à ma promotrice M^{me}.S.LEULMI de m'avoir encadré et je lui exprime ma reconnaissance pour ses précieux conseils qui m'ont guidé dans la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Je remercie également M^r. H. BENAUDA et M^r HALOUZ. (ONID Oued-Rhiw) pour leur aide et disponibilité

J'adresse également mes sincères remerciements et mon profond respect aux membres de jury

M^r. B. BENLAOUKLI

M^{me}. A.AZIEZ

M^{me}. D.DJOUJAR

M^r. R. REKROUK

M^r. D. KOLAI

Qui m'ont fait l'honneur d'apprécier mon travail.

KHIATI AHMED

ملخص:

الدراسة التي قدمت في هذه الأطروحة تسمح لنا، في البداية ، لإجراء تشخيص وجود نظام الصرف المياه وتبلغ مساحته 1305 هكتار الموجودة في سهل شلف الأسفل لولاية غليزان و يتم تنفيذ عملية تصميم هذا الصرف في مقارنة النتائج ، و الهدف من هذا اقتراح الحلول ، لتجنب المشاكل التي تسبب تدهور الشبكة

Résumé

L'étude présentée dans ce document nous permet, dans un premier temps, de faire un diagnostic sur un réseau de drainage déjà existant au niveau de la plaine du Bas Cheliff (w.Relizane), dont la superficie est de 1305 ha.

En suite, un dimensionnement de ce réseau de drainage est effectué dans un objectif de comparaison des résultats obtenus avec ceux existant, afin de proposer des solutions permettant d'éviter les problèmes provoquant la dégradation du réseau.

Abstract :

The study presented in this paper allows us, initially, to make a diagnosis of an existing drainage system at the plain of the Lower Cheliff (w.Relizane), with an area of 1305 ha.

Next, a design of this drainage is performed in an objective comparison of results with those existing, to propose solutions to avoid the problems causing the degradation of the network.

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : DESCRIPTION GENERALE DE LA REGION

I.1 Description générale du Bas Cheliff.....	01
I.2 Géomorphologie.....	03
I. 3 Ressource en eau.....	04
I.3.A Les ressources en eaux superficielles.....	04
I.3.B Les ressources en eaux souterraines.....	04
I.3.1 Présentation des résultats de la qualité de l'eau pour l'irrigation.....	04
I.4 Ressource en sol.....	05
I.4.A Les sols légers et non salés.....	06
I.4.B Les sols lourds et non sales.....	06
I.4.C Les sols lourds et sales.....	07
I.4.1 Occupation du sol.....	08
I.4.2 Les principaux périmètres irrigués de la plaine.....	08
I.4.3 Salinité des sols.....	09
I. 4.4 Zones homogènes de mise en valeur.....	10

Chapitre II : Etude Climatique

Introduction.....	13
II.1 Climat du Bas Chélif.....	13
II.2 Température.....	13
II.3 La Pluviométrie.....	14
II.4 La gelée blanche.....	16

II.5 le Sirocco.....	16
II.6 le vent.....	16
II.7 Humidité relative.....	17
II.8 Nébulosité.....	17
II. 9 Durée d'insolation.....	18
II. 10 Evapotranspiration Potentielle (ETP).....	19

Chapitre III : Etude Physique

Introduction.....	21
III.1 Caractéristiques géologiques du Bas Chélif.....	21
III.2 Caractéristiques hydrogéologiques du Bas Chélif.....	21
A.les formations du substratum (anté-Néogène).....	23
1. Trias.....	23
2. Crétacé.....	23
3.Eocène.....	24
4. Oligocène.....	24
5. Miocène.....	24
6. Pliocène.....	24
7. Quaternaire.....	24

CHAPITRE IV : Analyse et diagnostique de la situation actuelle au niveau des (04) zones

Introduction.....	25
IV .1. Description des quatre (04) zones du drainage.....	25
IV .1.1. Zone II-A.....	25

IV .1.2. Zone VIII-RGS.....	25
IV .1.3. Zone VIII-RGL.....	26
IV .1.4. Zone X.....	26
IV .3. But de drainage.....	26
IV .4. Type des sols.....	27
1-Zone II.....	27
2-Zone X.....	27
3-Zone VIII.....	27
IV .4. Conductivité hydraulique.....	27
IV .5. Réseau de drainage.....	28
IV .6. Caractéristiques du système de drainage.....	28
IV .7. Mode de drainage.....	28
IV .8. Trace du réseau.....	28
IV .9. Ecartement.....	29
IV .2. Débit.....	30
IV .2.1. Drains.....	30
IV .2.2. Collecteur.....	30
IV .2.3. Diamètre.....	30
IV .2.4. Longueur.....	31
IV .3. Profondeur.....	31
IV .3.1. Drains.....	31
IV .3.2. Collecteur.....	31
IV .3.3. Pente.....	31
IV .3.4. Vitesse.....	31

IV .4. Type des drains.....	31
IV .5. Enrobage des drains.....	32
IV .6. Détails des tuyaux.....	32
Clips.....	32
Regards.....	32
Bouches.....	32
IV .6. Tableau récapitulatif par zone.....	32
IV.7. Observations et enquêtes sur terrain.....	34
IV.8. Les solutions proposées pour corriger les problèmes.....	38

Chapitre V : Etude Hydrologique

V.1 But de L'étude.....	39
V.2 Collecte des données.....	39
V.3 Calcul des pluies.....	39
V.3.1 Méthodes directe.....	39
V.3.2 Méthodes indirecte	40
V.4 Durée de submersion	43
V.5 Bilan hydrologique	44

Chapitre V : Méthodes et procédés de drainage

Introduction	46
VI.1 Drainage agricole	47
VI.1.1 Intérêt	47
VI.1.2 Drains	47
VI.1.3 Draineuses.....	48
VI.1.4 Effets positifs de l'assainissement du sol.....	49

VI.2 Causes de l'excès d'humidité du sol.....	49
VI.2.1 Apports externes d'eau	49
VI.2.2 Présence d'une nappe prolongée.....	50
VI.2.3 Stagnation temporaire des eaux de pluie.....	50
VI.4 Drainage par gravité enterré	51
VI.5 Description de la zone à drainer	51
VI.6- Calcul du débit caractéristique du réseau " q_c "	52
VI.7 Notion de régime permanent et régime variable.....	52
VI.7.1. Cas ou l'excès provient des pluies	53
VI.7.1.1. En régime permanent sans tenir compte du stockage	53
VI.7.1.2. En régime permanent en tenant compte du stockage	54
VI.7.1.3. En régime variable	55
VI.2. Cas ou l'excès provient de l'irrigation	55
VI.3. Cas ou l'excès provient du lessivage	56
VI.8 Calcul des écartements des drains " E "	58

Chapitre VII : Calcul hydraulique

Introduction	62
VII.1 Conception du réseau	62
VII.2 Mode de calcul.....	62
VII.1. Pour le régime uniforme	62
VII.2. Pour le régime non uniforme	63

VII .2.Calcul du diamètre des drains.....	64
VII.2.1.Résultats du calcul diamètres des drains.....	64
VII .3.Calcul du diamètre des collecteurs.....	65
VII.3.1.Résultats du calcul diamètres des collecteurs.....	65
Conclusion	67

Chapitre VII : Entretien du réseau

VI. Entretien et pérennité des systèmes de drainage	68
VI.1. Apprécier les besoins, évaluer la performance	68
V I.2. Méthodes d’entretien des canaux et fossés.....	68
I.2.A. Les méthodes mécaniques	69
I.2.B. Les méthodes chimiques	69
I.2.C. Les méthodes biologiques	69
VI.3. Méthodes d’entretien des réseaux enterrés	69
VI.4. Retour sur la conception	69
II. Réutilisation des rejets des eaux de drainage	70
III. Potentialités et stratégies de réutilisation	70
IV. Rejet des eaux de drainage	71

Conclusion générale

Bibliographie

Liste des tableaux

<i>Tableau I.1.Composition chimique moyenne de vingt-sept forages dans le Bas-Chélif. Agence des Bassins Hydrographiques, Chlef-Zahrez.....</i>	<i>5</i>
<i>Tableau I.2.La classification des sols du Bas Chélif par zone.....</i>	<i>5</i>
<i>Tableau. I.4.Rendement des cultures.....</i>	<i>8</i>
<i>Tableau. I.5.Zones homogènes de mise en valeur.....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau II.1.Températures moyennes de la zone du périmètre d'irrigation.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau II.2.précipitations moyennes mensuelles de la zone du périmètre d'irrigation.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau II.3.Vitesse du vent m/s.....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau II.4.Humidité relative de l'air(%) des stations météorologiques.....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau II.5.Nébulosité à la station d'Oued Rhiou.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau II.6.Durées moyennes D'insolation.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau IV.1.Conductivité Hydraulique.....</i>	<i>27</i>
<i>Tableau IV.2.Débit spécifique.....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau IV.3.Superficie à drainer.....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau IV.4.longueur maximale des drains.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau IV.5.récapitulatif par zone.....</i>	<i>32</i>
<i>Tableau IV.6 : Débit total.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau IV.7.Regard de visite bouché.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau V.1.Précipitations journalières maximales.....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau V.2.Calcul de la pluie durée à l'aide de la formule de Montana.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau VI.1.calcul de l'ETP à l'aide du logiciel CROP-WAT V8.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau VI.2.différentes valeurs de qc.....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau VII-1.Valeurs normalisées des drains annelés perforés.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau VII-12.Résultats du calcul diamètres des collecteurs C1 C2 C3 C4 et C5.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau VII-13.Résultats du calcul des débits C1 C2 C3 C4 et C5.....</i>	<i>66</i>

Liste des figures

<i>Figure. I.1 : situation géographique de la zone d'étude.....</i>	<i>1</i>
<i>Figure. I.2 : Situation géographique du Bas Cheliff.....</i>	<i>2</i>
<i>Figure. I.3 : Vue en 3D du Bas Chélif.....</i>	<i>3</i>
<i>Figure. I.4 : CARTE DES GROUPE DE SOLS.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure. I.5 : Les principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure. I.6 : CARTERISATION DE LA SALINITE (dS/m).....</i>	<i>9</i>
<i>Figure. II.1 : Diagramme ombrothermique de la plaine du Bas Cheliff (85-2002).....</i>	<i>13</i>
<i>Figure. II.2 : Températures moyennes de la zone du périmètre d'irrigation.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure. II.3 : répartition mensuelle moyenne interannuelle des précipitations... </i>	<i>15</i>
<i>Figure. II.4 : Vitesse du vent m/s.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure. II.5 : Nébulosité à la station d'Oued Rhiou.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure. II.6: Durées moyennes D'insolation</i>	<i>19</i>
<i>Figure. IV.1 :PHOTO1.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure. IV.2 :PHOTO2.....</i>	<i>35</i>
<i>Figure. IV.3 :PHOTO3.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure. IV.4 :PHOTO4.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure. IV.5 :PHOTO5.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure. V.1 : Courbe Pluie – Durée.....</i>	<i>42</i>

Liste des planches

Planche N°1 : plan de projection du réseau de drainage.

Liste des abréviations

Abréviations	signification
(ag)	Agrumes
(Ol)	Olivier
(AN)	Arboriculture à noyau
(AP)	Arboriculture à pépins
(Ar)	Artichauts
(Ma)	Maraîchages
(Fou)	Fourrages
(CH)	Céréales d'hiver
(OH)	Orge d'hiver
Ha	Hectare
SAR	L'alcalinité d'une eau d'irrigation (sodium adsorption ratio)
PH	Potentiel d'hydrogène
LR	Fraction de lessivage
ONID	Office nationale d'irrigation et drainage

--	--

INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, l'évaluation des réseaux de drainage répond à des objectifs de diagnostic des causes de dysfonctionnement ou d'acquisition de références afin d'en améliorer la conception. Quel que soit l'objectif, cette évaluation suppose la détermination de la part respective de nombreux facteurs qui sont, soit contrôlables techniquement (Conception, Réalisation et Entretien) ; soit incontrôlables (Milieu physique, Histoire de la parcelle).

L'intervention de ces nombreux facteurs impose une analyse rigoureuse des réseaux de drainage et une bonne connaissance, à la fois théorique et pratique, de la manière dont agissent et interagissent ces facteurs.

Dans un pays comme l'Algérie, l'évaluation du fonctionnement du drainage est une préoccupation d'actualité. De nombreux réseaux ont été installés et il est important de suivre l'évolution de leurs performances. Par ailleurs, d'importantes superficies restent à drainer et, dans la situation économique actuelle, il importe de pouvoir donner aux agriculteurs des garanties de bon fonctionnement de leur réseau de drainage et de les aider à ne drainer que les terres qui répondront de manière satisfaisante l'amélioration hydraulique.

Le présent mémoire traite du drainage agricole du périmètre du Bas Cheliff Wilaya de Relizane. Pour cela, nous avons subdivisé notre travail en (03) parties dont :

- 1-Première partie : Présentation générale du réseau actuel et enquête sur terrain.
- 2-Deuxième partie : étude théorique de la zone VIII-RGS (à préciser la zone).
- 3-Troisième partie : comparaison entre les deux résultats.

Ce présent travail consiste à faire un diagnostic sur l'ancien réseau d'assainissement agricole du périmètre du bas Cheliff et analyse leur fonctionnement.

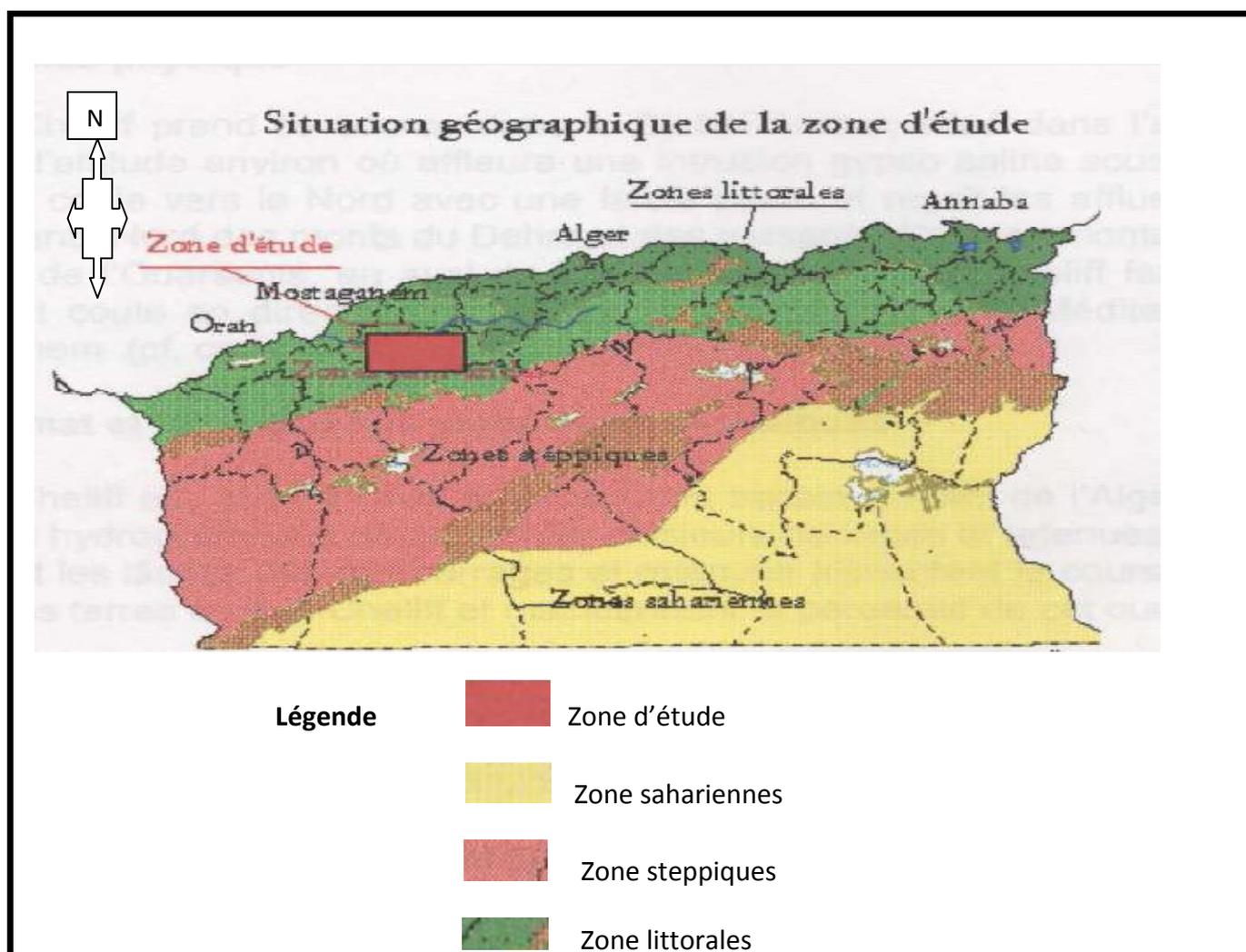
L'excès d'eau est renforcé par les apports pluviométriques sur la plaine elles mêmes, dont le modèle alluvionnaire ne permet pas une évacuation rapide. Et période de printemps l'excès constitue le principal facteur limitant à une mise en valeur intensive.

I.1 Description générale du Bas Cheliff :

Le Bas-Cheliff est considéré comme le plus ancien des périmètres d'irrigation en Algérie, sa réalisation s'est faite en plusieurs tranches entre 1930-1957, et est traversé dans la partie centrale par l'oued Cheliff qui le sépare en deux vastes plaines.

Le périmètre irrigué du Bas-Cheliff est situé au Nord-Ouest de l'Algérie, il appartient à la plaine du grand Cheliff, il représente le deuxième périmètre en superficie soit 28.249 Ha après le Haut Cheliff sur un totale de 115.149 Ha, il est situé dans la région Chelef - Relizane limité au nord par la chaîne montagneuse de la Dahra, au sud par la route nationale N°04, il s'étend de Boukadir (commune de Chelef) à El hmadna (commune de Relizane) sur un tronçon routier d'environ 48 Km. il est réparti en dix zones d'irrigations et de Quatre zones drainer de basse et haute plaine situées de part et d'autre de Oued Cheliff, traversant ainsi Quatre Dairates et Huit communes (Boukadir-Oued rhiou-Djidiouia-Hmadna) et (Ouarizane-Merdja - Ouled mihoube –Hameri).

Figure. I.1 : situation géographique de la zone d'étude.



Source : ONID Oued Rhiou

Les coordonnées géographiques de ce périmètre sont :

X=305.000 et 355.000 m

Y=285.400 et 310.000 m

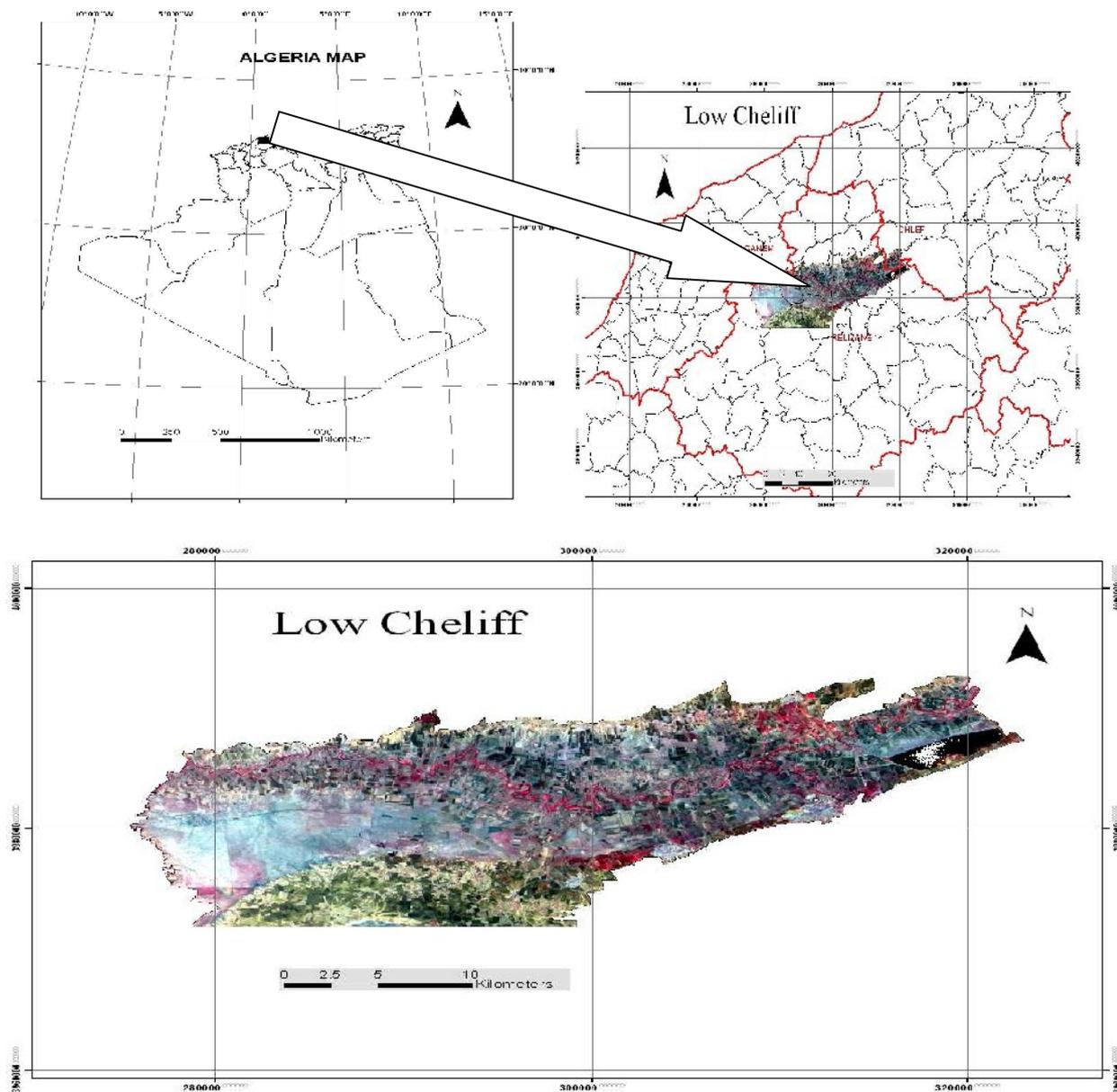
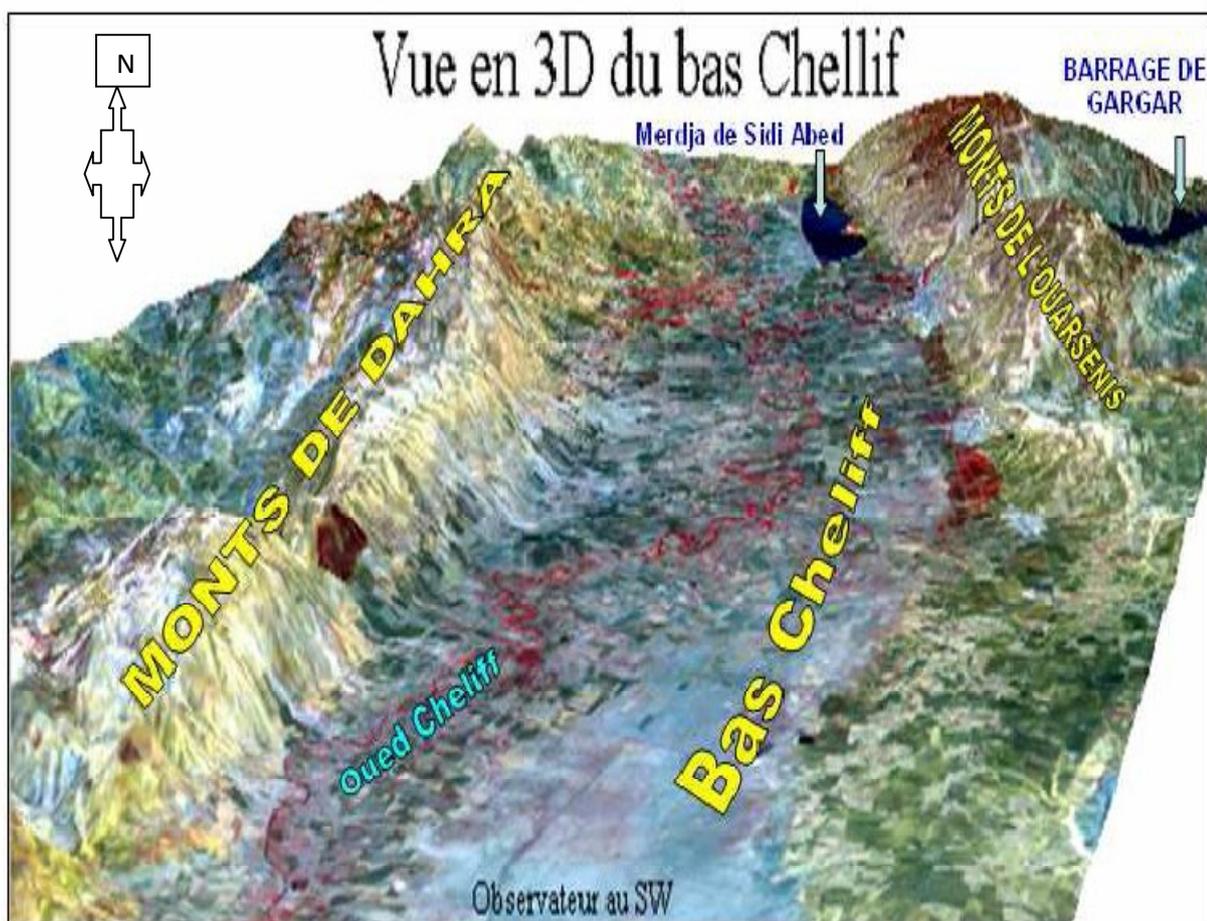


Figure. I.2 : Situation géographique du Bas Cheliff

I.2 Géologie et Géomorphologie :

La plaine du Bas-Chélif est un synclinal traversé par la nappe de l'oued Chlef qui occupe, à l'instar des autres plaines du Chélif, le fond de bassins de sédimentation où s'accumulent les sédiments depuis au moins le Villafranchien (Boulaine, 1957). Elle est comblée d'alluvions du quaternaire et encadrée au nord et au sud par des piémonts du Dahra et de l'Ouarsenis de l'âge Miocène et Pliocène (tertiaire), qui lui fournissent le matériau par érosion. L'existence de la sebkhia de Benziane située sur le plateau de Benziane au sud-ouest de la plaine lui confère un caractère particulier (figure 3).

Figure. I.3 : Vue en trois dimensions l'oued Chleff



Légende

- Barrage
- Monts
- Oued Cheliff

Source : Mr. Douaoui 2006 (PDF. La salinisation dans la plaine du Bas-Cheliff)

I.3 Ressource en eau :

La plaine du Bas-Chéiff offre d'importantes potentialités en eau, malheureusement l'absence d'une politique d'aménagement et de gestion rationnelle fait que la plaine n'en profite pas.

I.3.A Les ressources en eaux superficielles :

Les deux principales ressources en eau sont constituées par deux retenues :

- le barrage de Gargar sur l'oued Rhiou, d'une capacité de 450 millions de m³, il est l'un des plus importants barrages d'Algérie ;
- la retenue de la Merdjet Sidi Abed , un réservoir hors cours d'eau d'une capacité de 150 millions de m³, située à l'amont du périmètre existant, qui est remplie pendant l'hiver essentiellement par dérivation des eaux de l'oued Chlef.

La qualité de l'eau des cours d'eau du bassin de Chéiff est aussi variable, mais elle est en général plutôt médiocre. La salinité de l'eau dans l'oued Rhiou varie entre 0,5 g/l environ pour les débits les plus forts et 2 g/l pour les débits d'étiage. Il n'y a pas de mesure de la salinité des eaux de drainage à l'exutoire du bassin versant.

I.3.B Les ressources en eaux souterraines :

Les principaux aquifères du Bas-Chéiff sont :

- le Miocène calcaire : il affleure le long de la limite sud de la plaine ; les descriptions lithologiques ont montré l'existence de zones de fracture productives entre 37 et 60 m ;
- le Pliocène marin : c'est une suite d'argiles et de marnes avec des couches minces de grès qui affleurent au nord de la plaine ; on le retrouve dans la région de Ouarizane à plus de 55 m de profondeur et dans la région de sebkhet Benziane à plus de 400 m de profondeur ;
- le Quaternaire-Pliocène continental : il est constitué de sédiments à base d'argile, de marnes et des lits de sable, de graviers et de conglomérats. La profondeur de ces forages est très variable selon les régions où elle peut aller jusqu'à 300 m alors que la moyenne est de 70m.

I.3.1 Présentation des résultats de la qualité de l'eau pour l'irrigation :

Qualité des eaux souterraines :

La viabilité de la plupart des exploitations agricoles de la plaine du Bas-Cheliff est conditionnée par l'existence d'un forage car l'eau de surface ne bénéficie en pratique qu'à un nombre limité d'agriculteurs. Cela s'explique par une politique hydraulique qui privilégie les populations des grandes villes (Oran, Chlef, Mostaganem), une infrastructure hydraulique insuffisamment opérationnelle et par un déficit pluviométrique (Hartani et Lakehal, 1999).

La qualité des eaux souterraines dont la composition chimique a été déterminée sur une moyenne de vingt-sept forages est donnée au tableau I.1.

Tableau I.1. Composition chimique moyenne de vingt-sept forages dans le Bas-Chélif. Agence des Bassins Hydrographiques, Chlef-Zahrez

Analyses	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻⁻⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	CE (dS/m)	SAR meq/l	pH
Moy.	208	149	782	15	1323	646	287	80	4	11	8,3
Min.	58	31	193	3	191	72	149	16	1	2	7,8
Max.	371	524	2898	61	3983	2640	529	350	8	26	8,7

Source : Mr. Douaoui (PDF. La salinisation dans la plaine du Bas-Cheliff)

Selon la valeur moyenne de la CE (4 dS/m), l'eau d'irrigation est d'une forte salinité et ne convient pas normalement à l'irrigation (Durand, 1960). Avec un tel niveau de salinité, il y a un fort effet négatif sur la disponibilité en eau pour la plante (Ayers et Westcot, 1988).

D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation (USSL Staff, 1954), les valeurs moyennes de la CE et du SAR (sodium adsorption ratio) affectent ces eaux dans la classe C4-S2. Cette dernière est d'une qualité mauvaise de façon générale, et est qualifiée de très mauvaise dans les sols lourds, comme c'est souvent le cas dans la plaine du Bas-Chélif. Le risque est double : disponibilité réduite de l'eau pour la plante et sodicité.

Il se trouve aussi que le pourcentage du sodium moyen de cette eau dépasse 50 % par rapport à la somme totale des cations (Ca, Mg, Na, K), or il a été observé qu'en Algérie du Nord, le risque de sodicité devient effectif à partir de 45 à 50 % de Na (Durand, 1960).

I.4 Ressource en sol :

Les sols du Bas Chélif peuvent être classés en trois types :

- *Les sols légers et non salés (8 840 Ha).
- *Les sols lourds et non salés (3 730 Ha).
- *Les sols lourds et salés (13 650 Ha).

Le tableau suivant nous donne la classification des sols du Bas Chélif par zone.

Tableau I.2. La classification des sols du Bas Chélif par zone.

ZONE	SOLS			Totale aménagement
	Légers non salés (ha)	Lourds non salés (ha)	Lourds salés (ha)	
I, II	380	-	1550	1930
III	840	640	-	1480
IV	1230	360	-	1590
V	160	500	1000	1660
VI	250	200	750	1200

VII	700	180	-	880
VIII	1000	500	5000	6500
IX	1530	-	450	1980
X	750	1350	4900	7000
Sous-Totale	6840	1730	13650	24200
Boukader Merdja	1680	-	-	1680
Sebkha Benziane	-	9626	-	9626
TOTALE	8520	13356	13650	35526

Source : Mr. Douaoui (PDF. La salinisation dans la plaine du Bas-Cheliff)

I.4.A Les sols légers et non salés :

Ont des textures moyennes à grossières, ils sont situés en bordure des Oueds et aux pieds des collines bordant la plaine. Ils sont aptes à la plupart des cultures et notamment aux cultures fruitières et maraichères. Leur perméabilité et la vitesse d'infiltration sont assez élevées et il n'y aura pas de risque de salinisation (pluie d'hiver 278 mm).

L'humidité disponible dans la zone radicaire est moins élevée que pour les sols plus lourds, Par conséquent la fréquence des irrigations doit être plus et les doses doivent être plus faibles que pour les sols lourds.

Avec l'irrigation par écoulement la répartition est d'autant plus uniforme que la quantité d'eau apportée par chaque arrosage est grande et qu'elle s'infiltré lentement. L'irrigation par aspersion au localisée se prêt particulièrement aux irrigations légères puisque l'uniformité de la répartition dépend moins de la quantité d'eau appliquée que de sa vitesse d'infiltration.

Au point de vue caractéristiques pédologique les sols légers et non salés se prêteront mieux à l'irrigation par aspersion ou localisée qu'à l'irrigation par écoulement.

I.4.B. Les sols lourds et non sales :

Ont des textures fines leur perméabilité est faible et ils posent des problèmes de drainage, sans l'irrigation avec l'eau légèrement salée de Chéiff ils auront tendance à ce saler progressivement, surtout s'il n'y a pas de drainage ni de lessivage adéquat.

Ces sols conviennent surtout aux cultures fourragères et dans une moindre mesure aux cultures de betterave à sucre et à certains types de cultures maraichères (artichauts).

Les sols lourds ont une vitesse d'infiltration moins élevée que les sols légers alors que l'humidité disponible dans la zone racinaire est plus élevée.

Etant donné qu'ils demandent encore des lessivages, il sera préférable de les irriguer par écoulement avec des doses d'irrigation assez grandes, plutôt que par aspersion.

I.4.C. Les sols lourds et sales :

Ont des textures fines à très fines avec assez fréquemment des nappes phréatiques à faible profondeur. Ils peuvent porter des cultures de céréales ou de bersim sans réserve de drainage et de lessivage intensif.

Etant donné la très faible perméabilité, le drainage et le lessivage sont difficiles.

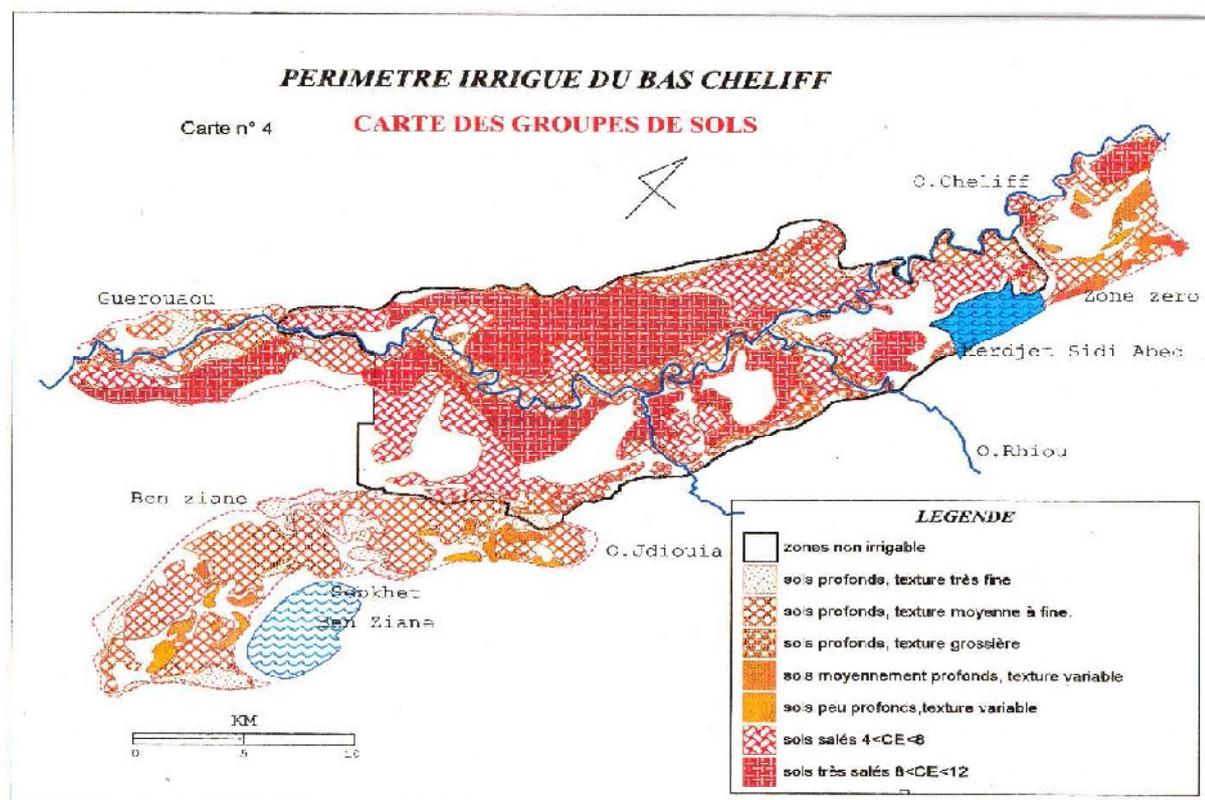
Les sols lourds et salés demandent un lessivage initial suivi par de lessivages d'entretien, surtout si les terres lourdes sont irriguées en été (avec de l'eau à 1,6 gr de sel/litre).

Les coordonnées géographiques de ce périmètre sont :

X=305.000 et 355.000 m

Y=285.400 et 310.000 m

Figure. I.4 : CARTE DES GROUPES DE SOLS



Source : L'ONID Oued Rhiou Bas-Cheliff

I.4.1 Occupation du sol :

Les sols du Bas-Chélif sont, soit occupés par l'agriculture, soit abandonnés pour être occupés par la végétation halophyte. L'agriculture concerne essentiellement :

– les vergers d'agrumes et d'oliviers dont la date de plantation remonte le plus souvent au milieu du vingtième siècle ; ces vergers sont irrigués et se localisent le plus souvent dans les périmètres des oueds Rhiou, Djédiouia et Ouarizane ;

– les cultures maraîchères irriguées (melon, pastèque, artichaut, oignon...) sont cultivées dans les périmètres irrigués et se concentrent au bord des lits d'oueds ;

– les cultures céréalières en sec principalement sur les sols calcimagnésiques du plateau de Benziane. On les retrouve également dans les périmètres irrigués ;

Selon l'étude de McDonald et Bneder (1990), ces types de cultures occupent respectivement : orge 20 %, blé 8,5 %, olivier 3,6 %, melons, pastèques et artichaut 6,7 % de la surface agricole utile. Les sols très salés abandonnés sont couverts par une végétation halophyte dont la densité de recouvrement est très variable dans l'espace et dans le temps. En été, certains types de sols, tels que ceux de la Gaa sont totalement dépourvus de végétation.

On a un taux de couverture de 35%, entre la superficie prévue et celle réalisée. Un taux au dessous de la moyenne et ceci est du à l'indisponibilité de l'eau même, avec les forages réalisés, la totalité de leur débit soit 180l/s, ne peut couvrir les besoins de 1800 Ha.

Tableau. I.4 : Rendement des cultures

Culture	Rendement théorique	Rendement réel Q_x/Ha	Taux en %
Agrume : Thomson	180	120	67%
Clémentine	180	160	89%
Olivier	90	45	50%
Pommier	90	35	39%
Abricotier	70	20	29%

Source : Mr. Douaoui 2006 (PDF. La salinisation dans la plaine du Bas-Cheliff)

Les rendements sont moyens à faibles concernant les cultures qui ont été irrigués, l'apport d'eau d'irrigation est juste un apport de survie avec des doses attribuées sont loin de satisfaire leurs besoin pour un bon rendement.

I.4.2 Les principaux périmètres irrigués de la plaine :

La plaine du Bas-Chélif comporte plusieurs périmètres où l'irrigation est fréquente, dont les plus importants sont : le périmètre de l'oued Rhiou, le périmètre Ouarizane, le périmètre Djédiouia, le périmètre Hmadna et le périmètre Guerouaou. On y trouve aussi les deux zones très connues, en l'occurrence, la zone de Benziane où se trouvent le plateau et la sebkha de Benziane et la zone de Gaa qui forme une dépression très salée où les sols sont généralement abandonnés (CARTE N°5) (Mr. Douaoui 2006)

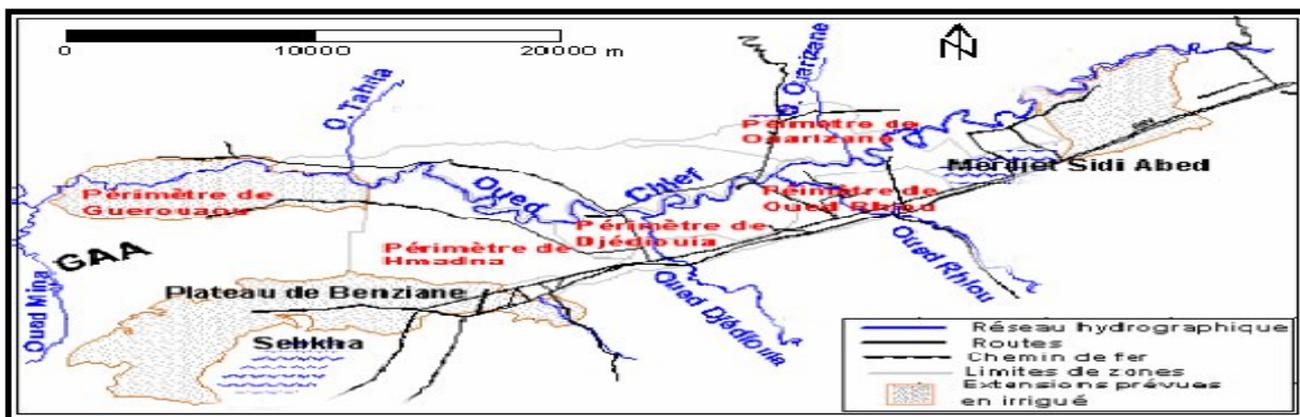


Figure. 1.5 : Les principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chéliff.

I.4.3. Salinité des sols :

Les sols de la plaine du Bas-Chéliff sont argileux excepté à proximité immédiate des oueds et en périphérie, sur les piémonts, où l’on trouve des sols à texture plus grossière et naturellement drainés. La salinité affecte principalement ces sols argileux. L'origine de cette salinité est double : salinité primaire et salinité secondaire liée à la qualité des eaux d'irrigation et à la profondeur de la nappe.

Cette salinisation est souvent accompagnée par une sodisation (ESP >10) mais l’alcalinisation est absente (pH <8,5). La stabilité structurale est moyenne pour la plupart des sols, la perméabilité est, par contre, le plus souvent faible.

Le périmètre irrigué du Bas Cheliff est confronté à des risques importants de salinisation.

La partie basse du périmètre présente cependant des sols à texture plus argileuse avec 60 % d’argiles ; ces sols peuvent être confrontés à des problèmes de mise en valeur spécifiques. C’est le cas des sols de la zone de la « Gâa ».

Compte tenu des données climatiques, qui font que cette région est considérée comme presque aride et introduisent déjà l’environnement des régions désertifiées, la salinité primaire est un trait pédologique courant dans la région.

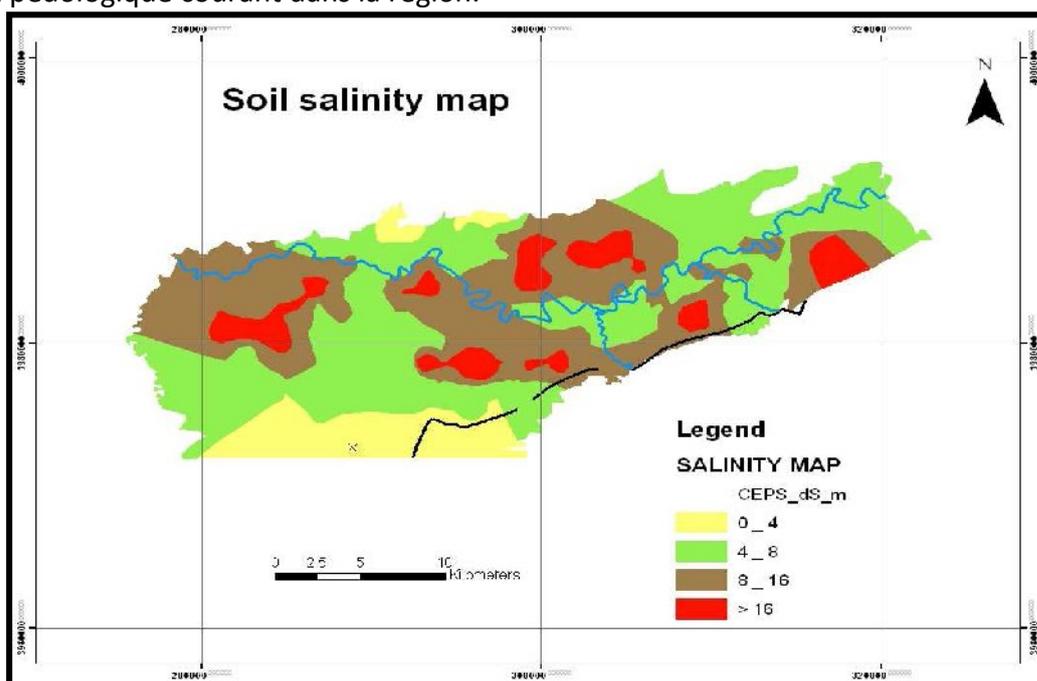


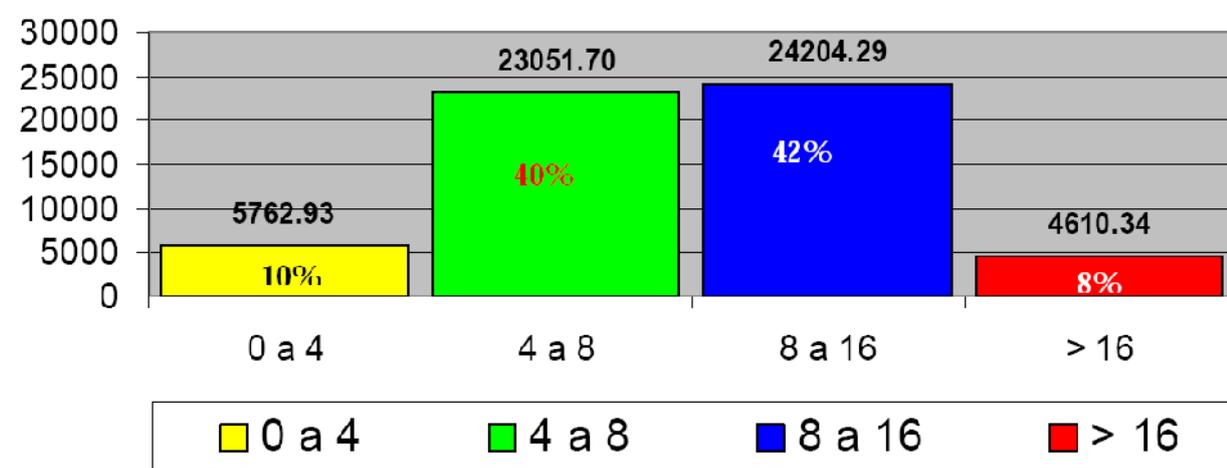
Figure. 1.6 : CARTERISATION DE LA SALINITE (dS/m)

Cette salinité primaire pose un problème spécifique pour le drainage : elle génère souvent des nappes très salées à faible profondeur qui présentent un risque pour la mise en valeur des sols.

Ainsi dans ce périmètre, les niveaux de salinité rencontrés dans les nappes sont souvent supérieurs à 5ds/m. Cette forte salinité pose en outre un problème particulier pour le suivi du fonctionnement des sols drainés.

On observe généralement une forte désalinisation du sol et ce dès les premiers mètres de la nappe après la mise en place d'un réseau de drainage. Cette désalinisation des horizons profonds peut masquer en fait une ressalinisation des horizons supérieurs du sol.

Figure. I.1 ; Superficie et Pourcentage de chaque classe de salinité



I. 4.4 . Zones homogènes de mise en valeur :

Les 9 zones homogènes identifiées par cette étude sont classées de A à H par ordre de priorité à l'aménagement hydro agricole. Les aptitudes culturales associées à chacune de ces catégories sont détaillées dans le Tableau n°4 ci –dessous.

NB

Cultures considérées : Agrumes (ag), Olivier (OI), Arboriculture à noyau (AN), Arboriculture à pépins (AP), Artichauts (Ar) autres maraîchages (Ma), Fourrages (Fou), Céréales d'hiver (CH), Orge d'hiver (OH) et Coton (Ct)

Tableau 5 : Zones homogènes de mise en valeur.

Tableau.I.5 : Zones homogènes de mise en valeur.

Zones	Propriétés	Aptitude	Cultures		Aménagements éventuels
			Restriction	Exclusion	
A	Zones convenant bien à toutes cultures	En particulier Ag, Ol, AN			
B	Zones convenant bien à toutes les cultures non arboricoles, sauf olivier Salinité 4-8 mS/cm, surtout en profondeur (50 % de la superficie)	En particulier Ol, Ar, Ma, Fou, CH, OH et Ct	Ag, AN, AP		
C	Zones convenant bien à l'arboriculture Sols parfois de texture fine Salinité inférieure à 4mS/cm	En particulier Ag,Ol, AP et Ar, Ma, Fou, CH, OH et Ct	AN		
D	Zones convenant bien à toutes cultures avec réserves pour l'arboriculture Salinité 4-8 mS/cm (50 % de la superficie)	En particulier Ar, Ma, Fou, CH OH, Ct et AP	Ag, Ol, AN	Pommes de terre, haricots verts	Assainissement Drainage Dessalage
E	Zones ne convenant que moyennement à certaines cultures à cause des textures très fines Salinité inférieure à 4mS/cm	Toutes les cultures adaptées aux textures très fines Ar, Ma, Fou, CH, OH, Ct AP et Ol	Ag, AN, AP		Sous soulage ou ripage

F	Zones ne convenant que moyennement aux cultures adaptées aux textures très fines Salinité 4-8 mS/cm	Toutes les cultures adaptées aux textures très fines et à une salinité 4-8 mS/cm Ar, Ma, Fou, CH, OH et Ct	Ag, AN, AP	AN Pommes de terre, haricots verts, Fèves vertes	Assainissement Drainage Dessalage Sous soulage ou ripage
G	Idem, mais salinité 8 - 16 mS/cm	Conditions difficiles, aptes localement pour Ar, Fou, OH et Ct	Ma, CH, AP	Ag, Ol, AN	Assainissement Drainage Dessalage
H	Idem, mais salinité très forte (> 16 mS/cm) Steppe halophile (inculte)	Très localement OH et Fou	Toutes cultures	Majorité des cultures	

Source: ANRH Alger

Introduction :

Les conditions climatiques sont des caractéristiques pouvant mettre en évidence pas mal de facteurs, dont l'influence se manifeste sur la zone à drainer.

II.1 Climat du Bas Chélif :

La région du Bas Chélif se situe dans la zone des climats de type méditerranéen et semi-aride elle est caractérisée par des étés chauds et très secs et des hivers frais humides.

La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre 520 mm mais se distribue de façon très irrégulière.

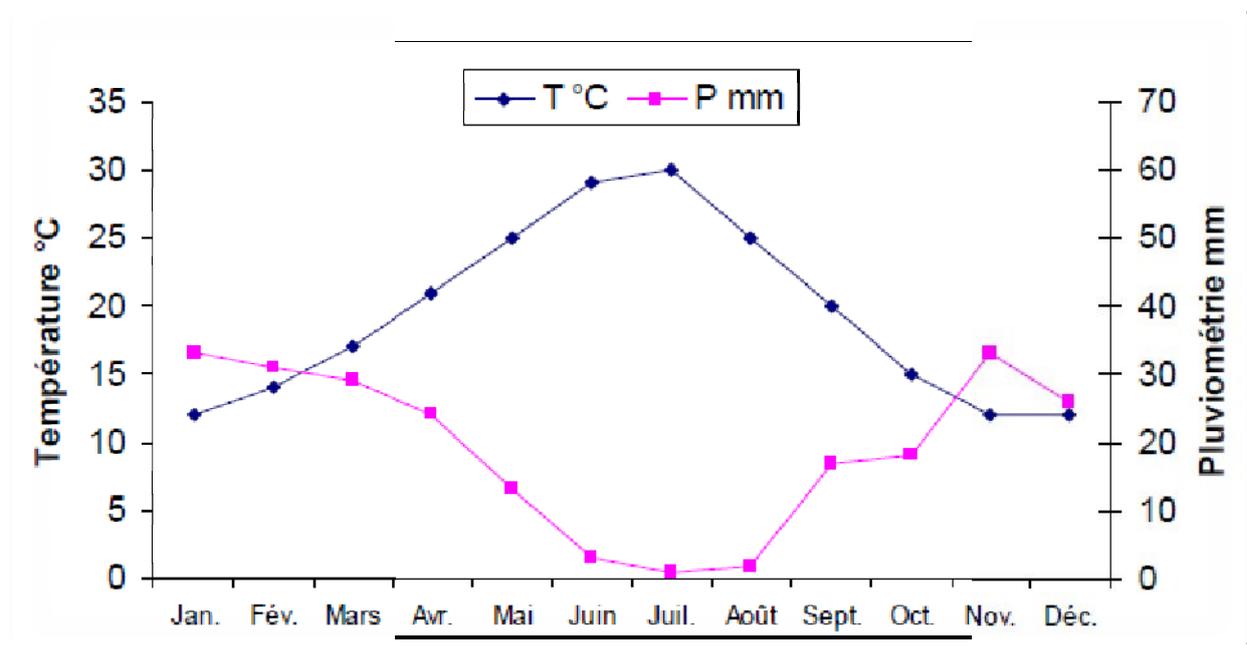


Figure.II.1 : Diagramme ombrothermique de la plaine du Bas Chélif (85-2002)

Le diagramme ombrothermique de la station climatique de Hmadna entre 1985 et 2002 (figure II.1) montre que la période de sécheresse est très longue.

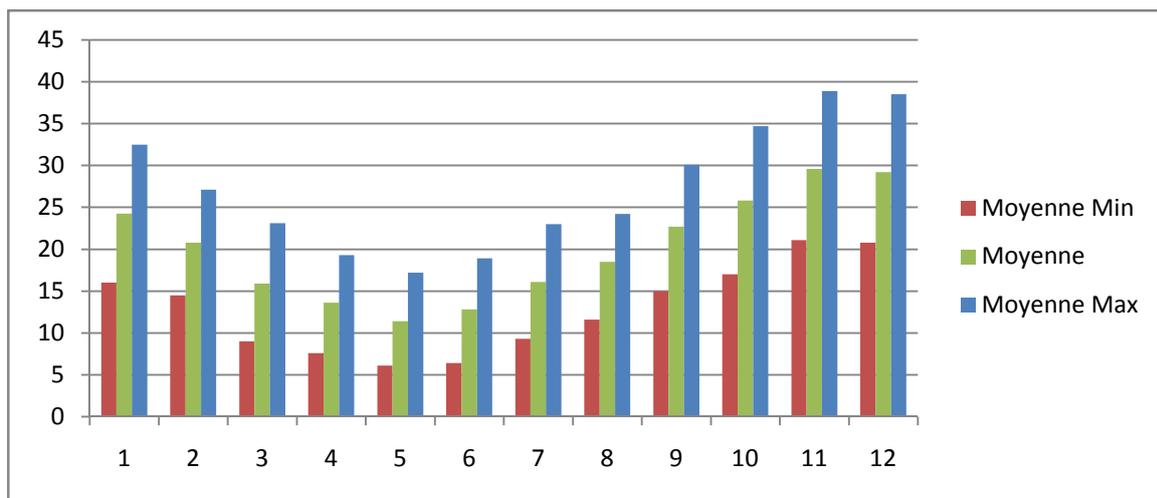
II.2 Température :

Le régime des températures dans la zone du périmètre d'irrigation de Bas Chélif est caractérisé par l'été sec et l'hiver relativement doux.

Les températures mensuelles moyennes et les extrêmes moyens du périmètre sont déterminés d'après les données des observations sur la station météorologique de Hmadna.

Tableau II.1 : Températures moyennes de la zone du périmètre d'irrigation

Station	Température (°C)	Mois												Année
		Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jui	Juill	Aout	
Oued rhiou	Moyenne Max	32,5	27,1	23,1	19,3	17,2	18,9	23,0	24,2	30,1	34,7	38,9	38,5	12,9
	Moyenne Min	16,0	14,5	9,0	7,6	6,1	6,4	9,3	11,6	15,0	17,0	21,1	20,8	26,1
	Moyenne	24,25	20,8	15,9	13,6	11,4	12,8	16,1	18,5	22,7	25,8	29,6	29,2	18,5

**Figure.II.2 : Températures moyennes de la zone du périmètre d'irrigation**

-La température moyenne annuelle dans la zone d'étude est de 18,5°C.

-L'été est très chaud avec les températures moyennes mensuelles de 26°C à 29.

-L'hiver est relativement doux avec des températures moyennes mensuelles variant entre 11°C à 16°C.

-Dans la zone envisagée les températures extrêmes de l'air au dessus de 30°C sont possibles depuis MAI jusqu'au SEPTEMBRE, celles inférieure à 0°C sont possible depuis le mois de NOVEMBRE jusqu'au mois d'AVRILE.

-Le mois le plus froid est celui de JANVIER dont la température moyenne est de 11,6°C, les mois les plus chauds sont JUILLET et AOUT dont les températures moyennes sont 29,6°C à 29,3°C

II.3 La Pluviométrie :

Le régime pluviométrique de la région se révèle très irrégulier. En été particulièrement en juillet et aout les précipitations sont très faible souvent nulles. Les mois de décembre

janvier sont généralement les plus humides comme on peut le constater sur le tableau suivant.

Tableau II.2 : précipitations moyennes mensuelles de la zone du périmètre d'irrigation

Année	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jui	Juill	Aout	Annuelle
P (mm)	11,2	28,95	36,83	44,98	39,87	36,04	30,76	32,17	20,6	2,5	1,37	1,17	286,4
P %	3,91	10,1	12,86	15,7	13,92	12,58	10,74	11,23	7,19	0,87	0,49	0,4	100

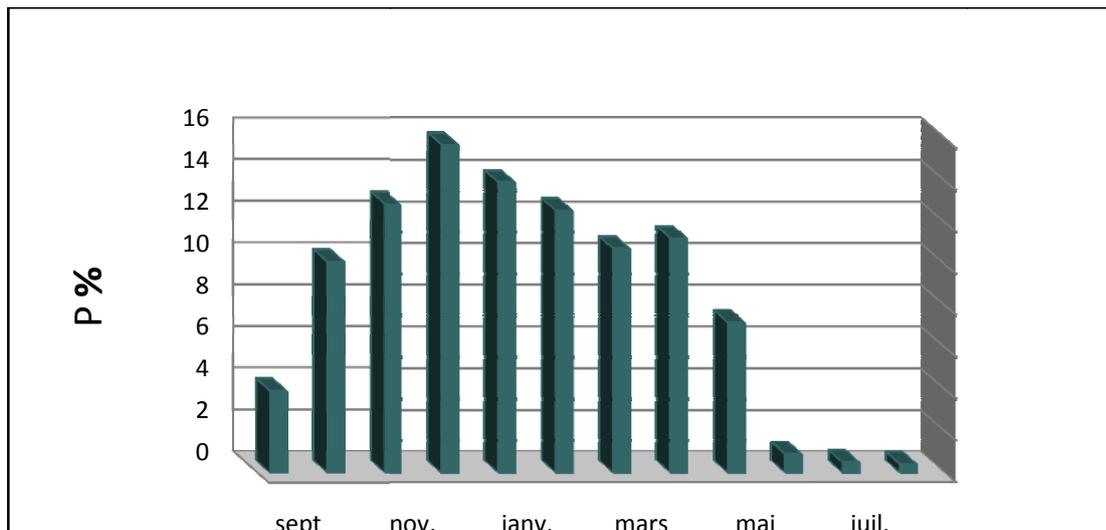


Figure II.3 : répartition mensuelle moyenne interannuelle des précipitations

La répartition des précipitations moyennes mensuelles de la station de Hmadna montre que

- Les mois les plus pluvieux sont le mois de décembre 44,98mm suivi par le mois de janvier 39,87mm
- Les mois de juillet et d'aout enregistrent, respectivement 1,37et 1,17mm et présentent les plus faibles valeurs de l'année moyenne.

La répartition mensuelle des précipitations met en évidence l'existence de deux périodes bien distinctes :

- Période humide du NOVEMBRE à AVRIL ou il tombe presque 70% des précipitations annuelles.
- Période sèche du JUIN à AOUT ou la quantité des précipitations ne dépasse pas 8% des précipitations annuelles.

II.4 La gelée blanche :

Les gelées dans la zone du périmètre d'irrigation existent pendant une bonne période de l'année du fait du climat continental de la région. Les gelées représentent un risque pour les cultures agricoles surtout les maraichères en période de semis.

Le nombre moyen annuel de jours de gelées blanchâtres est environ 40.

II.5 le Sirocco :

Le sirocco peut être observé dans n'importe quel mois de l'année, c'est le 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.

II.6 le vent :

Le climat du Bas Chéiff est comme l'ensemble du bassin du Chéiff donc il se caractérise par des vents légers d'une vélocité généralement inférieure à 3m/s.

Tableau II.3 : Vitesse du vent m/s

Mois	Janv.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse du vent m/s	2,0	2,0	2,6	2,0	2,3	2,8	3	2,3	2,5	2,0	2,0	2,0

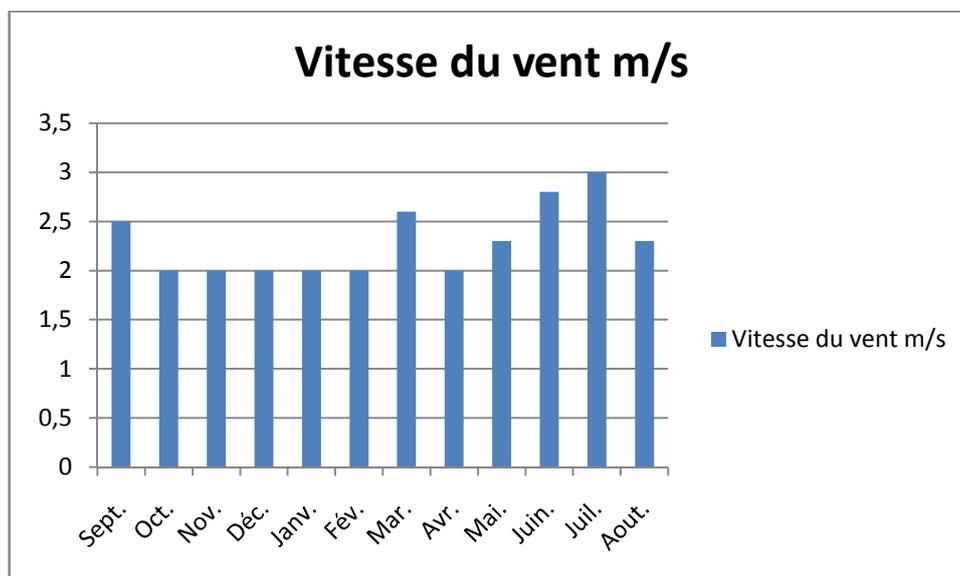


Figure.II.4 : Vitesse du vent m/s

REMARQUE :

Les vents ne sont en générale pas très fort et que leur vitesse ne dépasse pas les 5 m/s.

Les vents dominants sont de direction sud-ouest notamment aux mois d'Avril, Mai et Juin. D'autre part la direction des vents est très changeante et les vents sont relativement aussi importants dans les autres direction.

II.7 Humidité relative :

Une des principales caractéristiques du climat de la région est la valeur assez basse de l'humidité relative des différents mois de l'année.

Pour le calcul des moyennes mensuelles et annuelles de cet élément, on a pris en considération les mesures des observations des stations météorologiques dans le tableau ci-dessous.

On constate que les taux les plus élevés de l'humidité relative sont rencontrés le matin à 6H et rarement le soir à 18H.

Le mois le plus humide est décembre pour la station expérimentale des Hmadna et janvier pour Oued Rhiou.

Le mois le plus sec est celui de juillet, pour les stations de Hmadna, et Aout pour la station d'Oued Rhiou.

Tableau II.4 : Humidité relative de l'air(%) des stations météorologiques

Station	Humidité relative(%)	Mois												Année
		Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jui	Juillet	Aout	
Oued Rhiou	6H	75	77	80	81	82	79	75	74	71	71	68	68	75
	12H	56	65	68	73	74	69	64	60	52	49	48	47	60
	18H	54	65	70	76	76	70	65	60	54	47	44	47	60
Hmadna	6H	80	85	88	92	79	91	86	82	77	75	73	75	82
	12H	32	62	68	77	76	76	64	63	55	51	47	48	62
	18H	52	67	78	84	81	80	71	64	55	50	46	45	64

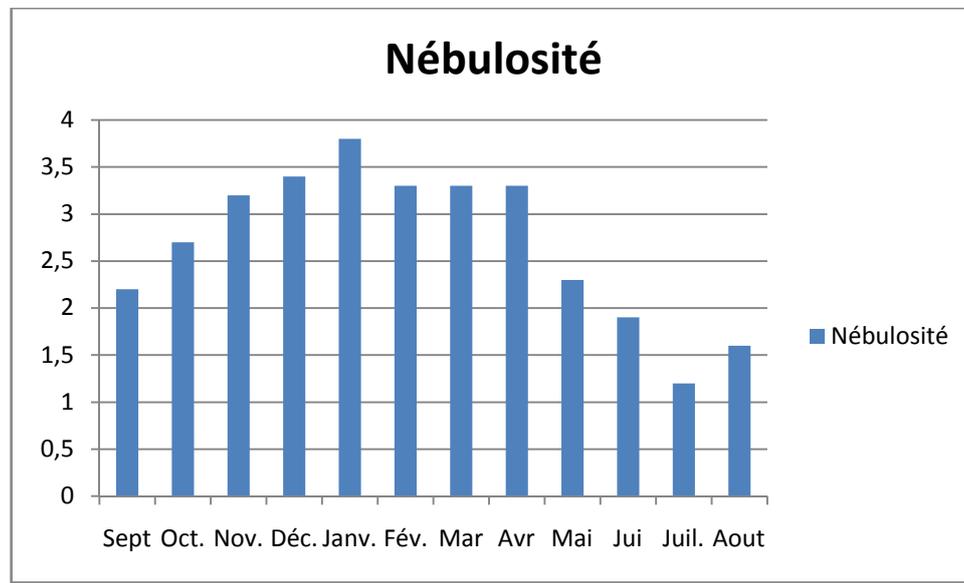
II.8 Nébulosité :

La nébulosité indique la fraction du ciel couverte par des nuages. Elle joue un rôle important sur la température et l'évaporation. Un ciel totalement couvert représente un indice de 10, un ciel clair par 0.

Une surveillance régulière de la nébulosité a été portée sur la station de Oued Rhiou, elle bénéficie d'une période d'observation s'étalant de 1959 à 1981

Tableau II.5: Nébulosité à la station d'Oued Rhiou :

Station d'O.Rhiou	Mois												Année
	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil.	Aout	
Nébulosité	2,2	2,7	3,2	3,4	3,8	3,3	3,3	3,3	2,3	1,9	1,2	1,6	2,7

**Figure.II.5 : Nébulosité à la station d'Oued Rhiou.**

D'après les données de la période d'observation, on constate que le mois le plus couvert de l'année est le mois de janvier et le mois le plus dégagé est celui de juillet.

II. 9 Durée d'insolation :

L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle.

La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données météorologique de Relizane (voire le tableau ci-dessous).

Tableau II.6 : Durées moyennes D'insolation

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil.	Aou	Année
Durée d'insolation solaire (heures)	244	223	169	160	157	186	239	251	289	318	351	295	2882
Pourcentages(%)	8,5	7,8	5,9	5,6	5,4	6,4	8,3	8,7	10	11	12,2	10,2	100

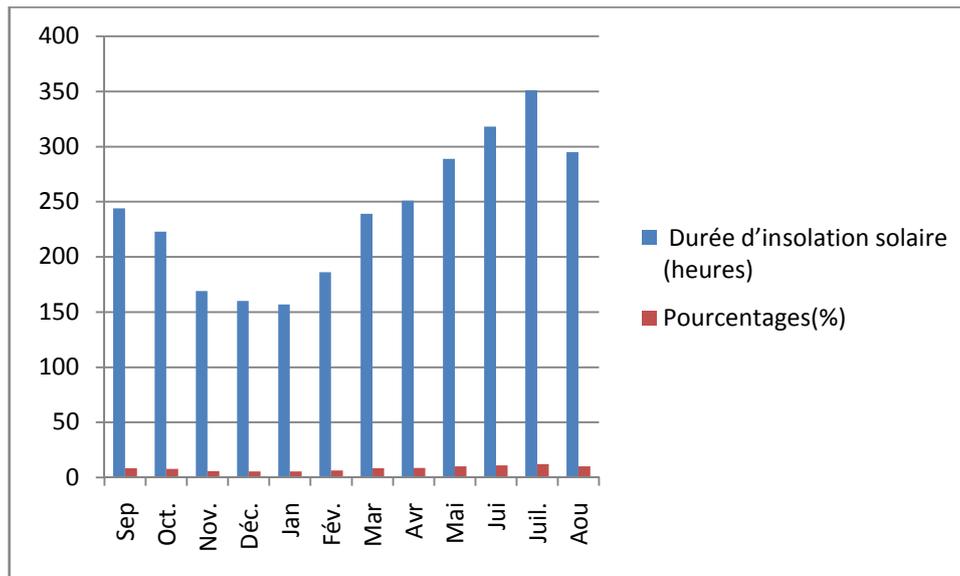


Figure.II.6: Durées moyennes D'insolation

II. 10 Evapotranspiration Potentielle (ETP) :

L'ETP constitue le facteur primordial caractérisant la zone d'étude, à travers la restitution de l'eau évaporée par la surface du sol recouverte de végétation, Cette composante dépend entièrement du climat ou se trouve le périmètre d'irrigation et s'appelle (l'évapotranspiration potentielle)

ETP : C'est la consommation de l'eau due de l'évaporation de la surface du sol et la transpiration des feuilles des plantes recouvrant la parcelle pour la création des conditions optimales pour les cultures sans aucune limite. Ce facteur est considéré comme un facteur purement climatique que l'on trouve par les calculs.

Il existe plusieurs méthodes de calcul de l'évapotranspiration

- 1.** Méthodes basées sur le traitement des données statistiques des observations de plusieurs années, telles que les méthodes de Blaney-Criddle, Thornwaithe, Turc ...etc.
- 2.** Méthodes basées sur le bilan énergétique des champs, ce sont les méthodes de PENMAN, BOUCHET, BROCHET GERBIER.

Toutes ces méthodes ont été essayées dans des zones climatiques et les conditions pédologiques différentes et on donné des résultats bien précis.

Sur la base de nouvelles méthodes de calcul de l'évapotranspiration, la direction de FAO a élaboré des logiciels à utiliser dans le milieu DOS, CROP-WATER, pour le milieu Windows la version CROP-WATER V8. Cette méthode tient compte des facteurs climatiques de la zone d'irrigation.

Monthly ET_o Penman-Monteith - untitled

Country: ALGERIA Station: Hmadna

Altitude: 46 m. Latitude: 35.90 °N Longitude: 0.75 °E

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sunshine hours	Radiation MJ/m ² /day	ET _o mm/day
January	6.1	17.2	78	2.0	5.0	8.8	1.52
February	6.4	18.9	82	2.0	6.0	11.9	1.96
March	9.4	23.0	73	2.6	8.0	17.2	3.43
April	11.6	24.2	69	2.0	9.0	21.3	4.12
May	15.0	30.1	62	2.3	10.0	24.4	5.75
June	17.0	34.7	58	2.8	11.0	26.3	7.28
July	21.1	38.9	55	3.0	12.0	27.4	8.42
August	20.8	38.5	56	2.3	10.0	23.3	6.94
September	17.0	32.5	56	2.5	8.0	18.2	5.32
October	14.5	27.1	71	2.0	8.0	15.1	3.22
November	9.0	23.1	78	2.0	6.0	10.3	2.08
December	7.7	19.3	84	2.0	6.0	9.1	1.41
Average	13.0	27.3	69	2.3	8.3	17.8	4.29

Introduction :

L'étude pédologique permet de déterminer le niveau de fertilité des sols et de chercher les moyens et les méthodes visant à les mettre en valeur pour un accroissement conséquent de la production agricole.

III.1 Caractéristiques géologiques du Bas Chélif :

D'une façon schématique la constitution géologique de la zone étudiée peut être représentée ainsi.

La vallée du Chélif est une longue gouttière orientée Est-Ouest, bordée de montagnes calcaires ou gréseuses.

L'approfondissement progressif de cette gouttière depuis le tertiaire les quelles sont intercalées des formations aquifères de calcaires, sables, grés et graviers. Ces différences dans la sédimentation sont liées à des variations climatiques importantes qui se sont succédées.

La vallée est découpée en bassins formés par des seuils provoqués par des remontées des séries profondes.

III.2 Caractéristiques hydrogéologiques du Bas Chélif :

Les formations aquifères du miocène les plus productives sont des calcaires (calcaires à lithothamsiées) est des grés rencontrés sur quelques forages.

Les formations aquifères du pliocène sont contenues principalement dans des grés.

Les formations aquifères du quaternaire sont contenues dans des sables ou des graviers sablo argileux. Ces formations sont noyées dans une masse de dépôts argileux qui recouvrent les terrains aquifères profonds.

-La nappe phréatique de l'eau dans les terrains de surface :

La nappe phréatique s'écoule donc dans un milieu hétérogène et en moyenne assez peu perméable, formé des argiles quaternaires et des lentilles beaucoup plus perméables qu'elles contiennent (galets sables) lentilles qui sont plus ou moins reliées entre elles.

Certains ouvrages de captage peuvent donner des débits appréciables grâce à la présence de plusieurs mètres de galets.

L'épaisseur des galets ou graviers très perméables diminue lorsque l'on se déplace de l'Est vers l'Ouest, elle est comprise entre 0 et 10 m. D'une façon générale, la sédimentation quaternaire est d'autant plus fine que l'on se déplace vers l'aval du périmètre.

Le fonctionnement des écoulements dans cette nappe est complexe.

On doit remarquer en premier lieu qu'il n'y a pas d'égalité entre le niveau piézométrique mesuré dans les forages et la cote du dessous de laquelle le terrain est saturé, même en faisant abstraction de l'ascension capillaire.

Des mouvements d'eau ascendants (évaporation) ou descendants peuvent se produire dans la couche argileuse située entre le sol et le niveau local plus perméable entraînant des pertes de charges qui influent sur le niveau de saturation des argiles.

La charge mesurée au moyen d'une piézomètre placé dans une de ses lentilles perméables dépend de la disposition de cette lentille et de la façon dont elle communique avec les aquifères miocènes ou pliocène.

Il est à noter que des zones préablement en relation avec l'aquifère contenu dans le calcaire à lithothamniées sont artésiennes en particulier la zone proche de la confluence de l'Oued Rhiou et Oued Chélif.

On doit noter également l'existence de nombreuses sources, en particulier les sources de la Merdja Sidi Abed. L'écoulement horizontal dans les couches graveleuses ou sableuses est mal connu.

En conclusion, la présence permanente de l'eau dans les sols de surface est liée à la présence d'une nappe semi-captive contenue dans des formations aquifères de sables graviers ou galets noyés dans les limons argilo-sableux de quaternaire.

D'un point de vue climatique, l'oued Chélif est caractérisé par une saison estivale sèche et une saison hivernale pluvieuse. La période la plus humide est généralement située en Novembre Décembre et Janvier.

La moyenne annuelle des précipitations étant voisine de 450 mm environ 40 % des précipitations tombent pendant les trois mois d'hiver. La faible pente générale des terrains du périmètre à irriguer rend le ruissellement faible et durant la saison pluvieuse il est habituel de voir les eaux stagner sur les terres en couche de faible épaisseur ceci est lié :

-A la faible pente des terrains.

-A la faible perméabilité des sols.

-Au maintien d'une charge d'eau dans les sols depuis la nappe sous-jacente. La zone de sol non saturé des les premières pluies ou dès qu'il y a irrigation.

Après les pluies, le sol étant saturé en eau l'évaporation est importante. Dans certaines zones la remontée des eaux depuis la nappe décroît lentement sous l'effet de l'assèchement des sols par évaporation car la réduction de la teneur en eau dans la zone non saturée conduit à une réduction de la perméabilité.

En période estivale il y a équilibre entre l'écoulement vertical ascendant depuis la nappe et l'évaporation. Ces phénomènes conduisent à la salinisation des sols. On comprend que, suivant l'épaisseur et la perméabilité locale de la couche argileuse, suivant la profondeur et l'importance de la couche aquifère et la position de la surface piézométrique, un même apport d'eau en surface ne se répercute pas de la même façon dans le sol, les problèmes de drainage sont variés et le périmètre peut donc être décomposé en un certain nombre de secteurs qui se différencient à la fois par la nature du sol, par le comportement de la nappe, par la topographie.

La nappe superficielle est alimentée par les pluies, par remontée de la nappe profonde, par irrigation. Dans cette zone de sol les écoulements horizontal aux sont faibles. Elle est drainée par évaporation, par l'Oued Chélif et par les fossés d'assainissement.

-La nappe profonde est principalement alimentée prée des limites latérales de la vallée, au droit des Oueds affluents du Chélif et depuis les formations aquifères latérales. La direction principale d'écoulement est orientée suivant l'axe de la vallée.

L'ensemble « nappe superficielle » « nappe profonde » constitue un système aquifère ona :

-Un écoulement horizontal oriente vers l'Ouest et vers l'Oued Chélif (qui draine la nappe).

-Un écoulement vertical ascendant avec suintement (le long des berges de l'Oued Chélif) émergence et évaporation.

A.les formations du substratum (anté-Néogène) :

1. Trias :

Il est représenté essentiellement par les diapirs renfermant à la base du sel massif et au cap de l'anhydrite est des calcaires dolomitiques.

2. Crétacé :

-Crétacé inférieur des unités Mi-telliennes .

Il est représenté par des argiles noires des marnes du néocomien par la série pélitique terrigène du barrémien-albien et des alternances variables de marnes sombres et des bancs calcaires du vraconiein cénomanien (épaisseur totale = 200 m).

-Crétacé inférieur et moyen de l'unité de Chouala.

Il est constitué par des marnes grises ou noirâtres et de calcaires gris bleutés.

-Crétacé supérieure de l'unité Sénonienne.

Il est formé de marnes et de marno-calcaires avec une puissance moyenne de 200 m.

3.Eocène :

Il est constitué de calcaires et de marbres à silex (épaisseur = 200 – 250 m).

4. Oligocène :

Il est constitué de marno-calcaire et des calcaires à silex (épaisseur= 100m).

5. Miocène :

A-Miocène inférieur : c'est une formation marneuse à rares intercalations gréseuses de plus de 300 m de puissance reposant sur les marnes à rares intercalations gréseuses de plus ou moins sableuses.

B-Miocène supérieur : Il est composé de 3 formations

- a) Formation de base : composées de marnes bleues à bancs de grès calcaires et de conglomérats d'une puissance de 100-150 m
- b) Formation médianes : composées à la base d'une série détritique de conglomérats, de grès grossiers marneux et de marnes bariolées bleues plus ou moins sableuses, recouvertes par des &boulis calcaires. (épaisseur 500m).
- c) Formation terminales : représentées par des marnes à tripolis avec passées calcaires et des lits de silex (épaisseur= 80 m), des calcaires à lithotamniées à nodules et à filonnets de gypse. Une série gypseuse médiane (épaisseur = 300m) rendant 50% de gypse massif.

6. Pliocène :

On distingue deux faciès : faciès marin transgressif sur les séries gypseuses et représenté par des marnes bleues plaisanciennes à la partie inférieure et de grès astiens de la partie supérieure (épaisseur = 100 m). Le faciès continental est représenté par le dépôt de formations gréso-sableuses et argilo-limoneuses (épaisseur = 100-150 m).

7. Quaternaire :

Il est très développé dans la région. Il comporte un calcaire marin du calabrien à la base, surmonté de calcaires lacustres et de limons du villafranchien recouverts à leur tour de dépôts sableux et argileux (épaisseur = 40-50 m).

Introduction :

Le périmètre d'étude d'une superficie totale de 1 722 ha fait partie du Bas - Chélif, dans la partie inférieure de la vallée de l'oued Chélif, à quelque 250 km à l'Ouest d'Alger. Il est constitué de 04 zones : zone II-A, X, VIII-RGL, VIII-RGS. Cependant, il est prévu dans la présente étude un réseau de drainage souterrain qui sera installé sur 1305 ha, et ce, pour assurer un rabattement du niveau de la nappe de façon à offrir les meilleures conditions de croissance et de développement aux cultures.

La profondeur de la nappe varie de 1 à 5 m.

IV .1. Description des quatre (04) zones du drainage :

IV .1.1. Zone II-A :

La zone II-A est située sur la rive gauche de l'Oued Chélif au nord du tronc commun.

Les sols irrigables sont pour la plupart des sols lourds et vertique mais ne sont que modérément salés. La zone sera alimentée par un nouveau canal tertiaire qui suivra le tracé de l'ancien canal TC-S2. Le régulateur de prise sera installé immédiatement en amont d'une vanne AMIL type D450/R250.

La zone comprend six ilots d'irrigation d'une superficie nette totale de 135 Ha. Une grande partie de la zone (70 ha) ne peut pas être irriguée gravitairement et il est prévu que les exploitants irrigueront au moyen de pompes mobiles, avec pompage à partir d'un petit bassin situé en aval de chaque prise.

Le réseau de Drainage comprendra 27 km de drains agricoles, de diamètre 58/65, et trois collecteurs qui se déverseront dans l'Oued Chélif. La longueur totale des collecteurs sera de 2,6 Km et leur diamètre 100 à 200 mm.

IV .1.2. Zone VIII-RGS :

La zone VIII-RGS comprend les terrains le long du CRGS, sur sa rive droite, ainsi que la station expérimentale de Hmadna.

La zone comprend 24 ilots d'une superficie nette totale de 484 Ha. Elle sera alimentée à partir du CRGS. Ce canal fonctionnera en commande par l'aval avec régulation par vannes AVIS.

Le Drainage n'est requis que pour les sols lourds de la partie Est et de la station expérimentale. La surface à drainer est de 314 Ha.

Le réseau de drainage comprendra 99 Km de drains agricoles de diamètre 58/65 mm, à un écartement de 30 m. la longueur des collecteurs sera de 9,8 Km et leur diamètre de 150 à 300 mm.

IV .1.3. Zone VIII-RGL :

Les sols irrigables de la zone VIII-RGL s'étendent le long de l'Oued Chélif et pour la plupart au Nord du canal existant (CRGL). La zone est délimitée à l'Ouest par l'Ouest Essai.

La zone est divisée en 26 ilots d'une superficie nette totale de 555 Ha. Elle sera alimentée soit par des prises directes le long du CRGL, soit à partir d'un canal secondaire et d'un canal tertiaire.

La totalité de la zone VIII-RGL doit être drainé en profondeur. L'écartement des drains variera entre 30 m et 50 m. les collecteurs se déverseront directement dans l'Oued Chélif ou dans l'Oued Essi. Le réseau comprendra 135 Km de drains agricoles, dont 104 km auront un diamètre de 58/65 mm, et le reste, un diamètre de 72/80 mm. La longueur des collecteurs sera 13,6 Km et leur diamètre de 100 à 300 mm.

IV .1.4. Zone X:

La zone X est située le long de la rive droite de l'Oued Chélif entre les deux ponts routiers existants. Les sols irrigables comprennent des sols de texture grossière sur les basses terrasses et des sols halomorphes et hydromorphes plus loin de l'Oued. Les sols plus éloignés de l'Oued sont par endroits très salés.

La zone comprend 38 ilots d'irrigation d'une superficie nette totale de 448 Ha. Du point de vue de l'alimentation, elle peut être divisée en deux parties. La partie Est comprend les terres déjà irriguées à partir du CRDL. Le réaménagement de cette partie consiste à reprendre les prises situées le long de ce canal et à remplacer les vannes AMIL existantes par huit nouveaux régulateurs statiques. Deux canaux, un secondaire et un tertiaire, seront remplacés. La partie Ouest sera alimentée par des prises directes sur un nouveau canal secondaire, CRDL-S2, qui prolongera le CRDL et alimentera aussi le secteur A de Guerouaou. Ce canal suivra le tracé de la route CW 8 et ensuite de la route CW 7 (ancienne route de Mostaganem).

Un réseau de Drainage profond est recommandé pour la zone, afin d'éviter la remontée de la nappe. Les sols exigent un écartement des drains de 30 à 50 m.

Le réseau de drainage comprendra 78 Km de drains agricoles de diamètre 58/65 mm et 9 Km de diamètre 72/80 mm. En route, 11,6 Km de collecteurs sont prévus.

IV .3. But de drainage :

Un réseau de drainage profond est nécessaire pour assurer :

- 1- L'évacuation des eaux de lessivage,
- 2- Le contrôle du niveau de la nappe phréatique saline afin d'empêcher la salinité secondaire,
- 3- l'évaluation des eaux provenant des pelles par infiltration d'eau d'irrigation ou de la qualité d'eau nécessaire pour maintenir un bilan de salinité satisfaisant dans la zone radriculaire.

Les sols humides sont imperméables à l'air, et les divers phénomènes chimiques et biologiques dus à l'action de l'oxygène et de l'azote atmosphérique s'accomplissent avec une intensité beaucoup moindre et peuvent même complètement cesser. Ces sols sont difficiles à travailler, Où il faut une dépense d'énergie de plus de 20% à 30% que les sols contenant une quantité d'eau normale.

IV .4. Type des sols :

1-Zone II :

D'après l'étude de l'avant projet détaillé établie par Sir Mc Donald - Bneder - 1990, les sols de la zone II sont des sols halomorphes vertiques et hydromorphes. La conductivité électrique indiquant la salinité varie entre 12 à 15 mmhos/cm.

L'ANRH les a classés comme des vertisols halomorphes et peu évolués d'apport alluvial modal à texture très lourde, devenant très salé entre 1975 et 1989.

2-Zone X :

Les sols de la zone X sont des sols peu évolués à hydromorphie temporaire, halomorphe et vertique.

La salinité a nettement augmenté entre 1975 et 1989.

3-Zone VIII :

Ces sols sont peu évolués modaux, hydromorphes et halomorphes. La conductivité électrique varie entre 2 à 16 mmhos/cm. Ils sont de texture argileuse, mal drainés.

IV .4. Conductivité hydraulique :

Pour les essais de la conductivité hydraulique, la méthode a utilisé : la méthode de Porchet. La profondeur de la nappe phréatique était partout supérieure à 2 m, Pour faciliter l'élimination de mauvais résultat, il a été établi une relation entre la conductivité hydraulique et la teneur en argile. Cette relation est exprimée comme suit :

$$K=1,36-0,02A$$

Ou :

K : conductivité hydraulique (m/l)

A : teneur en argile (%)

Tableau IV.1 : Conductivité Hydraulique

Catégorie de sol	Conductivité Hydraulique (m/jour)	Ecartement (m)
11	1,00	50
22	1,00	50
31	0,24	30
32	0,46	40
42	0,24	30

Source: L'ONID OUED RHIOU

IV .5. Réseau de drainage :

Les drains agricoles consisteront en des tuyaux de plastique annulés et perforés qui se déverseront dans des collecteurs enterrés. Les tuyaux de collecteurs seront non annelés et non perforés de diamètre allant jusqu'à 300 mm.

IV .6. Caractéristiques du système de drainage :

Les caractéristiques du réseau des drains à été calculées pour qu'en régime de tarissement, le rabattement de la nappe souterraine soit de 0,25 m en 24 heures après l'arrêt du lessivage.

Le débit spécifique varie selon le type de sol. Il tient compte du taux la percolation moyenne (estimée à 2,7 mm/jour), et de la drainance de l'aquifère sous-jacent estimée à 0,4 mm/jour. Le débit spécifique total à drainer est de 3 mm/jour (soit 0,35 l/s/ha). Dans les sols les plus lourds du Bas - Chélif (catégorie 31 et 42), la percolation profonde est restreinte par la structure dense de ces sols. Un débit spécifique de 2 mm/jour est considéré plus approprié pour ces sols.

Tableau IV.2 : Débit spécifique

Catégorie de sol	Débit spécifique	
	(mm/jour)	(l/s/ha)
11	3	0,35
22	3	0,35
31	2	0,23
32	3	0,35
42	2	0,23

Source: L'ONID OUED RHIOU

IV .7. Mode de drainage :

Les drains sont posés à une profondeur et un écartement spécifique dans le but de maîtriser la nappe phréatique. L'eau pénètre dans les drains soit par les joints entre les éléments de tuyaux,

Soit par les perforations dans la paroi du bureau, L'eau de drainage s'écoule à partir des drains agricoles dans les collecteurs et ensuite dans les drains principaux qui sont des fossés à ciel ouvert de grande capacité.

IV .8. Trace du réseau :

Les drains agricoles sont posés, en général, en ligne parallèle avec un écartement de 30 à 50 m' sur des terrains plats, la longueur maximale des drains est généralement maintenue en dessous de 300 m.

Pour minimiser la longueur des collecteurs, les drains sont posés perpendiculairement aux collecteurs le long des courbes de niveau, sauf si la pente est insuffisante pour les drains agricoles, un tracé en arêtes de poisson est adopté de façon à ce qu'ils forment un angle avec le collecteur.

Les tracés des fossés principaux doivent tenir compte de la pente du terrain, de la présence de réseaux d'irrigation, de pistes, de routes et des limites foncières. Ils sont disposés suivant les lignes de drainage naturel, des dépressions et des forages.

Pour minimiser les coûts des tuyaux, les drains agricoles enterrés et les collecteurs sont installés selon une disposition régulière, sans tenir compte des limites foncières, avec les collecteurs posés à des intervalles de 600 m les uns des autres.

IV.9. Ecartement :

L'écartement des drains a été calculé au moyen de la formule de Hooghoudt, le régime est permanent.

$$E^2 = \frac{4 \times h_c^2 \times k_s + 8 \times k_i \times d \times h_c}{q_c}$$

Ou:

E: écartement des drains (m)

K : conductivité hydraulique du profile au dessus (k_s) et au dessous (k_i) du plan d'eau de drain (m/jour)

d : profondeur équivalent de Hooghoudt (m), elle dépend de l'épaisseur de l'aquifère au dessous du plan d'eau du drain, de l'écartement des drains et du périmètre mouillé des drains

h : charge hydraulique au dessus du plan d'eau du drain (m)

q : débit spécifique à évacuer en régime permanent (m/jour)

Le calcule est basé sur le régime permanent.

Tableau IV.3 : Superficie à drainer

Zone	Superficie à drainer (ha)	Ecartement des drains (m)
II-A	82	30
VIII-RGL	541	30/40/50
VIII-RGS	314	30
X	368	30/40/50

La superficie totale à drainer est de 1305Ha.

Source: L'ONID OUED RHIOU

IV .2. Débit :

IV .2.1. Drains :

Le débit des drains agricoles est donné d'après la formule suivante :

$$Q = \left[\frac{1,25q * E * l}{24 * 3600} \right]$$

Ou :

Q= débit du drain (m³/s)

q= débit spécifique (m/jour)

E= écartement des drains (m)

L= longueur des drains (m)

IV .2.2. Collecteur :

Pour les collecteurs, leurs débits approchent des conditions de régime permanent et tenir compte de la superficie cultivée en période de pointe.

$$Q = \left[\frac{c * A * q}{24 * 3600} \right]$$

Ou :

C : intensité culturale

q : débit spécifique (m/jour)

A : superficie desservie (m²)

IV .2.3. Diamètre :

Le diamètre des drains a été calculé d'après la formule de Manning pour un écoulement uniforme :

Ou :
$$Q = 22 \times d^{2,71} \times i^{0,50}$$

Q: débit (m³/s)

d: diamètre intérieur du tuyau (m)

I: pente hydraulique moyenne (m/m)

IV .2.4. Longueur :

Le tableau suivant donne la longueur maximale des drains d'un diamètre donné pour une pente minimale de 0,10%

Tableau IV.4 : longueur maximale des drains

Ecartement (m)	Diamètre intérieur (mm)	Longueur maximale théorique (m)	
		q=3mm/j	q=2mm/j
30	58	-	-
40	58	207	207
	72	370	370
50	58	166	166
	72	296	296

Source: L'ONID OUED RHIOU

IV .3. Profondeur :

IV .3.1. Drains :

Les drains doivent être assez profonds pour maintenir la nappe phréatique à un niveau qui empêche la salinisation due à la remontée capillaire en période de jachère et pour assurer les besoins d'aération des cultures, Une profondeur minimale recommandée pour les drains agricoles est de(1 à 1 .80) m.

IV .3.2. Collecteur :

Au raccordement des drains, le collecteur doit être à un minimum de 0,30 m en dessous du drain agricole.

IV .3.3. Pente :

La pente des drains ne doit pas être inférieure à 0, 10% tout en respectant la pente naturelle du terrain.

IV .3.4. Vitesse :

Elle est déterminée d'après la formule de Manning en régime non uniforme :

$$V=C R^{2/3} i^{1/2}$$

Ou :

C : coefficient de Manning (C=1,486)

R : rayon hydraulique du drain (m)

i : pente de projection

IV .4. Type des drains :

Il est utilisés des tuyaux perforés annelés plus résistants et flexibles que les tuyaux en plastique lisse, mais ils ont un coefficient de rugosité plus élevé et exigent un diamètre plus grand de 20% pour un même débit.

IV .5. Enrobage des drains :

Les enrobages des drains agricoles ont deux fonctions :

- 1- Arrêter la migration du sol dans les drains, à proximité des tuyaux ;
- 2- Diminuer les pertes de charge d'entrée.

L'eau de drainage entraîne des matières en suspension qui se déposent partiellement dans le tuyau. Au cours de la période de sécheresse, les dépôts durcissent et deviennent difficiles à enlever.

IV .6. Détails des tuyaux :

1- Clips :

Le raccordement entre les drains et les collecteurs est assuré par un clip en plastique. Il consiste en une section en Té de rayon long à un angle 45° qui passe à 1,0 m au-dessous de la surface du sol. Le Té est protégé par une plaque de métal ou une dalle en dalle.

2- Regards :

Des regards de visites sont requis le long des collecteurs pour l'inspection et l'entretien. Il faut placer les regards à chaque changement de diamètre, à chaque coude, à chaque jonction de plusieurs collecteurs et aussi le long des tuyaux avec un écartement maximum de 300 m.

Ces regards servent à la décantation des sédiments et la hauteur entre le radier et la génératrice inférieure du collecteur aval ne doit pas être inférieure à 0,30 m.

1- Bouches :

A l'exutoire des collecteurs, ou les tuyaux débouchent dans les fosses à ciel ouvert, il est prévu des protections afin d'éviter les dégâts aux talus par l'écoulement de l'eau.

IV .6. Tableau récapitulatif par zone :

Tableau IV.5 : récapitulatif par zone

Périmètre	Collecteur	Ecartement des drains (m)	Longueurs des collecteurs (m)	Longueur des drains (m)	Superficie à drainer (ha)	Débit à évacuer (l/s)
-----------	------------	---------------------------	-------------------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------

Zone II-A	R2-OA-C1	30	998	13976	41,93	9,88
	R2-OC-C1	30	927	8101	24,30	5,63
	R2-OC-C2	30	624	5801	17,40	4,03
	Sous-total	-	2549	27878	83,63	19,53

Zone VIII-RGS	R5-F1-C1	30	1914	24986	74,90	11,23
	R5-OK-C1	30	1354	9038	27,11	10,52
	R5-OK-C1-1	30	622	9102	27,31	6,28
	R5-OK-C2	30	1556	4422	17,69	18,59
	R5-OK-C2-1	30	830	7804	31,22	10,93
	R5-OK-C2-2	30	606	4758	19,03	6,48
	R5-OK-C3	30	525	3546	14,18	5,96
	R5-OK-C4	30	1177	9214	36,86	12,90

	R5-OK-C5	30	1136	6820	27,28	9,55
	Sous total	-	9720	79672	275,58	119,44

Zone VIII-RGL	R4-OE-C1	40	956	11477	45,91	15,94
	R4-OE-C2	40	1658	15288	61,15	21,23
	R4-OE-C3	30/40	744	7603	25,60	7,57
	R4-OC-C1	40	368	2954	11,82	2,73
	R4-OC-C2	40	210	2360	9,44	2,19
	R4-OC-C3	40/50	496	6856	27,42	6,35
	R4-OC-C4	30/50	1487	10294	111,56	37,56
	R4-OC-C1-1	50	1276	5260	26,30	10,48
	R4-OC-C1-1-	50	163	876	4,38	1,52
	R4-OC-C2-2	30	979	9774	29,32	9,75
	R4-OC-C3-3	30	611	5688	17,06	3,95
	R4-OC-C4-4	30	378	4014	12,04	2,79
	R4-F1-C1	30	170	3376	10,13	2,34
	R4-F1-C2	30	1568	21660	64,98	15,04
	R4-OC-C5	30/50	1333	14364	53,52	15,41
	R4-OC-C6	50	1279	10566	52,83	18,34
	R4-OC-C7	50	437	3228	16,14	5,68
		Sous total	-	14113	135638	579,60

Zone X	R6-F1-C1	40/50	758	7157	30,34	10,53
	R6-F1-C2	40	870	9022	36,09	8,35
	R6-F1-C3	40	1006	10334	41,34	10,46
	R6-F1-C3-3	50	156	772	3,86	0,89
	R6-F1-C4	40	340	2398	9,59	3,33
	R6-F1-C5	40	312	1790	7,16	2,49
	R6-OC-C1	40	1699	14930	59,72	20,74
	R6-OC-C2	40	583	1658	6,63	2,30
	R6-OC-C3	50	216	1614	8,07	3,99
	R6-OC-C3-1	40	373	852	3,41	1,18
	R6-F2-C1	40/50	410	1562	7,81	2,71
	R6-F2-C2	40/50	2134	6182	26,31	12,20
	R6-F2-C2-1	50	288	944	4,72	3,07
	R6-F2-C2-1-1	50	150	824	4,12	1,43
	R6-F2-C3	30/40	2434	17196	56,24	20,06
	R6-F2-C3-1	40	56	380	1,52	0,53
	R6-OC-C4	30	180	2438	7,31	1,69
		-		11965	80053	314,24

Source: L'ONID OUED RHIYOU

Tableau IV.6 : Débit total

Zone	Débit total à évacuer l/s
II-A	19,53
VIII-RGS	119,44
VIII-RGL	178,87
X	105,96

IV.7. Observations et enquêtes sur terrain :

1-Dès notre premier jour de visite sur terrain on remarque que ce réseau de drainage qu'est oublier par les services techniques hydrauliques régionales, le manque d'entretien de ce réseau est la première observation que j'ai remarqué, la majorité des regards de visite sont bouchés, car y'a pas de couverts pour ces regards et cette photo illustre le problème.

Figure. IV.1 :PHOTO1

Figure. IV.2 :PHOTO2



On observe que les collecteurs sont pas visible alors c'est ce qu' explique le manque de passage de l'eau par le collecteur et ce qu'il provoque la diminution de la vitesse d'infiltration puis la stagnation de l'eau sur la surface, ceci est l'un des problèmes qui influence sur le bon fonctionnement du réseau.

Voici un tableau qui donne les regards de visite qui sont bouché par les déchires :

Tableau IV.7 : Regard de visite bouché

La zone	Nom du collecteur
Zone II-A	R2-OC-C1
Zone VIII-RGS	R5-OK-C1
	R5-OK-C2
	R5-OK-C2.1
	R5-OK-C3
	R5-OK-C5
Zone VIII-RGL	R4-OE-C2
	R4-OE-C1
	R4-OC-C1
	R4-OC-C3
	R4-OC-C4-3
	R4-OC-C4-1
	R6-F1-C3-1

Zone X	R6-F1-C4
	R6-F1-C5
	R6-OC-C3-1
	R6-F6-C2

Le manque de l'inconscience des agriculteurs provoque ce genre de problèmes dans le réseau.

2-Le deuxième problème qu'on a remarqué est le manque des bouches à l'exutoire des collecteurs, ce qui a provoqué les dégâts aux talus par l'écoulement de l'eau.

Figure. IV.3 :PHOTO3



D'après l'image en dessus on constate que serai mieux de mettre une bouche pour évacuer l'eau drainée. On remarque que l'eau usée passe par cet oued, donc il est possible que ces eaux usées passent par le collecteur durant le moment de sécheresse ce qui mène à la pollution de la nappe et de la zone.

Les eaux usées évacuées dans le réseau de drainage depuis une fosse septique, une laiterie, un silo ou un enclos de ferme peuvent donner lieu à une accumulation de matière organique. En plus de causer beaucoup de tort à l'environnement, ces déchets obstruent les tuyaux.

Est-ce problème touche spécialement la zone **VIII-RGL**.

3-Obstruction causée par des racines : plantes à enracinement développé et profond (betterave, blé, maïs, etc.). Certains arbres.

Figure. IV.4 :PHOTO4



D'après l'image en dessus on constate que ce problème et permettre de boucher les drains et stoppera le passage de l'eau vers le collecteur.

On trouve ce problème dans la zone **X** puisque il y'avais beaucoup de champ de maïs.

4-le manque de structure de captage des eaux de surface (puisards, tuyaux de captage hors-sol). Et le but de ces structures est de faire des inspections au printemps et à l'automne.

Et ce manque dans tout le réseau de drainage des (04) zones **II-A, VIII-RGL, VIII-RGS, et X.**

Figure. IV.5 :PHOTO5



Tuyau de captage.

IV.8. Les solutions proposées pour corriger les problèmes:

- 1- Nettoyer les regards de visite pour assurer l'écoulement de l'eau, et couvrir les regards de visite,
- 2- Reconstruire des bouches a l'exutoire de collecteur principale. Et éviter de jeter l'eau usée sur cet oued.
- 3- Communiquer avec les services de l'hydraulique comme l'ONID ou l'INSID ou un entrepreneur en drainage souterrain pour qu'il enlève la section de tuyaux bloquée et la remplace.

Si l'obstruction est causée par les racines d'une culture (comme la luzerne), pratiquer une rotation des cultures comme moyen de prévention.

- 4- Installer des tuyaux de captage pour faire des inspections au printemps et à l'automne et observer le niveau de la nappe en divers endroits.

V.1 But de l'étude :

L'analyse développée dans cette partie a pour objet d'évaluer la pluviométrie du périmètre irrigué, il s'agit de définir les précipitations de courte et de longue durée qui risquent d'inonder quelques zones dans le périmètre.

V.2 Collecte des données :

La collecte des données consiste à rechercher toutes les informations pluviométriques disponibles dans la région étudiée.

Cette étape constitue la phase la plus importante et la plus fastidieuse de notre travail. Elle consiste à collecter l'information brute, mais aussi de vérifier sa fiabilité pour une prise de décision correcte.

L'absence des pluies journalières, c'est-à-dire des observations quotidiennes des pluies

V.3 Calcul des pluies :

Tableau V.1 : Précipitations journalières maximales :

<i>Caractéristiques</i>	<i>Probabilité</i>		
	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>10</i>
<i>Précipitations Journalières maximales (mm)</i>	<i>14,06</i>	<i>19,12</i>	<i>26,18</i>
<i>intensité</i>	<i>0,59</i>	<i>0,80</i>	<i>1,09</i>
<i>α'</i>	<i>22,21</i>	<i>30,23</i>	<i>41,40</i>

V.3.1 Pluies d'une Durée Autre Que 24 Heures :

Méthodes Directe :

A partir des fiches d'observation des pluies journalières, on peut déduire la valeur des pluies de plusieurs jours consécutifs, par exemple sommation des valeurs journalières.

Ainsi on peut déterminer la somme maximale de 2, 3, 4 et plus de jours, un ajustement pareil à celui des maxima journaliers permet d'aboutir à une distribution fréquentielle de la pluie de plusieurs journées.

Cette méthode, assez fastidieuse, se prête bien au traitement par ordinateur, avec un programme simple à élaborer. Néanmoins calculée à la main, elle donne déjà des résultats fiables, qui permettent de tracer la courbe pluie – durée pour les différentes fréquences.

L'intensité et la fréquence d'une durée plus courte qu'une journée peuvent être déterminées d'une façon directe à partir des pluviogrammes. Un pluviographe enregistre la

pluie cumulée pendant une journée (une semaine, un mois). Les pluviogrammes sont la représentation graphique de la pluie cumulée qui tombe dans cette période.

L'intensité de la pluie de courte durée est calculée comme suite :

$$i_p = \frac{\Delta}{\Delta} = \text{---}$$

Δ : Intervalle de temps considéré ($t_i - t_0$)

P_0 : La pluie cumulée enregistrée à t_0

P_i : La pluie cumulée enregistrée à t_i

Une analyse fréquentielle des intensités déterminées sur les pluviogrammes de plusieurs années permet d'établir les courbes intensité-durée-fréquence des pluies de courte durée.

L'avantage de l'emploi des pluviogrammes pour l'étude des pluies de courte durée est dans le fait, que l'on peut choisir n'importe quel intervalle de temps. Toutefois, le traitement des pluviogrammes est un travail assez long, vu qu'on a besoin de plusieurs années d'observation.

En outre, les pluviographes sont onéreux et délicats, ce qui fait que toutes les régions ne sont pas dotées de tels appareils

IV.3.2 Pluies de courte durée :

Méthodes indirectes :

L'analyse fréquentielle de courte durée a montré qu'il existe des rapports empiriques entre la durée d'une averse, son intensité et son temps de récurrence.

On peut déduire deux lois générales :

1°- Une pluie d'une durée fixée à une intensité d'autant plus forte que sa fréquence est plus rare.

2°- Pour une période de récurrence donnée une averse à une intensité d'autant plus forte que sa durée est plus courte.

L'expression mathématique pour ces rapports d'intensité durée fréquence est de la forme suivante :

$i_p = \frac{a}{t}$ (TALBOT), c'est pour des durées inférieures à 5 heures.

$i_p = a \cdot t^{-n}$ (MONTANA), c'est pour les durées supérieures à 5 heures.

Les constantes a , b , \hat{a} , et n sont des valeurs spécifiques pour une station et un temps de récurrence donné.

Ces paramètres peuvent être déterminés des courbes intensité – durée obtenus par l'analyse directe par la méthode des moindres carrés des droites d'ajustement, ou de leurs logarithmes :

$$i_p = \hat{a} \cdot t^{-n}$$

$$\log i_p = \log \hat{a} + n \log t$$

En portant i en fonction de t sur papier double logarithmique, on trouve une droite de pente n et d'ordonnée à l'origine \hat{a} .

L'expression n dans la formule de MONTANA est souvent fixée à 0,5. En substituant cette valeur, on trouve : $i_p = \frac{\hat{a}}{\sqrt{t}}$

si l'on connaît l'intensité maximale pour un seul intervalle de temps, on peut déterminer la constantes \hat{a} , et de la, les intensités pour d'autres durées avec cette même valeur de la constante trouvée.

Exemple de calcul

Le type de culture sur le champ irrigué : céréales, la période de retour favorable pour ce type est **U = 2 ans**

L'intensité de cette pluie est $\frac{1,18}{2} = 0,59$ mm/h

Connaissant l'intensité maximale (1,06mm/h) et la durée de cette pluie maximale (24heures), on peut déterminer la constante \hat{a} :

$$\hat{a} = i_p \times \sqrt{t} = 0,59 \times \sqrt{24 \times 60} = 22,21$$

Donc 22,21 est la valeur de \hat{a} pour la station de Hmadna (région d'études), pour un temps de retour **U = 2ans**. Avec cette constante, on calcule l'intensité de la pluie pour les durées autre qu'un jour, ainsi que la hauteur de pluie totale pour cette même durée est de la formule suivante :

$$P = i_p \times (t / 60). \text{ (mm)}$$

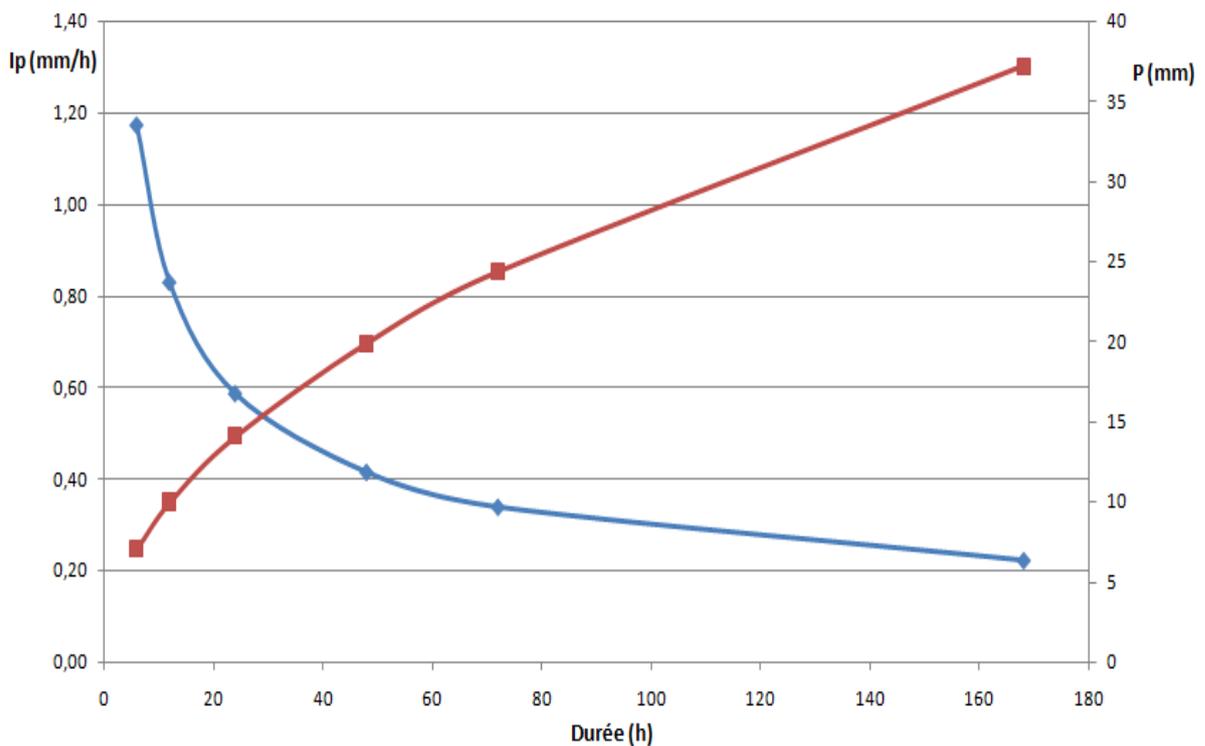
Tableau V.2 : Calcul de la pluie durée à l'aide de la formule de MONTANA

U=2 ans				
<i>Durée(h)</i>	<i>t (min)</i>	<i>a'</i>	<i>i_p (mm/h)</i>	<i>P (mm)</i>
6	360	22,21	1,17	7,02341868
12	720	22,21	0,83	9,93
24	1440	22,21	0,59	14,05
48	2880	22,21	0,41	19,87
72	4320	22,21	0,3	24,33
168	10080	22,21	0,22	37,16

Notons que ce calcul empirique se fait seulement par faute des données et qu'il peut introduire des estimations grossières pour les longues durées.

Toutefois il est préférable de vérifier les résultats et en les comparants avec les plus fortes pluies de longue durée réellement observées, mais en cas d'absence totale de données, cette méthode est la plus fiable à utiliser.

En reportant les pluies maximales P en fonction de leurs durées, on obtient la courbe pluie durée représentée sur la figure ci-dessous.

**Figure. V.1 : Courbe Pluie - Durée**

Ainsi on arrive à déterminer la pluie critique, qui est la pluie qui tombe dans la durée admissible d'inondation .

Mais, il faut tenir compte du fait que le mois le plus pluvieux ne coïncide pas toujours avec le mois le plus sensible pour les cultures. Si, par contre, une analyse globale des pluies maximales montre que le maxima peut se présenter dans n'importe quel mois de la saison hivernal, on prendra les pluies maximales déterminé sur toute l'année comme critère, par exemple, selon le tableau de SALAMIN, les céréales occupant la plus grande partie de nos champs, subissent les pertes les plus élevées pendant les mois de mars à juin.

V.4 la Durée De Submersion :

En pratique, le niveau d'eau optimal est difficile à maintenir sans aucune fluctuation. Une pluie forte de quelques jours fait remonter la nappe temporairement à un niveau supérieur à l'optimum. Cette remonter cause des chutes de rendements importants, qui dépendent d'ailleurs du moment de la submersion, du type de culture et évidemment, de la durée de submersion.

La prairie peut supporter une submersion de plusieurs semaines en hiver, lorsque le cycle végétatif est presque arrêté. Pendant la période de végétation par contre, les périodes d'inondation qui provoquent de pertes, sont de 24 à 36 heures.

Les céréales sont très sensibles pendant leur germination et floraison (comme par ailleurs, la plupart des cultures annuelles).

Au cours de la saison, elles deviennent de moins en moins sensibles jusqu'à la récolte.

Ce sont les cultures fruitières, qui souffrent le plus d la submersion, mais les dégâts varient beaucoup avec la variété et la saison. Les abricotiers par exemple meurent après 15 jours de submersion.

Les données existantes ont été regroupées par SALAMIN, à l'occasion du III congrès international (ICID) en Hongrie. Le tableau (en pourcents de la récolte optimale) pendant la saison, en fonction d'une durée de submersion respectivement de 3, 7, 11 et 15 jours.

- a) La culture : par exemple les pertes pour la prairie ne dépassent pas les 50%, pour 15 jours (En Mai, Juin, Juillet), tandis que les betteraves subissent déjà une perte de 100% en 11 jours (En mars).
- b) La durée de submersion : une perte de 80% est subie par le tournesol en 11 jours, et seulement de 40% en 7 jours.
- c) Le stade de culture : par exemple, le maïs aura une perte de 100% en Avril (Germination) et de 30% en septembre (Vers la récolte).
- d) Pour le calcul d'un réseau de drainage, on se fixera un dommage toléré, basé sur des critères économiques, par exemple 20%.

Avec le tableau de SALAMIN (voir annexe), on déduit la durée admissible d'inondation , qui provoque cette perte fixée. En termes de drainage, cela veut dire qu'une pluie doit être évacuée dans un délai de jours après d'être tombée.

Donc si on applique cette hypothèse sur notre champ, et si on s'impose une perte maximale de 20% la durée de submersion sera de 3 jours pour les céréales, et c'est la durée critique, pour tout le champ.

L'intensité de pluie calculée pour une durée égale à 3 jours est de 0,6 mm/h.

V.5 Le Bilan Hydrologique :

De la pluie critique qui tombe sur une région, il y a seulement une partie qui doit être évacuée. Une partie s'évapore (E), une autre partie s'infiltré dans le sol (I), et une troisième partie (R) ruisselle superficiellement.

Le Bilan hydrologique quantifie le sort des eaux de précipitations :

$$P=E+I+R$$

Divisant par P, on trouve les fractions :

$$- = \quad - = \quad - = \quad e + i + r = 1$$

e : coefficient d'évaporation.

i : coefficient d'infiltration.

r : coefficient de ruissellement.

On a constaté, que pour une parcelle, la répartition de la pluie parmi ces trois fractions est plus ou moins constante à long terme.

La valeur de chaque coefficient dépend du climat, type de sol et type de végétation sur la parcelle.

L'évaporation est fonction de différents facteurs du climat (température, humidité, vitesse du vent) et de la végétation.

Comme il s'agit du bilan hydrologique d'une parcelle, on considère l'évapotranspiration, c'est l'évaporation du sol et la transpiration des plants ensemble.

La végétation influence directement sur la quantité évaporée par transpiration des plantes, mais elle joue aussi un rôle de régulateur indirect des pluies, la végétation diminue le ruissellement direct et augmente l'infiltration, ainsi elle augmentera l'évapotranspiration après l'averse.

Il existe plusieurs formules empiriques pour déterminer l'évapotranspiration, pendant la pluie, l'évaporation momentanée est minimale. Néanmoins, pour un délai de quelques jours, le bilan d'eau d'une parcelle peut montrer une certaine évaporation des eaux récemment tombées. Cette évaporation semble se produire pendant les périodes inter-pluviales.

Il existe plusieurs méthodes de calcul d'ETP : comme nous l'avons vu précédemment.

- Méthodes basées sur le traitement des données statistiques des observations de plusieurs années, telles que les méthodes de Blaney-Criddle, Thornwaithe, Turc...etc.
- Méthodes basées sur le bilan énergétique des champs, ce sont les méthodes de PENMAN, BOUCHET GERBIER.

Introduction :

C'est l'évacuation des eaux de surface ou souterraines excédentaires par des moyens naturels ou artificiels en vue de l'assèchement d'un terrain trop humide ou inondé, afin de valoriser pour l'agriculture, l'élevage ou la construction.

Le drainage permet de réguler l'humidité excessive des sols. Cette humidité entraîne un certain nombre d'inconvénients :

- une diminution de l'activité biologique de la terre
- de mauvais échanges thermiques néfastes sur le développement des cultures, un manque d'oxygène entraînant une asphyxie racinaire.

Pour valoriser un périmètre ou un terrain, on a recourt à deux techniques de drainage principales :

- le drainage par fossés (à ciel ouvert)
- le drainage par tuyaux enterrés auxquels il convient d'ajouter des opérations de pompage dans des cas particuliers, et notamment lorsque les sols à assécher se trouvent sous le niveau des voiries d'évacuation des eaux.

En agriculture, un drain est une canalisation souterraine permettant de recueillir et d'évacuation de l'excès de l'eau dans le sol.

Les drains les plus utilisés sont des tuyaux en matière plastique, il existe également des drains constitués de cylindres en terre cuite.

Ils peuvent être enrobés, ce qui augmente la performance du drain en diminuant la résistance de pénétration de l'eau, afin d'éviter les éventuels problèmes de colmatage

Les causes principales de la formation de l'excès d'humidité dans le sol, tendent à établir les méthodes de l'assainissement agricole. La méthode préconisée est l'abaissement de la nappe phréatique. Les principaux procédés de l'assainissement agricole sont :

- Digue et drainage de protection.
- Aménagement des émissaires

Le schéma de l'assainissement agricole et ces éléments, s'établit suite aux méthodes et procédés de l'assèchement, tout en mettant en évidence, le type de sols, le relief, la limite du périmètre à assainir, le mode d'utilisation des terres ainsi la mécanisation des travaux agricoles.

VI.1 Drainage agricole:

VI.1.1. Intérêt :

Sous nos latitudes, si les terres agricoles ne disposent pas d'un bon drainage naturel, elles sont presque saturées en eau. Dans ce cas, la terre se gorge d'eau, surtout durant la période hivernale, et il faut impérativement installer un système de drainage artificiel. Ce qui retient l'eau dans les couches supérieures de la terre peut être de diverses natures : des zones d'accumulation d'argile ou des couches imperméables, par exemple de grès. Par ailleurs, les argiles dites gonflantes « capturent » l'eau et empêchent son évacuation. Afin de pallier les inconvénients du mauvais drainage naturel d'un sol, on installe des dispositifs adaptés.

Pour valoriser un terrain ou un territoire, on recourt à deux techniques de drainage principales : le drainage par fossés et le drainage par canalisations, auxquels il convient d'ajouter des opérations de pompage dans des cas particuliers, et notamment lorsque les sols à assécher se trouvent sous le niveau des voies d'évacuation des eaux. Afin qu'une installation de drainage soit d'un prix abordable, il vaut mieux que la surface à traiter soit d'un minimum de 2 000ha.

VI .1.2. Drains :

L'intervention la plus élémentaire visant à réduire le taux d'humidité d'un terrain consiste à creuser une tranchée, pour que les eaux ne pouvant pénétrer dans le terrain par gravité puissent couler vers ce creux et, ainsi, détourner une partie des eaux de la surface des terres avoisinantes. Si le terrain est en pente, la tranchée située en partie haute et perpendiculairement au sens de la pente soustrait une bonne partie des eaux de ruissellement aux terres en aval. De plus, si l'on accède, en creusant suffisamment, à une terre perméable, on pourra soustraire une plus grande quantité d'eau.

Un développement de ce type d'intervention consiste à canaliser les eaux pour les récupérer ailleurs. On peut aussi recouvrir la canalisation avec du matériel à condition que la perméabilité soit conservée. Lorsque l'on doit retirer de grandes quantités d'eau en un temps relativement court, on utilise des pompes.

En agriculture, un drain est une canalisation souterraine permettant de recueillir et d'évacuer l'eau en excès dans le sol. Les drains les plus usités sont des tuyaux en matière

plastique (polyvinyle, polyéthylène), généralement souples et ajourés ; il existe également des drains constitués de cylindres en terre cuite, assemblés pour permettre la pénétration de l'eau. Ils peuvent être enrobés, ce qui augmente la performance du drain en diminuant la résistance de pénétration de l'eau. Afin d'éviter les éventuels problèmes de colmatage, mieux vaut que les perforations ne comportent pas d'opercule.

Les drains en PVC peuvent présenter des diamètres intérieurs variant entre 44 et 58cm. Le diamètre le plus important est plus performant, car il présente moins de résistance à l'entrée de l'eau, des risques de colmatage réduits, et un débit supérieur. Afin de préserver l'installation de drainage, on ajoute généralement un drain de Ceinture, qui améliore l'assainissement des drains, vise à intercepter l'apport extérieur et à éviter le colmatage provenant des racines, en particulier de haies.

Les collecteurs sont constitués de tuyaux d'une section supérieure, qui recueillent l'eau provenant des drains qui y sont reliés, et qui s'écoule ensuite vers un émissaire. Idéalement, les collecteurs ont une longueur inférieure ou égale à 20 p. 100 de la longueur totale des tuyaux enfouis.

VI.1.3. Draineuses :

Aujourd'hui, le drainage des sols est mécanisé. Pour creuser les tranchées dans lesquelles les drains seront enfouis, on emploie des draineuses. Ce sont des machines automotrices ou adaptables sur un tracteur qui, d'une part, peuvent creuser des tranchées de la profondeur voulue en l'ajustant constamment (par visée optique ou rayon laser), et, d'autre part, procèdent immédiatement à la pose des drains et collecteurs en un seul passage.

La **trancheuse-poseuse** est une trancheuse, c'est-à-dire une machine comportant une grande roue placée verticalement ou une chaîne sans fin sur laquelle sont disposés des couteaux ou des godets, qui permettent de creuser une tranchée d'une largeur de 20cm en moyenne et de 1,5 à 2m de profondeur ; et d'un système de déblayage qui aligne le matériel creusé sur le côté de la tranchée. La trancheuse-poseuse est munie d'un caisson de pose et de dérouleurs (s'il s'agit de drains en plastique) ou d'un ameneur de drains en poterie. Cette machine peut poser environ 300m de drains par heure.

La **poseuse à outil fousseur** s'adapte sur des tracteurs à chenilles d'une puissance minimale de 150 ch. : elle creuse des galeries à une profondeur maximale variant entre 1,60 et 1,80 m au moyen d'un roter à une dent, et dépose les drains contenus dans le caisson de

pose, situé à l'arrière des outils de creusement. Cette machine est en mesure de poser jusqu'à 1 500m de drains par heure.

Le drainage comporte 3 phases:

- captage : ou collecte des eaux excédentaires (drainage à la parcelle) .
- acheminement : par une réseau de collecteurs ou de fossés .
- restitution : au réseau hydro -graphique naturel (exutoire

VI.1.4. Effets positifs de l'assainissement du sol :

- Meilleure aération du sol.
- Amélioration de la structure du sol.
- Pénétration plus profonde des racines.
- échauffements plus rapide du sol.
- Augmentation des processus de nitrification.
- Diminution des mauvaises herbes et des maladies des cultures.
- Travail du sol facilité.
- Accès possible aux parcelles en tempe opportun.

⇒ Augmentation du rendement des cultures et amélioration de la qualité des récoltes.

VI.2. Causes de l'excès d'humidité du sol :

On distingue 3 causes essentielles :

- ◆ Apports externes d'eau ;
- ◆ Présence prolongée d'une nappe peu profonde ;
- ◆ Stagnation temporaire des eaux de précipitation.
- ◆ **VI.2.1. Apports externes d'eau :**

III.1.A. Apports d'eau en provenance de l'extérieur de la zone :

Remède : collecteur de ceinture (fossé ou drain placé au fond d'une tranchée très perméable).

III.1.B. Apports d'eau provenant d'un cours d'eau :

- ❖ Alimentation excessive de la nappe

Remède : contre-canal

- ❖ Débordement occasionnel

Remède : ouvrages de maîtrise des crues

VI.2.2. Présence prolongée d'une nappe :

- Drainage par tuyaux enterrés
- Eventuellement, drainage par fossés
- Dans certains cas, drainage par puits
- En présence d'apports latéraux importants: interception préalable

VI.2.3. Stagnation temporaire des eaux de pluie :

VI.2.3.1. Défaut d'infiltrabilité :

Dû à la présence d'une strate peu perméable en surface (croûte de battance, tassement superficiel, etc.) qui empêche l'infiltration .

Remède :

- ▶ Si les horizons sous-jacents présentent une bonne conductivité hydraulique: amélioration de la structure de la strate superficielle.
- ▶ Dans le cas contraire: drainage de surface .

VI.2.3.2. Défaut de drainage interne :

Infiltration profonde par la faible conductivité hydraulique du sol ou par la présence d'une couche peu perméable à faible profondeur (y c. semelle de labour) qui bloque l'infiltration et provoque l'apparition d'une nappe perchée.

Remède :

- ▶ En présence d'une semelle de labour: sous -solage profond.
- ▶ Sols peu perméables ou nappe perchée peu profonde: drainage de surface et/ou drainage souterrain ; si nécessaire, techniques associées.

VI.4 Drainage par gravité, enterre :

Ce type de drainage se base sur le mode de projection du réseau, avec une disposition des tuyaux dans le sol répondant aux exigences de l'assainissement et l'aération de ce dernier.

Le réseau de drainage se compose de plusieurs éléments assurant le même fonctionnement. Évacuer l'eau en excès en dehors de la zone à assainir l'eau abondante dans le sol, pénètre dans les drains perforés lisses en premier lieu, puis elle se déverse dans les collecteurs d'ordre secondaire cette eau évacuer par le collecteur elle se diverse dans l'émissaire, qui l'acheminent à son exutoire par ou elle sera drainée en dehors de la zone considéré

La direction des drains se définit par rapport à la ligne de plus grande pente des sols. On peut distinguer deux techniques principales.

Les drains peuvent être placés :

- soit parallèlement à la direction de la plus grande pente (pour le drainage longitudinal avec la pente $i < 0,003$).
- soit transversalement à cette direction (pour le drainage transversal).

VI.5 Description de la zone à drainer :

Le choix de la zone à drainer s'est porté sur une zone du type "D" (selon l'aptitude culturale; voire *tableau 8*: Zones homogènes de mise en valeur), ce choix s'est fait de telle sorte a avoir une zone classée parmi les zones salées où le niveau la nappe est proche de la surface du sol, c'est-à-dire une zone nécessitant une projection d'un réseau drainage

La zone du périmètre ou on a projeté le réseau de drainage, dont les propriétés sont données comme suite :

-Texture: argilo-sableuse

- Horizons hétérogènes :

1-(0 - 40) cm: argilo-sableuse $K_1 = 0,8 \text{ m/j} = 6,94 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

2-(40 - 80) cm: argilo-Limono-sableuse $K_2 = 0,7 \text{ m/j} = 5,79 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

- La porosité efficace (ou de drainage) : $m = 7 \%$.

- L'îlot à drainer est cultivé en céréales, et selon le tableau de SALAMIN on a une durée de submersion $\theta = 3 \text{ jr}$.

La période de calcul de la pluie critique : $T = 2 \text{ ans}$ (Période de retour).

- Salinité :

La zone d'étude appartient à la classe -4- c'est-à-dire la salinité varie entre **(4 ÷ 8) mmhos/cm** de 0 à 50cm de profondeur, et de **(8 ÷ 16) mmhos/cm** en profondeur.

VI.6 Calcul du débit caractéristique du réseau « q_c » :

La première phase du dimensionnement d'un réseau de drainage consiste en la détermination du débit caractéristique.

Le débit caractéristique d'un réseau de drainage est le débit à véhiculer par le réseau pour évacuer la pluie critique.

La pluie critique c'est la quantité de pluie maximale qui tombe en un délai fixe, avec un temps de récurrence déterminé que le réseau de drainage doit être capable d'évacuer.

Il existe plusieurs procédés de calcul, en fonction du régime hydraulique (permanant ou variable) ainsi que les conditions culturales.

VI.7 Notion de régime permanant et régime variable :

- Dans les régions où les pluies se caractérisent par de longues durées, ne laissant entre elles que des intervalles trop courts pour permettre un ressuyage du sol suffisant sur une profondeur convenable, on adaptera, alors un régime **permanant** d'évacuation d'eau qui maintiendra la nappe en dessous d'un niveau maximal à ne pas dépasser.

- Par contre, dans les régions où les pluies ont une forte intensité mais de courtes durées, laissant entre elles des intervalles de temps suffisamment longs, on adoptera un régime **variable** pour le rabattement du niveau de la nappe à un niveau voulu en un délai bien déterminé après l'arrêt de la pluie.

VI.7 .1. Cas ou l'excès provient des pluies :

* En régime permanent sans tenir compte du stockage :

C'est le débit par unité de surface à recueillir et évacuer de la parcelle sera donc directement en fonction de l'intensité « i » de la pluie critique.

Le débit caractéristique du réseau sera donnée par :

$$q_c = (1 - e) \times i_p \quad \dots\dots\dots q_c : \text{en mm/h}$$

Après reconversion on obtiendra.

$$q_c = \frac{1 - e}{0.36} \times i_p \quad \dots\dots\dots q_c : \text{en l/s/ha}$$

Avec :

- (1-e) : coefficient d'évaporation

(1-e) : Fraction de pluie non évaporé

- Prairie $\Rightarrow (1-e) = 0,5 \div 0,6$
- Céréales $\Rightarrow (1-e) = 0,6 \div 0,8$
- Culture maraichère $\Rightarrow (1-e) = 0,8 \div 0,9$

i : Intensité de la pluie en (mm/h) avec : $i = \frac{P_{c,j}}{t}$

Résultats et calculs :

Pour notre cas on des céréales donc on prendra :

- (1-e) = 0,8 ;
- $P_c = P_{3j, 2ans} = 24,33$
- $P_c = P_{3j, 2ans} = 28,59$ mm (d'après l'étude fréquentiel des pluies).

$$i_p = \frac{P_c}{3 \times 24} = \frac{24,33}{3 \times 24} = 0,33 \text{ mm/h} \quad \Rightarrow \quad i_p = 0,33 \text{ mm/h}$$

$$\text{Donc : } q_c = \frac{0,6}{0,36} \times 0,33 = 0,55 \text{ l/s/ha}$$

$$\Rightarrow q_c = 4,75 \text{ mm/jour}$$

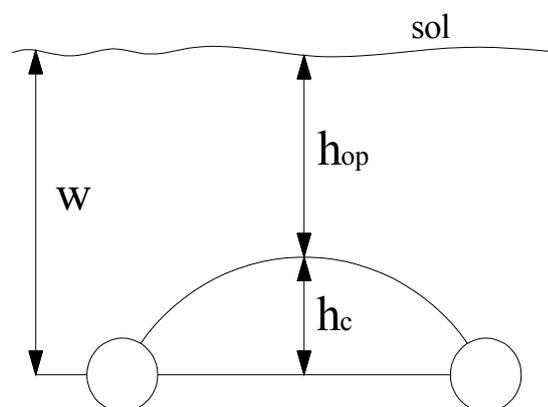
* En régime permanent en tenant compte du stockage :

On a dans ce cas :

$$q_c = \frac{P-E-S}{\theta} \quad \text{avec}$$

q_c : débit caractéristique en (mm/jours)

- P : pluie critique en (mm).
- E : l'évaporation en (mm).
- θ : durée de submersion admissible égale à 3 jours.
- W : profondeur des drains.



S : le stockage du sol en (mm) avec $S = h_c \times \mu$

$E = 3.04$ mm/jours pour le mois critique (Avril) (voir calcul ET0)

Pour le choix de la profondeur des drains « W » il faut se référer au bulletin de la FAO (Drainage design factor 1989), cette dernière donne les profondeurs optimale des drains en fonction du type de culture, texture du sol, et du régime de calcul (permanent ou variable).

Pour notre cas (texture moyennement fine argilo-limoneuse et le type de culture est céréale) on optera pour une profondeur des drains égale à 1m c'est -à -dire $W = 1$ m ;

Ce qui nous donne une profondeur critique $h_c = 0.3$ m, et une profondeur optimale de la nappe $h_{op} = 0.7$ m

Donc on aura :

$$S = h_c \times \mu = (0,3 \times 1000) \times 0,05 = 15 \text{ mm} \quad \Rightarrow S = 15 \text{ mm}$$

On remarque que la quantité stockée (18mm) est presque la moitié des pluies tombées (41.99mm) ce qui signifie que le sol a une grande aptitude de stockage et le sol permet l'infiltration d'eau, dans ce cas il est nécessaire de drainer les eaux qui percolent en profondeur.

$$\text{Donc : } q_c = \frac{P-E-S}{\theta} = \frac{24,33-4,12-15}{3 \times 24} = 0,07 \text{ mm/h} = 2,1 \text{ mm/jour.}$$

- En régime variable :

$$\text{On a : } q_c = \frac{S}{\theta}$$

Avec :

- q_c : débit caractéristique en (mm/jour).
- S : le stockage du sol (S= 18mm).
- θ : durée de submersion admissible (3 jours).

$$\text{Donc : } q_c = \frac{18}{3} = 6 \text{ mm/jour} = 0,6 \text{ l/s/ha}$$

$$\Rightarrow q_c = 6 \text{ mm/jour} = 0,6 \text{ l/s/ha}$$

VI.7.2. Cas où l'excès provient de l'irrigation :

Pour les céréales, les besoins ont été calculés à l'aide du logiciel CROP-WAT V8, les résultats sont donnés comme suite :

- **Les besoins nets en mois de pointe sont estimés à :**

$$\text{ETM} = 4,12 \text{ mm/jours} = 123,6 \text{ mm/mois} \Rightarrow V_{\text{net}} = \text{ETM} \times k_c$$

$$\text{Pour le mois de pointe, } k_c = 1,2 \Rightarrow V_{\text{net}} = 123,6 \times 1,2 = 148,32 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow V_{\text{net}} = 148,32 \text{ mm} = 1483,2 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

$$\text{- Efficience de l'irrigation : 60\%} \Rightarrow V_{\text{brut}} = \frac{V_{\text{net}}}{0,6} = \frac{1483,2}{0,6} = 2472 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow V_{\text{percol}} = 30\% V_{\text{brut}}$$

$$\text{D'où : } V_{\text{percol}} = 2472 \times 0,3 = 741,6 \text{ m}^3 \Rightarrow V_{\text{percol}} = 741,6 \text{ m}^3 / \text{ha} \quad V_{\text{percol}} = 74,16 \text{ mm}$$

- Période d'irrigation : 25 jour / mois c'est-à-dire :

$$q_c = \frac{V_{\text{percol}}}{25 \text{ jour}} = \frac{74,16}{25} = 2,96 \text{ mm/jour}$$

$$\Rightarrow q_c = 2,96 \text{ mm/jour} = 0,34 \text{ l/s/ha.}$$

VI.7.3. Cas ou l'excès provient du lessivage :

- Définition :

Le lessivage est une technique visant à diminuer la salinité des sols agricoles à fin d'aboutir à des rendements optimaux.

Le lessivage est envisagé lorsque :

- L'eau d'irrigation est salée ($C_{ew} > 1,5$ mmhos/cm)
- Le sol à une tendance saline ($C_{es} > 4$ mmhos/cm)

On distingue deux types de lessivage :

- Lessivage capital (ou initial) ; il consiste à ramener une grande quantité d'eau pour lessiver le sol.
- Lessivage continue (ou lessivage d'entretien) ; contrairement à celui capital, ce type consiste à ramener de l'eau sous forme de doses supplémentaires avec ceux d'irrigation et c'est type de lessivage que nous allons étudier dans notre projet.

- Cas des doses de lessivage :

En utilisant la formule de RHOADS (Leaching Requirement)

$$V = \frac{ETM}{1-LR} \quad \text{et :} \quad LR = \frac{C_{eiw}}{5C_{es} - C_{eiw}}$$

Avec :

- V : volume de lessivage y compris la dose d'arrosage.
- ETM : évapotranspiration maximale.
- LR : Leaching Requirement
- C_{eiw} : conductivité électrique de l'eau d'irrigation du barrage de Guergar = 1,09mmhos/cm. (Résultats d'analyse en 2008).
- C_{es} : conductivité électrique de l'extrait de pate saturée du sol
 $C_{es} = (4 \div 8)$ mmhos/ cm
- $C_{es} = 7$ mmhos/ cm $\Rightarrow LR = \frac{1,09}{(5 \times 7) - 1,09} = 0,032$
- On a $ETM = ET_0 \times K$ et $ET_0 = 4,12$ mm/jour (pour le mois de pointe)
 D'autre part : la céréale $\Rightarrow K = 1,2 \Rightarrow ETM = 4,12 \times 1,2 = 4,94$ mm/j
 $\Rightarrow ETM = 148,2$ mm/mois

$$D'où : V = \frac{148,2}{1-0,032} = 153,09 \text{ mm donc :}$$

$$\text{Besoin de lessivage} = 153,09 - 148,09 = 3,6 \text{ mm/mois ;}$$

$$\text{Ce qui nous donne : } q_c = 5 \text{ mm/mois}$$

$$\Rightarrow q_c = 0,16 \text{ mm/jour}$$

$$\Rightarrow q_c = 0,019 \text{ l/s/ha}$$

On constate que les besoins de lessivage sont assez faible et peuvent être négligés, c'est-à-dire que les pertes par percolation dues à la mauvaise efficacité du réseau d'irrigation peuvent assurer le lessivage des sels dans ce cas là, se qui nous ramène à ne pas envisager le lessivage d'entretien.

Cependant, il est à prévoir un lessivage capital (ou initial) en fin de campagne d'irrigation.

Récapitulatif :

Tableau VI.2 : différentes valeurs de q_c :

Régime de calcul	R .P sans stockage	R.P avec stockage	R .V	lessivage
q_c (mm /jr)	4,75	2,1	5	0,16

VI.8 Calcul des écartements des drains "E" :

Les différentes méthodes peuvent faire intervenir soit l'un ou tous les facteurs suivants:

- Les sols (profondeur, conductivité hydraulique, porosité...)
- Régime d'écoulement (permanant ou variable).
- Les cultures projetées.

Pour cela on aura la :

- Méthode proposée par **Hooghoutt** au régime permanent.
- Méthode proposée par **Glover - Dum** au régime variable.

- La formule de Hooghoutt : (régime permanent)
 - Cas ou les drains repose sur la couche imperméable:

$$E^2 = \frac{4 \times h_c^2 \times k}{q_c}$$

Avec :

E : Ecartement des drains en (m).

k : Conductivité hydraulique du sol (en m/j).

h_c : Hauteur critique (en m).

q_c : Débit caractéristique (en mm.10⁻³).

- Cas ou les drains ne repose pas sur la couche imperméable:

$$E^2 = \frac{4 \times h_c^2 \times k_s + 8 \times k_i \times d \times h_c}{q_c}$$

Avec :

E : Ecartement des drains en (m).

K_s : Conductivité hydraulique du sol en dessous des drains (en m/j).

K_i : Conductivité hydraulique du sol au dessus des drains (en m/j).

d : Profondeur effective de l'imperméable par rapport au niveau des drains (en m).

h_c : Hauteur critique (en m).

q_c : Débit caractéristique (en mm.10⁻³).

- La formule de Glover - Dum :(régime variable)

$$\left. \begin{aligned} \frac{h_t}{h_0} &= 1.16 \times e^{-\alpha.t} \\ \alpha &= \frac{10 \times k \times d}{\mu \times t^2} \end{aligned} \right\} E^2 = \frac{10 \times k \times d \times t}{\mu} \left[\ln\left(1.16 \cdot \frac{h_0}{h_t}\right) \right]^{-1}$$

Avec:

E : Ecartement des drains en (m);

k : Conductivité hydraulique du sol (en m/j);

μ : Porosité de drainage (en %);

d : Profondeur effective de l'imperméable par rapport au niveau des drains (en m);

t : Temps (en jr);

h_0 : Niveau initial de la nappe (en m);

h_t : Niveau de la nappe au temps t (en jr);

α : Facteur de réaction (en j^{-1})

q_c : Débit caractéristique (en $mm \cdot 10^{-3}$).

❖ Choix de la profondeur des drains :

Le coût d'installation et de l'entretien d'un système de drainage par tuyaux enterrés horizontaux est étroitement lié à la profondeur des drains choisie. Les profondeurs de drains sont comprises entre **1** et environ **2m**. Du point de vue hydraulique, une augmentation de la

profondeur de drainage conduit à l'augmentation des écartements, et à la réduction proportionnelle des linéaires de drains. L'augmentation de la profondeur des drains nécessite cependant la construction d'émissaires plus profonds et plus coûteux, ou parfois la construction de stations de relevage ; l'entretien de ces émissaires est également plus difficile et plus onéreux.

Un compromis entre profondeur et coût du drainage est en conséquence à trouver en fonction des contraintes techniques et économique locales.

❖ **Résultats et calculs :**

Pour tous les calculs qui suivent, on prendra le débit maximal, donc celui du régime permanent en sans tenant compte le stockage : $q_c = 4,75 \text{ mm/jr}$.

Vu la pédologie de cette zone, on optera pour des drains reposants à l'interface des deux horizons ;

En régime permanent:

- Les drains reposent à l'interface des deux horizons ;

Donc on utilise la formule:

$$E^2 = \frac{4 \times h_c^2 \times k_s + 8 \times k_i \times d \times h_c}{q_c}$$

Avec:

E : Ecartement des drains en (m).

K_s : Conductivité hydraulique du sol en dessous des drains (en m/j).

K_i : Conductivité hydraulique du sol au dessus des drains (en m/j).

d : Profondeur effective de l'imperméable par rapport au niveau des drains (en m).

h_c : Hauteur critique (en m).

q_c : Débit caractéristique (en $\text{mm} \cdot 10^{-3}$).

$$- q_c = 4,75 \text{ mm/jr}$$

$$- \text{Pour les céréales } h_{\text{opp}} = 0,7 \text{ m} \Rightarrow h_c = 0,3 \text{ m}$$

$$\Rightarrow E^2 = \frac{4 \times (0,3)^2 \times 0,8}{4,75 \cdot 10^{-3}} + \frac{8 \times 0,7 \times 0,3 \times d}{4,75 \cdot 10^{-3}} = 60 + 354 d$$

D : profondeur équivalente du substratum imperméable $\Rightarrow D = 4 \text{ m}$

D'après le graphe : $\Rightarrow E = 23 \text{ m}$

On remarque que l'espacement entre les drains est entre les valeurs normalisé (20/25) alors on choisit $E = 25 \text{ m}$

Introduction :

Le calcul hydraulique d'un réseau de drainage consiste à dimensionner les conduites et les ouvrages de ce dernier tout en respectant les normes d'écoulement.

VII.1 Conception du réseau :

La conception d'un réseau de drainage est la concrétisation de tous les éléments constituant les branches de ce dernier sur un schéma global.

Les collecteurs et drains sont définis par leur :

- Emplacement (en plan).
- Diamètre (intérieur et extérieur).
- Profondeur
- Pente
- Leur joints et confection
- Diamètre des drains

VII.2 Mode de calcul :

Avant de procéder au calcul hydraulique du réseau d'assainissement en gravitaire, on considère l'hypothèse suivante :

- L'écoulement est à surface libre, le gradient hydraulique de perte de charge est égale à la pente du radier
- La perte de charge engendrée est une énergie potentielle égale à la différence des cotes du plan d'eau en amont et en aval.

A cet égard, nous avons suivi les étapes suivantes pour faciliter les taches du dimensionnement du réseau.

VII.3 Calcul des diamètres des drains "d" :**VII.3.1. Pour le régime uniforme :**

- Formule de DARCY – VEIBECH :

$$Q = 50 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites lisses.}$$

- Formule de CHEZY- MANNING :

$$Q = 22 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites ondulées.}$$

➤ **Pour le régime non uniforme**

- Formule de DARCY – VEIBECH :

$$Q = 89 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites lisses.}$$

- Formule de CHEZY- MANNING :

$$Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites ondulées.}$$

Avec :

Q : Débit de projet (en m³/s);

d : Diamètre du drain (en m);

i : La pente du drain (en %).

La pente du drain est celle du terrain naturel, elle devra être ≥1% avec un approfondissement en cas de besoin.

Les drains agricoles seront des tuyaux annelés perforés, d'un diamètre nominal (diamètre inférieur, hors gorges) de 44, 58, 72 et 91 mm. Pour le choix du diamètre du projet on adopte la règle suivante :

Tableau VII-1 : Valeurs normalisées des drains annelés perforés

diamètres en mm a/b	longueur des rouleaux en m
44/50	200et250
58/65	150et200
72/80	100et150
91/100	50et100

Source : Cours de 5^{ème} année irrigation et drainage

Avec :

a : diamètre intérieur

b : diamètre extérieur

- ✓ Le débit en extrémité de drain est fonction de la surface drainée,

$$Q = q_c \cdot E \cdot L$$

Avec :

q_c : débit caractéristique en l/s/ha

L : longueur du drain en mètre

E : Ecartement en mètre

VII .3.2.Calcul du diamètre des drains :

- ❖ D'après CHEZY – MANING on a : $Q = 22 \times d^{2,67} \times i^{0,50}$ (conduite ondulée). En pratique, on admet généralement une pente $i = 0,10\%$ pour les drains et une chute

de rendement de 50% c'est-à-dire : $Q_{proj} = \frac{Q_{cal}}{0,5}$

- ❖ D'autre part : $Q_{cal} = q_c \times S$

- ❖ Ou : S : la surface à drainer

- ❖ $S = E \times L$

- ❖ E : étant l'écartement entre les drains et L la longueur du drain.

- ❖ Q_{proj} En m^3 / s

- ❖ $d = \left[\frac{Q_{proj}}{22 \times i^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}}$

VII.3.3.Résultats du calcul diamètres des drains :

- ❖ Les résultats du calcul diamètres des drains représenté dans l'annexe

- 1- Diamètre pour le collecteur C1 varié entre (39,25 et 66,813) mm alors d'après le Tableau VII-1 on prend le diamètre normalisé (44/50 et 72/80) mm.
- 2- Diamètre pour le collecteur C2 varié entre (37,532 et 50,93) mm alors la valeur normalisée est (44/50 et 58/65) mm.
- 3- Diamètre pour le collecteur C3 varié entre (47,032 59,349) mm alors la valeur normalisée est (58/65 et 72/80) mm.
- 4- Diamètre pour le collecteur C4 varié entre (34,003 61,863) mm alors la valeur normalisée est (44/50 et 72/80) mm.

- 5- Diamètre pour le collecteur C5 varié entre (29,613 61,863) mm alors la valeur normalisée est (44/50 et 72/80) mm.

VII.4 Calcul du diamètre des collecteurs:

Pour les collecteurs, la pente est sensiblement supérieure à celle des drains mais pas assez pour pouvoir se jeter dans l'émissaire, on admettra une pente $i = 0,25\%$ et une chute de rendement de 25% c'est-à-dire :

$$Q_{proj} = \frac{Q_{cal}}{0,75}$$

$$Q_{cal} = Q_{cal, drain} \times N \quad \text{où :}$$

$Q_{cal, drain}$: Débit véhiculé par un drain.

Pour les collecteurs la formule sera de DARCY – WEIBECH :

$$Q = 50 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \quad (\text{Pour les conduites lisses}).$$

$$\Rightarrow Q = 50 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \Rightarrow d = \left[\frac{Q_{proj}}{50 \times i^{0,57}} \right]^{\frac{1}{2,71}}$$

VII.4.1. Résultats du calcul diamètres des collecteurs :

Tableau VII-2: Résultats du calcul diamètres des collecteurs C1 C2 C3 C4 et C5 :

Collecteur C ₁	Diamètre (mm)	Diamètre normalisé (mm)
C ₁₋₁	118,71	150
C ₁₋₂	149,96	150

Collecteur C ₂	Diamètre (mm)	Diamètre normalisé (mm)
C ₂₋₁	72,82	100
C ₂₋₂	102,476	150
C ₂₋₃	133,265	150
C ₂₋₄	147,81	150
C ₂₋₅	166,98	200
C ₂₋₆	177,82	200

Collecteur C ₃	Diamètre (mm)	Diamètre normalisé (mm)
C ₃₋₂	83,14	100
C ₃₋₃	98,66	100
C ₃₋₄	117,38	150
C ₃₋₁₋₁	74,72	100
C ₃₋₁₋₂	86,103	100
C ₃₋₁₋₃	87,95	100
C ₃₋₅	156,85	200
C ₃₋₁₋₄	80,46	100
C ₃₋₁₋₅	96,49	100
C ₃₋₆	186,131	200
C ₃₋₇	202,72	200
C ₃₋₈	215,282	200
C ₃₋₁₋₉	74,72	100
C ₃₋₁₋₁₀	68,103	100
C ₃₋₉	229,449	300

Collecteur C ₄	Diamètre (mm)	Diamètre normalisé (mm)
C ₄₋₁	109,79	150
C ₄₋₂	134,97	150

Collecteur C ₅	Diamètre (mm)	Diamètre normalisé (mm)
C ₅₋₁₋₁	95,85	100
C ₅₋₁₋₂	137,54	150
C ₅₋₁₋₃	155,464	200
C ₅₋₁	117,51	150
C ₅₋₂	202,95	200
C ₅₋₃	216,94	300

Tableau VII-3: Résultats du calcul des débits C1 C2 C3 C4 et C5 :

Collecteur	Débits m ³ /s	Débits l/s
C ₁	1,31. 10 ⁻²	13,1
C ₂	0,02074	20,74
C ₃	0,04139	41,39
C ₄	0,00923	9,23
C ₅	0,03341	33,41
	Sous-total	117,87

Le débit trouvé dans la zone **VIII-RGS** 117,87 l/s est celle que le débit de l'ancien réseau 119,44 l/s, alors le réseau est bien dimensionné.

Conclusion :

Ce chapitre nous à permis de calculer les paramètres hydrauliques des drains (débit et diamètre), Le diamètre des drains est généralement égale à 250mm, le débit est en fonction de l'écartement et la longueur des drains.

Le débit est en fonction du nombre de drains raccordés et le matériau utilisé dans ce cas le PVC.

VII. Entretien et pérennité des systèmes de drainage :

L'entretien des réseaux de drainage ne reçoit pas toute l'attention qu'il mérite. Pour une raison simple; le drainage est perçu comme moins crucial que l'irrigation, les eaux de drainage sont généralement de piètre qualité car, à la suite de leur passage dans le sol, elles s'enrichissent en sels, en nutriments et en éléments minéraux ou organiques à l'état de traces.

Deux autres aspects conduisent à négliger l'entretien :

- L'influence de l'entretien du réseau sur les performances du système n'est pas immédiatement perceptible ;
- Les gestionnaires du périmètre trouvent plus facilement des crédits pour réaliser des équipements que pour les entretenir.

VII.1. Apprécier les besoins, évaluer la performance :

Vu les faibles vitesses de l'eau et les faibles tirants d'eau dans les fossés de drainage, ces derniers sont rapidement envahis par la végétation qui réduit les capacités d'écoulement. La dégradation des berges des fossés et des canaux peut être accentuée lorsque les eaux de drainage sont utilisées, notamment pour abreuver le bétail.

Il existe peu de données fiables sur l'influence de l'entretien du système de drainage sur les performances des périmètres irrigués. Les programmes d'entretien sont souvent établis en fonction des disponibilités financières des gestionnaires.

Deux situations doivent être distinguées :

- Celle de périmètres où le drainage sert au contrôle de la salinité ; dans ce cas l'appréciation de l'efficacité du drainage donne un bilan de sels réalisable par une mesure, à l'exutoire du système de drainage, des débits et de la salinité ; la masse de sels évacuée doit compenser les apports moyens par irrigation ;
- Celle de périmètres où le drainage sert au contrôle d'excès d'eau liés aux précipitations.

VII.2. Méthodes d'entretien des canaux et fossés :

L'entretien des fossés et canaux repose sur la combinaison de trois types de méthodes : mécaniques, chimiques et biologiques.

VII.2.A. Les méthodes mécaniques :

Ces méthodes sont les plus courantes, elles consistent en faucardage et curage des fossés au moyen de machines réalisant soit une coupe, soit un arrachage mécanique de végétation. Le curage qui induit un arrachage des racines a une plus grande efficacité que le simple faucardage. La mise en œuvre de ces méthodes est toute fois coûteuse.

VII.2.B. Les méthodes chimiques :

Elles consistent à contrôler le développement de la végétation par application d'herbicides. Ces méthodes doivent être appliquées avec prudence, en raison de leurs éventuels impacts sur l'environnement et la santé, tout particulièrement efficaces si les eaux de drainages sont réutilisées. Elles sont particulièrement efficaces lorsqu'elles sont régulièrement appliquées (Brabben, 1993). La quantité d'herbicide mise en œuvre pour maintenir un faible pourcentage de végétation acceptable (de l'ordre de 5 % de couverture végétale) est en effet plus faible que pour des traitements d'urgences.

VII.2.C. Les méthodes biologiques :

Utilisent des animaux pour contrôler la croissance des végétations. Des carpes chinoises, des manattes sont utilisés à cet effet en divers endroit du globe. Ces méthodes s'appliquent principalement aux grands canaux de drainage car ces espèces ont besoin d'apports d'eau réguliers et de quantités d'eau importantes.

VII.3. Méthodes d'entretien des réseaux enterrés :

Des inspections régulières des réseaux de drainage enterrés sont nécessaires, tout particulièrement aux points névralgiques que sont les bouches de décharges. Les regards doivent également être visités : ils sont généralement placés en des points importants du réseau comme les jonctions ou les changements de diamètre des tuyaux.

Au besoin, des nettoyages sous pression des drains enterrés peuvent être réalisés. Cette pratique ne devrait toute fois pas être systématique car elle présente le risque de déstabiliser le sol au voisinage du tuyau.

VII.4. Retour sur la conception :

Vu les difficultés de mise en œuvre des programmes d'entretien, une réflexion s'impose sur l'influence de la conception sur les coûts d'entretien. La profondeur du système drainant est le point essentiel à examiner. Elle influe en effet sur la largeur des

fossés et canaux et donc sur les vitesses de dégradation et les coûts d'entretien. Largeur et profondeur influent sur les tirants d'eau et donc sur les vitesses. De faibles tirants d'eau et de faibles vitesses facilitent la croissance des végétaux et augmentent les vitesses de sédimentation dans les canaux.

VII.5. Réutilisation des rejets des eaux de drainage :

Que faire des eaux de drainage ? Ce problème se pose avec acuité en périmètres irrigués dans lesquels les eaux de drainage présentent souvent des concentrations élevées en sels. Dans certaines situations, la qualité des eaux de drainage permet sa réutilisation pour l'irrigation ; différentes stratégies de réutilisation sont envisageables. Cependant, dans de nombreux autres cas, les effluents sont trop salés ou trop pollués pour envisager cette solution.

Il n'est en outre économiquement pas possible de déssaliniser d'importants volumes d'eau pour l'agriculture. Il est alors essentiel de prévoir le rejet des eaux de drainage vers des exutoires qui permettent d'éviter la réintroduction des sels dans le système aquifère.

VII.6. Potentialités et stratégies de réutilisation :

Lorsqu'elles ne sont pas trop salées (moins d'environ 6 g /l de sels dissous au total) ou trop polluées, la réutilisation des eaux de drainage pour l'irrigation est sans doute la solution la plus intéressante au problème du devenir des eaux de drainage. Cette solution présente un double intérêt :

- La réduction des besoins en eau d'irrigation dans les nombreuses régions où les ressources en eau sont limitées.
- La réduction des volumes des réseaux de drainage et les problèmes de rejet.

Pour utiliser conjointement de l'eau de drainage, salée et de l'eau d'origine différentes généralement une eau de surface, **deux techniques sont envisageables** : l'utilisation cyclique ou l'utilisation simultanée des deux eaux mixées préalablement (Grattan and Rhoades, 1990).

❖ La stratégie cyclique :

Implique une utilisation alternée des deux eaux. L'eau de bonne qualité est réservée soit à des cultures sensibles soit à uniquement certains stades de développement de la plante ou sa sensibilité à la salinité est accrue : l'eau de drainage est utilisée pour les cultures de nature plus résistante ou aux derniers stades de développement des cultures.

Cependant, les moments de disponibilités des deux types d'eau ne coïncident pas forcément aux moments où la plante en a besoin. Cette contrainte peut impliquer la nécessité de stocker l'eau. En l'absence de zones de stockage naturelles, la construction de réservoirs peut être envisagée, mais cette solution est coûteuse.

❖ **La stratégie du mélange des eaux :**

Consiste à atteindre une eau de qualité acceptable pour l'agriculture. La technique utilisée peut consister à simplement rejeter les eaux de drainage dans les eaux de surface, ce qui ne permet pas le contrôle de la salinité du mélange ; ce contrôle nécessite la construction de dispositifs qui permettent de mixer et de stocker les eaux.

La stratégie du mélange sera généralement utilisée au niveau du gestionnaire puisqu'elle nécessite la gestion des volumes d'eau importants. L'application cyclique, plus souple, sera préférée au niveau de l'agriculteur. Ces types de méthodes comportent cependant des risques à plus au moins long terme doivent être entreprises avec précautions. Les effets de ces stratégies doivent être au préalable testés sur de longues périodes dans des expérimentations au champ dans les conditions locales.

VII.7.Rejet des eaux de drainage :

Des problèmes de salinisation de l'aquifères par les eaux de drainage sont apparus dans de nombreux périmètres irrigués, faute de précautions, suffisantes concernant le rejet de ces eaux (Smedema.1993). En effet, la solution couramment pratiquée est le rejet des eaux de drainage dans le réseau hydromorphique, mettant en péril l'écologie à l'aval du périmètre et causant des problèmes de santé publique.

Peu de solutions fiables sont cependant disponibles pour rejeter les eaux de drainage dans de bonnes conditions. La meilleure solution consiste à rejeter les eaux à la mer par des canaux spécifiques. Elle n'est réalisable que lorsque le périmètre n'est pas trop éloigné d'une cote. Les zones humides peuvent éventuellement constituer un exutoire avec cependant un risque de perturbation de leur écosystème ; des normes de qualité des eaux doivent en conséquence être établies avant d'envisager le recours à cette pratique.

La construction de bassins d'évaporation peut être recommandée si aucune autre solution n'est possible ; ils présentent également des risques vis-à-vis de la nappe et de l'environnement.

Notons également l'existence de puits d'injection profonde pour évacuer les eaux de drainage. Cette solution est cependant probablement trop onéreuse dans la plupart des cas. Elle n'est, de plus, applicable que lorsque l'eau de drainage est suffisamment de bonne qualité pour éviter la pollution des nappes.

De toutes les solutions techniques possibles pour évacuer les eaux de drainage, aucune n'est exempte de risques à une échelle plus large que le périmètre. Il est en conséquence indispensable de réaliser des études d'impact afin d'en évaluer les conséquences à long terme.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre travail, a consisté à diagnostiquer un réseau de drainage et d'assainissement sur le périmètre irrigué du bas Chéiff. Ce réseau a pour rôle, l'évacuation des eaux excédentaires, mais surtout, une amélioration du degré de salinité des sols.

Les défauts les plus faciles à détecter sont, généralement, ceux qui affectent des zones où l'écoulement peut être aisément observé, c'est-à-dire à la surface du sol ou après l'entrée de l'eau dans le drain. Pour les défauts liés au sol, il est important d'avoir une idée précise du schéma d'écoulement de l'eau ; ainsi, suivant les cas, la tranchée de drainage sera ou ne sera pas une zone sensible pour le fonctionnement du drainage.

Même si les techniques classiques de drainage ne sont pas forcément à même de régler ces problèmes, ces derniers constituent bien une alternative en matière de contrôle de la salinité et de durabilité des systèmes irrigués.

Pour qu'un réseau de drainage souterrain soit efficace longtemps et ait le moins de répercussions possible sur l'environnement, on doit l'exploiter convenablement et le soumettre à des inspections et à des opérations d'entretien suivies.

L'évaluation du fonctionnement des réseaux de drainage est la démarche indispensable à l'identification des questions non résolues qui doivent faire l'objet de recherches.

Il sera fait ci-après une tentative d'examiner les différents moyens existants et permettant de développer cette expertise. Un des éléments clés dans cette approche reste indubitablement l'élaboration et la mise en œuvre de programmes scientifiques (études, recherche, expérimentations, etc...), en vue d'acquérir des référentiels basés sur une bonne compréhension des phénomènes en question qu'il faut étudier, analyser, suivre et évaluer au niveau des stations expérimentales dont dispose le secteur et au niveau de certaines exploitations de référence à travers les différentes zones naturelles du pays.

BIBLIOGRAPHIE:

- AZIEZ, A**, Cours d'irrigation 4^{ème} année (E.N.S.H), Blida.
- Bahbouh, L.S**, Cours d'irrigation et drainage 5^{ème} année (E.N.S.H), Blida.

- DONNEEN I.d.** Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, technique d'irrigation et gestion des eaux .1972

- AVERS.R.S.WESTEOT D.W.** qualité de l'eau d'irrigation, bulletin de la FAO n°29 (Rome Italie). **1983**

- Documentation **ORLAC**.

- Rene Léonce** - Hydraulique agricole.(1975)
- Mr. Douaoui 2006** (PDF. La salinisation dans la plaine du Bas-Cheliff)
- Office nationale d'irrigation-drainage (ONID)**

ANNEXE

❖ **Annexe N°1 : Résultats du calcul diamètres des drains pour le collecteur C1**

Drains	Longueur	S=E*L	Q _{cal} m ³ /J	Q _{cal} m ³ /s	Q _{cal} l/s	Q _{proj}	d	d mm
D1	39,14	978,5	4,65	5,38E-05	5,379E-02	1,08E-04	0,0392	39,252
D2	56,41	1410,25	6,70	7,75E-05	7,753E-02	1,55E-04	0,0449	44,920
D3	112,83	2820,75	13,40	1,55E-04	1,551E-01	3,10E-04	0,0580	58,0145
D4	133,38	3334,5	15,84	1,83E-04	1,833E-01	3,67E-04	0,0617	61,709
D5	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D6	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D7	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D8	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D9	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D10	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,06684	66,813
D11	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0664	66,813
D12	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D13	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D14	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D15	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D16	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D17	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D18	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D19	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D20	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D21	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D22	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D23	75,17	1879,25	8,93	1,03E-04	1,033E-01	2,07E-04	0,0499	49,940
D24	28,76	719	3,42	3,95E-05	3,953E-02	7,91E-05	0,0350	35,033
D25	132,16	3304	15,69	1,82E-04	1,816E-01	3,63E-04	0,0615	61,500
D26	132,16	3304	15,69	1,82E-04	1,816E-01	3,63E-04	0,0615	61,500
D27	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D28	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D29	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0661	66,813
D30	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D31	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D32	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D33	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D34	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D35	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813

D36	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D37	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D38	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D38	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D39	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D40	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D41	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D42	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D43	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D44	165,43	4135,75	19,64	2,27E-04	2,274E-01	4,55E-04	0,0668	66,813
D45	133,28	3332	15,83	1,83E-04	1,832E-01	3,66E-04	0,0616	61,692
D46	112,83	2820,75	13,40	1,55E-04	1,551E-01	3,10E-04	0,0580	58,014
D47	56,41	1410,25	6,70	7,75E-05	7,753E-02	1,55E-04	0,0449	44,920

❖ **Annexe N°2: Résultats du calcul diamètres des drains pour le collecteur C2**

Drains	Longueur	S=E*L	Q _{cal} m ³ /J	Q _{cal} m ³ /s	Q _{cal} l/s	Q _{proj}	d	d mm
D1	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D2	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D3	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D4	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D5	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D6	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D7	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D8	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D9	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D10	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D11	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D12	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D13	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D14	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D15	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D16	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D17	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D18	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D19	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D20	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D21	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D22	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D23	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D24	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D25	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D26	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903

D27	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D28	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D29	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D30	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D31	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D32	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D33	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D34	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D35	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D36	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D37	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D38	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D38	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D39	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D40	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D41	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D42	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D43	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D44	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D45	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D46	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D47	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D48	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D49	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D50	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D51	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D52	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D53	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D54	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D55	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D56	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D57	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D58	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D59	13,37	334,25	1,59	0,00002	0,018	0,00004	0,023	23,238
D60	21,81	545,25	2,59	0,00003	0,030	0,00006	0,028	27,837
D61	34,06	851,5	4,04	0,00005	0,047	0,00009	0,033	32,813
D62	39,93	998,25	4,74	0,00005	0,055	0,00011	0,035	34,796
D63	49,02	1225,5	5,82	0,00007	0,067	0,00013	0,038	37,532
D64	49,02	1225,5	5,82	0,00007	0,067	0,00013	0,038	37,532
D65	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D66	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D67	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D68	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D69	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D70	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D71	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D72	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D73	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D74	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D75	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903

D76	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D77	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D78	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D79	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D80	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D81	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D82	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D83	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D84	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D85	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D86	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D87	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D88	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D89	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D90	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D91	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D92	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D93	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D94	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D95	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D96	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D97	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D98	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D99	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D100	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D101	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D102	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D103	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D104	111,95	2798,75	13,29	0,00015	0,154	0,00031	0,051	50,903
D105	92,24	2306	10,95	0,00013	0,127	0,00025	0,047	47,392
D106	73,26	1831,5	8,70	0,00010	0,101	0,00020	0,044	43,530
D107	54,45	1361,25	6,47	0,00007	0,075	0,00015	0,039	39,015
D108	34,95	873,75	4,15	0,00005	0,048	0,00010	0,033	33,127

❖ **Annexe N°3: Résultats du calcul diamètres des drains pour le collecteur C 3**

Drains	Longueur	S=E*L	Q _{cal} m ₃ /J	Q _{cal} m ³ /s	Q _{cal} l/s	Q _{proj}	d m	d mm
D1	63,89	1597,25	7,587	0,00009	0,088	0,00018	0,047	47,032
D2	63,89	1597,25	7,587	0,00009	0,088	0,00018	0,047	47,032
D3	63,89	1597,25	7,587	0,00009	0,088	0,00018	0,047	47,032
D4	63,89	1597,25	7,587	0,00009	0,088	0,00018	0,047	47,032
D5	63,89	1597,25	7,587	0,00009	0,088	0,00018	0,047	47,032
D6	63,89	1597,25	7,587	0,00009	0,088	0,00018	0,047	47,032
D7	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D8	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D9	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D10	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D11	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D12	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D13	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D14	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D15	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D16	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D17	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D18	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D19	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D20	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D21	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D22	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D23	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D24	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D25	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D26	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D27	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D28	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D29	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D30	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D31	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D32	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D33	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D34	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D35	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719
D36	106,13	2653,25	12,603	0,00015	0,146	0,00029	0,057	56,719

D157	120	3000	14,250	0,00016	0,165	0,00033	0,059	59,349
D158	120	3000	14,250	0,00016	0,165	0,00033	0,059	59,349
D159	100,45	2511,25	11,928	0,00014	0,138	0,00028	0,056	55,579
D160	87,03	2175,75	10,335	0,00012	0,120	0,00024	0,053	52,715
D161	80,39	2009,75	9,546	0,00011	0,110	0,00022	0,051	51,193
D162	65	1625	7,719	0,00009	0,089	0,00018	0,047	47,332
D163	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D164	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D165	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D166	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D167	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D168	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D169	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D170	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D171	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D172	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D173	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D174	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D175	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D176	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D177	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D178	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D179	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D180	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D181	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D182	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D183	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D184	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D185	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D186	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D187	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D188	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D189	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D190	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D191	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D192	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D193	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D194	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D195	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D196	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081

D197	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D198	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D199	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D200	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D201	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D202	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D203	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D204	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D205	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D206	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D207	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D208	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D209	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D210	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D211	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081
D212	98,03	2450,75	11,641	0,00013	0,135	0,00027	0,055	55,081

❖ **Annexe N°4: Résultats du calcul diamètres des drains pour le collecteur C 4**

Drains	Longueur	S=E*L m ₂	Q _{cal} m ₃ /J	Q _{cal} m ³ /s	Q _{cal} l/s	Q _{proj}	d m	d mm
D1	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D2	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D3	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D4	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D5	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D6	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D7	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D8	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D9	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D10	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D11	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D12	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D13	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D14	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D15	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D16	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D17	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D18	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D19	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D20	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D21	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D22	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D23	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D24	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D25	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D26	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D27	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D28	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D29	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D30	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D31	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D32	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D33	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D34	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D35	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D36	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D37	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D38	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D39	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D40	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
D41	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460

D42	120	3000	14,25	0,000165	0,1649	0,0003	0,048	48,460
-----	-----	------	-------	----------	--------	--------	-------	--------

❖ **Annexe N^o4: Résultats du calcul diamètres des drains pour le collecteur C 5**

Drains	Longueur	S=E*L	Qcal m3/J	Qcal m3/s	Qcal l/s	Qproj	d m	d mm
D1	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D2	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D3	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D4	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D5	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D6	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D7	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D8	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D9	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D10	37,51	937,75	4,4543	0,00005	0,052	0,00010	0,034	34,003
D11	53,99	1349,75	6,4113	0,00007	0,074	0,00015	0,039	38,893
D12	101,91	2547,75	12,101	0,00014	0,140	0,00028	0,049	49,168
D13	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D14	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D15	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D16	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D17	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D18	120	3000	14,25	0,00016	0,165	0,00033	0,052	52,224
D19	42,62	1065,5	5,0611	0,00006	0,059	0,00012	0,036	35,643
D20	87,54	2188,5	10,3953	0,00012	0,120	0,00024	0,046	46,486
D21	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D22	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D23	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D24	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D25	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D26	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D27	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D28	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D29	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D30	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D31	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D32	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D33	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D34	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D35	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D36	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D37	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D38	180	4500	21,375	0,00025	0,247	0,00049	0,061	60,652
D39	39,47	986,75	4,6870	0,00005	0,054	0,00011	0,035	34,648
D40	48,57	1214,25	5,7676	0,00007	0,067	0,00013	0,037	37,404
D41	60	1500	7,125	0,00008	0,082	0,00016	0,040	40,438
D42	60	1500	7,125	0,00008	0,082	0,00016	0,040	40,438

D43	90	2250	10,687	0,00012	0,124	0,00025	0,047	46,964
D44	90	2250	10,687	0,00012	0,124	0,00025	0,047	46,964
D45	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D46	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D47	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D48	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D49	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D50	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D51	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D52	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D53	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D54	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D55	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D56	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D57	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D58	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D59	130	3250	15,437	0,00018	0,179	0,00036	0,054	53,789
D60	26,8	670	3,182	0,00004	0,037	0,00007	0,030	30,035
D61	45,08	1127	5,3532	0,00006	0,062	0,00012	0,036	36,389
D62	66,12	1653	7,8517	0,00009	0,091	0,00018	0,042	41,914
D63	79,9	1997,5	9,48812	0,00011	0,110	0,00022	0,045	44,946
D64	95,7	2392,5	11,3643	0,00013	0,132	0,00026	0,048	48,041
D65	110,56	2764	13,12	0,00015	0,152	0,00030	0,051	50,669
D66	189,9	4747,5	22,550	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D67	189,9	4747,5	22,550	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D68	189,9	4747,5	22,550	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D69	189,9	4747,5	22,550	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D70	189,9	4747,5	22,550	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D71	189,9	4747,5	22,550	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D72	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D73	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D74	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D75	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D76	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D77	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D78	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D79	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D80	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D81	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D82	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D83	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D84	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D85	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D86	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D87	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D88	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D89	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D90	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D91	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D92	31,89	797,25	3,78693	0,00004	0,044	0,00009	0,032	32,026

D93	47,21	1180,25	5,60618	0,00006	0,065	0,00013	0,037	37,014
D94	85,74	2143,5	10,1816	0,00012	0,118	0,00024	0,046	46,131
D95	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D96	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D97	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D98	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D99	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D100	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D101	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D102	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D103	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D104	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D105	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D106	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D107	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D108	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D109	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D110	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D111	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D112	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D113	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D114	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D115	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D116	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D117	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D118	189,9	4747,5	22,5506	0,00026	0,261	0,00052	0,062	61,863
D119	110,2	2755	13,086	0,00015	0,151	0,00030	0,051	50,608
D120	99,8	2495	11,851	0,00014	0,137	0,00027	0,049	48,790
D121	70,8	1770	8,4075	0,00010	0,097	0,00019	0,043	42,985
D122	50	1250	5,9375	0,00007	0,069	0,00014	0,038	37,807
D123	43,34	1083,5	5,1466	0,00006	0,060	0,00012	0,036	35,864
D124	25,79	644,75	3,06256	0,00004	0,035	0,00007	0,030	29,613

❖ Annexe N°6: Résultats du calcul diamètres des collecteurs C1

C1-1				
Drains	Q _{cal} m ³ /s	Q _{proj} m ³ /s	d _{col} m	d _{coll} mm
D1	5,38E-05	6,94E-03	0,11871857	118,718574
D2	7,75E-05			
D3	1,55E-04			
D4	1,83E-04			
D5	2,27E-04			
D6	2,27E-04			
D7	2,27E-04			
D8	2,27E-04			
D9	2,27E-04			
D10	2,27E-04			
D11	2,27E-04			
D12	2,27E-04			
D13	2,27E-04			
D36	2,27E-04			
D37	2,27E-04			
D38	2,27E-04			
D38	2,27E-04			
D39	2,27E-04			
D40	2,27E-04			
D41	2,27E-04			
D42	2,27E-04			
D43	2,27E-04			
D44	2,27E-04			
D45	1,83E-04			
D46	1,55E-04			
D47	7,75E-05			
	5,21E-03			

C1-2

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D14	2,27E-04	1,31E-02	0,1499602	149,960195
D15	2,27E-04			
D16	2,27E-04			
D17	2,27E-04			
D18	2,27E-04			
D19	2,27E-04			
D20	2,27E-04			
D21	2,27E-04			
D22	2,27E-04			
D23	1,03E-04			
D24	3,95E-05			
D25	1,82E-04			
D26	1,82E-04			
D27	2,27E-04			
D28	2,27E-04			
D29	2,27E-04			
D30	2,27E-04			
D31	2,27E-04			
D32	2,27E-04			
D33	2,27E-04			
D34	2,27E-04			
D35	2,27E-04			
	4,60E-03			
	9,80E-03			

Annexe N°7: Résultats du calcul diamètres des collecteurs C2 :

C2-1

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D1	0,00015387	0,0018464	0,07283063	72,8306256
D2	0,00015387			
D3	0,00015387			
D4	0,00015387			
D5	0,00015387			
D6	0,00015387			
D7	0,00015387			
D8	0,00015387			
D9	0,00015387			
	0,0013848			

C2-2

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D10	0,00015387	0,00621147	0,10247698	102,47698
D11	0,00015387			
D12	0,00015387			
D13	0,00015387			
D14	0,00015387			
D15	0,00015387			
D16	0,00015387			
D17	0,00015387			
D18	0,00015387			
D19	0,00015387			
D20	0,00015387			
D97	0,00015387			
D98	0,00015387			
D99	0,00015387			
D100	0,00015387			
D101	0,00015387			
D102	0,00015387			
D103	0,00015387			
D104	0,00015387			
D105	0,00012678			
D106	0,00010069			
D107	7,4837E-05			
D108	4,8036E-05			
	0,0032738			
	0,0046586			

C2-3

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D21	0,00015387	0,00949395	0,13326558	133,265581
D22	0,00015387			
D23	0,00015387			
D24	0,00015387			
D25	0,00015387			
D26	0,00015387			
D27	0,00015387			
D28	0,00015387			
D89	0,00015387			
D90	0,00015387			
D91	0,00015387			
D92	0,00015387			
D93	0,00015387			
D94	0,00015387			
D95	0,00015387			
D96	0,00015387			
	0,00246186			
	0,00712046			

C2-4

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D29	0,00015387	0,01257128	0,14781248	147,812476
D30	0,00015387			
D31	0,00015387			
D32	0,00015387			
D33	0,00015387			
D34	0,00015387			
D35	0,00015387			
D36	0,00015387			
D82	0,00015387			
D83	0,00015387			
D84	0,00015387			
D85	0,00015387			
D86	0,00015387			
D87	0,00015387			
D88	0,00015387			
	0,002308			
	0,00942846			

C2-5

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D37	0,00015387	0,01749501	0,16698419	166,984192
D38	0,00015387			
D38	0,00015387			
D39	0,00015387			
D40	0,00015387			
D41	0,00015387			
D42	0,00015387			
D43	0,00015387			
D44	0,00015387			
D45	0,00015387			
D46	0,00015387			
D47	0,00015387			
D70	0,00015387			
D71	0,00015387			
D72	0,00015387			
D73	0,00015387			
D74	0,00015387			
D75	0,00015387			
D76	0,00015387			
D77	0,00015387			
D78	0,00015387			
D79	0,00015387			
D80	0,00015387			
D81	0,00015387			
	0,0036928			
	0,01312126			

C2-6

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D49	0,00015387	0,02074691	0,17782623	177,826234
D50	0,00015387			
D51	0,00015387			
D52	0,00015387			
D53	0,00015387			
D54	0,00015387			
D55	0,00015387			
D56	0,00015387			
D57	0,00015387			
D58	0,00015387			
D59	1,8376E-05			
D60	2,9976E-05			
D61	4,6813E-05			
D62	5,4881E-05			
D63	6,7374E-05			
D64	6,7374E-05			
D65	0,00015387			
D66	0,00015387			
D67	0,00015387			

D68 0,00015387

0,00243892

0,01556018

Annexe N°8: Résultats du calcul diamètres des collecteurs C3 :

C3-2

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D1	0,00009	0,00186943	0,08314593	83,1459332
D2	0,00009			
D3	0,00009			
D4	0,00009			
D5	0,00009			
D6	0,00009			
D7	0,00015			
D8	0,00015			
D9	0,00015			
D10	0,00015			
D11	0,00015			
D12	0,00015			
	0,00140			

C3-3

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D13	0,00015	0,00420331	0,09866095	98,6609461
D14	0,00015			
D15	0,00015			
D16	0,00015			
D17	0,00015			
D18	0,00015			
D19	0,00015			
D20	0,00015			
D21	0,00015			
D22	0,00015			
D23	0,00015			
D24	0,00015			
	0,00175			
	0,00315			

C3-4

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D25	0,00015	0,00673168	0,11738633	117,386331
D26	0,00015			
D27	0,00015			
D28	0,00015			
D29	0,00015			
D30	0,00015			
D31	0,00015			
D32	0,00015			
D33	0,00015			
D34	0,00015			
D35	0,00015			
D36	0,00015			
D37	0,00015			
D38	0,00015			
	0,00190			

0,00505

C3-1-1

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D39	0,00016	0,00197917	0,07472089	74,720886
D40	0,00016			
D41	0,00016			
D42	0,00016			
D43	0,00016			
D44	0,00016			
D45	0,00016			
D46	0,00016			
D47	0,00016			
	0,00148			

C3-1-2

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D48	0,00016	0,00153935	0,06810323	68,1032314

D49	0,00016
D50	0,00016
D51	0,00016
D52	0,00016
D53	0,00016
D54	0,00016
	0,00115

C3-1-3

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D55	0,00016	0,0030787	0,08795242	87,9524187
D56	0,00016			
D57	0,00016			
D58	0,00016			
D59	0,00016			
D60	0,00016			
D61	0,00016			
D62	0,00016			
D63	0,00016			
D64	0,00016			
D65	0,00016			
D66	0,00016			
D67	0,00016			
D68	0,00016			
	0,00231			

C3-5

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D205	0,00013	0,01476607	0,15685514	156,855144
D206	0,00013			
D207	0,00013			
D208	0,00013			
D209	0,00013			
D210	0,00013			
D211	0,00013			
D212	0,00013			
	0,00108			
	0,01107			

C3-1-4

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D69	0,00016	0,00241898	0,08046378	80,4637822
D70	0,00016			
D71	0,00016			
D72	0,00016			
D73	0,00016			
D74	0,00016			
D75	0,00016			
D76	0,00016			
D77	0,00016			
D78	0,00016			
D79	0,00016			
	0,00181			

C3-1-5

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D80	0,00016	0,00395833	0,09649884	96,4988408
D81	0,00016			
D82	0,00016			
D83	0,00016			
D84	0,00016			
D85	0,00016			
D86	0,00016			
D87	0,00016			
D88	0,00016			
D89	0,00016			
D90	0,00016			
D91	0,00016			
D92	0,00016			
D93	0,00016			
D94	0,00016			
D95	0,00016			
D96	0,00016			
D97	0,00016			
	0,00297			

C3-6

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D192	0,00013	0,02347878	0,18613126	186,131257
D193	0,00013			
D194	0,00013			
D195	0,00013			
D196	0,00013			
D197	0,00013			
D198	0,00013			
D199	0,00013			
D200	0,00013			
D201	0,00013			
D202	0,00013			
D203	0,00013			
D204	0,00013			
	0,00175			
	0,01761			

C3-7

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D180	0,00013	0,02959287	0,20272535	202,725346
D181	0,00013			
D182	0,00013			
D183	0,00013			
D184	0,00013			
D185	0,00013			
D186	0,00013			
D187	0,00013			
D188	0,00013			
D189	0,00013			
D190	0,00013			
D191	0,00013			
	0,00162			
	0,02219			

C3-8

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D168	0,00013	0,03482732	0,21528241	215,28241
D169	0,00013			
D170	0,00013			
D171	0,00013			
D172	0,00013			
D173	0,00013			
D174	0,00013			
D175	0,00013			
D176	0,00013			
D177	0,00013			
D178	0,00013			
D179	0,00013			
	0,00162			
	0,02612			

C3-1-9

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D136	0,00016	0,00197917	0,07472089	74,720886
D137	0,00016			
D138	0,00016			
D139	0,00016			
D140	0,00016			
D141	0,00016			
D142	0,00016			
D143	0,00016			
D144	0,00016			
	0,00148			

C3-1-10

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D145	0,00016	0,00153935	0,06810323	68,1032314
D146	0,00016			
D147	0,00016			
D148	0,00016			
D149	0,00016			
D150	0,00016			
D151	0,00016			
	0,00115			

C3-9

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D152	0,00016	0,04139343	0,22944982	229,449818
D153	0,00016			
D154	0,00016			
D155	0,00016			
D156	0,00016			
D157	0,00016			
D158	0,00016			
D159	0,00014			
D160	0,00012			
D161	0,00011			
D162	0,00009			
D163	0,00013			
D164	0,00013			
D165	0,00013			
D166	0,00013			
D167	0,00013			
	0,00229			
	0,03105			

Annexe N°9: Résultats du calcul diamètres des collecteurs C4 :

C4-1

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D1	0,00016493	0,00527778	0,10979528	109,795285
D2	0,00016493			
D3	0,00016493			
D4	0,00016493			
D5	0,00016493			
D6	0,00016493			
D7	0,00016493			
D8	0,00016493			
D9	0,00016493			
D10	0,00016493			
D11	0,00016493			
D12	0,00016493			
D31	0,00016493			
D32	0,00016493			
D33	0,00016493			
D34	0,00016493			
D35	0,00016493			
D36	0,00016493			
D37	0,00016493			
D38	0,00016493			
D39	0,00016493			
D40	0,00016493			
D41	0,00016493			
D42	0,00016493			
	0,00395833			

C4-2

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D13	0,000165	0,00923611	0,13497854	134,978541
D14	0,000165			
D15	0,000165			
D16	0,000165			
D17	0,000165			
D18	0,000165			
D19	0,000165			
D20	0,000165			
D21	0,000165			
D22	0,000165			
D23	0,000165			
D24	0,000165			
D25	0,000165			
D26	0,000165			
D27	0,000165			
D28	0,000165			

D29	0,000165
D30	0,000165
	0,002969
	0,006927

Annexe N°10: Résultats du calcul diamètres des collecteurs C4 :

C5-1-1

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D1	0,00016	0,00365305	0,09585594	95,8559375
D2	0,00016			
D3	0,00016			
D4	0,00016			
D5	0,00016			
D6	0,00016			
D7	0,00016			
D8	0,00016			
D9	0,00016			
D10	0,00005			
D11	0,00007			
D12	0,00014			
D13	0,00016			
D14	0,00016			
D15	0,00016			
D16	0,00016			
D17	0,00016			
D18	0,00016			
	0,00274			

C5-1-2

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D19	0,00006	0,00971912	0,13754144	137,54144
D20	0,00012			
D21	0,00025			
D22	0,00025			
D23	0,00025			
D24	0,00025			
D25	0,00025			
D26	0,00025			
D27	0,00025			
D28	0,00025			
D29	0,00025			
D48	0,00018			
D49	0,00018			
D50	0,00018			
D51	0,00018			
D52	0,00018			
D53	0,00018			

D54	0,00018
D55	0,00018
D56	0,00018
D57	0,00018
D58	0,00018
D59	0,00018

0,00455

0,00729

C5-1-3

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D31	0,00025	0,01354558	0,15546498	155,464978
D32	0,00025			
D33	0,00025			
D34	0,00025			
D35	0,00025			
D36	0,00025			
D37	0,00025			
D38	0,00025			
D39	0,00005			
D40	0,00007			
D41	0,00008			
D42	0,00008			
D43	0,00012			
D44	0,00012			
D45	0,00018			
D46	0,00018			

0,00287

0,01016

C5-1

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D60	0,00004	0,00634535	0,11751829	117,518291
D61	0,00006			
D62	0,00009			
D63	0,00011			
D64	0,00013			
D65	0,00015			
D66	0,00026			
D67	0,00026			
D68	0,00026			
D69	0,00026			
D70	0,00026			
D71	0,00026			
D104	0,00026			
D105	0,00026			
D106	0,00026			

D107	0,00026
D108	0,00026
D109	0,00026
D110	0,00026
D111	0,00026
D112	0,00026
D113	0,00026

0,00476

C5-2

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D72	0,00026	0,02789502	0,20295444	202,95444
D73	0,00026			
D74	0,00026			
D75	0,00026			
D76	0,00026			
D77	0,00026			
D78	0,00026			
D79	0,00026			
D80	0,00026			
D81	0,00026			
D82	0,00026			
D101	0,00026			
D102	0,00026			
D103	0,00026			
D104	0,00026			
D105	0,00026			
D106	0,00026			
D107	0,00026			
D108	0,00026			
D109	0,00026			
D110	0,00026			
D111	0,00026			
D112	0,00026			

0,00600

0,02092

C5-3

Drains	Qcal m3/s	Qproj m3/s	dcol m	dcoll mm
D83	0,00026	0,03341715	0,21694215	216,942148
D84	0,00026			
D85	0,00026			
D86	0,00026			
D87	0,00026			
D88	0,00026			
D89	0,00026			
D90	0,00026			
D91	0,00026			
D92	0,00004			
D93	0,00006			
D94	0,00012			
D95	0,00026			
D96	0,00026			
D97	0,00026			
D98	0,00026			
D99	0,00026			
D100	0,00026			
	0,00414			
	0,02506			