

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR  
HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⵓⵔⵉⵏⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : Irrigation et Drainage**

**THEME :**

**Etude du réseau de drainage du périmètre de  
DAIET-ZRAGUET, Ain Skhouna (Wilaya de Saïda)**

**Présenté par :**  
BOUDISSA Ilyes

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
MEDDI Mohamed	Professeur	Président
SAADOUNE Samra	M.C.B	Examineur
MEDJDOUB Sonia	M.M.A	Examineur
KOLIAI Djaffar	Assistant	Examineur
AZIEZ Ouahiba	M.M.A	Promoteur

Septembre 2019

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et d'amour à :*

*Ma chère maman, pour son amour, ses sacrifices, son soutien et pour tous.*

*Mon cher père pour ses encouragements, son soutien moral et matériel.*

*Sans oublier Mon frère Facine.*

*Un spécial dédicace à :*

*Mes collègues et toutes mes amies de Bab Ezzouar, Oran, Blida.*

*En un mot, à toute ma famille, mes amis de l'ENSH et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.*

# *Remerciement*

Je remercie mon Dieu qui m'a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail.

J'adresse tous mes respects et mes remerciements à ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour l'élaboration de cette étude et particulièrement à

✚ **Mr LEKHAL** et Rabie et tout l'organisme de L'ONID pour leur soutien et la Contribution des données pour ce travail.

✚ Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma promotrice M<sup>me</sup> AZIEZ de m'avoir encadré dans mon travail.

✚ A tous les enseignants de l'ENSH qui ont contribué à ma formation.

✚ Aux membres de jury qui ont bien voulu examiner mon travail.

# *Merci*

## ملخص

في إطار هذه المذكرة نحاول دراسة الصرف الزراعي لمحيط دايت زرافة الواقع في عين السخونة. يقع المحيط في منطقة تحت الضغط مما يسبب مشكلة الفيضان اثناء هطول الأمطار الغزيرة التي لها عواقب وخيمة على مستوى النشاط الزراعي. الهدف من هذا العمل هو تقليل منسوب المياه إلى مستوى مقبول للمحاصيل، وكذلك تقليل نسبة الملوحة من خلال عملية غسل التربة وللقدرة على تنفيذ النشاط الزراعي.

## Résumé

L'étude menée dans le cadre de ce mémoire, représente une contribution à l'étude du drainage agricole du périmètre de Daiet Zraget situées à Ain Skhouna.

Le périmètre se située dans une zone de dépression ce qu'il lui pose un problème d'inondation dans les épisodes pluviométrique à haute intensité. Ce qui entraine des graves conséquences au niveau d'activité agronomique.

Le but de ce travail c'est le rabattement de la nappe à un niveau tolérable pour les cultures, ainsi que la réduction de la salinisation par l'opération de lessivage du sol, afin de pouvoir exercer l'activité agronomique.

## Abstract

The research conducted in this paper represents a contribution to the study of agricultural drainage in the perimeter of Daiet Zraget located in Ain Skhouna. The perimeter is located in a zone of depression, which poses a problem of flooding in the high rainfall intensity seasons, which has serious consequences at the level of agronomic activity.

The aim of this work is to reduce the water table to a tolerable level for crops, as well as to reduce the percentage of salinization by subtracting the water input from the soil leaching operation, in order to be able to carry out agricultural activity.

# TABLE DES MATIERES

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Analyse des conditions naturelles .....</b>	<b>2</b>
I.1.Introduction .....	3
I.2. Présentation de la zone d'étude.....	3
I.2.1. Caractéristiques principales du bassin versant .....	4
I.2.2 Description du périmètre .....	4
I.3 Situation géographique .....	5
I.4 Situation Socio-économique.....	5
I.5 Géologie.....	6
I.6 Etude Climatologique .....	6
I.6.1 Caractéristiques de la station météorologique .....	6
I.6.1.1 Température.....	7
I.6.1.2 L'humidité .....	8
I.6.1.3 Le vent .....	8
I.6.1.4 La Neige .....	9
Le tableau suivant présente les valeurs moyennes de jours avec l'occurrence de la Neige.....	9
I.6.1.5 Insolation .....	9
I.6.1.6 Sirocco .....	9
I.6.1.7 Pluviométrie.....	10
I.6.2 Les indices Bioclimatiques .....	10
I.6.2.1 Indice de Martonne .....	11
I.6.2.2 Quotient pluviométrique d'EMBERGER :.....	11
I.6.2.3 Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN : .....	12
I.7 Conclusion.....	14
<b>Chapitre II : Ressources en eau et Ressources en sol .....</b>	<b>15</b>
II.1 Introduction .....	16
II.2 Ressources en eau .....	16
II.2.1 Ressources en eau souterraines .....	16
II.2.1.1 Les forages .....	17
II.2.1.2 Modélisation sur la ressource en eau souterraine .....	18
II.2.2 Ressources en eau superficielles .....	19
II.2.3 La qualité des eaux .....	19

II.2.3.1 Paramètres Physique .....	19
II.2.3.2 Paramètres Chimiques.....	19
II.2.3.3 SAR.....	20
II.2.4 Classification des eaux.....	20
La conductivité électrique : C'est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.....	20
Le SAR (Sodium Absorption ration) .....	21
Le PH .....	22
II.2.5 Etude Hydrologique .....	22
II.2.5.1 Choix de la station pluviométrique.....	22
II.2.5.2 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique .....	24
II.2.5.3 Ajustement statistique des pluies .....	25
II.2.5.3.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale.....	25
II.2.5.3.2 Ajustement à la loi log-normale (Galton) : .....	26
II.2.5.3.3 Test de validité d'un ajustement .....	27
II.2.5.4 Détermination de l'année de calcul.....	28
II.3 Ressources en sol.....	29
II.3.1 Aptitude des sols : .....	29
II.3.2 Caractéristiques physiques : .....	29
II.3.3 Caractéristiques chimiques (22 profils analysés) : .....	29
II.3.4 Caractéristiques hydrodynamiques des sols .....	31
II.3.5 Aptitude Cultural du sol.....	31
II.4 Conclusion.....	32
<b>Chapitre III : Besoin en eau des cultures.....</b>	<b>33</b>
III.1 Introduction : .....	34
III.2 Les besoins en eau d'irrigation : .....	34
III.2.1 Evapotranspiration maximale (ETM) : .....	34
III.2.1.1 L'évapotranspiration potentielle (ET <sub>0</sub> ) : .....	35
III.2.1.2 Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET <sub>0</sub> ) par la formule Penman- Monteith : .....	36
III.2.2 Pluie efficace.....	37
III.2.3 La réserve facilement utilisable (RFU) : .....	38
III.3 Choix des cultures : .....	38
III.3.1 Occupation du sol .....	39
III.3.2 Assolement – Rotation : .....	40
III.4 Efficience de l'irrigation.....	40

III.5 Estimation des Besoins en eau des cultures :.....	41
III.5 La dose de lessivage.....	41
III.6.1 Estimation des besoins en eau de l'arboriculture .....	43
III.6.2 Estimation des besoins en eau des Fourragères .....	43
III.6.3 Estimation des besoins en eau des Céréaliculture .....	44
III.6.4 Estimation des besoins en eau des Maraichères.....	45
III.7 Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 .....	47
III.8 Calcul de la dose de lessivage.....	48
III.9 Estimation du volume de besoin en eau total.....	49
III.10 Conclusion .....	50
<b>Chapitre IV : Choix de la variante du réseau de drainage .....</b>	<b>51</b>
IV.1 Introduction.....	52
IV.2 Le drainage .....	52
IV.2.1 Définition .....	52
IV.2.2 Objectifs et avantages .....	52
IV.2.3 Procédure de drainage .....	52
IV.2.4 Technique de drainage .....	52
IV.2.4.1 Drainage par fossé à ciel ouvert .....	52
IV.2.4.2 Drainage par drains enterrés.....	53
IV.2.4 Choix de variante.....	55
IV.3 Paramètres d'un réseau de drainage .....	55
IV.3.1 Paramètres hydrologique.....	55
IV.3.1.1 Evapotranspiration .....	56
IV.3.1.2 Infiltration.....	56
IV.3.1.3 Le ruissèlement .....	56
IV.3.2 Paramètres du réseau .....	57
IV.3.2.1 La quantité à évacuer .....	57
IV.3.2.2 La durée de submersion .....	57
IV.3.2.3 Profondeur critique de la nappe .....	57
IV.3.2.4 Profondeur des drains .....	58
IV.3.2.5 Réaction des plantes .....	58
IV.3.3 Caractéristiques du sol .....	59
IV.3.3.1 Porosité du sol .....	59
IV.4 Calcul du débit caractéristique.....	59
IV.4.1 Cas où l'excès provient des pluies.....	59
IV.4.1.1 Régime permanent.....	65

IV.4.1.2 Régime variable .....	66
IV.4.2 Cas où l'excès provient de l'irrigation .....	66
IV.4.3 Cas où l'excès provient du lessivage : .....	67
IV.4.4 Le débit caractéristique .....	67
IV.5 Calcul de l'écartement des drains : .....	67
IV.6 Conclusion .....	69
<b>Chapitre V : Calcul hydraulique du réseau de drainage.....</b>	<b>70</b>
V.1 Introduction.....	71
V.2 Dimensionnement des drains.....	71
V.2.1 Longueurs des files de drains .....	71
V.2.2 Calcul du débit en long du drain.....	71
V.2.3 Calcul des diamètres des drains .....	71
V.2.4 Choix de type et pose des drains.....	73
V.3 Dimensionnement des collecteurs.....	73
V.3.1 Calcul hydraulique des collecteurs.....	73
V.3.2 Diamètre des collecteurs.....	75
V.3.3 Jonction des collecteurs .....	77
V.3.4 Pose des collecteurs .....	77
V.4 Conclusion .....	78
<b>Chapitre VI : Evacuation des eaux drainées .....</b>	<b>79</b>
VI.1 Introduction.....	80
VI.2 Choix de la variante du tracé de l'adduction par refoulement et de l'emplacement de la station : .....	80
VI.3 La prise d'eau et les données de base conditionnant le choix des pompes et des moteurs :.....	81
VI.3.1 Détermination du débit :.....	81
VI.3.2 La hauteur pratique totale d'élévation .....	81
VI.3.2.1 Calcul de la hauteur géométrique .....	82
VI.3.2.2 La perte de charge total .....	82
VI.3.3 Détermination du type et du nombre de pompes .....	83
VI.3.3.1 Choix du moteur électrique.....	84
VI.4 Calage de la pompe (Hauteur maximale d'aspiration) : .....	85
IV.5 Dimensionnement de la conduite de refoulement : .....	86
VI.6 Équipement auxiliaire :.....	90
VI.7 Bâtiments de la station :.....	91
VI.7.1 Dimensionnement du bâtiment .....	92

VI.8 Conclusion .....	93
<b>Chapitre VII : Gestion et entretien du réseau de drainage.....</b>	<b>94</b>
VII.1 Introduction.....	95
VII.2 les causes du non fonctionnement du réseau de drainage .....	95
VII.2.1 Obstructions d'origine technique.....	95
VII.2.1.1 Insuffisance de la pente des drains : .....	95
VII.2.1.2 Mauvais qualité des tuyaux : .....	95
VII.2.2 Obstructions d'origine naturelle : .....	95
VII.2.2.1 Dépôts de matières minérales .....	95
VII.2.2.2 Colmatage des drains : .....	96
VII.3 Méthodes d'entretien : .....	97
VII.3.1 Le curage .....	97
VII.3.2 Entretien des réseaux enterrés : .....	97
VII.4 Inspection et entretien périodique .....	98
VII.5 Exploitation et entretien de la station d'épuisement .....	98
VII.5.1 Consignes de démarrage et d'arrêt.....	98
VII.5.2 Surveillance du fonctionnement .....	99
VII.5.3 Entretien.....	99
VII.6 Conclusion : .....	100
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>101</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>102</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>103</b>
Annexe 1 .....	104
Annexe 2 .....	105
Annexe 3 .....	106
Annexe 4 .....	107
Annexe 5 .....	108

## LISTE DES FIGURES

FIG. I.1: IMAGE SATELLITAIRE DE LA REGION DE DAIET ZRAGET.....	3
FIG I.2 : PLAN D'AMENAGEMENT GENERAL .....	4
FIG.I.3 : CARTE DE REPARTITION DES STATIONS RESEAU HYDRO- CLIMATOLOGIQUE DE L'ANRH SUR LA REGION.....	7
FIG. I.4 : HISTOGRAMME DES MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES .8	
FIG.I.5 : LA REPARTITION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS DURANT LA PERIODE (1963-2013) .....	10
FIG.I.6 : DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE D'EMBERGER.....	12
FIG.I.7 : CLIMOGRAMME DE GAUSSEN.....	13

FIG. II.1 : VUE SATELLITAIRE DE CHOTT CHERGUI.....	17
FIG.II.2 : COURBE DE L'AJUSTEMENT PAR LA LOI NORMALE.....	28
FIG.II.3 : CARTE D'ETAT DE LA SALINITE DES EAUX .....	30
FIG. III.1 : LA VARIATION DE KC .....	34
FIG. III.2 : CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION AVEC LOGICIEL (CROPWAT 8.0).....	37
FIG.IV.1 : SCHEMA DE DRAINAGE PAR FOSSES A CIEL OUVERT .....	53
FIG.IV.2 : SCHEMA REPRESENTATIF DES DRAINS ENTERRE .....	54
FIG.IV.3 : DRAINAGE PAR DRAINS ENTERRE. ....	54
FIG.IV.4 : COURBE HDF DE LA PERIODE D'AUTOMNE.....	64
FIG.IV.5 : COURBE HDF DE LA PERIODE D'HIVER .....	64
FIG.IV.6 : COURBE HDF DE LA PERIODE DU PRINTEMPS .....	65
FIG.IV.7 : SCHEMA REPRESENTE LES DIFFERENTS PARAMETRES DE LA FORMULE DE GLOVER DUMM.....	68
FIG.VI.1 : COURBE DE LA SOMME DES FRAIS TOTAL EN FONCTION DU DIAMETRE.....	90
FIG.VII.1 : COLMATAGE DES DRAINS .....	96
FIG.VII.2 : COLMATAGE FERRIQUE DES ORIFICES D'UN DRAIN.....	96
FIG.VII.3 : MACHINE DE CURAGE.....	97

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I.1 : MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES (C°) .....	7
TABLEAU I-2 : VARIATION DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR .....	8
TABLEAU I-3 : DONNEES DES VITESSES DU VENT DE LA ZONE D'ETUDE.....	9
TABLEAU I-4 : MOYEN MENSUELLE DE L'OCCURRENCE DE LA NEIGE .....	9
TABLEAU I-5 : LES DONNEES DE L'INSOLATION ANNUELS .....	9
TABLEAU I-6 : LA MOYENNE DES VALEURS DU SIROCCO ANNUELS .....	9
TABLEAU I-7 : MOYENNE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES .....	10
TABLEAU I.8 : CLASSIFICATION DU TYPE DE CLIMAT SELON L'INDICE DE MARONNE.....	11
TABLEAU II.1 : LES COORDONNEES DES PUIITS DE CAPTAGE AU NIVEAU DE LA ZONE D'ETUDE .....	17
TABLEAU.II.2 : PARAMETRES PHYSIQUES SUR L'ENSEMBLE DES EAUX PRELEVE.....	19
TABLEAU.II.3 : PARAMETRES CHIMIQUES DES EAUX DE FORAGE .....	19
TABLEAU.II.4 : CONVERSION DE MG/L AU MEQ/L.....	20
TABLEAU.II.5 : LES VALEURS DU SAR MESURE SUR LES DIFFERENTS FORAGES .....	20
TABLEAU.II.6 : CLASSIFICATION DES EAUX EN FONCTION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE.....	21
TABLEAU II.7 : PLUIES MOYENNES MENSUELLES OBSERVEES (CODE 081901).23	
TABLEAU II.8 : TEST D'HOMOGENEITE DE LA SERIE PLUVIOMETRIQUE D'AIN SKHOUNA.....	24
TABLEAU II.9 : TEST DE VALIDITE DES DEUX AJUSTEMENTS.....	27
TABLEAU II.10 : AJUSTEMENT A LA LOI DE GALTON.....	28
TABLEAU II.11 : PLUVIOMETRIE MOYENNE POUR CHAQUE MOIS EN (MM) .....	29
TABLEAU II.12 : VITESSES D'INFILTRATION EN MM/H .....	31
TABLEAU III.1 : COEFFICIENT CULTURAL KC DES DIFFERENTES CULTURES ...	35
TABLEAU III.2. CALCUL DE LA PLUIE EFFICACE.....	38

TABLEAU.III.3 : LES SCENARIOS D'OCCUPATION DU SOL .....	39
TABLEAU.III.4 : LA SURFACE D'OCCUPATION DE CHAQUE CULTURE.....	39
TABLEAU.III.5 : ASSOLEMENT-ROTATION DES CULTURES .....	40
TABLEAU III.6 : CALCUL DE BESOIN EN EAU DE L'OLIVIER .....	43
TABLEAU III.7 : CALCUL DE BESOIN EN EAU DE LA LUZERNE.....	43
TABLEAU III.8 : CALCUL DE BESOIN EN EAU DU SORGHO .....	44
TABLEAU III.9 : CALCUL DE BESOIN EN EAU DE L'AVOINE .....	44
TABLEAU III.10 : CALCUL DE BESOIN EN EAU DU BLE/ORGE .....	45
TABLEAU III.11 : CALCUL DE BESOIN EN EAU DE L'AIL.....	45
TABLEAU III.12 : CALCUL DE BESOIN EN EAU DE LA CAROTTE .....	46
TABLEAU III.13 : CALCUL DE BESOIN EN EAU DE LA POMME DE TERRE .....	46
TABLEAU III.14 : RECAPITULATIF DES BESOINS BRUTS POUR L'ASSOLEMENT 1 .....	47
TABLEAU III.15 : RECAPITULATIF DES BESOINS BRUTS POUR L'ASSOLEMENT 2 .....	47
TABLEAU.III.16 : DOSE DE LESSIVAGE DE CHAQUE CULTURE.....	48
TABLEAU.III.17 : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU TOTAL POUR L'IRRIGATION .....	49
TABLEAU.III.18 : VOLUME TOTAL DE LA DOSE DE LESSIVAGE .....	49
TABLEAU.IV.1 : LES COEFFS. D'EVAPOTRANSPIRATION EN FONCTION DE LA NATURE DU TERRAIN .....	56
TABLEAU.IV.2 : LES COEFFICIENTS D'INFILTRATION EN FONCTION DES TYPES DE SOL .....	56
TABLEAU IV.3 : LES COEFFICIENTS DE RUISSELEMENT EN FONCTION DU TERRAIN .....	56
TABLEAU IV.4 : (1-E) EN FONCTION D'OCCUPATION DU SOL .....	57
TABLEAU IV.5 : DUREE DE SUBMERSION ADMISSIBLE DE CHAQUE TYPE DE CULTURE.....	57
TABLEAU.IV.6 : PROFONDEURS CRITIQUES MINIMALES DE LA NAPPE DE CHAQUE TYPE DE SOL.....	57
TABLEAU.IV.7 : VARIATION DE LA HAUTEUR DE LA NAPPE EN FONCTION DES CULTURES.....	58
TABLEAU.IV.8 : LA POROSITE DU DRAINAGE EN FONCTION DE LA TEXTURE .....	59
TABLEAU.IV.9 : TRIE DE LA SERIE PLUVIOMETRIE DU 1 <sup>ER</sup> TRIMESTRE (SEPTEMBER-OCTOBER-NOVEMBER).....	60
TABLEAU.IV.10 : TRIE DE LA SERIE PLUVIOMETRIE DU 1 <sup>ER</sup> TRIMESTRE (DECEMBER-JANVIER-FEVRIER) .....	61
TABLEAU.IV.11 : TRIE DE LA SERIE PLUVIOMETRIE DU 1 <sup>ER</sup> TRIMESTRE (MARS-AVRIL-MAI).....	62
TABLEAU.IV.12 : L'AJUSTEMENT POUR LE TRIMESTRE DE L'AUTOMNE .....	63
TABLEAU.IV.13 : L'AJUSTEMENT POUR LE TRIMESTRE DE L'HIVER .....	63
TABLEAU.IV.14 : L'AJUSTEMENT POUR LE TRIMESTRE DU PRINTEMPS .....	63
TABLEAU.IV.15 : RESULTATS DE CALCUL DE L'EXCES PAR PLUIE EN TENANT COMPTE DU STOCKAGE .....	65
TABLEAU.IV.16 : RESULTATS DE CALCUL DU DEBIT .....	66
TABLEAU.IV.17 : RESULTATS DES CALCULS DE DEBIT PAR LE REGIME VARIABLE .....	66
TABLEAU V.1 : VALEURS NORMALISEES DES DRAINS ANNELES PERFORES ....	72
TABLEAU V.2 : CALCUL DES DEBITS DANS LE COLLECTEUR PRINCIPAL ET SECONDAIRE.....	74
TABLEAU.V.3 : CALCUL DES DIAMETRES DES COLLECTEURS SECONDAIRES .....	75

TABLEAU.V.4 CALCULS DES DIAMETRES DES COLLECTEURS PRINCIPAUX.....	76
TABLEAU.VI.1 : CHOIX DE LA VARIANTE DES DIFFERENTS TYPES DES POMPES ET LEUR NOMBRE.....	83
TABLEAU.VI.2 : VARIATION DU COEFFICIENT K EN FONCTION DE LA PUISSANCE P .....	84
TABLEAU.VI.3 CARACTERISTIQUES DU MOTEUR ELECTRIQUE CHOISI.....	85
TABLEAU.VI.4 : FRAIS D'INVESTISSEMENT AMORTI .....	87
TABLEAU.VI.5 : FRAIS D'EXPLOITATION.....	89
TABLEAU.VI.6 : EVALUATION DU COUT TOTAL.....	89
TABLEAU.VI.7 CHOIX DU TYPE DE BATIMENT .....	91

## **LISTE DES PLANCHES**

**Plan 1 :** Plan de masse

**Plan 2 :** Réseau de drainage agricole

**Plan 3 :** Profil en long du collecteur principal A-A''

**Plan 4 :** Plan de coupe de la station d'épuisement

**Plan 5 :** Schéma d'adduction du périmètre

### **Introduction générale**

L'exploitation des périmètres agricole est devenue très courant dans ces derniers années, les agriculteurs cherchant les meilleures champs et les bonnes qualités du sol pour les cultiver et assurer la demande du marcher suit à la croissance démographique.

Mais parfois ces plaines se trouvant a des terres salin, le monde perd en moyenne 10 hectares de terres cultivables par minute dont 3 ha à cause de la salinisation. Aujourd'hui, on estime à près de 400 M ha les terres affectées par la salinisation et la majorité des terres abandonné se trouvent dans des zones soumis à des risque d'inondations lors des averses et des épisodes pluviaux a longs durée, ce qui met l'activité agronomique impraticable.

C'est pour cette raison que les ingénieurs ont pensée à des solutions techniques comme le drainage agricole afin de mettre un terme à ces risques, ce dernier est une opération qui consiste à provoquer artificiellement l'évacuation de l'excès de l'eau présente dans le sol à la suite de précipitations, l'évacuation se fait gravitairement vers l'émissaire ou stockage pour la réutilisation.

Le périmètre de DAIET-ZRAGUET est implanté dans une zone de dépression, ce qui lui expose à des submersions et au temps pluviaux et l'accumulation des sels solubles, a ce terme L'approche présentée dans le présent mémoire a été établie pour l'étude de drainage du périmètre afin de réanimer l'activité agronomique dans cette zone.

Les différents axes de notre étude sont divisés en deux parties :

La première partie, dans laquelle nous avons :

- Présenter la zone où se trouve le périmètre.
- Analyser les composantes climatiques, dont l'analyse hydrologique est indispensable.
- Apprécier les potentialités du sol à travers la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques et son aptitude, ainsi que l'évaluer la qualité des eaux.
- Déterminer les besoins en eau des cultures plus la dose de lessivage nécessaire pour l'évacuation des sels.

La deuxième partie englobe l'étude technique, dans laquelle nous avons :

- Choix de la variante de drainage qui convient mieux pour notre terrain.
- Tracé du réseau et le dimensionnement des diamètres des drains et collecteurs.
- Dimensionnement d'une station de refoulement des eaux drainées vue qu'il n'existe pas un exutoire.
- Et pour finaliser on propose les conseils de gestion et entretien du notre réseau.

# **Chapitre I : Analyse des conditions naturelles**

**I.1.Introduction**

Ce chapitre est dédié à une présentation sur notre zone d'étude, du point de vue situation géographique, géologique, socio-économique, et ainsi qu'une étude climatologique qui nous permet de déterminer la nature du climat de notre zone d'étude, ce qui est primordial dans notre projet.

**I.2. Présentation de la zone d'étude**

Le périmètre hydro-agricole de Daiet-Zraget se situe au Nord-Ouest de L'Algérie dans la région de Ain-Skhouna Wilaya de Saida. La wilaya de Saida est située au Hauts-Plateaux Ouest du pays. Elle est limitée par :

- A l'est par la wilaya de Tiaret.
- A l'ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbès.
- Au nord par la wilaya de Mascara.
- Au sud par les wilayas de El Bayadh et Naâma.

Il s'étend sur une superficie de 2200 à 2800 ha, seulement 1500 ha est irrigable vu la topographie et la ressource en eau.

Ce dernier est alimenté par trois forges (C1, C2, C6), et comporte une retenue de compensation de 8M m<sup>3</sup> non utilisable pour l'irrigation due à la salinité de son eau et au problème de l'évapotranspiration.



**Fig. I.1 : Image satellitaire de la région de Daiet Zraget**

### I.2.1. Caractéristiques principales du bassin versant

La délimitation du bassin versant a été effectuée sur la carte d'état-major au 1/50 000ème, les données physiques essentiels du bassin sont :

- La superficie du bassin versant :  $S = 380 \text{ km}^2$ .
- Altitude maximale du bassin versant :  $H_{\text{max}} = 1161 \text{ m}$
- Altitude minimale du bassin versant  $H_{\text{min}} = 1029 \text{ m}$
- Altitude moyenne du bassin versant  $H_{\text{moy}} = 1095 \text{ m}$
- Longueur du talweg principal :  $L = 20,21 \text{ Km}$
- Le coefficient de ruissellement est de 0.2
- Pente moyenne du talweg principal en % :  $I = 0,65\%$

### I.2.2 Description du périmètre

Le périmètre à équiper est une vaste dépression, c'est une zone inondable entouré par 7 retenues de stockage des eaux de ruissellement plus une retenue de compensation, ces derniers ont été construit pour but d'éviter les crues et les inondations du périmètre.

Mais cela ne suffit pas, c'est pour cette raison qu'il faut établir un système de drainage afin d'évacuer les eaux de crue, ainsi que les sels apportés par les eaux d'irrigations.

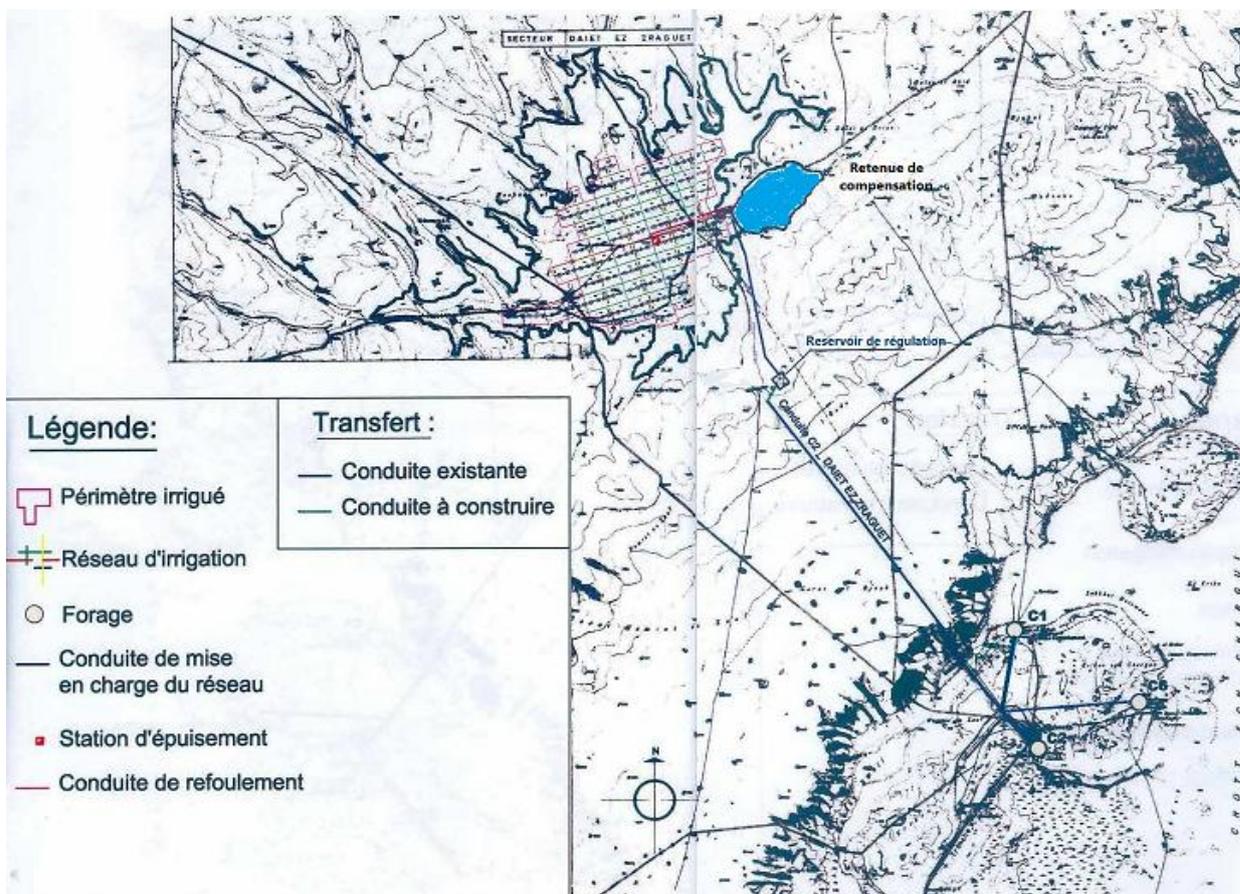


Fig I.2 : plan d'aménagement général

### **I.3 Situation géographique**

Notre zone d'étude se trouve à environ 70 Km au Sud-Est de la Wilaya de Saïda et à 13 Km au Nord de la région d'Aïn-Skhouna. Le périmètre est délimité par :

- Au Nord : par les plaines de Saïda
- Au Sud : par Ain Skhouna
- A l'Est : par la Wilaya de Tiaret
- A l'Ouest : par la Route Nationale 92

Le périmètre est compris entre **34°36'20''** N de latitude et **0°43'33''** E longitude avec une élévation de 1038m.

### **I.4 Situation Socio-économique**

En complément de l'étude réalisée en 2005 par la DSA, les enquêtes menées sur le périmètre auprès des irrigants ont connu un franc succès puisque 447 d'entre eux, sur les 507 recensée en 2005, ont répondu et rempli une fiche complète à l'aide d'un enquêteur.

Les principales données recueillies sont les suivantes :

- Superficie souscrite par les 447 irrigants enquêtés : 2222 ha.
- Nombre d'irrigants domiciliés à Daët Zraguet et Aïn-Skhouna : 286 (64%),
- 82% des agriculteurs n'ont pas d'autre occupation.
- Pratiquement tous cultivent leur terre, essentiellement avec de l'Orge.
- 29% ont un élevage (essentiellement ovins).
- Tous souhaitent reprendre l'irrigation et de préférence par aspersion.
- Il est difficile de faire la part entre les irrigants bénéficiant d'actes et ceux bénéficiant d'arrêtés, les enquêteurs ayant eu du mal à faire le distinguo. Sur ce dernier point, nous nous en tiendrons à l'étude DSA de 2005 qui répertorie 122 agriculteurs plus la ferme pilote disposant d'actes, pour un total de 834.5 ha.
- La demande en irrigation est forte, la motivation des irrigants est à la hauteur des énormes difficultés liées au manque d'eau.
- Les irrigants acceptent un contrôle des débits et volumes distribués, ils souhaitent des points de livraisons individuels, équipés de compteurs et de limiteurs de débit.
- Les irrigants comprennent la nécessité des taxes d'usage, et acceptent de les régler, et ce d'autant plus que les volumes sont contrôlés, sous réserve bien entendu que les montants soient compatibles avec les revenus tirés de l'irrigation.
- Ils acceptent d'être regroupés et organisés en association ou syndicat,
- 82% des irrigants sont prêts à pratiquer un système agro-pastoral,
- 72 % sont prêts à devenir éleveurs,
- La grande majorité des agriculteurs souhaitent irriguer des céréales et des fourrages (94%) et des pommes de terre (85%). Quelques-uns ont cité les cultures arboricoles et le maraîchage (environ 12%)

Il est apparu à cette occasion que les coûts énergétiques (situés aux alentours de 1.15 DA par mètre cube d'eau d'irrigation) étaient compatibles avec le prix auquel sera facturé le service de l'irrigation.

En ce qui concerne le périmètre, Les principaux paramètres de conception permettant d'arriver à ces résultats sont les suivants :

**Les îlots d'irrigation** repositionnés sur l'ancien parcellaire, auront une taille de base de 4.23 ha. Dans certains cas et si les surfaces disponibles le permettent, leur taille pourra être portée à 8.46 ha. Quoi qu'il en soit, la maille élémentaire de l'aménagement est l'îlot de 4.23 ha.

**La taille globale du périmètre** a été fixée à 1 500 ha, car c'est la taille permettant d'utiliser le débit maximal prélevable (1000l/s) tout en respectant le débit d'équipement exigé par les cultures en période de pointe (0.7l/s/ha), sans utiliser la retenue de compensation du périmètre initial qui générerait d'importants gaspillages énergétiques.

### **I.5 Géologie**

La géologie joue un rôle primordial dans toutes les phases d'exécution d'un programme de mise en valeur des ressources en eaux. En effet, la lithologie des terrains, les structures géologiques et la tectonique sont parmi les facteurs qui conditionnent :

- le ruissellement de surface et l'écoulement.
- l'alimentation naturelle et la vidange de nappes.
- la constitution et le renouvellement des ressources en eaux souterraines.
- les possibilités d'implantation et l'exécution d'ouvrages hydrauliques.

Située entre l'extrémité des monts de Dahia au nord et la région des Hauts-Plateaux au sud, la wilaya de Saïda s'étend au pied de ces deux massifs de l'Atlas tellien que traverse l'oued Saïda, la vallée est recouverte d'une vaste superficie forestière de 156 401 ha, soit 23.5% de la superficie globale de la wilaya.

Les monts de Saïda constituent une région montagneuse d'altitude moyenne, intermédiaire entre celle de l'Atlas tellien au nord et celle des Hauts plateaux oranais au sud. Sa géologie se compose stratigraphiquement par des couches de terrain du plus ancien au plus récent (**Annexe 1**).

### **I.6 Etude Climatologique**

Le climat à travers les aires de Ain-Skhouna comme dans toutes les zones de la Wilaya d'Saida est de type aride caractérisé par un climat sec et chaud en été et froid en hiver avec gelées fréquentes.

#### **I.6.1 Caractéristiques de la station météorologique**

Les données climatologiques (Température, vent, gelée, insolation, humidité, .....)  
ont été fournies par l'Office National Météorologique depuis la station

climatologique 081901, pour les données pluviométriques ils ont été fournis par l'ANRH depuis la station pluviographique 080606 située à SAIDA (voir Fig.I.3).

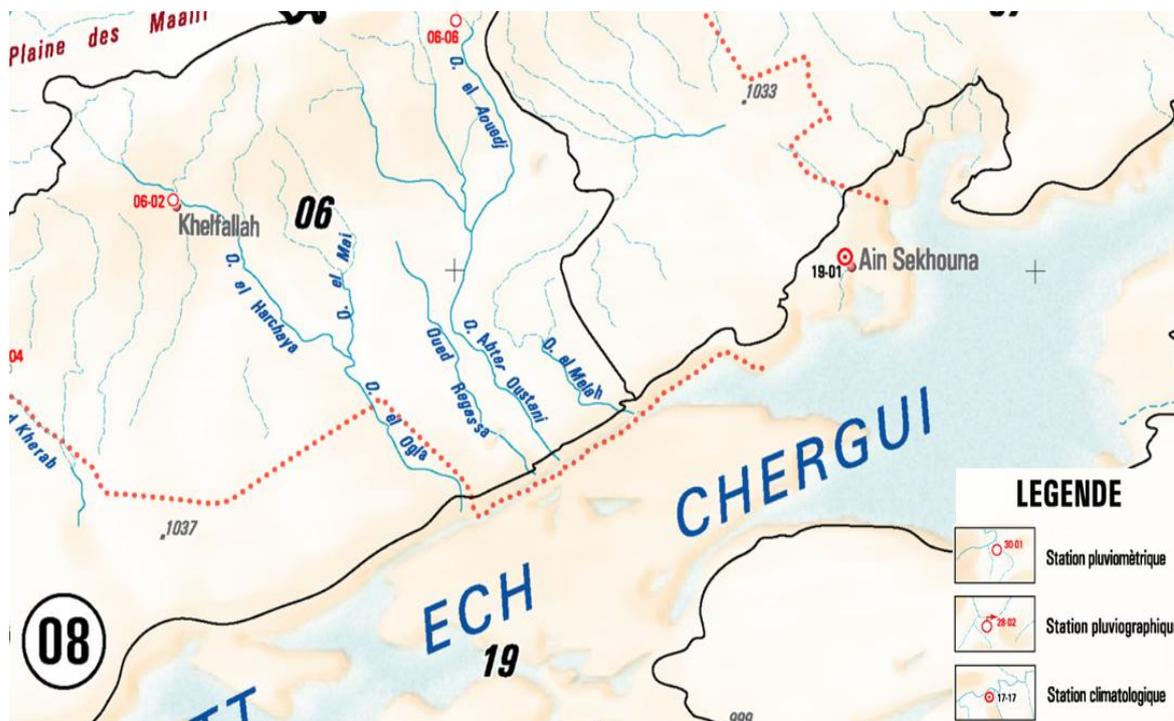


Fig.I.3 : Carte de répartition des stations réseau hydro-climatologique de l'ANRH sur la région.

### I.6.1.1 Température

Nous disposons une série de mesures :

Tableau I.1 : Moyennes mensuelles des températures (C°)

Mois	Jan	Fev.	Mar.	Avr.	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nev	Dec	Année
T° <sub>max</sub>	14,2	14,4	18,1	22,2	26,5	31,7	37,1	36,6	30,6	25,9	18,4	15,0	24,2
T° <sub>min</sub>	3,0	3,3	5,0	7,7	10,7	14,3	18,8	18,9	15,3	12,0	7,2	4,0	10,0
T° <sub>moy</sub>	8,6	8,8	11,6	15,0	18,6	23,0	28,0	27,7	22,9	19,0	12,8	9,4	17,1

Source ONM

T°<sub>min</sub> : Moyennes mensuelles et annuelles des minima.

T°<sub>max</sub> : Moyennes mensuelles et annuelles des maxima.

$\frac{T_{min}+T_{max}}{2}$ : Valeurs moyennes mensuelles des maxima et des minima.

**Interprétation :**

D’après les valeurs obtenues on remarque que les périodes les plus chauds sont dans le mois de juillet, Tandis que les périodes froides ont les trouves dans le mois de janvier.

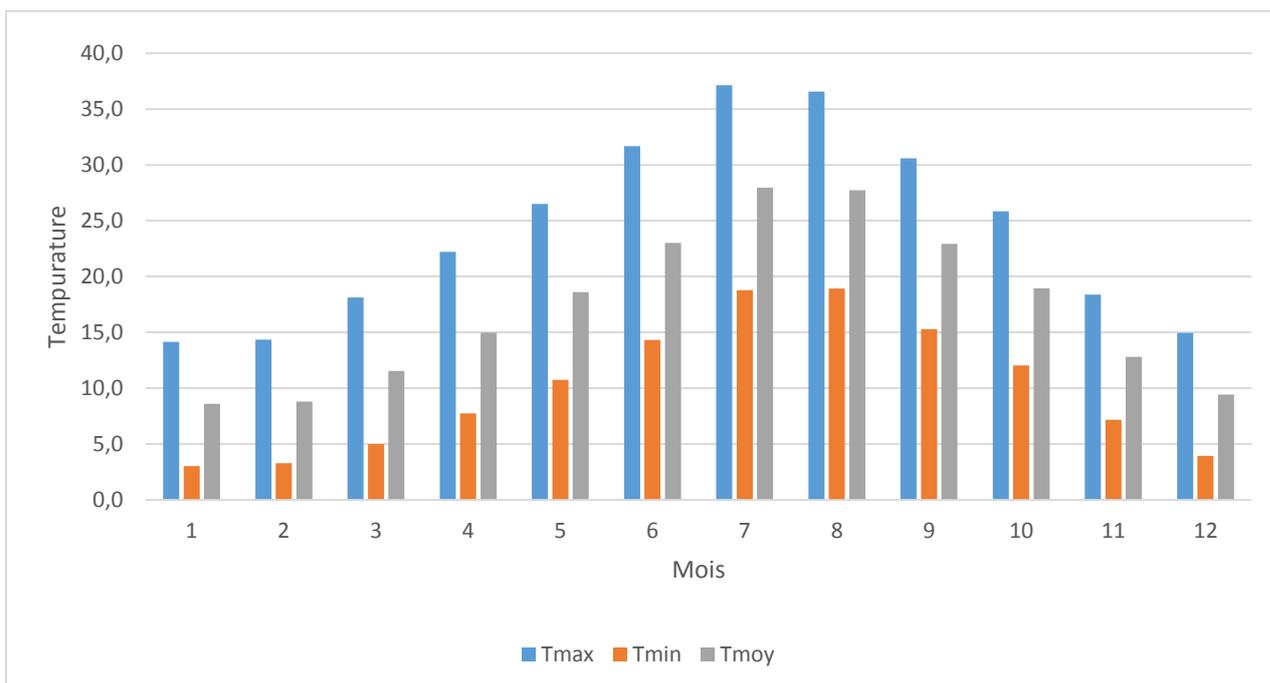


Fig. I.4 : Histogramme des moyennes mensuelles des températures

### I.6.1.2 L’humidité

L’humidité relative ou l’état hygrométrique de l’air (exprimé en %) est le rapport de la tension de vapeur d’eau à sa tension maximale. Elle est mesurée à l’aide d’un hygromètre ou avec un psychromètre.

Tableau I-2 : Variation de l’humidité relative de l’air

	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Annuel</i>
<i>Hr<sub>max</sub></i> (%)	83,0	80,0	77,0	78,0	70,0	56,0	52,0	53,0	72,0	74,0	76,0	81,0	83,0
<i>Hr<sub>min</sub></i> (%)	62,0	68,0	63,0	53,0	49,0	45,0	35,0	32,0	49,0	54,0	58,0	61,0	62,0
<i>Hr<sub>moy</sub></i> (%)	74,4	74,1	69,5	65,8	59,6	50,6	40,7	44,9	58,6	62,7	71,3	74,2	74,4

Source ONM

### I.6.1.3 Le vent

La force du vent est estimée d’après une échelle dite « Echelle télégraphique » qui est comme suit :

0 : Calme

1-2 : vent faible

3-4 : vent modéré

5-6 : vent assez fort

7-8 : vent fort

9 : vent violent, ouragan

Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent à la station sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau I-3 : Données des vitesses du vent de la zone d'étude**

Statistiques	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec	Annuel
Vmax (m/s)	3,8	4,7	4,4	4,0	4,0	3,8	4,0	4,4	4,4	3,8	3,9	4,0	4,1
Vmin (m/s)	2,0	2,7	2,3	2,1	2,1	2,3	2,2	2,4	2,4	2,2	1,9	1,8	2,2
Vmoy (m/s)	3,0	3,4	3,3	3,3	3,2	3,3	3,4	3,6	3,4	3,1	3,1	2,9	3,3

Source ONM

D'après les résultats dans le tableau ci-dessus, on constate que le vent dans notre région est un **vent modéré**.

#### **I.6.1.4 La Neige**

Le tableau suivant présente les valeurs moyennes de jours avec l'occurrence de la Neige.

**Tableau I-4 : Moyen mensuelle de l'occurrence de la Neige**

Mois	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annuel
Nbr de jours	0,8	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,25

Source ONM

#### **I.6.1.5 Insolation**

L'insolation dépend de la latitude, du mois de l'année, de l'exposition solaire et de la nébulosité, ce qui explique les variations des valeurs d'un site à l'autre.

**Tableau I-5 : Les données de l'insolation annuels**

Mois	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annuel
i (h/j)	7,9	8,4	6,3	7,2	5,9	8,4	9,9	8,6	6,4	4,9	4,9	5,2	83,9

Source ONM

#### **I.6.1.6 Sirocco**

La région du périmètre étudié est fortement exposée au sirocco. Le nombre de jours de ce dernier est présente dans le tableau suivant :

**Tableau I-6 : La moyenne des valeurs du Sirocco annuels**

Mois	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annuel
Nbr de jour	0	0,3	1,1	1,8	2,3	3,1	2,5	3,4	2,1	1,8	0	0	83,9

Source ONM

**I.6.1.7 Pluviométrie**

La pluviométrie et sa répartition à l'échelle annuelle est une donnée primordiale pour un projet hydro-agricole, surtout dans le dimensionnement des réseaux.

La répartition mensuelle des pluies est donnée par le tableau suivant :

**Tableau I-7 : Moyenne des précipitations annuelles**

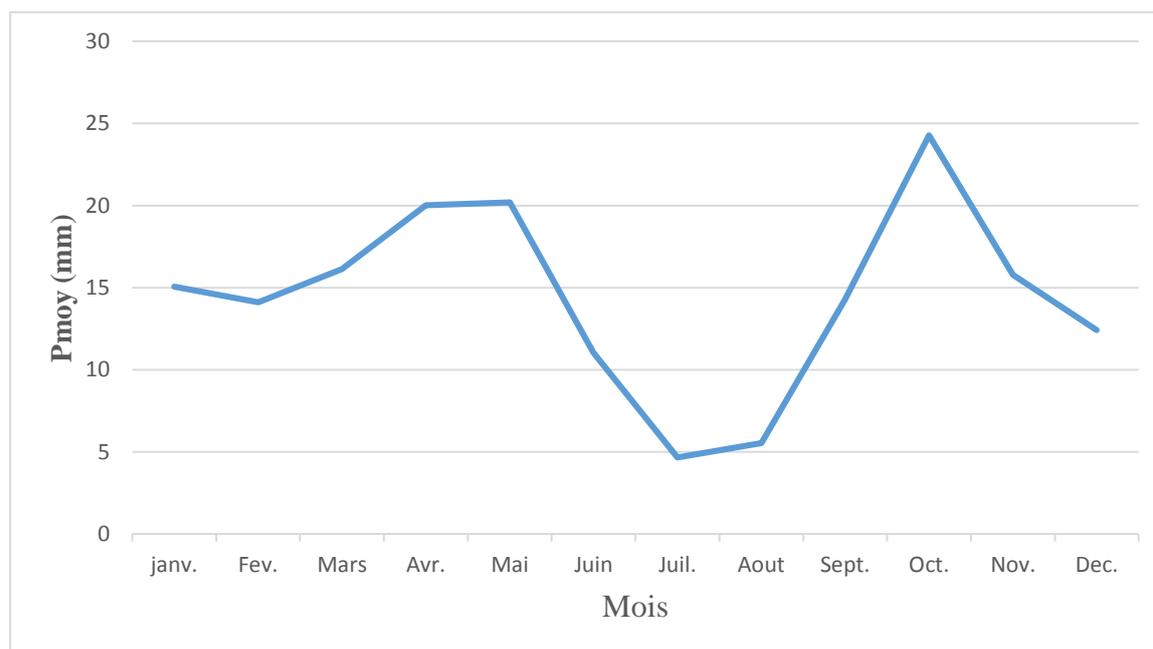
Stat.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annuel
P <sub>moy</sub> (mm/j)	15.06	14.12	16.14	20.02	20.2	11.03	4.663	5.546	14.28	24.28	15.79	12.42	173.5

Source ONM

Notre zone d'étude reçoit des apports moyens annuels de 173,5 mm (valeur enregistrée par la station pluviographique (080606) de Ain Skhouna durant la période (1968-2013).

**Interprétation :**

Les valeurs moyennes maximales de précipitation sont observées au mois de October et les valeurs minimales en juillet.



**Fig.I.5 : La répartition mensuelle des précipitations durant la période (1963-2013)**

**I.6.2 Les indices Bioclimatiques**

Pour la classification du climat, on utilise des paramètres agro-météorologiques, qui se basent sur deux facteurs principaux :

La pluviométrie et la température.

### I.6.2.1 Indice de Martonne

L'indice de Martonne est un paramètre qui permet de préciser le degré de sécheresse de la région, ce dernier nous renseigne sur la nécessité de l'irrigation par rapport au climat.

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

Avec :  $I_A$  : indice d'aridité.

$P$  : précipitation moyenne annuelle (mm).

$T$  : température moyenne annuelle (°C).

**Tableau I.8 : classification du type de climat selon l'indice de maronne.**

Valeur de $I_A$	Type de climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I_A < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I_A < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

Dans notre région, nous avons :

$$P=173,5 \text{ mm} ; T=8,6 \text{ °C} \implies I_A = \frac{173,5}{8,6+10} = 9,32$$

$$\text{On a : } 5 < I_A = 9,32 < 10$$

D'où notre climat est **Très sec**, c-à-d l'irrigation est **indispensable**.

### I.6.2.2 Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Cet indice a pour but la détermination de l'étage bioclimatique :

$$Q = \frac{2000P}{\frac{M+m}{2}(M-m)}$$

Avec :

$Q$  : coefficient pluviométrique d'EMBERGER.

$P$  : précipitation moyenne annuelle en (mm).

$M$  : moyenne des températures maximas du mois le plus chaud (en °K).

$m$  : moyenne des températures minimas du mois le plus froid (en °K).

Pour :

$$P = 173,5 \text{ mm} ; M = 37,1 \text{ °C} = 310,15 \text{ °K} ; m = 3 \text{ °C} = 276,15 \text{ °K}.$$

$$\text{D'où : } Q = \frac{1000 \times 173,5}{\frac{310,15 + 276,15}{2} \times (310,15 - 276,15)}$$

$$Q = 34,8$$

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER voir (fig.I.6), on peut confirmer que notre région se situe dans :

L'étage bioclimatique : Aride.

Sous étage : Hiver Frais-tempéré.

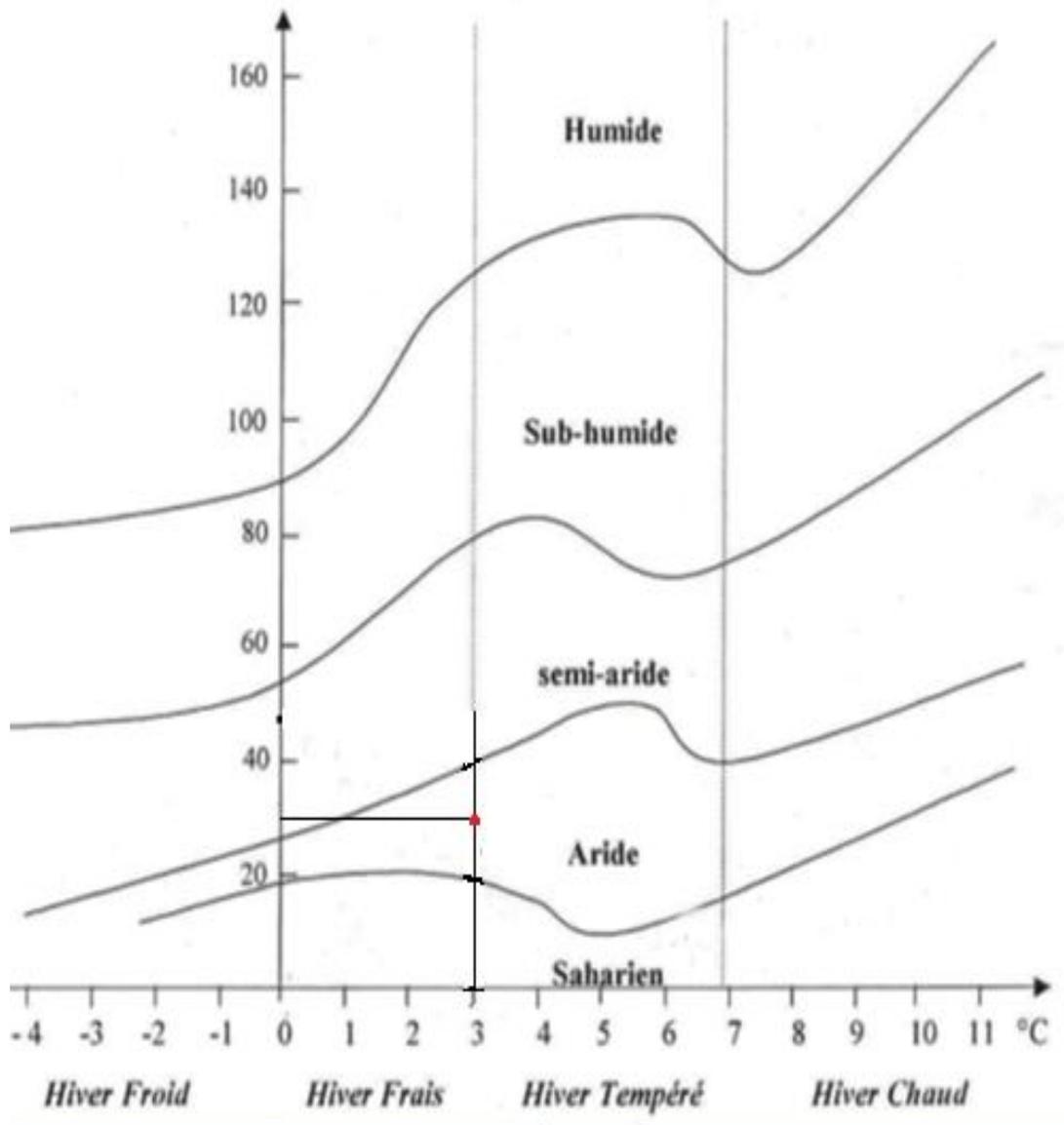


Fig.I.6 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

### I.6.2.3 Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Il est appelé aussi diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les

températures (**T**), avec  $P=2T$  établi selon la méthode mise au point par F.BAGNOULS et H.GAUSSSEN. Ce diagramme nous permettra donc d'évaluer l'intervalle de saison sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique.

### Description du graphe :

Lorsque la courbe des précipitations passe au-dessous de la courbe des températures, la période qui s'étale entre les points d'interactions des deux courbes correspond à la durée de la période sèche.

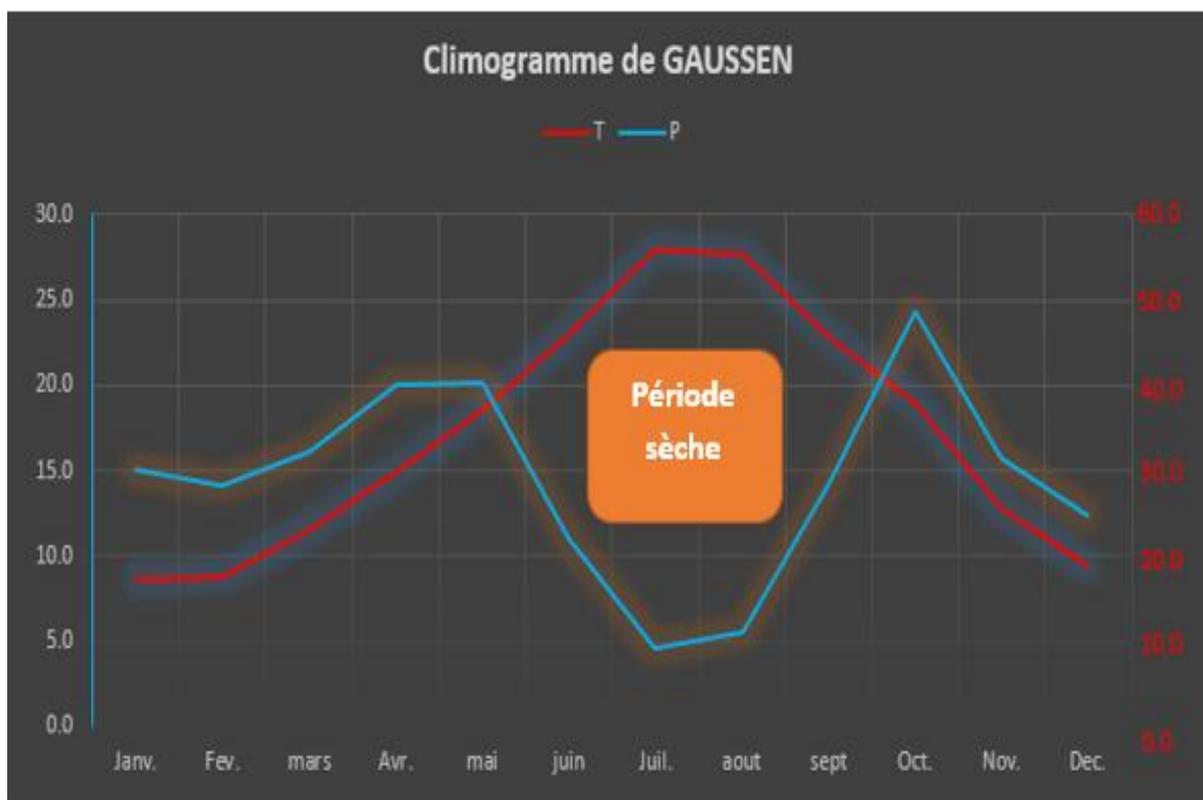


Fig.I.7 : Climogramme de GAUSSEN

### Interprétation :

Les deux courbes ne se croisent jamais, on voit que la période sèche s'étale tout le long d'année.

**I.7 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté notre zone d'étude et traité les principales données qui nous ont permis de déterminer les indices bioclimatiques.

A la fin nous avons déduit que notre région se situe dans une zone aride avec un type de climat relativement humide d'où l'irrigation est souvent indispensable.

# **Chapitre II : Ressources en eau et Ressources en sol**

## **II.1 Introduction**

Ce chapitre a pour but de déterminer les principales caractéristiques des ressources en eau disponibles pour notre périmètre et d'analyser les pluies, qui conditionnent l'étude de notre projet hydro-agricole. L'étude porte sur la qualité de l'eau, l'homogénéité des séries pluviométriques, et l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques. Ainsi, qu'une étude pédologique du périmètre afin de spécifier la qualité du sol, et l'aptitude des différentes zones.

Cela nous permet de définir la relation entre l'eau et le sol, tel que le volume d'eau et la vitesse d'infiltration qui conditionnent le dimensionnement de notre assainissement agricole.

## **II.2 Ressources en eau**

Les principales ressources en eaux dans la région de Ain-Skhouna sont des eaux souterraines, le réservoir qui existe dans la zone c'est celui du Chott Chergui, le périmètre se situe dans l'exutoire d'un bassin versant d'où les ressources superficielles sont stocké par des retenues.

### **II.2.1 Ressources en eau souterraines**

La principale ressource en eau souterraine utilisé par notre périmètre, c'est les forages qui sont exploités depuis la nappe de Chott Chergui.

Le Chott Chergui qui est située à 80 km au Sud de Saida, et d'environ 10 km de notre périmètre, ce dernier est constitué d'un ensemble d'aquifères interconnectés dont l'extension horizontale (20 000 à 30 000 km<sup>2</sup>) et verticale (100 à plus de 500 m pour les niveaux perméables), c'est le plus grand et le plus élevé des chotts des hautes plaines d'Algérie, il occupe l'axe et le flanc septentrional d'une grande cuvette synclinale Jurassico-Crétacé, dans lequel s'est déposé au cours de l'ère du Mio Pliocène, une épaisseur importante de dépôts semi perméables, sa géologie se compose stratigraphiquement par des couches de terrain du plus ancien au plus récent.

Il fait l'objet à l'heure actuelle de prélèvement d'eau de la part de quatre Wilayas (El Bayadh, Saida, Sidi Bel Abbès et Tiaret), à partir de nappes contenues dans différents terrains géologiques.

En effet, la ressource utilisable pour l'irrigation du périmètre de Daët Zraguet est le gisement souterrain associé au Chott Chergui. Ce gigantesque gisement, exploré et exploité depuis les années 40/50, représente en effet une ressource abondante et disponible (artésienne dans la région d'Aïn Skhouna).

La ressource disponible pour l'irrigation du périmètre de Daiet-Zraguet y est définie comme la différence entre le débit de la nappe (1 800 l/s), soit environ **56 Mm<sup>3</sup>/an**, et le volume prélevé pour l'ensemble des usages par les 4 wilayas riveraines du Chott Chergui (**41.6 Mm<sup>3</sup>/an**). Cette différence est donc de **14.4 Mm<sup>3</sup>/an**, soit **460 l/s**.



**Fig. II.1 : Vue Satellitaire de Chott Chergui**

**II.2.1.1 Les forages**

Il existe 147 ouvrages (forages, piézomètres, puits de captage, source) réalisé sur les Wilayas de El Bayadh et Saïda, les forages et les piézomètres implantés dans différents aquifères avaient pour buts :

- La reconnaissance géologique.
- La constitution d’un réseau piézométrique pour le contrôle et l’enregistrement des variations du niveau des nappes.
- Le suivi des rabattements dus aux influences, au moment des pompages sur les puits de captage C1, C2, C3, C4, C5 et C6.
- La détermination de la relation entre les différentes nappes et le type de ces nappes.

Parmi les forages mentionnés seulement 6 sont répartie sur la région de Ain Skhouna.

**Tableau II.1 : les coordonnées des puits de captage au niveau de la zone d’étude**

Puits de captage	Coordonnées		Profondeur Z/sol en (m)
	Longitude (X)	Latitude (Y)	
C1	1G 65’55’’ W	38 G 36’60’’	991,000
C2	1G 65’40’’ W	38 G 33’80’’	994,156
C3	1G 65’85’’ W	38 G 29’76’’	992,000
C4	1G 72’35’’ W	38 G 28’27’’	993,900
C5	1G 65’40’’ W	38 G 31’95’’	990,000
C6	1G 62’10’’ W	38 G 34’96’’	995,159

**Source ANRH**

Les forages C3, C4 et C5 sont actuellement utilisés pour l’alimentation en eau de l’agglomération de Saïda, ils sont équipés à 250 l/s chacun. Le débit moyen prélevé

pour les besoins d'eau de la région de Saïda depuis la mise en service de ces installations.

D'où les autres qui restent C1, C2 et C6 sont destinés pour l'irrigation, Le périmètre sera donc alimenté par les stations de pompes associées aux trois forages C1, C2 et C6, fournissant chacune 500 l/s. Ces stations refouleront dans des canalisations de transfert se rejoignant à proximité du village d'Aïn Skhouna.

Les forages fonctionneront seuls ou en couple, le débit prélevé ne devant pas dépasser 1000 l/s. Une permutation circulaire des enclenchements/déclenchements assurera une répartition homogène des volumes prélevés dans les 3 forages.

### II.2.1.2 Modélisation sur la ressource en eau souterraine

A partir de la compilation des nombreuses études et modélisations existantes, et à la suite d'investigations et mesures de terrain menées par les hydrogéologues de la CACG, de l'ONID, de la DHW et de l'ANRH, d'évaluer les possibilités en termes de débits et volumes prélevables dans le gisement.

Il était primordial de vérifier que les débits de prélèvement envisagés étaient compatibles avec la préservation des autres usages (Eau urbaine, irrigation, aquaculture, industrie), tout en ne remettant pas en cause des possibilités à moyen terme d'exploitation de ce gisement.

A l'issue de cette simulation, les conclusions suivantes ont été établies et validées par l'ensemble des partenaires lors des différentes sessions de validation de fin 2007 à Avril 2008 :

- Après une période de remplissage datant du quaternaire humide, le réservoir se vide très lentement. La recharge actuelle ne compense pas les exportations ;
- La somme des débits extraits et des fuites artésiennes est relativement constante depuis 1945 dans la région d'Aïn Skhouna, de l'ordre de 1 100 l/s, et a généré un abaissement des niveaux piézométriques relativement faible (3 à 6 m en 62 ans) ;
- Le pompage d'un débit de l'ordre de **1,1 m<sup>3</sup>/s**, correspondant à peu près aux flux permanents convergeant vers l'exutoire principal d'Aïn Skhouna, crée un rabattement limité (3 à 5 m) et stabilisé.
- **Au-dessus de 1,1 m<sup>3</sup>/s**, on ne peut déterminer avec précision les effets de pompes prolongés :
  - Entre **1,1 et 1,7 m<sup>3</sup>/s**, il est probable que les rabattements se stabiliseraient, mais avec des valeurs déjà fortes comprises entre 5 et 10-12 mètres.
  - Au-delà de **1,7 m<sup>3</sup>/s**, il est probable que les rabattements ne se stabiliseraient jamais.
- Il a été décidé de réserver un débit de 500 l/s, prélevé dans la région d'Aïn Skhouna, pour l'irrigation du périmètre de Daët Zraguet. Cette valeur s'entend comme une valeur moyenne annuelle, les valeurs instantanées pourront atteindre 1000 l/s. Le prélèvement se fera au niveau de trois forages existants autour d'Aïn Skhouna : C1, C2, et C6, équipés à 450 jusqu'à 500 l/s chacun, et qui pourront fonctionner individuellement ou par deux, en respectant une permutation circulaire.

**II.2.2 Ressources en eau superficielles**

Il n'existe pas des ressources superficielles sur la zone d'étude, il existe sept retenues de stockage des eaux de ruissellement avec un capacité de stockage de 700 000m<sup>3</sup>, plus l'ancienne retenue de compensation qui intercepte un bassin versant de 28,5 km<sup>2</sup> permettra également de stocker 110 000 m<sup>3</sup> d'eaux de ruissellement, pour une pluie quinquennale de l'ordre de 20 mm, et un coefficient de ruissellement de 0.2.

Comme ces derniers ne sont pas utilisé pour l'irrigation ni pour l'AEP, donc on ne peut pas les considérer comme des ressources superficielles.

Leurs but c'est de bloquées les eaux des talwegs qui déversant dans la zone de dépression afin d'éviter l'inondation du périmètre.

**II.2.3 La qualité des eaux**

On dispose des analyses qui caractérisent la qualité des eaux, puisque ces eaux vont être mélangé avec des débits équivalant donc on prend toujours la moyenne des résultats obtenue, l'ensemble des résultats disponibles sont rassemblés sur les tableaux ci-dessous :

**II.2.3.1 Paramètres Physique**

**Tableau.II.2 : Paramètres physiques sur l'ensemble des eaux prélevé**

Forage	Conductivité(umohs/cm)	Minéralisation (mg/l)	PH	RS (mg/l)
C1	2450	1519	7,5	1640
C2	2380	1476	7,9	1600
C6	2300	1743	7,7	1710
Moy	2377	1579	7,7	1650

Source ANRH

**II.2.3.2 Paramètres Chimiques**

**Tableau.II.3 : Paramètres chimiques des eaux de forage**

Forage	Résultats en Mg/l								En Meq/l		En Mg/l
	Ca	Mg	Na	K	Cl	So4	CO3H	NO3	Cations	Anions	Des ions
C1	148	51	239	7	398	460	227	7	22,13	24,58	1535
C2	143	65	235	7	376	480	181	9	22,80	23,69	1496
C6	176	58,3	241	4,3	430	512	206	10	-	-	-
Moy.	156	58,1	238,33	6,1	401	484	204,6	8,6			

Source ANRH

### II.2.3.3 SAR

Le degré d'Adsorption du Sodium est calculé par la formule suivante :

$$S. A. R = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}}$$

Avec :

(Na: Sodium, Ca: Calcium, Mg: Magnesium) en [meq/l]

$$\text{Meq} = \frac{\text{Mg}}{\text{Masse atomique}} \times \text{la valence}$$

On fait d'abord la conversion des minéraux, les résultats sont traduits dans le tableau suivant :

**Tableau.II.4 : Conversion de mg/l au meq/l**

Minéraux	Masse atomique	Valence	Meq/l		
			C1	C2	C6
Na	23	1	10,39	10,21	10.47
Mg	24,3	2	4,19	5,35	4.8
Ca	40	2	7,4	7,15	8.8

Après avoir appliqué la formule du SAR, on obtient les résultats suivant :

**Tableau.II.5 : les valeurs du SAR mesuré sur les différents forages**

Forage	C1	C2	C6	Moy.
<b>SAR</b>	4,37	4,08	4,015	<b>4,16</b>

### II.2.4 Classification des eaux

La conductivité en fonction du SAR exprimé en meq/l, reporté sur le diagramme semi logarithmique, permet de déterminer la qualité des eaux et fait figurer celles-ci aux classes de restriction pour l'irrigation comme suit :

**La conductivité électrique :** C'est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

Tableau.II.6 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

<i>Classe</i>	<i>Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C</i>	<i>Qualité des eaux</i>
<i>C1</i>	$CE \leq 0,25$	<i>Eau de risque faible</i>
<i>C2</i>	$0,25 < CE \leq 0,75$	<i>Eau de risque moyen</i>
<i>C3</i>	$0,75 < CE \leq 2,25$	<i>Eau de risque élevé</i>
<i>C4</i>	$CE > 2,25$	<i>Eau de risque très élevé</i>

Tel que :

- *C1* : convient pour toutes les cultures.
- *C2* : convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- *C3* : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
- *C4* : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.

L'eau de notre ressource prévue pour l'irrigation du périmètre a une conductivité de  $CE=2,38$  mmhos/cm, donc elle présente un risque très élevé (salinité élevé).

#### **Le SAR (Sodium Absorption ration)**

La qualité des eaux pour l'irrigation est déterminée par la méthode de Sodium Absorption Ratio (S.A.R.). Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux, qui est calculé par la formule suivante :

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

La classification est basée principalement sur l'effet du sodium sur les conditions physiques du sol :

**Classe S1** : SAR de 10 et moins, avec un bas taux de sodium : l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable.

**Classe S2** : SAR de 10,1 à 18 taux moyen de sodium : l'eau présente un danger appréciable d'accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d'échange cationique (CEC) élevée. Par contre, l'eau peut être utilisée dans les sols sableux ayant une bonne perméabilité.

**Classe S3** : SAR de 18,1 à 26 haut taux de sodium : peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous les types de sols. L'utilisation d'amendements tels que le gypse pourrait être nécessaires pour échanger les ions Sodium. De plus, les pratiques culturales augmentant le drainage seront requises plus fréquemment.

**Classe S4** : SAR au-dessus de 26,1 très haut taux de sodium : cette eau est généralement inadéquate pour l'irrigation.

D'après les résultats du calcul de la conductivité électrique  $CE = 2,377$  mmhos/cm, et le rapport d'absorption du sodium SAR de l'eau d'irrigation SAR (Égal à 4,16). On utilise le diagramme de Riverside (**Annexe 2**).

### **Interprétation :**

Si on se réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité très élevée avec un risque d'alcalinité moyenne (**C4, S2**).

### **Le PH**

Le pH de toutes les eaux de la zone d'étude ne varie pas trop et converge souvent vers la neutralité avec un caractère plus ou moins alcalin. La plupart des eaux présentent aussi un caractère alcalin bicarbonaté car le PH est souvent inférieur à **8**.

## **II.2.5 Etude Hydrologique**

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, elle permet de déterminer les pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que :

- Le calcul des besoins des cultures projetées dans le périmètre.
- Le dimensionnement du réseau de distribution.

### **II.2.5.1 Choix de la station pluviométrique**

Les stations pluviométriques retenues pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant ont été sélectionnées sur la base de l'emplacement géographique de ces stations et la période d'observation de ces dernières.

La région d'étude dispose d'une station pluviométrique gérée par l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH). Nous avons choisi la station de AIN SKHOUNA 081901 avec un période d'observation de 38 ans (1976-2014)

Les pluies mensuelles de la station pluviométrique de AIN SKHOUNA sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau II.7 : Pluies moyennes mensuelles observées (code 081901)

Aïn Skhouna	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Annuel
1976	5	25	5	11	41	33	22	12	13	6	0	15	187
1977	3	2	6	16	50	17	5	3	60	9	10	1	184
1979	62	59	10	29	31	1	11	38	12	0	0	2	255
1980	5	4	5	3	41	0	34	39	39	4	4	7	184
1981	9	11	53	21		5	14	0	39	48	0	1	202
1982	10	84	7	10	4	7	22	26	2	22	0	0	193
1983	0	0	14	39	0	34	28	26	1	31	0	14	187
1984	34	16	6	0	2	10	12	25	61	7	0	0	172
1985	13	3	21	10	2	24	18	24	31	1	12	4	163
1986	21	45	16	31	33	7	0	39	35	0	11	5	242
1987	11	28	51	5	25	5	18	24	0	1	0	4	171
1988	5	25	5	11	41	33	22	12	5	7	6	8	179
1989	6	60	9	12	28	19	28	36	6	0	0	0	204
1990	73	8	47	7	3	12	7	30	3	17	0	12	219
1991	3	5	0	2	14	25	16	113	20	28	0	0	225
1992	18	22	30	17	0	9	3	0	8	10	0	0	117
1994	12	38	24	0	28	14	11	2	12	0	0	0	140
1995	4	6	0	17	15	5	20	1	5	6	0	0	78
1996	6	46	4	2	3	35	7	11	0	4	31	0	148
1997	0	0	0	0	20	10	2	29	17	18	0	0	94
1998	8	39	26	1	11	4	0	0	0	69	1	38	197
1999	11	15	6	7	35	0	7	6	46	7	0	1	140
2000	16	13	29	13	13	23	61	8	26	12	3	6	220
2001	16	68	6	25	3	17	23	13	50	11	31	1	262
2002	2	8	15	4	1	19	28	12	34	3	0	2	128
2003	26	27	22	29	8	22	33	1	0	2	1	17	186
2004		24	24	4	4	8	28	29	0	26	0	11	159
2005	6	67	3	16	30	15	23	13	50	11	31	1	265
2008	2	8	15	4	1	19	8	0	0	4	3	10	74
2009	26	27	22	29	0	0	1	14	26	0	0	3	147
2010	44	23	12	19	29	13	5	17	1	0	0	3	166
2011	41	18	5	8	0	6	16	56	75	1	9	8	242
2012	1	13	23	7	1	19	8	0	0	4	3	10	89
2013			30	23	8	10	9	44	30	18	1	1	173
2014	4	12	5	8	5	13	16	0	0	5	8	10	84
<b>Pmoy</b>	<b>14.28</b>	<b>24.28</b>	<b>15.79</b>	<b>12.42</b>	<b>15.06</b>	<b>14.12</b>	<b>16.14</b>	<b>20.02</b>	<b>20.2</b>	<b>11.03</b>	<b>4.663</b>	<b>5.546</b>	<b>173.5</b>

**Interprétation :**

D'après les résultats du tableau pendant la période 1976 –2014, On remarque une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

**II.2.5.2 Etude de l’homogénéité de la série pluviométrique**

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

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que :  $N_1$  et  $N_2$

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement  $N_1 > N_2$

- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d’origine par ordre croissant, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (TOUAIBIA, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

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

Avec :

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

$W_x$  : Somme des rangs de sous-séries.

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

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

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

**Tableau II.8 : Test d’homogénéité de la série pluviométrique d’AIN SKHOUNA**

Rang	Année	Serie A	Serie X	Serie Y	Serie tri	Rang	Rang
1	1976	187	255	265	265	y	1
2	1977	184	242	262	74	y	2
3	1979	255	225	242	78	y	3
4	1980	184	219	220	84	y	4
5	1981	202	204	197	89	y	5
6	1982	193	202	186	94	y	6
7	1983	187	193	173	117	x	7
8	1984	172	187	166	128	y	8
9	1985	163	187	159	140	y	9
10	1986	242	184	148	140	y	10
11	1987	171	184	147	147	y	11
12	1988	179	179	140	148	y	12
13	1989	204	172	140	159	y	13
14	1990	219	171	128	163	x	14

15	1991	225	163	94	166	y	15
16	1992	117	117	89	171	x	16
17	1994	140		84	172	x	17
18	1995	78		78	173	y	18
19	1996	148		74	179	x	19
20	1997	94			184	x	20
21	1998	197			184	x	21
22	1999	140			186	y	22
23	2000	220			187	x	23
24	2001	262			187	x	24
25	2002	128			193	x	25
26	2003	186			197	y	26
27	2004	159			202	x	27
28	2005	265			204	x	28
29	2008	74			219	x	29
30	2009	147			220	y	30
31	2010	166			225	x	31
32	2011	242			242	x	32
33	2012	89			242	y	33
34	2013	173			255	x	34
35	2014	84			262	y	35

A la fin des calculs on obtient :

$$W_x = 367 \quad W_{\min} = 166.6 \quad ; \quad W_{\max} = 901,60$$

Donc :  $166.6 < W_x < 901,60$

La condition de **M<sup>r</sup> Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de AIN SKHOUNA est homogène.

### II.2.5.3 Ajustement statistique des pluies

Les données de pluies annuelles sont souvent ajustables à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Dans notre cas, on utilise pour celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi normale
- Loi de Galton ou loi log–normale

#### II.2.5.3.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

Le procédé de calcul consiste à:

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).
- Variable réduite de gauss :  $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$
- Calcul des caractéristiques empirique de loi ( $\bar{X}$  ;  $\delta$  ; Cv; Cs=0).
- Calculer le coefficient de variation :  $Cv = \frac{\delta}{\bar{X}}$ .

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité Gaussien :

$$XP\% = \bar{X} + \delta * Up\%$$

Avec :

XP% : précipitation de probabilité P%.

Up% : variable réduit de Gauss.

$\bar{X}$  : Moyenne arithmétique.

$\delta$  : Écart type.

### II.2.5.3.2 Ajustement à la loi log-normale (Galton) :

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

-Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\ln(Xp\%) = \overline{\ln(X)} + \delta \ln * Up\%$$

Xp% : précipitation probable à P%.

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

$\delta \ln$ : la variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta \ln = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} ; \text{ Si } n < 30$$

$$\delta \ln = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} ; \text{ Si } n \geq 30$$

Up% : variable réduite de Gauss.

**II.2.5.3.3 Test de validité d'un ajustement**

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

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour le quel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune ni valeurs expérimentales. Le nombre Vi est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(X)dX = N[F(X_i) - F(X_{i-1})]$$

f(X) : étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire  $\chi^2$ , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i}$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

On calcule  $\chi^2$ .

On calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma$  :

On détermine  $\chi^2$  théorique sur la table de Pearson

Avec :  $\chi^2$  théorique =g( $\gamma$ ,  $\alpha$ )

La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha =0.01$  si et seulement si :  $\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

**Tableau II.9 : Test de validité des deux ajustements**

Loi normale	Loi log normale
$\chi^2_{calculé} =8.80$	$\chi^2_{calculé}=3.17$
Degré de liberté $\gamma=5$ .	Degré de liberté $\gamma=5$ .
$\chi^2_{théorique} = 11.07$	

Après examen des ajustements obtenus, il ressort que la loi normale ajuste mieux la série des pluies annuelles à la station de ain skhouna .

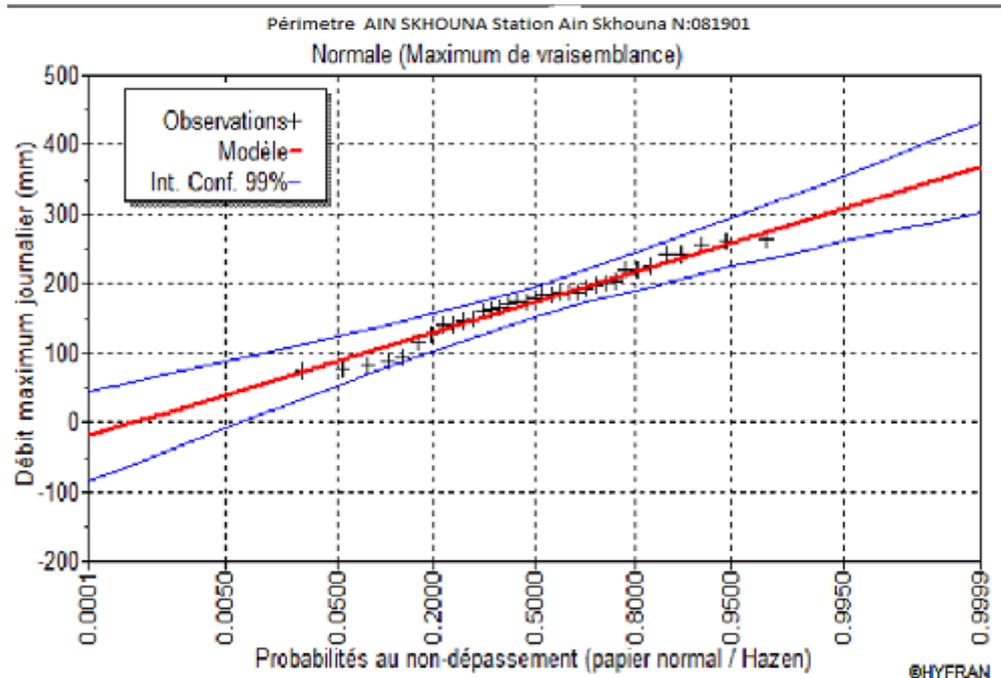


Fig.II.2 : Courbe de l’ajustement par la loi normale

#### II.2.5.4 Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l’estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région

Tableau II.10 : Ajustement à la loi de Galton

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	295	17.1	251	339
50	0.98	281	15.7	240	321
20	0.95	259	13.6	224	294
2	0.5	174	8.81	151	196

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 % .

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

$$P_{\text{théorique de 50\%}} = 281 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique de 80\%}} = 259 \text{ mm}$$

$$P_{\text{moy 80\%}} = 0.92 \times P_{\text{moy-mensuelle}}$$

Tableau II.11 : pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	déc.
P <sub>moy</sub> mm/mois	15.06	14.12	16.14	20.02	20.20	11.03	4.66	5.55	14.28	24.28	15.79	12.42
P <sub>moy80%</sub> mm/mois	13.85	12.99	14.85	18.42	18.58	10.15	4.29	5.10 2	13.13	22.33	14.53	11.42

### II.3 Ressources en sol

Une étude pédologique conduite sur le périmètre a permis de vérifier les cartes de sols existantes, et de re préciser la valeur agronomique des sols et leurs aptitudes à l'irrigation.

#### II.3.1 Aptitude des sols :

Le périmètre a fait l'objet d'investigations pédologiques dès 1967, puis d'une synthèse cartographique en 1970 (GERSAR), décrivant 6 unités de sols.

Une carte d'aptitude du sol (**Annexe 3**) a été établie en février 2007 par le groupement CACG/ONID : sa fiabilité a été validée, deux unités de sols ont été rajoutées.

On a répertorié sur le périmètre les unités de sols suivantes :

1. Unité Ia : sols argilo sableux profonds bien structurés (colluvions, vallons)
2. Unité Ia (SI) : idem Ia, à texture plus sableuse et perméabilité inférieure.
3. Unité Ib : idem Ia, à caractère faiblement vertique, dans le fond de la dépression, au nord de la piste.
4. Unité Ib (vertique) : idem Ib, à caractère vertique plus affirmé, au sud de la piste.
5. Unité II : sols argilo sableux sur encroûtement calcaire à 30/50 cm.
6. Unité III : idem II avec encroûtement surmontant un horizon tufeux.
7. Unité IV : sols superficiels sur encroûtement calcaire à 15/30 cm.
8. Unité V : sols squelettiques.

#### II.3.2 Caractéristiques physiques :

Les sols du périmètre présentent des textures argileuses à argilo limono sableuse, ils n'ont que peu de tendance à la battance.

On observe généralement un horizon de surface de structure fine et porosité élevée (10 cm), surmontant un horizon tassé (10 à 15 cm): ce qui traduit un problème de travail du sol ayant favorisé la création de semelles, et donc une possible amélioration des itinéraires cultureux.

On n'observe pas d'indices d'engorgements temporaires, sauf en série Ib (vertique).

#### II.3.3 Caractéristiques chimiques (22 profils analysés) :

Les pH mesurés sont compris entre 7,1 et 8.

On mesure de faibles teneurs en carbone, très faibles teneurs en azote, ce qui représente des facteurs très limitants au bon développement des cultures, ainsi que les faibles teneurs en K et P2O5 (limitant).

On ne décèle pas de caractère halomorphe :

CE < 2.2 mS/cm ; SAR < 0.62; ESP < 8.3, et ce malgré 15 à 20 ans d'irrigation avec les eaux légèrement salées d'Aïn Skhouna sans lessivages.

La carte des sols du périmètre ainsi que les résultats des analyses de sols liées à la salinité.

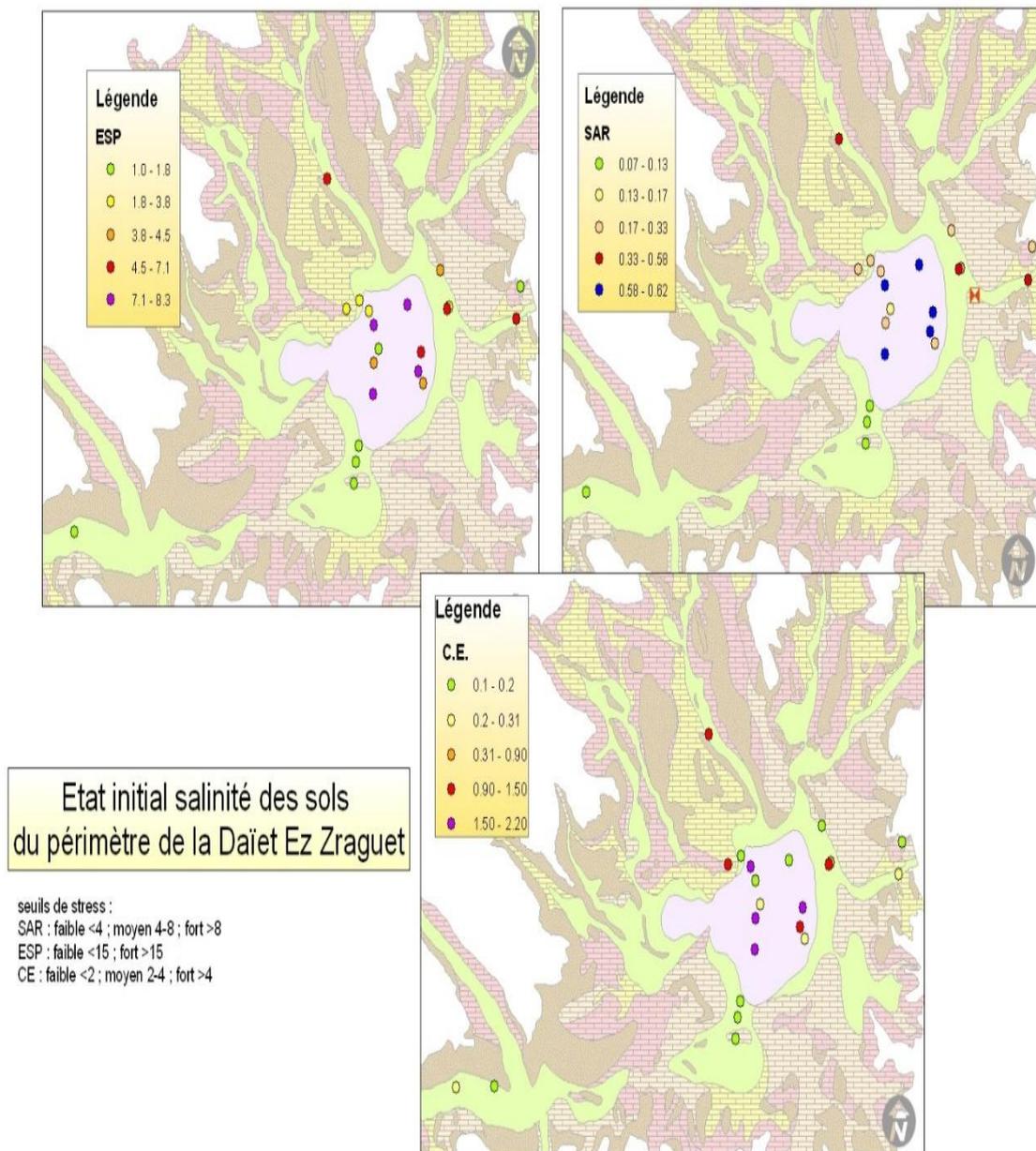


Fig.II.3 : Carte d'état de la salinité des eaux

### II.3.4 Caractéristiques hydrodynamiques des sols

Les caractéristiques hydrodynamiques de quelques sols ont été déterminées grâce à la réalisation de mesures de perméabilité selon la méthode Müntz à double anneaux, puis les valeurs ont été comparées à celles obtenues lors de l'étude antérieure du périmètre. Les dispositifs ont été implantés à la profondeur de 10cm à 15cm dans les sols suivants : *Ib*, *Ib (vertique)*, *Ia*, *Ia (Sl)*, II, III, IV

**Tableau II.12 : Vitesses d'infiltration en mm/h**

Classe d'aptitude du sol	Profondeur (cm)	Mesures
Ia	60	60-70
Ia(Sl)	10-15	42
Ib	10-15	50
Ib	55	35
Ib(vertique)	10-15	30
II	10-15	30
III	45-60	60-80
IV	10-15	25

**Source ANRH**

Les valeurs des vitesses d'infiltration obtenues lors de cette campagne de mesure sont cohérentes par rapport aux observations de porosité et de structure des sols. En effet, on constate dans la majorité des cas que les horizons de surface sont très poreux, avec des structures de type polyédrique fine à grumeleuse relativement bien affirmée, les horizons de surface des sols classés dans la catégorie Ia(Sl) sont pour leur part moins bien structurés, ce qui se traduit par une vitesse d'infiltration sensiblement plus basse que celle des sols de la classe d'aptitude Ia « typique ».

### II.3.5 Aptitude Cultural du sol

Suite à la consultation des administrations et organismes officiels (Services de l'Agriculture, ITGC..) il a été décidé d'adopter pour le périmètre de Daët Zraguet un modèle agro-pastoral se caractérisant par un assolement céréales/fourrage association/luzerne. Le mode de conduite et surtout l'évaluation des besoins en eau ont été établis en ayant en permanence le souci des économies d'eau et d'énergie.

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture, donc on doit d'adopter pour le périmètre de Daët Zraguet :

- Céréales cultivées pour le grain. Principalement orge et triticale. Blé tendre et blé dur seront cultivés dans une moindre proportion. Certaines orges pourront être conduites à double fin, c'est-à-dire pacagées au stade herbacé et récoltées en grain.
- Association fourragère à base d'une légumineuse et d'une céréale immature. Légumineuse de type vesce ou pois. Céréale de type avoine ou triticale, voire orge.
- La luzerne est adaptée au climat aride et constitue une base de la ration fourragère. On utilisera les cultivars les plus adaptés au contexte local.

**II.4 Conclusion**

D'après l'analyse des résultats précédents, on conclue que :

Pour la ressource en eau dans la zone étudiée est suffisante mais avec une salinité élevée, ainsi qu'après avoir assimilé l'ajustement des pluies moyennes annuelles par le test de Khicarré on peut dire que la loi normale s'adapte mieux à notre région d'étude. Les calculs manuels des expressions statiques nécessitant plus de temps, mais grâce à l'outil informatique et logiciel HYFRAN, l'élaboration des analyses statiques les plus courantes en hydrologie sont plus facile.

Pour la ressource en sol on trouve des textures argileuses à argilo limono sableuse, avec une salinité faible. Mais vue la salinité des eaux, l'irrigation se faire impérativement avec le lessivage.

# **Chapitre III : Besoin en eau des cultures**

### III.1 Introduction :

Dans ce chapitre, il est question de quantification des besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols.

Le but de l'estimation de besoins en eau de culture c'est la détermination de la dose de lessivage pour le dimensionnement de réseau de drainage.

### III.2 Les besoins en eau d'irrigation :

Pour atteindre des objectifs de production satisfaisants, il convient de mettre les cultures dans des conditions hydriques optimales. Ces conditions peuvent être assurées grâce à une bonne connaissance des **besoins en eau de la culture**, c'est le volume d'eau qui devra être apporté à la culture par irrigation en complément à d'autres ressources naturelle tel que : la pluviométrie, la remonté capillaire et la réserve initiale du sol afin de garantir à celle-ci les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement optimal.

#### III.2.1 Evapotranspiration maximale (ETM) :

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif donné et dans des conditions climatiques données.

Elle est donnée par l'expression :  $ETM = K_c \cdot ET_0$

Avec :

**ET<sub>0</sub>**: Évapotranspiration potentielle de référence.

**K<sub>c</sub>** : Le coefficient cultural qui dépend : de la culture du stade végétatif

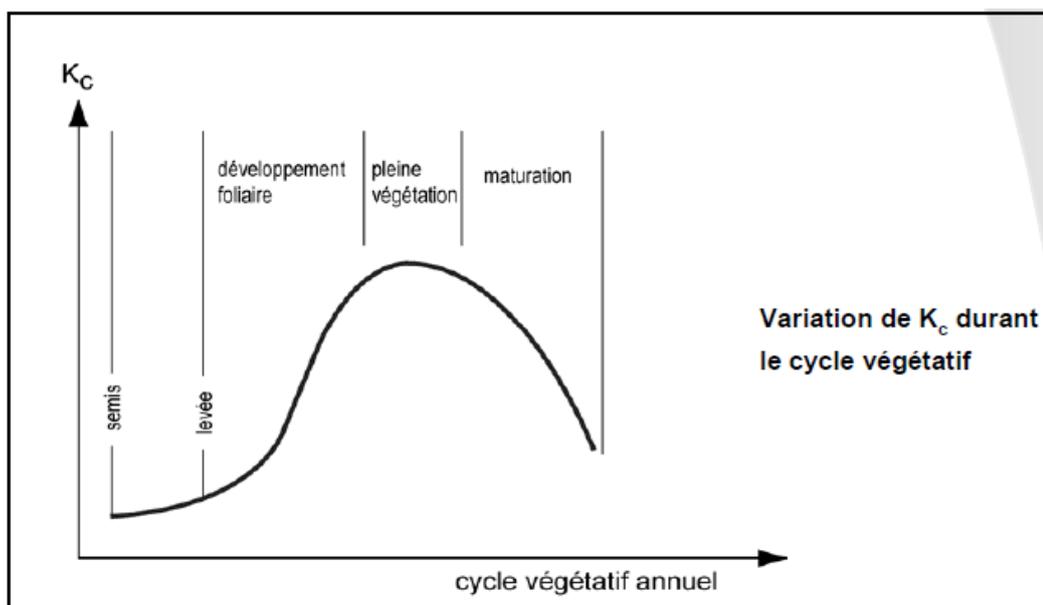


Fig. III.1 : La variation de Kc

Tableau III.1 : Coefficient cultural Kc des différentes cultures

Kc	Olivier	Luzerne	Pomme de terre	Avoine	Blé/orge	Ail	Carotte	Sorgho
Sept.	0,7						0,5	
Oct.	0,65						0,8	
Nov.	0,65			0,3			1,05	
Dec.	0,65			0,3	0,7		0,75	
Janv.	0,65			0,5	0,85			
Fev.	0,65	0,7		0,48	0,95			
Mars	0,65	0,7	0,5	1,19	1,05			0,5
Avril	0,65	0,85	0,8	1,19	1,05			0,75
Mai	0,75	1,2	1,05	1,13	1,05	1		1,1
Juin	0,75	1,2	0,75	1,05	0,6	1,05		1,1
Juil.	0,75	0,7				1,05		1
Aout	0,75					0,85		

### III.2.1.1 L'évapotranspiration potentielle (ET<sub>0</sub>) :

L'évapotranspiration potentielle (ET<sub>0</sub>) est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes, elle résume l'ensemble des pertes en eau d'une culture de référence (gazon) couvrant totalement le terrain, ayant une hauteur uniforme de quelques centimètres, à son stade de développement végétatif maximal et suffisamment pourvue en eau.

Pour prédire l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques (méthodes direct), parmi les plus employés sont :

- Méthodes de lysimètre
- Méthodes des stations expérimentales
- Méthodes directes de l'évaporation
- Méthodes empiriques

En ce qui concerne les méthodes empiriques (méthodes indirect), il existe des formules de calcul dont les principales sont :

- Priestly- Taylor
- Makkink
- Turc
- Hargreaves
- Blaney – Cridle
- Thornthwaite
- Penman et Monteith modifiée.

Sur la base des résultats de plusieurs études, notamment celle de (**Jensen, 1990**), la consultation d'experts menée par la FAO sur les méthodologies d'estimation des besoins en eau des cultures (**Smith 1992**), a conduit à recommander la méthode de Penman Monteith modifiée comme méthode privilégiée l'estimation de  $ET_0$ .

### III.2.1.2 Calcul de l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) par la formule

#### Penman-Monteith :

La détermination de l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) est calculée en se basant sur la formule de Penman-Monteith modifiée :

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

Avec :

$ET_0$  : évapotranspiration de référence [mm/jour]

$R_n$  : rayonnement net à la surface de la culture [ $MJ/m^2$ /jour]

$G$  : densité de flux de chaleur dans le sol [ $MJ/m^2$ /jour]

$T$  : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [ $^{\circ}C$ ]

$u_2$  : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m/s]

$e_s$  : pression de vapeur saturante [kPa]

$e_a$  : pression de vapeur réelle [kPa]

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

$\Delta$  : Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [ $kPa/^{\circ}C$ ]

$g$  : constante psychrométrique [ $kPa/^{\circ}C$ ].

- Les résultats de l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 fondé sur la méthode de Mr Penman&Montheit modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990, sont récapitulés dans la figure suivante :

Month	Avg Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sunshine hours	Radiation MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/month
January	8.6	74	3.0	7.9	11.9	44.35
February	8.8	74	3.4	8.4	14.9	52.03
March	11.6	70	3.3	6.3	15.3	78.22
April	15.0	66	3.3	7.2	19.0	106.07
May	18.6	60	3.2	5.9	18.5	133.43
June	23.0	50	3.3	8.4	22.6	178.22
July	28.0	41	3.4	9.9	24.5	232.49
August	27.7	45	3.6	8.6	21.5	212.78
September	22.9	59	3.4	6.4	16.3	134.53
October	19.0	63	3.1	4.9	11.9	95.45
November	12.8	71	3.1	4.9	9.6	55.06
December	9.4	74	2.9	5.2	8.8	41.13
<b>Average</b>	<b>17.1</b>	<b>62</b>	<b>3.3</b>	<b>7.0</b>	<b>16.2</b>	<b>1363.76</b>

Fig. III.2 : Calcul de l'évapotranspiration avec logiciel (CROPWAT 8.0)

### III.2.2 Pluie efficace

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations qui contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur etc....

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage détaillée comme suit :

$$Pluies\ efficaces\ (en\ mm/mois) = A \times Pluies\ moy\ (mm/mois)$$

Avec :

**A** : coefficient estimé à 0,8.

Les valeurs moyennes mensuelles de  $P_{eff}$  sont regroupées dans le tableau ci-dessous suivant :

Tableau III.2. Calcul de la pluie efficace

Mois	P <sub>moy80%</sub>	Pe <sub>eff</sub>
September	13,13	10,50
October	22,33	17,86
November	14,53	11,62
December	11,42	9,14
Janvier	13,85	11,08
Fevrier	12,99	10,39
Mars	14,85	11,88
Avril	18,42	14,74
Mai	18,58	14,86
Juin	10,15	8,12
Juillet	4,29	3,43
Aout	5,1	4,08

### III.2.3 La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU). La quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la RU (SOLTNER, 1986). La valeur du RFU est donnée par l'expression suivante :

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

**H<sub>cc</sub>** : humidité à la capacité au champ (20%).

**H<sub>pf</sub>** : humidité au point de flétrissement (11%).

**Y** : degré de tarissement (généralement 2/3 et 1/3 pour les cultures sensibles et 1/2 pour les cultures céréalières);

**da** : densité apparente (1.34).

**Z** : profondeur d'enracinement mm.

$$Si : ETM \gg Pe_{eff} \implies RFU_{réel} = 0$$

### III.3 Choix des cultures :

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

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

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre d'étude (Ain Skhouna), nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.

- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

### III.3.1 Occupation du sol

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, Agro-pédologique).

L'adaptation des assolements identifiés auparavant aux différents types de modèles dépendra de la taille des exploitations agricoles et leurs potentialités culturelles.

On propose d'abord des scénarios d'occupation des sols, afin de bien répartir notre culture, les scénarios proposés sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau.III.3 : Les scénarios d'occupation du sol**

Scénario	Céréales (%)	Fourrages (%)	Maraichage (%)	Arboriculture (%)	Total (%)
1	60	15	20	5	100
2	40	15	35	10	100
<b>3</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>100</b>
4	35	15	35	15	100
5	25	15	45	15	100

D'après le tableau précédent, le scénario qui convient mieux pour notre périmètre c'est le scénario 3, On prenant en considération l'historique du périmètre et les avis des agriculteurs bien sûr. L'occupation des sols retenue pour le projet est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau.III.4 : la surface d'occupation de chaque culture**

Cultures	Surface en %	Surface en Ha
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fourragères</li> <li>-Luzerne</li> <li>-Sorgho</li> </ul>	15	225
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Céréaliculture</li> <li>-Blé</li> <li>-Orge</li> <li>-Avoine</li> </ul>	40	600
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arboricultures</li> <li>-Olivier</li> </ul>	20	300
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maraichères</li> <li>-Pomme de terre</li> <li>-Carotte</li> <li>-Ail</li> </ul>	25	375
Somme	100	1500

On laisse 5 ha aux infrastructures et aux pistes agricoles pour le déplacement des engins.

**III.3.2 Assolement – Rotation :**

L’assolement est la division des terres d’une exploitation agricole en parties distinctes, appelées soles consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d’une année à l’autre.

La rotation est la succession culturale ou rotation, qui est une notion différente. Donc L’assolement est la diversité géographique des cultures à un moment donné, elle présente un effet important et positif sur l’activité biologique du sol et la nutrition des plantes et le respect de certaines conditions de succession des cultures devient impératif, permettant d’atteindre un équilibre nutritif des sols mais aussi de lutter contre les maladies, les parasites et les mauvaises herbes.

**Tableau.III.5 : Assolement-rotation des cultures**

1 <sup>ère</sup> année												2 <sup>ème</sup> année											
S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Blé-Orge												Avoine											
						Pomme de terre						Carotte											
Luzerne												Sorgho											
Ail												Pomme de terre											
Arboriculture (Olivier)																							

**III.4 Efficience de l’irrigation**

Les besoins bruts du périmètre, dépendent de l’efficacité de l’irrigation, l’efficacité d’un réseau d’irrigation est définie par le rapport entre le besoin d’eau strictement nécessaire à la culture et le volume d’eau à introduire dans ce réseau.

La différence entre les deux volumes indique les pertes, qui évidemment devront être les plus limitées, afin d’éviter le gaspillage plus particulièrement, si les ressources en eau s’avéraient rares.

La formule communément employée pour l’estimation de l’efficacité d’un réseau d’irrigation, est donnée par l’expression : **Ei = Et × Ea**

Certains auteurs font une distinction ultérieure, tel que la formule : **Ea = Ed × Eu**  
Avec :

**Ed** : Efficacité de type de distribution en %.

**Eu** : Efficacité de l'uniformité de la distribution en %.

L'irrigation de notre périmètre aura une efficacité de l'ordre de 75%.

### III.5 Estimation des Besoins en eau des cultures :

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

D'où :

**B** : besoin en eau d'irrigation (mm).

**ETM** : évapotranspiration maximale de la culture (mm).

**P<sub>eff</sub>** : pluie efficace (mm).

**RFU** : réserve facilement utilisable.

L'irrigation est faite lorsque **B > 0**.

### III.5 La dose de lessivage

En culture irriguée, l'objectif du lessivage du sol est d'éliminer les sels qui se sont accumulés sous l'effet de l'évapotranspiration dans la partie du sol exploitée par les racines.

Pour le lessivage, il nous faut connaître la dose (excès) d'eau à apporter pour abaisser la salinité à un niveau satisfaisant.

Les conditions de drainage interne suffisantes pour permettre l'évacuation des sels en excès hors de la zone racinaire ou au minimum de leur maintien à une profondeur telle qu'ils soient sans effets sur la culture.

$$I_w = \frac{B_{net}}{1 - LR}$$

Avec :

**I<sub>w</sub>** : besoin végétation + lessivage

**B<sub>net</sub>** : besoin en cultures avant lessivage

$$LR = \frac{C_{eiw}}{5C_{es} - C_{eiw}}$$

Avec :

**LR** : Leaching Requirement ou fraction lessivante.

**C<sub>eiw</sub>** : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation : l'eau des forages = 2,38 ds/cm.

**C<sub>es</sub>** : Conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée du sol = 2,2 ds/cm.

#### • Notions du bilan salin dans un sol :

Le bilan salin dans le sol permet d'évaluer la quantité des sels stockés au bout d'un certain nombre d'irrigation, il s'écrit sous l'expression :

$$\Delta S = I_w \times C_i - D_w \times C_d + S_a + S_s + S_p + S_e$$

**ΔS** : La variation du stock de sels dans le sol.

**I<sub>w</sub>** : Le volume d'eau d'irrigation.

$C_i$  : La concentration en sels de l'eau d'irrigation.

$C_d$  : Concentration en sels de l'eau de drainage.

$S_a$  : La quantité de sels apportés par les engrais ou amendement.

$S_p$  : La quantité de sels mise en solution par l'eau traversant le sol.

$S_e$  : La quantité de sels consommés par les plantes.

L'idéal serait de parvenir à un modèle où  $\Delta S$  serait égale à zéro, c'est-à-dire supposé.  
 $S_a + S_s + S_p + S_e = 0$

- **Périodes et méthodes de lessivage des sols :**

Dans les zones arides ou semi-arides, les doses de lessivage doivent être apportées comme doses d'irrigation.

Les besoins en eau pour le lessivage seront évalués à 20% des besoins bruts d'irrigation.

Le lessivage est envisagé lorsque :

- L'eau d'irrigation est salée ( $C_{eiw} > 1,5$  ds/cm)
- Le sol a est tendance saline ( $C_{eis} > 4$  ds/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 continues (ou lessivage d'entretien) :**

Pour ce mode, la dose de lessivage est apportée par fraction en même temps que les doses d'irrigation, c'est à dire qu'on ne laissera pas les sels s'accumuler dans le sol, ils seront progressivement lessivés.

## III.6 Calcul des besoins en eau des cultures

## III.6.1 Estimation des besoins en eau de l'arboriculture

Tableau III.6 : calcul de besoin en eau de l'olivier

Mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	ET0	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	RFUréel	Bnet (mm)	Bbrute (mm)
September	13,13	10,50	134,53	0,7	94,17	95,52	0	83,67	111,556
October	22,33	17,86	95,45	0,65	62,04	95,52	0	44,18	58,905
November	14,53	11,62	55,06	0,65	35,79	95,52	0	24,17	32,220
December	11,42	9,14	41,13	0,65	26,73	95,52	0	17,60	23,465
Janvier	13,85	11,08	44,35	0,65	28,83	95,52	0	17,75	23,663
Fevrier	12,99	10,39	52,03	0,65	33,82	95,52	0	23,43	31,237
Mars	14,85	11,88	78,22	0,65	50,84	95,52	0	38,96	51,951
Avril	18,42	14,74	106,07	0,65	68,95	95,52	0	54,21	72,279
Mai	18,58	14,86	133,43	0,75	100,07	95,52	0	85,21	113,611
Juin	10,15	8,12	178,22	0,75	133,67	95,52	0	125,55	167,393
Juillet	4,29	3,43	232,49	0,75	174,37	95,52	0	170,94	227,914
Aout	5,1	4,08	212,78	0,75	159,59	95,52	0	155,51	207,340

## III.6.2 Estimation des besoins en eau des Fourragères

Tableau III.7 : Calcul de besoin en eau de la luzerne

Mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	ET0	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	RFUréel	Bnet (mm)	Bbrute (mm)
September	13,13	10,50	134,53		0	0	0	0,00	0,00
October	22,33	17,86	95,45	0,65	62,04	31,84	0	44,18	58,90
November	14,53	11,62	55,06	0,7	38,54	55,72	0	26,92	35,89
December	11,42	9,14	41,13	0,8	32,90	71,64	0	23,77	31,69
Janvier	13,85	11,08	44,35	0,9	39,92	79,60	0	28,84	38,45
Fevrier	12,99	10,39	52,03	0,95	49,43	95,52	0	39,04	52,05
Mars	14,85	11,88	78,22	1	78,22	95,52	0	66,34	88,45
Avril	18,42	14,74	106,07	1,05	111,37	95,52	0	96,64	128,85
Mai	18,58	14,86	133,43	1,2	160,12	95,52	0	145,25	193,67
Juin	10,15	8,12	178,22		0	0	0	0,00	0,00
Juillet	4,29	3,43	232,49		0	0	0	0,00	0,00
Aout	5,1	4,08	212,78		0	95,52	0	0,00	0,00

**Tableau III.8 : Calcul de besoin en eau du sorgho**

Mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	ET0	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	RFUréel	Bnet (mm)	Bbrute (mm)
September	13,13	10,50	134,53		0,00	0	0	0,00	0,00
October	22,33	17,86	95,45		0,00	0	0	0,00	0,00
November	14,53	11,62	55,06		0,00	0	0	0,00	0,00
December	11,42	9,14	41,13		0,00	0	0	0,00	0,00
Janvier	13,85	11,08	44,35		0,00	0	0	0,00	0,00
Fevrier	12,99	10,39	52,03		0,00	0	0	0,00	0,00
Mars	14,85	11,88	78,22	0,5	39,11	95,52	0	27,23	36,31
Avril	18,42	14,74	106,07	0,75	79,55	95,52	0	64,82	86,42
Mai	18,58	14,86	133,43	1,1	146,77	95,52	0	131,91	175,88
Juin	10,15	8,12	178,22	1,1	196,04	95,52	0	187,92	250,56
Juillet	4,29	3,43	232,49	1	232,49	95,52	0	229,06	305,41
Aout	5,1	4,08	212,78		0,00	0	0	0,00	0,00

**III.6.3 Estimation des besoins en eau des Céréaliculture**

**Tableau III.9 : Calcul de besoin en eau de l'avoine**

Mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	ET0	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	RFUréel	Bnet (mm)	Bbrute (mm)
September	13,13	10,50	134,53		0	0	0	0,00	0,00
October	22,33	17,86	95,45		0	0	0	0,00	0,00
November	14,53	11,62	55,06	0,3	16,52	63,68	0	4,89	6,53
December	11,42	9,14	41,13	0,3	12,34	63,68	0	3,20	4,27
Janvier	13,85	11,08	44,35	0,5	22,18	63,68	0	11,10	14,79
Fevrier	12,99	10,39	52,03	0,75	39,02	63,68	0	28,63	38,17
Mars	14,85	11,88	78,22	1,1	86,04	63,68	0	74,16	98,88
Avril	18,42	14,74	106,07	1,1	116,68	63,68	0	101,94	135,92
Mai	18,58	14,86	133,43	1,13	150,78	63,68	0	135,91	181,22
Juin	10,15	8,12	178,22	1,05	187,13	63,68	0	179,01	238,68
Juillet	4,29	3,43	232,49		0	0	0	0,00	0,00
Aout	5,1	4,08	212,78		0	0	0	0,00	0,00

**Tableau III.10 : Calcul de besoin en eau du blé/orge**

Mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	ET0	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	RFUréel	Bnet (mm)	Bbrute (mm)
September	13,13	10,50	134,53		0,00	0	0	0,00	0,00
October	22,33	17,86	95,45		0,00	0	0	0,00	0,00
November	14,53	11,62	55,06	0,45	24,78	48,24	0	13,15	17,54
December	11,42	9,14	41,13	0,55	22,62	48,24	0	13,49	17,98
Janvier	13,85	11,08	44,35	0,75	33,26	48,24	0	22,18	29,58
Fevrier	12,99	10,39	52,03	0,9	46,83	48,24	0	36,44	48,58
Mars	14,85	11,88	78,22	0,95	74,31	48,24	0	62,43	83,24
Avril	18,42	14,74	106,07	0,8	84,86	48,24	0	70,12	93,49
Mai	18,58	14,86	133,43	0,75	100,07	48,24	0	85,21	113,61
Juin	10,15	8,12	178,22	0,45	80,20	48,24	0	72,08	96,11
Juillet	4,29	3,43	232,49		0,00	0	0	0,00	0,00
Aout	5,1	4,08	212,78		0,00	0	0	0,00	0,00

**III.6.4 Estimation des besoins en eau des Maraichères**

**Tableau III.11 : Calcul de besoin en eau de l'ail**

Mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	ET0	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	RFUréel	Bnet (mm)	Bbrute (mm)
September	13,13	10,50	134,53		0	0	0	0,00	0,0
October	22,33	17,86	95,45	0,5	47,73	47,76	0	29,86	39,8
November	14,53	11,62	55,06	0,75	41,30	47,76	0	29,67	39,6
December	11,42	9,14	41,13	0,95	39,07	47,76	0	29,94	39,9
Janvier	13,85	11,08	44,35	0,95	42,13	47,76	0	31,05	41,4
Fevrier	12,99	10,39	52,03	0,75	39,02	47,76	0	28,63	38,2
Mars	14,85	11,88	78,22		0	0	0	0,00	0,0
Avril	18,42	14,74	106,07		0	0	0	0,00	0,0
Mai	18,58	14,86	133,43		0	0	0	0,00	0,00
Juin	10,15	8,12	178,22		0	0	0	0,00	0,00
Juillet	4,29	3,43	232,49		0	0	0	0,00	0,00
Aout	5,1	4,08	212,78		0	0	0	0,00	0,00

**Tableau III.12 : Calcul de besoin en eau de la carotte**

Mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	ET0	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	RFUréel	Bnet (mm)	Bbrute (mm)
September	13,13	10,50	134,53	0,5	67,27	23,88	0	56,76	75,68
October	22,33	17,86	95,45	0,8	76,36	31,84	0	58,50	77,99
November	14,53	11,62	55,06	1,05	57,81	39,80	0	46,19	61,59
December	11,42	9,14	41,13	0,75	30,85	47,76	0	21,71	28,95
Janvier	13,85	11,08	44,35		0,00	0	0	0,00	0,00
Fevrier	12,99	10,39	52,03		0	0	0	0,00	0,00
Mars	14,85	11,88	78,22		0	0	0	0,00	0,00
Avril	18,42	14,74	106,07		0	0	0	0,00	0,00
Mai	18,58	14,86	133,43		0	0	0	0,00	0,00
Juin	10,15	8,12	178,22		0	0	0	0,00	0,00
Juillet	4,29	3,43	232,49		0	0,00	0	0,00	0,00
Aout	5,1	4,08	212,78		0	0,00	0	0,00	0,00

**Tableau III.13 : Calcul de besoin en eau de la pomme de terre**

Mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	ET0	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	RFUréel	Bnet (mm)	Bbrute (mm)
September	13,13	10,50	134,53		0,00	0	0	0,00	0,00
October	22,33	17,86	95,45		0,00	0	0	0,00	0,00
November	14,53	11,62	55,06		0,00	0	0	0,00	0,00
December	11,42	9,14	41,13		0,00	0	0	0,00	0,00
Janvier	13,85	11,08	44,35		0,00	0	0	0,00	0,00
Fevrier	12,99	10,39	52,03		0,00	0	0	0,00	0,00
Mars	14,85	11,88	78,22	0,5	39,11	47,76	0	27,23	36,31
Avril	18,42	14,74	106,07	0,8	84,86	47,76	0	70,12	93,49
Mai	18,58	14,86	133,43	1,05	140,10	47,76	0	125,24	166,98
Juin	10,15	8,12	178,22	0,75	133,67	47,76	0	125,55	167,39
Juillet	4,29	3,43	232,49		0,00	0	0	0,00	0,00
Aout	5,1	4,08	212,78		0,00	0	0	0,00	0,00

III.7 Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2

Tableau III.14 : Récapitulatif des besoins bruts pour l'assolement 1

Ass 1	Olivier	Pomme de terre	Blé/orge	Ail	Luzerne	Total
September	111,56	0,00	0,00	0,00	0,00	111,56
October	58,90	0,00	0,00	39,81	58,90	157,62
November	32,22	0,00	17,54	39,56	35,89	125,21
December	23,46	0,00	17,98	39,92	31,69	113,05
Janvier	23,66	0,00	29,58	41,40	38,45	133,09
Fevrier	31,24	0,00	48,58	38,17	52,05	170,04
Mars	51,95	36,31	83,24	0,00	88,45	259,95
Avril	72,28	93,49	93,49	0,00	128,85	388,12
Mai	113,61	166,98	113,61	0,00	193,67	<b>587,88</b>
Juin	167,39	167,39	96,11	0,00	0,00	430,89
Juillet	227,91	0,00	0,00	0,00	0,00	227,91
Aout	207,34	0,00	0,00	0,00	0,00	207,34

Tableau III.15 : Récapitulatif des besoins bruts pour l'assolement 2

Ass 2	Olivier	Pomme de terre	Avoine	Carotte	Sorgho	Total
September	111,56	0,00	0,00	75,68	0,00	187,24
October	58,90	0,00	0,00	77,99	0,00	136,90
November	32,22	0,00	6,53	61,59	0,00	100,33
December	23,46	0,00	4,27	28,95	0,00	56,68
Janvier	23,66	0,00	14,79	0,00	0,00	38,46
Fevrier	31,24	0,00	38,17	0,00	0,00	69,41
Mars	51,95	36,31	98,88	0,00	36,31	223,45
Avril	72,28	93,49	135,92	0,00	86,42	388,12
Mai	113,61	166,98	181,22	0,00	175,88	637,69
Juin	167,39	167,39	238,68	0,00	250,56	<b>824,03</b>
Juillet	227,91	0,00	0,00	0,00	305,41	533,32
Aout	207,34	0,00	0,00	0,00	0,00	207,34

## III.8 Calcul de la dose de lessivage

- Calcul de la fraction lessivante LR :

$$LR = \frac{Ce_{iw}}{5C_{es} - Ce_{iw}} = \frac{2,38}{5 \times 2,2 - 2,38} = 0,27$$

- Calcul de la dose de lessivage :

$$\text{Nous aurons la dose de lessivage : } V = \frac{LR \times ETM}{1 - LR}$$

Tableau.III.16 : Dose de lessivage de chaque culture

Mois/Culture	Sorgho	Blé/Orge	Pomme de terre	Carotte	Ail	Avoine	Luzerne	Olivier
September	0,00	0,00	0,00	24,88	0,00	0,00	0,00	34,83
October	0,00	0,00	0,00	28,24	17,65	0,00	22,95	22,95
November	0,00	9,16	0,00	21,38	15,27	6,11	14,26	13,24
December	0,00	8,37	0,00	11,41	14,45	4,56	12,17	9,89
Janvier	0,00	12,30	0,00	0,00	15,58	8,20	14,76	10,66
Fevrier	0,00	17,32	0,00	0,00	14,43	9,24	18,28	12,51
Mars	14,47	27,48	14,47	0,00	0,00	34,43	28,93	18,80
Avril	29,42	31,39	31,39	0,00	0,00	46,69	41,19	25,50
Mai	54,29	37,01	51,82	0,00	0,00	55,77	59,22	37,01
Juin	72,51	29,66	49,44	0,00	0,00	69,21	0,00	49,44
Juillet	85,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	64,49
Aout	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,02

### III.9 Estimation du volume de besoin en eau total

Nous prendrons la valeur qui correspond au plus grand besoin en eau des cultures afin d'estimer les besoins totaux de nos cultures et d'avoir un ordre de grandeur sur notre réseau.

**Tableau.III.17 : Estimation des besoins en eau total pour l'irrigation**

Assolement 2					
Culture	Superficie(ha)	Bnet (mm)	Efficiencie	Bbrute (m3/ha)	Besoin totaux (m3)
Olivier	300	841,15	0,75	11215,33	3364600,00
Sorgho	225	640,94	0,75	8545,81	1922806,50
Carotte	150	183,16	0,75	2442,10	366315,00
Avoine	600	538,85	0,75	7184,65	4310787,20
Pomme de terre	275	348,13	0,75	4641,73	1276476,67
<b>Total</b>					<b>11240985,37</b>

Pour la dose de lessivage les volumes sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau.III.18 : Volume total de la dose de lessivage**

Assolement 2				
Culture	Superficie (ha)	Dose de lessivage (mm)	Dose de lessivage (m3)	Dose total m3
Olivier	300	358,35	3583,5	1075050,00
Sorgho	225	256,67	2566,72911	577514,05
Carotte	150	85,91	859,1381507	128870,72
Avoine	600	234,20	2342,040658	1405224,39
Pomme de terre	275	147,11	1471,1	404552,50
<b>Total</b>				<b>3591211,67</b>

Ce qui implique que les besoins en eau de lessivage est  $V=3\ 591\ 211,67\ m^3$ .

Les besoins en eau d'irrigation d'après le **tableau.III.17** sont :

$$V = 11\ 240\ 985,37\ m^3$$

Donc les besoins totaux seront :

$$VT = 14\ 832\ 197,03\ m^3$$

Ce volume peut être garantie avec les trois forages sans problème.

**III.10 Conclusion**

Cette étude a pour but principal la détermination des besoins en eau des cultures, et cela en calculant l'ETP qui était importante à cause des effets combinés de la température, Le calendrier cultural choisi, permettent de diversifier les cultures, leur irrigation permettra d'intensifier leurs rendements, ce qui permettra un développement économique important pour la région de Daiet Zraget.

A la fin on a estimé les besoins totaux de l'irrigation avec la dose de lessivage avec un volume environ **15 Hm<sup>3</sup>**, ce dernier nous permettra de dimensionner notre réseau de drainage.

# **Chapitre IV : Choix de la variante du réseau de drainage**

## **IV.1 Introduction**

La dépression de Daiët Zraguet dans laquelle est implanté le périmètre est sujette à des submersions lors des épisodes pluvieux conséquents. Le centre de la dépression recelant les meilleures terres, il est nécessaire d'y limiter les submersions et leur durée, afin d'éviter l'asphyxie des cultures.

## **IV.2 Le drainage**

### **IV.2.1 Définition**

Le drainage est l'opération qui consiste à favoriser artificiellement l'évacuation de l'excès en eau présente dans le sol.

### **IV.2.2 Objectifs et avantages**

- D'abaisser le niveau de la nappe à un niveau acceptable pour les cultures.
- Evacuer les eaux en excès dans les terres agricoles qui se trouvent dans les zones plates.
- Drainage naturelle insuffisante a cause de très faible pente ou en présence de faible perméabilité.
- Éliminé les eaux de lessivage contenant les sels accumuler dans le sol.
- Éviter l'asphyxie des plantes par la submersion des racines dans l'eau.
- Rendre le sol à son état initial (aération du sol).
- Accessibilité au périmètre à tout le temps.

### **IV.2.3 Procédure de drainage**

- Captage ou collecte des eaux excédentaires (drainage à la parcelle).
- Acheminement par une réseau de collecteurs ou de fossés.
- Restitution au réseau hydrographique naturel (exutoire), dans le cas où le périmètre est dans une zone de dépression, les eaux de drainage se font relevées par pompage.

### **IV.2.4 Technique de drainage**

Une technique de drainage permettre l'évacuation d'un certain volume d'eau, pour un certain temps, d'une zone de sol bien délimitée.

#### **IV.2.4.1 Drainage par fossé à ciel ouvert**

C'est une technique consistant à creuser dans le sol à intervalles réguliers des fossés de profondeur pouvant atteindre 3 m ou plus et de largeur entre 0.3 et 0.5 m.

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

- **Le rôle des fosses :**

- Interceptor le ruissellement superficiel et évacuer ainsi un excès d'eau de surface.
- Créer un gradient hydraulique et provoquer ainsi un écoulement souterrain depuis le sol vers le fossé drainé.

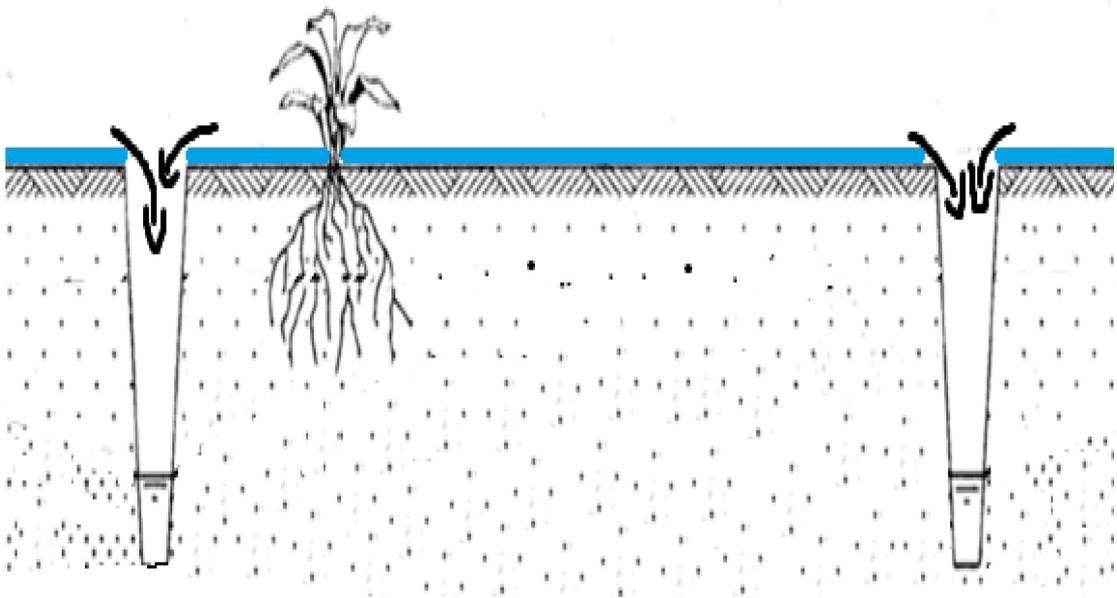


Fig.IV.1 : schéma de drainage par fosses à ciel ouvert

- **Avantages :**
  - Réalisation simple.
  - Les dimensions des drains permettent d'évacuer du débit maximum.
  - Entretien facile.
- **Inconvénients :**
  - Perte de surface cultivable.
  - Difficulté d'accès.
  - Entretien onéreux.
  - Maladies hydriques.

#### IV.2.4.2 Drainage par drains enterrés

Toute technique d'évacuation d'eau de nappe souterraine qui permet le contrôle du niveau de la surface libre de la nappe.

- **Installation :** un réseau de drains constitue à mettre aux dessous du sol un ensemble de tuyaux perforés de 4 à 10 cm de diamètre, raccordé avec un réseau de collecteurs qui évacuent l'eau vers un émissaire.

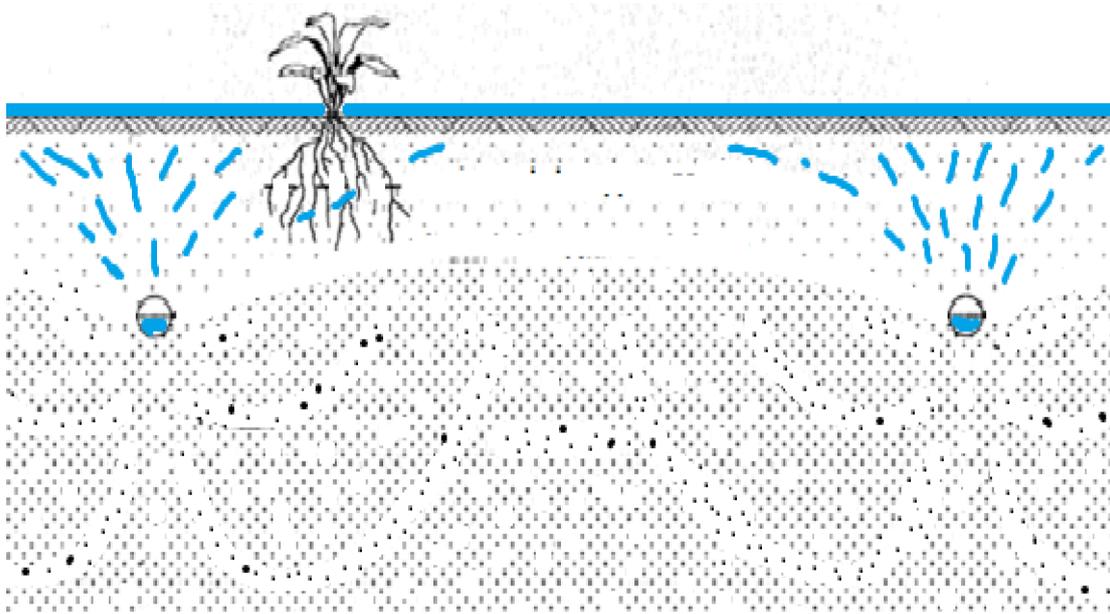


Fig.IV.2 : Schéma représentatif des drains enterré

- **Fonctionnement :** Les drains se jettent dans un réseau de collecteurs qui évacuent l'eau vers un émissaire, les collecteurs recueillent également souvent les eaux de ruissellement de surface par l'intermédiaire de sacs (regards couverts d'une grille). En cas de pente insuffisante pour évacuer les eaux par gravité, les eaux sont relevées par une station de pompage, aux points névralgiques (jonctions entre collecteurs, changements de direction et de pente. etc) nous placerons des chambres de visite.

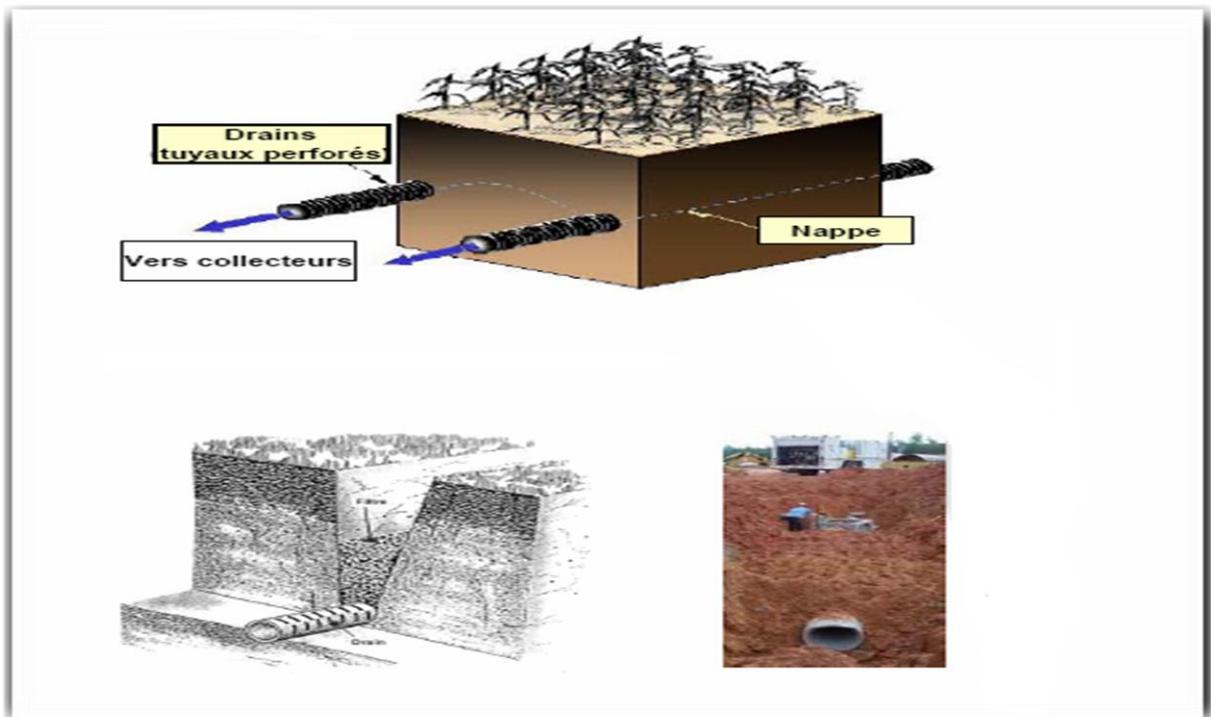


Fig.IV.3 : Drainage par drains enterrés.

- **Les avantages :**
  - Facilité de pose.
  - Résistance à l'écrasement.
  - Réduction des contraintes d'exploitation, accès facile
  - Economie de la surface cultivable.
- **Les inconvénients :**
  - Défaut de colmatage.
  - Frais d'entretien très élevé.

#### IV.2.4 Choix de variante

##### Variante 1 : Réseau de drainage avec des drains tranché à ciel ouvert :

Cette variante a été écartée à cause des défauts suivants :

- Perte de surface cultivable.
- Gène les façons culturales, labour et autre travail d'engins.
- Le cheminement des fossés engendra des problèmes entre les agriculteurs, ainsi que le périmètre est subdivisé à des ilots.
- Forte pente dans le périmètre.

##### Variante 2 : Réseau de drainage avec des drains enterrés :

Nous avons opté le choix de cette variante pour le tracé du réseau à cause des avantages suivants :

- Facilité de pose.
- Facteurs d'économie (surface cultivable, matériaux .....)

**Remarque :** une étude technico-économique est inutile puisque la variante 1 est écartée pour des raisons topographique et socio-économique.

#### IV.3 Paramètres d'un réseau de drainage

Avant de dimensionner un réseau d'assainissement agricole, il faut avoir certains paramètres et suivre une procédure de calcul.

##### IV.3.1 Paramètres hydrologique

D'après le **bilan hydrologique** :  $P = E + I + R$

Avec :

**P** = pluie

**E** = évaporation

**I** = filtration

**R** = ruissellement

$$\frac{P}{P} = \frac{E}{P} + \frac{I}{P} + \frac{R}{P} \implies 1 = e + i + r$$

**i** = coefficient d'infiltration.

**e** = coef d'évapotranspiration.

**r** = coef de ruissellement.

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

**IV.3.1.1 Evapotranspiration**

L'évapotranspiration est estimée en fct° (T(°C), Humidité, Vitesse du vent) et végétation sur la parcelle. On considère l'évapotranspiration donc la quantité évaporée.

**La Végétation :**

- Diminue le ruissellement.
- Augmente l'infiltration.

**Tableau.IV.1 : les coeffs. D'évapotranspiration en fonction de la nature du terrain**

Nature du terrain	e
Terrain nus, imperméables	0,1
Terrain labouré, cultivé	0,3
Végétation denses, prairie	0,5
Forêt dense	0,7

**IV.3.1.2 Infiltration**

Fonction de la nature du terrain, varie de **1mm/j** pour les argiles lourdes à **plusieurs m/j** pour les sables grossiers. **Pour terrains nu à faible pente** on peut admettre les valeurs suivantes :

**Tableau.IV.2 : les coefficients d'infiltration en fonction des types de sol**

Types de sol	i
Sable	0,8
Limono-sableux	0,5-0,6
Limoneux	0,4
Terres argileuses	0,2

**IV.3.1.3 Le ruissèlement**

On l'estime en fonction du (topographie, nature du sol, végétation).

**Tableau IV.3 : les coefficients de ruissèlement en fonction du terrain**

Type du terrain	r
Surfaces revêtues	0,75 – 0,95
Terrains nus	0,1 – 0, 3
Terrains de cultures, prairies	0,15 – 0,25
Bois (terrain plat)	0,01 – 0,05
Bois pente moyenne	0,05 – 0,20

**IV.3.2 Paramètres du réseau**

**IV.3.2.1 La quantité à évacuer**

On peut estimer la quantité à évacuer par le réseau de drainage :

- Si le réseau est absent ou **superficiel**, le volume à évacuer = **r**.
- Si réseau **enterré** = il faut évacuer le volume **i**.
- Pour un réseau complet avec collecteur, il faut évacuer le volume (**i + r**).

Cette partie  $i + r = 1 - e$  (non évaporé)

**Tableau IV.4 : (1-e) en fonction d'occupation du sol**

Culture	1 - e
Arboriculture	0,5
Céréale	0,6 – 0,8
Maraichères	0,8 – 0,9
Prairies	0,5 – 0,6

**IV.3.2.2 La durée de submersion**

Elle dépend du type de végétal :

**Tableau IV.5 : durée de submersion admissible de chaque type de culture**

Culture	$\theta$ (Jours)
Arboriculture	5
Céréale- Prairies	3
Maraichères	2

**IV.3.2.3 Profondeur critique de la nappe**

En général, les drains sont placés telle sorte que pendant la pluie critique (en régime critique) ou après une durée déterminée (régime variable), la nappe se trouve aux profondeurs minimales.

**Tbleau.IV.6 : Profondeurs critiques minimales de la nappe de chaque type de sol**

Type du sol	$h_{crit}$ (m)
Arboriculture	0,2
Maraichères	0,4
Prairies	0,7
Céréale	0,3

**IV.3.2.4 Profondeur des drains**

- Critères de choix :
  - Efficacité hydraulique : intérêt à accroître la profondeur.
  - Considérations économiques
- Conditions locales :
  - Cote de l'eau à l'exutoire.
  - Conditions pédologiques.
  - Risques d'assèchement excessif du sol.
  - Machines disponibles.
  - Risques de colmatage racinaire et de gel.

**Profondeurs courantes 0,8 à 1,2m.****IV.3.2.5 Réaction des plantes**

Le drainage a pour but d'éviter les inondations, ou d'abaisser la nappe à un niveau non nuisible.

On essaiera donc de le quantifier à l'aide des résultats des nombreuses expériences partout dans le monde, les pertes de production et les exigences spécifiques des cultures.

Il faut que le niveau de la nappe se trouve à une certaine profondeur pour que les racines ne soient pas noyées, et d'autre part, puissent être atteintes par l'eau capillaire.

Les valeurs que l'on admet pour la profondeur idéale de la nappe sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau.IV.7 : Variation de la hauteur de la nappe en fonction des cultures**

Cultures	$h_{opt}$ (m)
Maraichère	0,5 à 0,6
Céréale	0,6
Praires	0,2 à 0,3
Arboriculture	0,8

### IV.3.3 Caractéristiques du sol

#### IV.3.3.1 Porosité du sol

C'est la porosité de drainage ou porosité efficace, elle correspond à la fraction de la porosité qui (cède) son eau, lors du début de drainage.

**Tableau.IV.8 : la porosité du drainage en fonction de la texture**

Texture	$\mu$ (%)
Sol argileux	1 – 2
Sol limoneux argileux	4 – 8
Sable fin	10 – 20
Sable grossie	25 - 30

Pour notre périmètre on a un sol argileux-sableux avec une porosité de drainage  $\mu = 0,045$

### IV.4 Calcul du débit caractéristique

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

Le calcul de  $q_c$  se fait différemment pour les deux régimes de drainage et en tenant compte ou non de la possibilité de stockage.

#### IV.4.1 Cas où l'excès provient des pluies

Pour calculer le débit caractéristique qui provient des pluies, il faudra d'abord procéder par une analyse fréquentielle des pluies. Ensuite, l'ajustement des séries pluviométriques triées par la loi de Gumbel.

Car en matière de drainage ce n'est pas la pluviométrie totale annuelle ou mensuelle qui importe, ce sont les épisodes pluvieux de courte durée et de forte intensité qui dépassant les capacités naturelles du drainage et pourraient provoquer la formation ou l'élévation d'une nappe jusqu'à proximité de la surface du sol.

##### ➤ Analyse fréquentielle de la série pluviométrique

On possède une série pluviométrique journalière de la période (1968-2008) récupérée par L'ANRH de Saida, depuis la station (081901) de Ain Skhouna.

Il faudra d'abord dans un premier temps classer et traiter statistiquement les données pluviométriques existantes, L'objectif du classement et traitements sera de mettre en évidence les pluies maximums de courte durée 1, 2, 3, 4, 5, 6 jours et leurs fréquences d'apparition.

Ce travail peut se faire annuellement mais pour des raisons de rigueur, le travail par trimestre est conseillé afin d'essayer de tenir compte de la période durant la quelles se produit la pluie critique en relation avec le stade sensible des différentes cultures.

Tableau.IV.9 : Trié de la série pluviométrique du 1<sup>er</sup> trimestre (September-October-November)

Année	1j	2j	3j	4j	5j	6j
1968	7	55	0	0	0	0
1969	22	0	0	0	0	0
1970	4,5	9,9	0	0	0	0
1971	4	0	41,6	0	0	0
1972	5,5	0	0	0	0	0
1973	6	0	0	0	0	0
1974	16	14	0	0	0	0
1975	5,5	0	0	0	0	0
1976	24,4	32,8	0	14,1	0	0
1977	11	3,2	20,5	50,5	0	0
1978	14,3	16	8,3	0	24,9	0
1979	6,5	18	13,3	20,2	0	67,7
1980	29	0	0	0	0	0
1981	8	3,5	0	0	0	0
1982	7,8	9,1	0	0	0	0
1983	18	12	0	0	0	0
1984	3	0	0	0	0	0
1985	3,8	0	0	0	0	0
1986	23,5	0	0	0	0	0
1987	6,6	0	17,4	0	0	0
1988	17	6,6	10,2	0	0	0
1989	20,8	0	0	0	0	0
1990	12,8	11,1	0	0	0	0
1991	8,2	9,2	35	0	0	0
1992	13,2	10,8	24,2	0	0	0
1993	7,2	1,9	0	0	0	0
1994	10	14,1	17	0	5,9	0
1995	23,5	19,1	0	0	0	0
1996	3	23,1	13,4	0	0	0
1997	13,8	37,6	0	0	0	0
1998	16,5	0	0	0	0	0
1999	7,4	25,5	9	0	0	0
2000	9,1	29	12	0	0	0
2001	5,5	0	0	0	0	0
2002	0,9	8	0	0	0	0
2003	11,3	3,4	21,7	0	0	0
2004	11,5	45,3	48,6	0	0	0
2005	2,8	25,9	0	0	124,2	0
2006	5,4	3,6	0	0	0	0
2007	16,6	5,4	19,2	0	0	0
2008	3,7	0	20,5	0	0	0

**Tableau.IV.10 : Trié de la série pluviométrique du 1<sup>er</sup> trimestre (December-Janvier-Fevrier)**

Année	1j	2j	3j	4j	5j	6j
1968	10	0	0	0	0	0
1969	4	3	0	0	0	0
1970	12	2,2	0	0	0	0
1971	5,5	0	0	0	0	0
1972	10	2,5	0	0	0	0
1973	11,5	0	0	0	0	0
1974	12	2	0	0	0	0
1975	12	0	4,4	0	0	0
1976	11,7	4,8	18,9	0	0	0
1977	3,6	20,8	8,8	0	0	14,4
1978	18,8	10,7	8,8	0	0	0
1979	12,6	5,7	5,4	0	0	0
1980	4,4	0	0	0	0	0
1981	3,8	5,9	13,9	0	0	0
1982	0	4,4	0	0	0	0
1983	6	23	9	0	0	0
1984	3	4,7	8	8,8	0	18,9
1985	4,5	0	0	0	0	0
1986	4,1	12,4	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0
1988	4,8	5,5	0	10,6	0	0
1989	5	10,9	16,9	0	11,5	0
1990	19	0	0	0	0	0
1991	15	7,1	5,8	0	0	0
1992	1	21,6	5,3	0	0	0
1993	7,1	0	0	0	0	0
1994	4,3	6,7	8	0	0	0
1995	4,2	8,8	2,8	19,6	0	0
1996	14,2	6,8	0	0	0	0
1997	12,1	21,3	0	0	0	0
1998	4,3	0	0	0	0	0
1999	5,7	4,2	0	0	0	0
2000	3,3	0	5	0	0	0
2001	12,4	6,1	0	12,8	0	0
2002	4,9	14	13,4	5,66	0	0
2003	5	8,3	12,3	11,4	0	0
2004	7,3	5,1	0	0	0	0
2005	1,5	1	7,8	0	0	0
2006	2,2	0	29,6	7,6	0	0
2007	4,8	4,7	0	0	0	0
2008	0	11,9	0	4,7	0	0

Tableau.IV.11 : Trié de la série pluviométrique du 1<sup>er</sup> trimestre (Mars-Avril-Mai)

Année	1j	2j	3j	4j	5j	6j
1968	5	22,8	0	0	0	0
1969	5	0	0	0	0	0
1970	17	31	0	0	0	0
1971	15,5	8,8	0	0	0	0
1972	25	13,5	0	0	0	0
1973	9	0	0	0	0	0
1974	23,9	14	14,3	0	0	0
1975	3,7	7,8	0	0	0	0
1976	16,5	37,2	16	0	0	0
1977	3	14,1	0	12,3	0	0
1978	11	17,2	10,6	0	0	0
1979	8	8,2	45,5	0	16,8	0
1980	8	0	0	0	0	0
1981	29,9	2,5	9,4	29,9	0	0
1982	8	0	0	0	0	0
1983	11,6	16	12	0	0	0
1984	8,7	5,3	0	0	0	0
1985	1,5	0	0	0	16,5	0
1986	5,8	0	0	0	0	0
1987	3,5	16,7	0	14,1	0	0
1988	5,6	0	0	0	0	0
1989	16,2	23,5	0	0	0	0
1990	15,4	0	0	0	0	0
1991	8,3	10,7	0	11,1	0	32,8
1992	6,9	27	0	11	0	0
1993	20,5	0	0	0	0	0
1994	12	12,6	0	15,3	0	0
1995	3,5	10,5	3,2	0	0	0
1996	19	0,8	0	0	0	0
1997	6,7	14,5	0	0	0	0
1998	2	0	0	0	0	0
1999	16,5	70,2	36,1	0	0	0
2000	12,7	24,3	0	0	0	0
2001	15,7	2,8	0	0	0	0
2002	13	9	25	5,4	0	0
2003	5,2	15,2	26,1	35,8	0	0
2004	8,1	15,7	35,3	16,1	0	29,7
2005	12,6	5,1	0	0	0	0
2006	4,3	26,3	0	24,9	0	0
2007	24,6	11	10,7	11,2	0	0
2008	4,8	0	0	0	0	0

➤ **Ajustement par la loi Gumbel**

Après avoir relevé les pluies max de 1, 2, 3, 4, 5, 6 jours sur n années d’observations. On classe ces valeurs par ordre de grandeur croissante et on attribue à chaque valeur une fréquences F(x) au non dépassement :

$$F(x) = (r-0,5)/n$$

r : est le rang de l’observation.

n : nombre total d’années d’observation.

Loi de Gumbel = F(x) fonction de répartition.

x<sub>0</sub> et α coefficient d’ajustement.

En effectuant un changement de variable on aura  $y = \alpha(x-x_0)$

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

y : variable réduite de Gumbel.

F(y) : fréquence au non dépassement de la variable y.

L’ajustement par la loi de Gumbel est fait par logiciel HYFRAN, les résultats de l’ajustements sont présentés dans les tableaux suivants :

**Tableau.IV.12 : l’ajustement pour le trimestre de l’automne**

Durée/fréquence	2ans	5ans	10ans
1j	9,26	15,4	19,46
2j	8,27	17,94	24,34
3j	5,39	13,8	19,3
4j	0,89	3,26	4,83
5j	1,58	5,85	8,68
6j	0,62	2,51	3,77

**Tableau.IV.13 : l’ajustement pour le trimestre de l’hiver**

Durée/fréquence	2ans	5ans	10ans
1j	5,89	10,2	13,1
2j	4,5	9,24	12,4
3j	5,08	7,33	10,2
4j	1,04	3,15	4,54
5j	0,1	0,4	0,62
6j	0,318	1,22	1,82

**Tableau.IV.14 : l’ajustement pour le trimestre du printemps**

Durée/fréquence	2ans	5ans	10ans
1j	9,43	15,5	19,6
2j	9,46	19,2	25,7
3j	3,65	10	14,3
4j	2,77	7,7	11
5j	0,32	1,22	1,82
6j	0,6	2,33	3,47

On peut par la suite tracer les graphiques : hauteur de pluie – durée – fréquence.

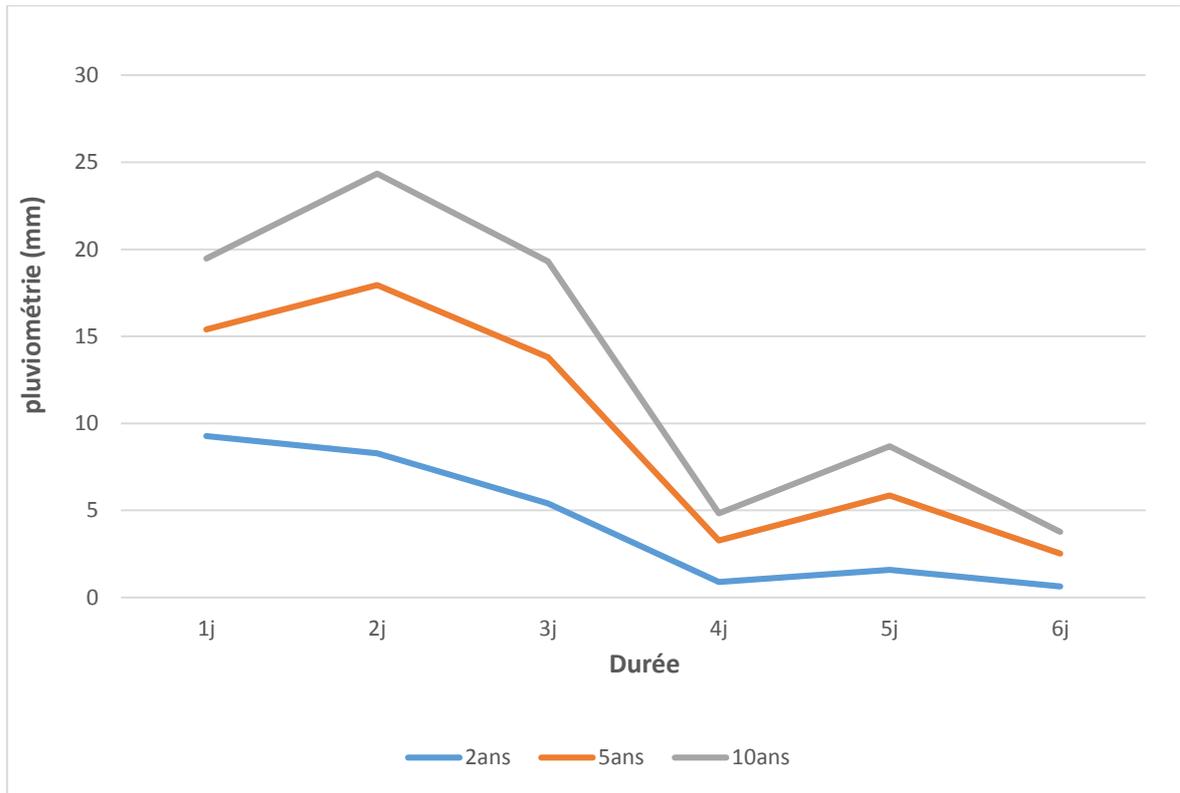


Fig.IV.4 : Courbe HDF de la période d'automne

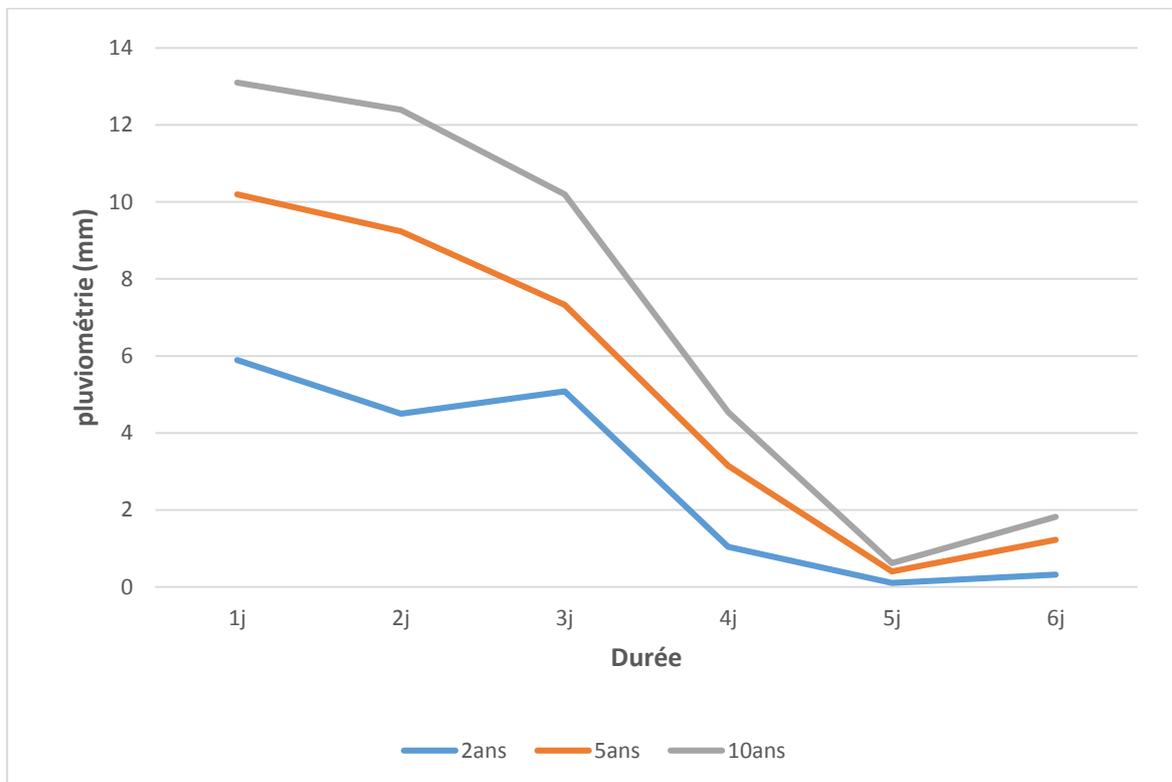
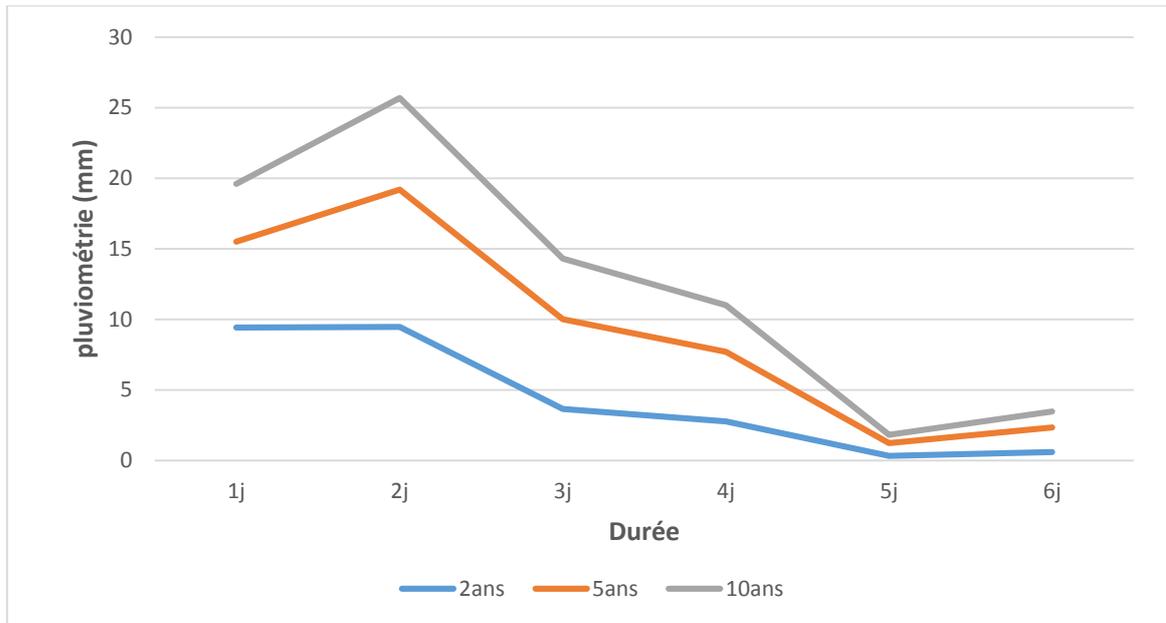


Fig.IV.5 : Courbe HDF de la période d'hiver



**Fig.IV.6 : Courbe HDF de la période du printemps**

Les graphiques permettent de déterminer rapidement pour une période de retour et une durée données la hauteur max probable. 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 (retour).

**IV.4.1.1 Régime permanent**

➤ **En tenant compte du stockage**

$$q_c = \frac{P_{cit} - E - S}{\theta}$$

tell que :  $S = h_c \times \mu$

Avec :

$q_c$  : débit caractéristique.

$P$  : pluie critique (mm).

$E$  : l’évapotranspiration (mm).

$\theta$  : durée de submersion admissible.

**Tableau.IV.15 : Résultats de Calcul de l’excès par pluie en tenant compte du stockage**

Cultures	$\theta$ (j)	$h_c$ (m)	$\mu$	S (mm)	P (mm)	E (mm/j)	$q_c$ (mm/j)	$q_c$ (l/s/ha)
Arboriculture	5	0,2	0,045	9	8,68	1,37	0,0	0,00
Maraichères	2	0,4		18	25,7	1,37	3,2	0,37
Prairies	3	0,7		31,5	19,3	1,37	0,0	0,00
Céréales	3	0,3		13,5	19,3	1,37	1,5	0,17

$q_c = 3,2 \text{ mm/j}$

➤ Sans tenir compte du stockage

$$q_c = (1-e)i_p ; i_p = \frac{P_{cit}}{\theta}$$

Tableau.IV.16 : Résultats de calcul du débit

Cultures	P (mm)	i <sub>p</sub> (mm/j)	1-e	q <sub>c</sub> (mm/j)	q <sub>c</sub> (l/s/ha)
Arboriculture	8,68	1,74	0,5	0,868	0,10
Maraichères	25,7	12,85	0,8	10,28	1,19
Prairies	19,3	6,43	0,6	3,86	0,45
Céréales	19,3	6,43	0,6	3,86	0,45

$$q_c = 10,28 \text{ mm/j}$$

IV.4.1.2 Régime variable

$$q_c = \frac{S}{\theta} ; S = (h_1 - h_0) \times \mu$$

Tbaleau.IV.17 : Résultats des calculs de débit par le régime variable

Cultures	Δh (m)	μ	S (mm)	θ (j)	q <sub>c</sub> (mm/j)	q <sub>c</sub> (l/s/ha)
Arboriculture	0,8	0,045	36	5	7,2	0,83
Maraichères	0,5		22,5	2	11,25	1,30
Prairies	0,3		13,5	3	4,5	0,52
Céréales	0,6		27	3	9	1,04

$$q_{c-pluie} = 11,25 \text{ mm/j} = 1,3 \text{ l/s/ha}$$

IV.4.2 Cas où l'excès provient de l'irrigation

Nous calculerons le débit caractéristique de l'excès qui pourrait provenir de l'irrigation car chaque système d'irrigation a son efficacité donc il existe des pertes par percolation qui alimente la nappe.

Dans notre périmètre, le système d'irrigation qui sera mis en place aura une **efficacité de 70%** d'où une perte par **percolation de 20%** et le reste **10% par l'évapotranspiration**.

$$V_{brut} = \text{Les besoins bruts totaux} = 34029,7 \text{ m}^3$$

$$V_{percol} = 20\%V_{brut} = 0,2 \times 34029,7 = 6805,94 \text{ m}^3$$

Le volume c'est les besoins bruts pour toute l'année, donc :

$$q_{c-irr} = \frac{V_{percol}}{\text{jours}} = \frac{6805,94 \times 1000}{30 \times 12 \times 24 \times 3600} = 0,22 \text{ l/s/ha}$$

$$q_{c-irr} = 1,89 \text{ mm/j}$$

#### IV.4.3 Cas ou l'excès provient du lessivage :

Pour ce mode, la dose de lessivage est apportée par fraction en même temps que les doses d'irrigation, c'est à dire qu'on ne laissera pas les sels s'accumuler dans le sol, ils seront progressivement lessivés.

Le système d'irrigation en place sert donc à l'application des doses de lessivage avec les doses d'irrigation.

Dans le chapitre nous avons calculé la fraction lessivante LR :

$$LR = \frac{Ce_{iw}}{5Ces - Ce_{iw}} = \frac{2,38}{5 \times 2,2 - 2,38} = 0,27$$

Pour le calcul de la dose de lessivage

$$V_{Less} = \frac{ETM \times LR}{1 - LR}$$

Nous prendrons ETM = 232,48 mm/mois

$$V_{Less} = \frac{232,49 \times 0,27}{1 - 0,27} = 86 \text{ mm/mois}$$

Donc, le débit caractéristique de l'excès provenant du lessivage est :

$$q_{c-less} = \frac{V_{Less}}{I} = \frac{86 \times 10 \times 1000}{30 \times 12 \times 24 \times 3600} = 0,33 \text{ l/s/ha}$$

$$\mathbf{q_{c-less} = 2,86 \text{ mm/j}}$$

#### IV.4.4 Le débit caractéristique

Le débit caractéristique c'est le débit de cas d'excès par pluie en régime variable, pour les raisons suivantes :

- Le débit de lessivage et de l'irrigation est négligeable comparé avec celui de la pluie.
- La somme des trois débits résulte à un surdimensionnement de notre réseau de drainage ( $q_c > 1,5 \text{ l/s/ha}$ ). Ainsi, que c'est rare d'avoir les trois cas simultanément dans le même période.
- Le régime variable c'est le régime qui convient pour notre région, d'ailleurs c'est la raison pour le quelle notre périmètre subit des inondations.

Alors débit caractéristique pour notre réseau c'est :

$$q_c = q_{c-pluie} = 11,25 \text{ mm/j} = \mathbf{1,3 \text{ l/s/ha}}$$

#### IV.5 Calcul de l'écartement des drains :

Dans la région de Ain Skhouna ou les pluies ont une très **forte intensité** mais soit **courtes** et laissent entre elles des **intervalles** de temps suffisamment **long**. On essayera d'obtenir avec le réseau de drainage un **rebattement** jusqu'au niveau voulu en un délai

bien déterminer après la fin de la pluie ce qui nous conduit à travailler avec le régime variable.

➤ Formule de Glover Dumm

Pour abaisser la nappe d'une hauteur D dans un délai, l'équation de Glover Dumm permettra d'étudier la vitesse de rabattement d'une nappe au départ des conditions initiales donnée et après cessation des précipitations ou irrigation.

$$E^2 = \frac{10 * k * d * t}{\mu} \left[ \ln \left( 1,16 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1}$$

- **t** : temps de rabattement de la nappe en jours.
- **10** c'est  $\pi^2$
- **H<sub>0</sub>** : niveau initial de la nappe au temps t=t<sub>0</sub> (m)
- **H<sub>t</sub>** : niveau de la nappe au temps t=T
- **α** : facteur de réaction de la nappe.
- **μ** : porosité de drainage m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.
- **E** : écartement entre les drains.
- **d** : hauteur équivalente du substratum imperméable.
- **K** : conductivité (m/j).

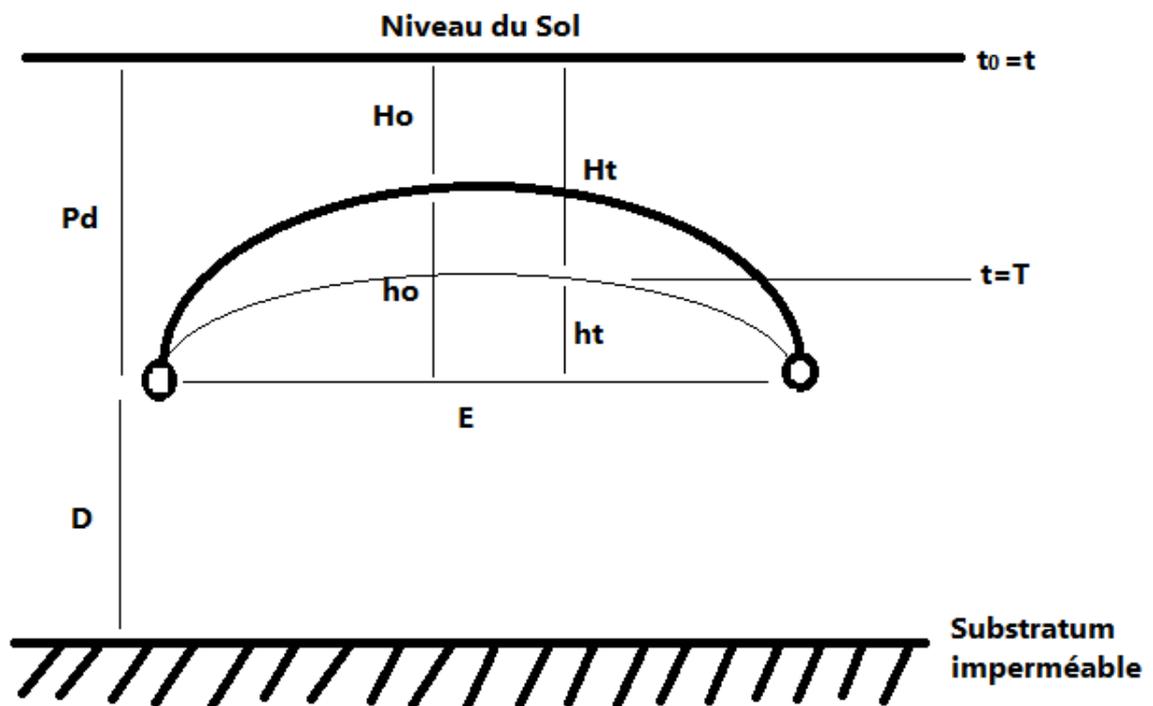


Fig.IV.7 : Schéma représente les différents paramètres de la formule de Glover Dumm

➤ Calcul de l'écartement

Le temps de rabattement de la nappe c'est (t=6j).

$$H_0=0,2\text{m}$$

$$H_t=0,7\text{m}$$

On pose les drains sur une profondeur de **Pd=1,2m**, Tel que :

$$h_0=P_d-H_0=1,2 - 0,2= \mathbf{1\text{m}}$$

$$h_t=P_d-H_t=\mathbf{0,5\text{m}}$$

**D** : le niveau du substratum imperméable se trouve à **5m**

Donc :

$$\alpha = \frac{10 \times K \times d}{\mu \times E^2} \quad \rightarrow \quad E^2 = \frac{10 \times K}{\alpha \times \mu} \times d$$

$$\frac{h_t}{h_0} = 1,16 \times e^{-\alpha t} \quad \rightarrow \quad \alpha t = -\ln\left(\frac{h_t}{1,16 h_0}\right)$$

Avec :

**K=30mm/h= 0,68m/j** (on prend le cas le plus défavorable pour éviter la submersion des cultures Tableau.II.12).

$$\mu=0,045$$

A.N :

$$\alpha = \frac{-\ln\left(\frac{h_t}{1,16 h_0}\right)}{6}$$

$$\alpha=0,140$$

Donc :

$$E^2 = \frac{10 \times 0,68}{0,14 \times 0,045} \times d$$

$$E^2 = 1079d$$

On suppose la valeur du d et fait l'approximation successive jusqu'à ce qu'on trouve l'écartement qui correspond à d dans le tableau E=f(d) (**Annexe 4**).

l'écartement entre les drains c'est :

$$\mathbf{E=60\text{m}}$$

Avec d=3,2

#### IV.6 Conclusion

A ce terme on constate que pour notre terrain, le drainage par drains enterré convient mieux pour notre périmètre, les drains seront dimensionner avec le débit critique du régime variable avec un écartement de 60m.

# **Chapitre V : Calcul hydraulique du réseau de drainage**

## V.1 Introduction

Da ce chapitre en va dimensionner notre réseau de drainage par les différents méthodes et formules de calculs, et de manier la plus optimale que possible afin de minimiser le cout à condition d'avoir un rendement efficace.

## V.2 Dimensionnement des drains

### V.2.1 Longueurs des files de drains

La longueur est fréquemment imposée en prenant en compte différents paramètres (topographie, emplacement des collecteurs, surface à drainer) et la longueur maximale est comprise entre 150 et 300 m.

Nous prendrons une longueur min de **150** m.

### V.2.2 Calcul du débit en long du drain

Le débit en long du drain est en fonction de la surface drainée, ce dernier est calculé par la formule suivante :

$$q = q_c \times E \times L$$

Avec :

$q_c$  : débit caractéristique en l/s/ha.

E : Ecartement entre les drains en mètres.

L : longueur du drain en mètre.

A.N :

$$q = 11,25 \times 60 \times 150 = 101,25 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$q = 1,17 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

### V.2.3 Calcul des diamètres des drains

#### ➤ Ecoulement uniforme

- Pour les drains lisses (**Formule de Darcy-Weisbach**)

$$Q = 50 \times d^{2,71} \times i^{0,57}$$

- Pour les drains annelés perforés (**Formule de Chezy-Manning**)

$$Q = 22 \times d^{2,67} \times i^{0,50}$$

#### ➤ Ecoulement non uniforme

- Pour les drains lisses (**Formule de Darcy-Weisbach**)

$$Q = 89 \times d^{2,71} \times i^{0,57}$$

- Pour les drains annelés (**Formule de Chezy-Manning**)

$$Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,5}$$

Avec :

Q : Débit en long du drain (m<sup>3</sup>/s).

d : Diamètre intérieur du drain (m).

i : pente du drain.

La pente du drain est celle du terrain naturel, elle devra être  $\geq 1\%$  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 V.1 : Valeurs normalisées des drains annelés perforés**

Diamètre en mm a/b	Longueur des rouleaux en m
44/50	200/250
58/65	150/200
72/80	100/150
91/100	50/100

Avec :

a : diamètre intérieur

b : diamètre extérieur

On considère l'écoulement uniforme avec des drains annelés, le calcul des diamètres se fera par la formule de Chezy-manning :

$$Q = 22 \times d^{2,67} \times i^{0,50}$$

Avec :

Q : Débit en long du drain (m<sup>3</sup>/s).

d : Diamètre intérieur du drain (m).

i : pente du drain.

$$d = \sqrt[2,67]{\frac{Q}{22 * i^{0,5}}}$$

On prend une marge de sécurité de 20%, avec  $i=0,1\%$ .

Donc :

$$d = \sqrt[2,67]{\frac{0,00117}{22 * (0,001)^{0,5}}} \times 1,2$$

$d=0,0712 \text{ m} = 71,2 \text{ mm}$

On prend diamètre normalisé  $d=72\text{mm}$ , donc un rouleau de 150m suffira.

#### V.2.4 Choix de type et pose des drains

Si pour des raisons diverses un collecteur en tuyau enterré doit être choisi, l'impact d'entretien se complique à cause de la non accessibilité directe au drain, L'observation du fonctionnement du drain individuel n'est possible qu'en creusant au raccordement drain-collecteur.

- Les tuyaux devront être conformes à la norme NF U 51-101 ou toutes normes similaire approuvée et devront satisfaire les conditions ci-après :
  - L'épaisseur de la paroi sera supérieure à 0,4 mm et celle des spires à 2mm.
  - La surface totale des ouvertures ne devra pas être inférieure à 10 cm<sup>2</sup> par mètre linéaire de drain.
  - Les drains seront implantés en fonction des plus grandes pentes et déboucheront sur des collecteurs.
- Le matériau des drains sera le polyvinyle chlorite (PVC) pour sa souplesse, la facilité de la pose et l'augmentation de la résistance mécanique. Ce type de drain présente une bonne résistance au colmatage.
- Au préalable à la pose des drains, la terre végétale sera décapée et la surface nivelée sur toute la largeur de la machine de pose.
- Les drains avec leur filtre de gravier seront mis en place au moyen d'une trancheuse-poseuse spéciale. L'ouverture des tranchées se fera de l'aval vers l'amont. L'alignement et le niveau des tuyaux seront établis soit à l'aide de jalons, soit en utilisant une machine télécommandée par rayon laser ou autre mécanisme.

### V.3 Dimensionnement des collecteurs

#### V.3.1 Calcul hydraulique des collecteurs

Le débit évacuer par le collecteur c'est la somme des débits des drains qui débouchent dans ce dernier.

$$Q = \sum q$$

Avec :

$\sum q$  : la somme des débits des drains connectées au collecteur

Le calcul des débits dans les collecteurs principaux et secondaires sont présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.2 : Calcul des débits dans le collecteur principal et secondaire

Zone	q (m <sup>3</sup> /s)	Collecteur primaire	Collecteur secondaire	Q (m <sup>3</sup> /s)	Qt (m <sup>3</sup> /s)
A	0,00117	A-A'	1-1'	0,036	0,073
			2-2'	0,036	
		A'-A''	3-3'	0,034	0,211
			3'-3''	0,035	
			4-4'	0,034	
			4'-4''	0,035	
		A'-A''	5-5'	0,034	0,369
			5'-5''	0,035	
			6-6'	0,034	
			6'-6''	0,035	
		7-7'	0,020		
B	0,00117	B-B'	1-1'	0,036	0,073
			2-2'	0,036	
		B'-B''	3-3'	0,034	0,211
			3'-3''	0,035	
			4-4'	0,034	
			4'-4''	0,035	
		B''-B'''	5-5'	0,034	0,336
			5'-5''	0,035	
			6-6'	0,036	
			7-7'	0,020	
C	0,00117	C-C''	1-1'	0,036	0,090
			2-2'	0,036	
			2'-2''	0,018	
		C'-C''	3-3'	0,034	0,228
			3'-3''	0,035	
			4-4'	0,034	
			4'-4''	0,035	
		C''-C'''	5-5'	0,034	0,386
			5'-5''	0,035	
			6-6'	0,034	
6'-6''	0,035				
7-7'	0,020				
D	0,00117	D-D'	1-1'	0,034	0,122
			1'-1''	0,035	
			2-2'	0,035	
			2'-2''	0,018	
		D'-D''	3-3'	0,036	0,178
			4-4'	0,020	

**V.3.2 Diamètre des collecteurs**

Pour calculer le diamètre des collecteurs, on doit d’abord connaître la pente du terrain naturel et éviter les grandes pentes ( $i > 1\%$ ), généralement on prend ( $0,1\% < i < 1\%$ ) en fonction de la topographie.

Ainsi, qu’il faut assurer des vitesses  $V < 1 - 1,5 \text{ m/s}$ , afin d’éviter les effets d’aspiration au niveau des joints et perforations des drains, et  $V > 0,5 \text{ m/s}$  afin d’éviter la sédimentation des particules infiltrés.

On considère l’écoulement est uniforme mais cette fois ci on a une conduite lisse, donc on utilise la formule de Darcy-Weisbach avec une marge de sécurité de 15%.

$$Q = 50 \times d^{2,71} \times i^{0,57}$$

Le résultat des calculs des diamètres des collecteurs secondaires est résumé dans le tableau suivant

**Tableau.V.3 : Calcul des diamètres des collecteurs secondaires**

Zone	Collecteur secondaire	L(m)	Q(m3/s)	i (%)	d(m)	dn (mm)	V(m/s)
A	1-1'	600	0.0363	0.5	0.243	250	0.780
	2-2'	600	0.0363	0.5	0.243	250	0.780
	3-3'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	3'-3''	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	4-4'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	4'-4''	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	5-5'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	5'-5''	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	6-6'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	6'-6''	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	7-7'	600	0.0199	0.5	0.195	200	0.667
B	1-1'	600	0.0363	0.5	0.243	250	0.780
	2-2'	600	0.0363	0.5	0.243	250	0.780
	3-3'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	3'-3''	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	4-4'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	4'-4''	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	5-5'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	5'-5''	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	6-6'	600	0.0363	0.5	0.243	250	0.780
	7-7'	600	0.0199	0.5	0.195	200	0.667
C	1-1'	600	0.0363	0.5	0.243	250	0.780
	2-2'	600	0.0363	0.5	0.243	250	0.780
	2'-2''	600	0.0176	0.5	0.186	200	0.645
	3-3'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	3'-3''	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774

	4-4'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	4'-4"	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	5-5'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	5'-5"	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	6-6'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	6'-6"	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	7-7'	600	0.0199	0.5	0.195	200	0.667
D	1-1'	600	0.0339	0.5	0.237	250	0.767
	1'-1"	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	2-2'	600	0.0351	0.5	0.240	250	0.774
	2'-2"	600	0.0176	0.5	0.186	200	0.645
	3-3'	600	0.0363	0.5	0.243	250	0.780
	4-4'	600	0.0199	0.5	0.195	200	0.667

Le calcul des diamètres des collecteurs Primaires se fait avec une marge de sécurité de 10%, les résultats sont résumés ci-dessous avec :

**Tableau.V.4 Calculs des diamètres des collecteurs principaux**

Collecteur principal	L(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	i (%)	d(m)	dn (mm)	V(m/s)
A-A'	800	0,073	0,6	0,289	315	1,10
A'-A''	800	0,211	0,45	0,455	500	1,29
A''-A'''	800	0,369	0,1	0,768	800	0,80
B-B'	800	0,073	0,6	0,289	315	1,10
B'-B''	800	0,211	0,4	0,467	500	1,23
B''-B'''	800	0,336	0,1	0,742	800	0,78
C-C''	800	0,090	0,6	0,313	315	1,17
C'-C''	800	0,228	0,4	0,481	500	1,26
C''-C'''	800	0,386	0,1	0,782	800	0,81
D-D'	800	0,122	0,5	0,364	400	1,17
D'-D''	400	0,178	0,1	0,587	630	0,66

Les diamètres normalisés sont choisis d'après le catalogue (Tuyaux de grands diamètres en PVC) **Annexe 5**.

### V.3.3 Jonction des collecteurs

#### ➤ Drain/collecteur

La jonction des drains au collecteur doit se faire sous un angle ( $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ ), les boîtes et les trous sont primordiaux pour la connexion des drains flexibles aux collecteurs ou tuyauteries rigides.

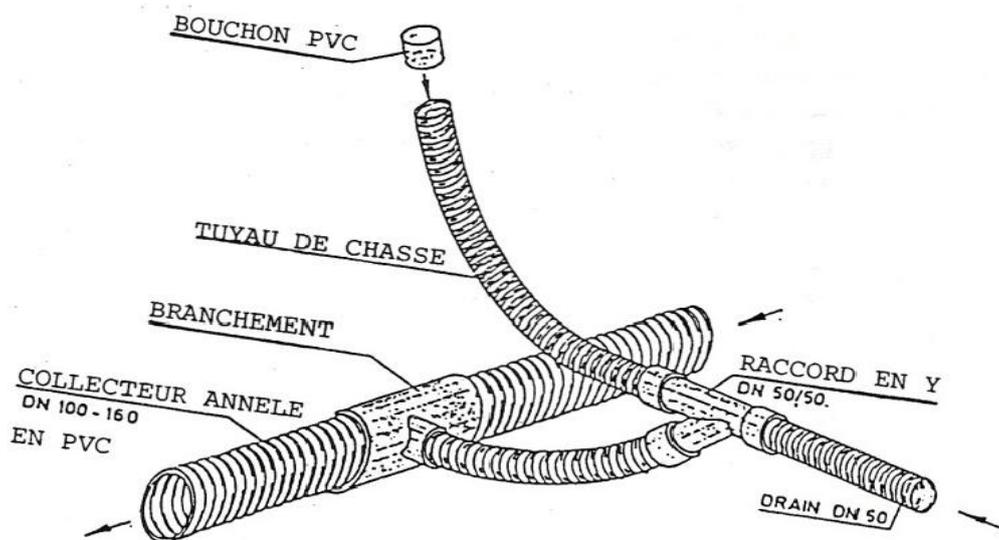


Fig.V.1 : Raccordement drain/collecteur

#### ➤ Collecteur/collecteur

La jonction entre les collecteurs est assurée par des regards, les regards installés dans le réseau ont pour but de correction de la pente, changement de diamètres et de direction, ainsi que pour la sédimentation des particules infiltrées dans le drain.

il existe 196 au total regard installés dans chaque (180-220m).

#### ➤ Collecteur/exutoire

Le collecteur doit être débouché à l'émissaire à 0,2m au moins au-dessus de plafond et à 0,1m par le niveau moyen des eaux.

### V.3.4 Pose des collecteurs

Les tuyaux seront installés à une profondeur moyenne est de 1.5m et seront posés à la grue ou à la main en file bien alignée et nivelée et seront calés par de la terre bien tassée voire compactée. Le calage par des pierres est interdit.

**V.4 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons été amenés à dimensionner le réseau de drainage par drains enterrés qui s'avère être le plus adapté à notre périmètre d'étude de par sa faible emprise du sol.

Nous avons 1023 drains de 150 m de longueurs disposés dans tout le périmètre, avec un diamètre de 72 mm.

Les eaux évacuées par les drains seront transportées par des collecteurs secondaires divisés en plusieurs tronçons avec des longueurs de 600m et de diamètre différents allant de 200mm à 250mm. Ces derniers seront connectés à des collecteurs primaires d'un diamètre variante de 315 jusqu'à 800 mm.

Puisque c'est une zone de dépression, donc Les collecteurs sont reliés à station d'épaulement qui va refouler l'eau jusqu'à la grande retenue de compensation.

# **Chapitre VI : Evacuation des eaux drainées**

**VI.1 Introduction**

Dans la majorité des cas de drainage agricole, l'évacuation de l'excès d'eau se fait gravitairement vers les exutoires naturels sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement, mais parfois on se trouve face à des obstacles variés, qui nous obligent à utiliser d'autres systèmes d'évacuation, dont le fonctionnement hydraulique, n'est plus gravitaire, mais nécessite des dépenses importantes d'énergie. Parmi ces systèmes c'est le relevage des eaux par une station de d'épuisement.

Cette phase de conception traitée dans ce travail implique :

- Un dessin techniquement conforme et économiquement optimisé du circuit, ce qui nécessitera l'introduction de critères économiques.
- Un choix judicieux des pompes. Ce choix est essentiel, il va conditionner non seulement la rentabilité économique de l'installation, mais aussi les phases ultérieures de réalisation et d'exploitation.
- Une conception de l'installation qui assure un fonctionnement correct de tous les composants.
- Une approche technico-économique moderne, qui permette simultanément de réduire le coût global d'exploitation, et d'atténuer son impact sur l'environnement.

Donc dans ce chapitre on va essayer d'étudier l'ensemble des étapes et des ouvrages qui sont concernés par le refoulement des eaux drainées, on va déterminer l'ensemble des paramètres hydraulique qui permettent un tel dimensionnement.

**VI.2 Choix de la variante du tracé de l'adduction par refoulement et de l'emplacement de la station :**

Pour le choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station d'épuisement on doit respecter les étapes suivantes :

- Il est préférable de situer la prise d'eau le plus proche possible de la station de pompage, et si c'est possible proche de l'agglomération pour diminuer les coûts de projet.
- Il ne faut jamais construire la prise d'eau, la station de pompage, dans les zones sismiques et les zones non stables, respectez les normes : distance minimale entre la station de pompage un aéroport et une prise d'eau doit être 30m.
- Le site de la prise d'eau doit être approuvé par les services de la santé publique et l'environnement.
- Les différents ouvrages des stations de pompage ne doivent pas se trouver dans les lieux libres du tracé en cas de crue.
- Situer les ouvrages de sorte que la prise soit réparée sans interruption de l'adduction d'eau.
- Pour les terrassements et pour l'implantation de la station d'épuisement il est nécessaire de :
  - Prévoir l'accès à tous les ouvrages.
  - Prévoir une plateforme avec un revêtement routier.
  - Utiliser les moyens de dérivation des eaux pluviales (drainage).

- Prévoir une cote du planché de rez-de-chaussée de telle manière à dépasser celle de plateforme de 0,15 à 0,5m.
- Prévoir la verdure autour de la station de pompage pour l'environnement.

### **VI.3 La prise d'eau et les données de base conditionnant le choix des pompes et des moteurs :**

La prise d'eau sera implantée au point bas de la dépression, au débouché des principaux canaux d'assainissement. Elle comportera un ouvrage de décantation. L'arrivée d'eau sera assurée par deux ouvertures à ménager dans le voile en béton du local, mettant ce dernier en relation avec la prise d'eau.

La prise d'eau est sous la forme d'une bache d'eau enterrée avec un volume 157 m<sup>3</sup>, ce dernier comporte un décanteur qui permettra la décantation des particules charriés, afin de protéger les pompes.

Ces ouvertures seront fermées par des vannes murales de 1,5 x 1,7 m. Section de passage : 5,1 m<sup>2</sup> / vitesse de passage : 0,49 m/s.

Il n'est pas possible de faire un choix immédiat de la pompe la plus apte à satisfaire au service demandé. On est amené à procéder par étapes, et la première de ces étapes consiste à utiliser des informations d'origine statistique, regroupant tout ce que l'on peut trouver dans les catalogues des constructeurs pour définir des zones d'opération préférentielles.

Pour choisir la pompe satisfaisante, il faut définir les données de base, c'est-à-dire :

- Le lieu d'installation (site, climat, énergie disponible, altitude, normes, etc.).
- Les caractéristiques hydrauliques (débit, hauteur, liquide véhiculé, température, viscosité, etc.).
- Les conditions d'exploitation (service permanent ou intermittent, débit constant ou variable, etc.).
- Le coût de l'exploitation (somme des coûts de l'énergie, de la main-d'œuvre d'exploitation et d'entretien, des matières consommables, des pièces de rechange).

#### **VI.3.1 Détermination du débit :**

La station sera dimensionnée pour évacuer le volume d'eau en 2 jours, ce qui est une durée de submersion tolérable pour les cultures fourragères et les céréales. Son débit devra être de l'ordre d'environ 4600 m<sup>3</sup>/h.

#### **VI.3.2 La hauteur pratique totale d'élévation**

La  $H_{mT}$  d'une pompe est la différence de pression en mètre colonne d'eau (mce) entre les orifices d'aspiration et de refoulement, (hauteur géométrique d'élévation totale) y compris la pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement, elle est donnée par la relation :

$$H_c = h_a + h_r + \sum h_p + P_{exh}$$

Avec :

hasp : Hauteur d'aspiration (m) .

Href : Hauteur de refoulement (m).

$\sum h_p$  : Pertes de charge total (m).

Pexh : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie de la conduite).

On prend : Pexh = 0 m, car un écoulement gravitaire au point haut de la retenue suffira de remplir ce dernier.

### VI.3.2.1 Calcul de la hauteur géométrique

$$H_g = h_a + h_r$$

$$H_g^{max} = \nabla_{max} - \nabla_{PBE}$$

$$H_g^{min} = \nabla_{max} - \nabla_{PHE}$$

Avec :

$\nabla_{PBE}$  : niveau des plus basses eaux =  $H_{min}$  – le point le plus bas de la vanne murale (la hauteur critique pour que la pompe marche en toute sécurité).

$\nabla_{PHE}$  : niveau des plus hautes eaux =  $H_{min}$ .

$$\nabla_{PBE} = 1029 - 5.3 = 1023.7$$

$$\nabla_{PHE} = 1029$$

$$H_g^{moy} = \frac{H_g^{max} + H_g^{min}}{2}$$

$$H_g^{max} = 1050 - 1023.7 = 26.3 \text{ m}$$

$$H_g^{min} = 1050 - 1029 = 21 \text{ m}$$

Donc :

$$H_g^{moy} = \frac{26.3 + 21}{2} = 23.65 \text{ m}$$

### VI.3.2.2 La perte de charge total

Les données expérimentales ont montré que pour une conduite (en acier) de 1000m de longueur, on admet une perte de charge  $\Delta h = 4m$ .

Dans notre cas on a un **sol argileux limoneux** donc on prend **l'acier**

$$\Rightarrow \Delta h = 4m.$$

Donc les pertes de charges linéaires :

- Coté aspiration :

$$\sum h_{pasp} = 0m \text{ (Pompes immergés)}$$

- Coté refoulement :

$$\sum h_{pref} = \frac{2637 \times 4}{1000} = 10.548 \text{ m}$$

Alors que la hauteur d'élévation est :

$$\sum h_{lin} = \sum h_{asp} + \sum h_{ref} = 10.548 m$$

$$\sum h_{sing} = 5\% \sum h_{lin} = 0.527m$$

$$Hmt = h_g^{moy} + \sum h_{lin} + \sum h_{sing} + P_{exh} = 34.72 m$$

### VI.3.3 Détermination du type et du nombre de pompes

Pour le choix des pompes on a des pompes axiales à axe vertical, les groupes de pompes choisis pour cet équipement seront des groupes immergés, présentant des roues à forte section de passage adaptées au pompage d'eaux chargées. Donc notre choix est basé sur le nombre, et le type des pompes à utiliser, qui doit respecter ces consignes :

- En fonction des caractéristiques hydrauliques (débit, hauteur manométrique d'élévation).
- Recherche du régime optimal (meilleur rendement économique, en faisant varier la vitesse de la pompe).
- Nombre minimal de pompes.
- Le meilleur Rendement.
- NPSH requis minimal.
- Puissance absorbée minimale, le nombre de tours par min plus important.

$$Q_{cal} = \frac{Q_t}{n} \text{ et } H_{cal}^{moy} = 34.7m$$

Avec :  $Q_t=1,267 \text{ m}^3/\text{s}=1267 \text{ l/s}$

On commence notre calcul par 4 pompes vue que le périmètre est grand ainsi que le débit, en utilisant le logiciel « Caprari », on retrouve les différents types de pompes résumés dans le tableau suivant :

**Tableau.VI.1 : choix de la variante des différents types des pompes et leur nombre**

Nombre des pompes	$Q_{cal}$ (l/s)	$Q_{capra}$ (l/s)	Hmt (m)	Hmt Caprari (m)	Ref. de la pompe	$\eta$ %	V (tr/min)	$P_{abs}$ (Kw)	NPS Hr (m)
4	316.75	323	34.7	<b>36.5</b>	P18C	<b>78.7</b>	1450	160	<b>7.43</b>
5	253.4	258	34.7	36	P16D	78.5	1450	132	8.04
6	211.16	213	34.7	35.8	P16C	65	1450	<b>130</b>	15.5

D'après les résultats ci-dessus on constat que la meilleure variante c'est de choisir 4 pompes de type **P18C**, on opte pour une pompe de secours car il faudra aussi assurer le secours de la station, par une, ou deux pompes de secours, pour les utiliser en cas de panne.

Donc on a **5 pompes** au total

### VI.3.3.1 Choix du moteur électrique

Puisque la pompe demande un moteur électrique pour la faire tourner, il faut avoir des critères pour choisir le moteur le plus adapté avec la pompe choisie, et parmi ces critères on peut citer les suivants :

- Prendre en considération la puissance absorbée.
- Position de l'arbre de moteur (vertical ou horizontal).
- Vérification de nombre de tours de moteur, il faut qu'elle soit égale, plus 200 tr/min ou moins 200 tr/min par rapport à la vitesse de rotation de la pompe.
- La tension d'alimentation du moteur électrique.
- Prendre en considération la variation de la vitesse.

Et pour choisir le type de moteur on a besoin de :

➤ **La vitesse de rotation de moteur :**

Tel que :  $N_{\text{mot}} = P_{\text{pompe}} \pm 200 \text{ tr/min}$ .

$$N_{\text{mot}} = 1450 + 200 = 1650 \text{ tr/min.}$$

➤ **La puissance fournie par le moteur électrique :**

La puissance du moteur électrique est calculée par la formule suivante :

$$P_{\text{abs}} = \frac{\omega Q_{\text{max}} H_{\text{mt}} K}{\eta_p \eta_m \eta_{\text{acc}}}$$

$\eta_{\text{acc}} = 1$  Accouplement.

$\eta_m$  : Rendement du moteur (0,92 – 0,95)

$\eta_p$  : Rendement de la pompe (0,787)

**K** : Coefficient de correction, il est déterminé en fonction de la puissance du moteur, les valeurs du coefficient K sont données dans le tableau.VI.2 :

**Tableau.VI.2 : Variation du coefficient K en fonction de la puissance P**

P (Kw)	1÷2	2÷10	10÷50	50÷100	100÷200	>200
K	2	2÷1,3	1,3÷1,2	1,2÷1,1	1,1÷1,05	1,05

Donc :  $K = 1,05 \text{ Kw}$

$$P_{\text{abs}} = \frac{9810 \times 1.267 \times 35.7 \times 1.05}{1 \times 0.787 \times 0.95} = 623167.5 \text{ w}$$

Après la correction de la puissance absorbée avec l'augmentation de sécurité la puissance absorbée sera :

$$P_m = 623167.5 \times 1,1 = 685,484 \text{ Kw}$$

On a :

$$P_m = 685.484 \text{ Kw.}$$

$$N_{\text{mot}} = 1650 \text{ tr/min.}$$

Donc d'après le catalogue des moteurs on trouve que notre moteur électrique a les caractéristiques suivantes :

- Un moteur triphasé **50 hz**
- Rotor en court-circuit **CAG**

**Tableau.VI.3 Caractéristiques du moteur électrique choisi**

<b>Fréquence (HZ)</b>	50
<b>Tension nominale (V)</b>	380
<b>Vitesse nominale (tr/min)</b>	1500
<b>Nombre de pôles</b>	4
<b>Puissance nominale (KW)</b>	160
<b>Type du moteur</b>	3~
<b>T° ambiante</b>	90°
<b>Classe d'isolation</b>	F
<b>Indice de protection</b>	IP 68
<b>Taille moteur</b>	280 S

#### **VI.4 Calage de la pompe (Hauteur maximale d'aspiration) :**

Théoriquement, on sait qu'en faisant le vide dans un tube, il est impossible de faire monter l'eau à une hauteur supérieure à la pression atmosphérique.

- Lorsque  $H = 0.000$  [msm] :  $h = 10.33$  m
- Pour une altitude  $A$  :  $h = 10.33 - 0.0012 A$  m

En réalité, cette hauteur est nettement moins élevée, perte de hauteur due aux pertes de charge et à la mise en vitesse du liquide.

Les possibilités d'aspiration sont définies par le NPSH (Net Positive Suction Head)

- NPSH disponible : la valeur de la pression absolue mesurée sur l'axe de la bride d'aspiration de la pompe.
- NPSH requis : chaque constructeur possède pour chaque type de pompe et pour une vitesse de rotation déterminée, une courbe donnant la valeur du NPSH requis en fonction du débit de la pompe considérée.

$$NPSH_{\text{disponible}} > NPSH_{\text{requis}}$$

On prend :  $(NPSH)_d = (NPSH)_r + 0,5$

$$(NPSH)_d = \frac{P_{at}}{\rho} - \frac{P_v}{\rho} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}}{2g} - h_{adm}^{asp} = (NPSH)_r + 0,5$$

$$\Rightarrow h_{adm}^{asp} = \frac{P_{at}}{\rho} - \frac{P_v}{\rho} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}}{2g} - (NPSH)_r - 0,5$$

La longueur d'aspiration  $L_{asp} = 0$  m , Donc :

$$\begin{aligned} \sum h_{asp} &= 0 \text{ m} \\ V_{asp} &= \frac{4Q}{\pi D_a^2} = \frac{4 \times 1.267}{3.14 \times 0.35^2} = 13.16 \text{ m/s} \\ \frac{V_{asp}}{2g} &= \frac{13.16}{2 \times 9.81} = 0.67 \text{ m} \end{aligned}$$

La pression de vapeur À 20 °C est  $\frac{P_v}{\rho \times g} = 0.24$  m. et la pression atmosphérique

$$\frac{P_{atm}}{\rho \times g} = 10.33 \text{ m.}$$

$$H_{adm}^{asp} = 10.33 - 0.24 - 0.67 - 7.43 - 0.5 = 1.49 \text{ m}$$

D'où :

$$(NPSH)_{disponible} = 10.33 - 0.24 - 0.67 - 1.49 = 7.93 \text{ m}$$

$$(NPSH)_{disponible} = 7.93 \text{ m} > 7.43 \text{ m} = (NPSH)_{requis}$$

Donc Condition est vérifiée => pas risque de cavitation.

#### IV.5 Dimensionnement de la conduite de refoulement :

Le diamètre de la conduite de refoulement conditionne, d'une part, le prix des tuyauteries, d'autre part, la perte de charge du circuit de refoulement, ainsi que le coût de la consommation d'énergie. Seul un calcul d'optimisation économique permet de déterminer le diamètre qui rend minimale la somme  $S$  :

**S = coût d'investissement + coût de la consommation d'énergie**

Rappelons que l'optimisation nécessite de disposer des données suivantes :

- Le profil en long de la conduite.
- La liste des appareils que porte la conduite (clapets, vannes, etc.).
- Le temps de fonctionnement total de l'installation (durée de vie).
- Le diagramme de charge (temps d'opération à pleine charge, mi-charge, quart de charge).
- Le coût de l'énergie.
- Eventuellement, des informations économiques complémentaires (taux d'intérêt des sommes empruntées, inflation).

#### ➤ Rendement de la station d'épuisement :

Le rendement de notre station est lié à tous les équipements qui ont un rendement, comme le mode d'accouplement, le moteur électrique, la pompe choisie, et le rendement du réseau électrique. Donc le rendement de la station de pompage est donné par la formule suivante :

$$\eta_{st} = \eta_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m \cdot \eta_{res,elec}$$

Avec :

$\eta_{st}$  : Rendement de la station de pompage

$\eta_p$  : Rendement de la pompe choisie = 0,787

$\eta_m$  : Rendement du moteur électrique = 0,95

$\eta_{tr}$  : Rendement de transmission = 1

$\eta_{res,elec}$  : Rendement du réseau électrique = 0,98

$$\eta_{sp} = 0,787 \times 0,92 \times 1 \times 0,98 = \mathbf{0,71 \%}$$

➤ **Calcul des frais d'investissement amorti «  $F_{am}$  »**

On envisage plusieurs variantes des conduites de différents diamètres, et pour comparer ces différentes variantes on utilise la formule suivante :

$$F_{am} = A \times P_u \times L_{ref}$$

$P_u$  : Prix unitaire du mètre linéaire de conduite (Prix de pose inclus) en DA.

$L_{ref}$  : Longueur de refoulement (m).

$A$  : Coeff d'amortissement annuelle

Avec : 
$$A = \frac{i}{(i+1)^n} + i$$

$n$  : nbr d'année d'amortissement (30 ans)

$i$  : (8 à 12)% en Algérie  $i=8\%$

**Tableau.VI.4 : Frais d'investissement amorti**

D(mm)	A	Pu (DA/m)	Lref (m)	Fam. (DA)
125	0,0888	21000	2637	4917477,6
150	0,0888	22500	2637	5268726,0
200	0,0888	25000	2637	5854140,0
250	0,0888	30000	2637	7024968,0
300	0,0888	38700	2637	9062208,7
350	0,0888	44000	2637	10303286,4
500	0,0888	51000	2637	11942445,6
600	0,0888	72000	2637	16859923,2
700	0,0888	105000	2637	24587388,0
800	0,0888	118000	2637	27631540,8
900	0,0888	160000	2637	37466496,0
1000	0,0888	172000	2637	40276483,2
1200	0,0888	180000	2637	42149808,0
1500	0,0888	200000	2637	46833120,0

➤ **Calcul des frais d'exploitation «F<sub>exp</sub>»**

$$F_{exp} = E \times P_{kwh}$$

**E** : Energie consommé en une année.

**P** : Prix d'énergie électrique d'un Kw heure en DA.

Avec : **P= 4,179 DA** (Source : SONELGAZ SPE)

$$E = P_{abs} \times T$$

Avec : **T=t×365**

**t** : nombre d'heures de pompage par jour (t=24h)

Pour notre cas la station d'épuisement ne refoule pas un débit fix journalier come une station de pompage, notre station marche seulement dans le cas de stagnation de l'eau au-dessus de la couche de la terre ou d'inondation du périmètre.

La station est dimensionnée pour évacuer le volume d'eau en 2 jours, ce qui est une durée de submersion tolérable pour les cultures fourragères et les céréales. On considère que la station évacuera l'eau chaque 2 jours par semaine.

Donc :  $T = 24 \times 365 \times 2 / 7$

$$E = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\eta_{sp}} \times t \times 365$$

Avec :

**η<sub>sp</sub>**: Rendement de la station de pompage.

**Q** : Débit collecté (débit moyen déterminé par le graphique de demande en m<sup>3</sup>/s.

**ρ** : Masse volumique de l'eau [Kg/m<sup>3</sup>].

**H**: Pertes de charges totales dans le collecteur de refoulement.

Les résultats de ces calculs figurent dans le tableau suivant.

**Tableau.VI.5 : Frais d'exploitation**

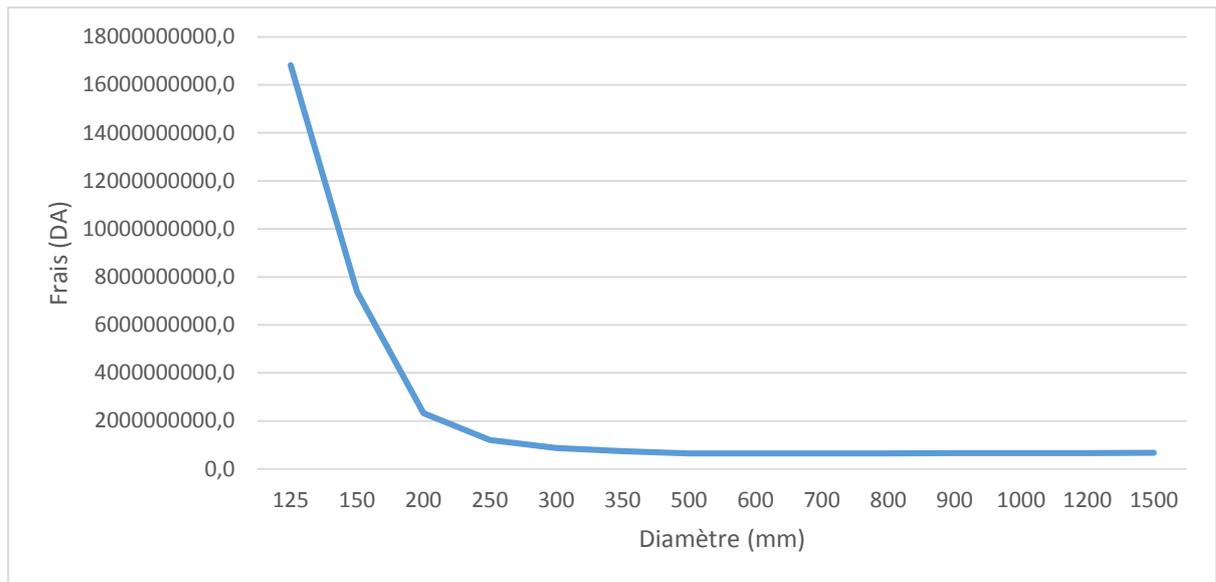
D(mm)	$V(m/s) = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$	$\lambda = (1,14 - 0,86 \ln(\epsilon/D))^{-2}$	$\Delta H_{lin(m)} = \lambda \frac{L_{ref} \times V^2}{D \times 2g}$	$\Delta H_T = 1,1 D H_{lin}$	H=H <sub>g</sub> +ΔH <sub>T</sub>	E(kwh)	F <sub>exp</sub>
125	104.11	1.39	803.93	884.33	918.33	4023647006.86	16814820841.67
150	72.30	1.44	335.96	369.56	403.56	1768196855.63	7389294659.68
200	40.67	1.53	84.32	92.76	126.76	555381693.07	2320940095.32
250	26.03	1.59	28.75	31.62	65.62	287514455.72	1201522910.45
300	18.08	1.64	11.91	13.10	47.10	206351884.82	862344526.65
350	13.28	1.68	5.64	6.21	40.21	176167658.24	736204643.77
500	6.51	1.77	1.00	1.10	35.10	153784818.08	642666754.76
600	4.52	1.81	0.41	0.45	34.45	150953682.13	630835437.62
700	3.32	1.85	0.19	0.21	34.21	149906781.19	626460438.60
800	2.54	1.88	0.10	0.11	34.11	149459071.69	624589460.59
900	2.01	1.90	0.06	0.06	34.06	149245787.52	623698146.03
1000	1.63	1.93	0.03	0.04	34.04	149135345.92	623236610.59
1200	1.13	1.97	0.01	0.02	34.02	149038530.90	622832020.63
1500	0.72	2.02	0.00	0.01	34.01	148993788.44	622645041.90

Le choix du diamètre économique doit correspond au minimum de la somme des deux frais, tel que : **S = coût d'investissement amorti + coût de la consommation d'énergie**

Les résultats de l'évaluation sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau.VI.6 : Evaluation du cout total**

D(mm)	F <sub>exp</sub>	F <sub>am(DA)</sub>	S
125	16814820842	4917477,6	16819738319,3
150	7389294660	5268726,0	7394563385,7
200	2320940095	5854140,0	2326794235,3
250	1201522910	7024968,0	1208547878,4
300	862344526,6	9062208,7	871406735,4
350	736204643,8	10303286,4	746507930,2
500	642666754,8	11942445,6	654609200,4
600	630835437,6	16859923,2	647695360,8
700	626460438,6	24587388,0	651047826,6
800	624589460,6	27631540,8	652221001,4
900	623698146	37466496,0	661164642,0
1000	623236610,6	40276483,2	663513093,8
1200	622832020,6	42149808,0	664981828,6
1500	622645041,9	46833120,0	669478161,9



**Fig.VI.1 : Courbe de la somme des frais total en fonction du diamètre**

➤ **La condition du Vitesse admissible**

Pour la détermination du diamètre économique, on prend du plus grand au plus petit, en vérifiant la condition, telle que les vitesses admissibles pour l'acier sont :

- $V_r = (1 - 1,5)$  m/s pour :  $D_r < 250$  mm ;
- $V_r = (1,2 - 2)$  m/s pour :  $300 \text{ mm} < D_r < 800$  mm ;
- $V_r = (1,8 - 3)$  m/s pour :  $D_r > 800$  mm ;

On prend :

- $D_r = 600$  mm,  $V_r = 4.48$  m/s, condition non vérifier.
- $D_r = 700$  mm,  $V_r = 3.29$  m/s, condition non vérifier.
- $D_r = 800$  mm,  $V_r = 2.52$  m/s, condition non vérifier.
- $D_r = 900$  mm,  $V_r = 3.29$  m/s, condition vérifier.

Le diamètre économique correspond à la charge annuelle minimale  $D_r = 900$  mm

**VI.6 Équipement auxiliaire :**

- **Clapet de non-retour** : placé sur la canalisation de refoulement évite à l'arrêt de la pompe un retour d'eau vers cette dernière.
- **Vanne d'arrêt** : elle permettra tout d'abord d'isoler la pompe lors d'un control ou d'un démontage, intervient aussi lors de la mise en marche et de l'arrêt de la pompe.
- **Divergent** : il va permettre de diminuer la vitesse des veines liquides à la sortie de la pompe.
- **Conduite de vidange** : elle sert au vidage de la conduite de refoulement pour entretien et diagnostics de la pompe.
- **Cuve Hydrophore** : Sert à protéger les pompes et les accessoires, Ce dernier est un dispositif destiné à amortir l'onde de choc provoquée par la fermeture

rapide d'un robinet ou d'une vanne. Cette onde de choc est appelée coup de bélier.

- **Sonde de niveau :** Permettra automatiquement le Marche/Arrêt de la pompe.
- **Equipements électriques :**
  - Les équipements électriques basse tension seront regroupés par pompe dans une armoire métallique. Ils comprendront un sectionneur, un démarreur progressif électronique, les sécurités, les commutateurs et afficheurs (intensité, compteur horaire).
  - Les équipements électriques moyenne tension comporteront des cellules de protection, le transformateur 2 000 KVA, le disjoncteur général, et l'ensemble des câblages entre les différents éléments.
- **Alimentation électrique de secours :** une alimentation électrique de secours sera installée, afin de pallier aux éventuelles pannes sur le réseau de distribution électrique.  
En effet, la sauvegarde des cultures submergées nécessite que le fonctionnement de la station d'épuisement soit assuré dans tous les cas, et notamment en cas de panne de secteur. L'installation comportera donc deux groupes électrogènes de 1 000 kVa.

**VI.7 Bâtiments de la station :**

Il existe différents types de bâtiment pour une station de pompage :

- Bâtiment type bloc.
- Bâtiment type bache sèche.
- Bâtiment type bache mouillée.
- Bâtiment de type semi-enterré et sur sol.

On choisit le type de bâtiment en fonction des paramètres mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau.VI.7 Choix du type de bâtiment**

Paramètres	Type du bâtiment			
	Bloc	Bâche sèche	Bâche mouillée	Sur sol ou semi-enterré
Q m <sup>3</sup> /s	>2	<2	<6	<1,5
Type de pompe	Axiale à axe vertical ou horizontal	Pompe centrifuge	Axiale noyée à axe verticale	Pompe centrifuge
Hauteur admissible à l'aspiration (m)	<0 (en charge)	<0 >0	<0 <0	>0 (en aspiration)
Dh : variation du plan d'eau (m)	1 à 2	1 à 3	N'importe	Importante

On choisit de projeter un bâtiment type sur bêche mouillée car :

- Le débit de la station est de 1,267 m<sup>3</sup>/s.
- Les pompes choisies sont des pompes immergées à axe vertical.

Le bâtiment est constitué de deux parties :

- Une partie souterraine
- Une partie supérieure constituée de briques ou de dalles préfabriquées : salle des machines, salle annexe (armoires électriques, bureau du chef d'exploitation, magasin).

Il faut prévoir un pont roulant au-dessus de chaque installation qui dépasse 100Kg.

### VI.7.1 Dimensionnement du bâtiment

- **Hauteur du bâtiment** : Les hauteurs du bâtiment étant normalisées (3,6 ; 4,2 ; 4,8 ; 5,5 m) on prend comme hauteur du bâtiment **H<sub>b</sub> = 5,5 m**.
- **Longueur du bâtiment** : On opte pour une longueur de **13 m**.
- **Largeur du bâtiment** : Le largeur du bâtiment sera de : **11 m**.
- **Dimensions des portes** :
  - Porte principale : **3,15×3,2 m<sup>2</sup>**
  - Porte secondaire : **2,5×1 m<sup>2</sup>**.
- **Dimensionnement des fenêtres** : Il faut avoir un éclairage de surface de (10-15) % de la surface de la station en plus de l'éclairage électrique.

$$\sum Sf = 0,15 \times 13 \times 2 \Rightarrow \sum Sf = \mathbf{21.45 \text{ m}^2}$$

Le nombre de fenêtres sera : 
$$n = \frac{\sum Sf}{S_f}$$

n : nombre de fenêtres.

S<sub>f</sub> : surface d'une seule fenêtre, S<sub>f</sub> = (1,4 × 2,2) ⇒ **n = 7 fenêtres.**

- **Dimensionnement des marches d'escalier** :
  - Hauteur : soit (15- 16,5- 17,3) cm, on prend **16,5cm**.
  - Largeur : soit (30- 29,26) cm, on prend **30cm**.
  - Longueur : varie (90- 220) cm, on prend **150cm**.
  - Pente : soit 1/1,75 ; 1/1,15, on prend **1/1,75**.

**VI.8 Conclusion**

Après avoir terminé notre travail on peut faire allusion aux points suivants :

- Pour le choix de la variante de l'adduction par refoulement on a choisi une variante qui convient c'est-à-dire la plus petite distance possible et on a évité les terrains accidentés pour ne pas avoir trop d'excavation.
- Pour le choix de nombre et de type de pompes on a fait une étude de variante et on a pu déterminer le nombre des pompes qui est égal à 4 pompes plus un de secours de type CAPRARI P18C avec un débit de 323 l/s et Hmt de 36,5m, et ça après avoir fait appel à plusieurs critères.
- Pour le choix de moteur on a fait un choix en fonction de la vitesse de rotation de ce dernier et la puissance fournie par ce moteur.
- Pour la détermination du diamètre économique on a pris un diamètre qui répond aux exigences (coût optimale et condition de vitesse vérifiée).
- En ce qui concerne le bâtiment de la station de d'épuisement on a une longueur de 13m et une largeur de 11m avec une hauteur de 5,5m.
- Si on a une incertitude dans nos résultats cela est due peut-être à une mauvaise interpolation au niveau des catalogues.
- Pour avoir une durée de vie de notre canalisation et de notre station de d'épuisement il faut procéder à la maintenance et à la protection.

A la fin de notre conclusion on peut dire que la station d'épuisement est le cœur de notre périmètre, si on ne parvient pas à sa gestion et son bon fonctionnement, tout le réseau, équipement, cultures... , seront mis en danger et notre projet aura été réalisé pour rien.

# **Chapitre VII : Gestion et entretien du réseau de drainage.**

**VII.1 Introduction**

Un drainage bien exécuté doit en principe fonctionner de nombreuses années, sans que l'on ait besoin d'effectuer des travaux d'entretien. Cependant, des obstructions peuvent empêcher un bon fonctionnement du système.

Pour que notre réseau de drainage soit efficace à long terme 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.

**VII.2 les causes du non fonctionnement du réseau de drainage**

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

**VII.2.1 Obstructions d'origine technique****VII.2.1.1 Insuffisance de la pente des drains :**

L'irrégularité de la pente d'exécution des travaux peut avoir deux origines, la machine de drainage et l'opérateur.

Si la pente est insuffisante la vitesse de l'eau sera inférieure à la vitesse minimale admissible, ce qui peut entraîner la formation de dépôts de sable ou d'argile. Cela ne doit pas se produire si le paramètre de drainage a été correctement étudié et le travail convenablement exécuté.

Les erreurs humaines sont les plus fréquentes dans la qualité des travaux, notamment avec un guidage par nivelettes ou commande radio. Même l'utilisation du guidage laser ne peut résoudre le problème automatiquement.

La vitesse de travail de la draineuse est souvent source d'erreurs de pose.

**VII.2.1.2 Mauvaise qualité des tuyaux :**

Aujourd'hui presque tous les projets de drainage sont construits en tuyau en polyéthylène (PE) ou Polyvinylchloride (PVC).

Les tuyaux en PE ou PVC sont généralement de bonne qualité mais le matériau PVC est sensible aux rayons ultraviolets. Le matériau perd sa stabilité s'il est exposé longtemps sans protection. En outre, le matériau est sensible aux grandes chaleurs et se déforme à partir d'une température d'environ 80°C.

**VII.2.2 Obstructions d'origine naturelle :**

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

**VII.2.2.1 Dépôts de matières minérales**

L'ensablement ou l'envasement est très souvent observé dans les sols de faible stabilité (par exemple sols sableux ou argileux), notamment si l'exécution des travaux de drainage a été réalisée dans les sols saturés d'eau. L'ensablement ou l'envasement se

produit généralement Immédiatement après la pose du tuyau, pour continuer d'une façon atténuée.

- Pour cela le drain doit être protégé par un filtre ou un matelas de couverture.
- Une protection complète du tuyau par un filtre est notamment nécessaire dans les sols sableux.

#### VII.2.2.2 Colmatage des drains :



Fig.VII.1 : Colmatage des drains

- **Colmatage par dépôts à réaction chimique :**

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

Quand le  $Fe^{2+}$  situé dans le sol entre dans le drain, il réagit avec l'oxygène à  $Fe^{3+}$ , ce qui produit ce dépôt. Souvent le problème s'arrête après quelques années d'opération, les mesures préventives sont difficiles, Il existe un moyen qui consiste à réduire l'aération du système par une pièce spéciale à la sortie du drain, mais le curage est toujours la mesure la mieux adaptée.



Fig.VII.2 : Colmatage ferrique des orifices d'un drain

### VII.3 Méthodes d'entretien :

#### VII.3.1 Le curage

Le curage s'effectue à l'aide d'une machine à curage. L'opération consiste à pomper de l'eau dans le drain au moyen d'un tuyau muni d'un jet. Le dépôt est mis en solution sous l'action du jet et expulsé avec l'eau injectée.

Il existe deux systèmes d'évacuation, à haute et à basse pression.

La machine d'évacuation à haute pression travaille à 80/120 atmosphères de pression de pompe tandis que la pompe d'évacuation à basse pression travaille seulement à 20/30 atmosphères environ.

Les deux systèmes peuvent servir pour des drains jusqu'à une longueur de 350 m. Même des dépôts difficiles et limoneux dus à l'envasement peuvent être éliminés par récurage.

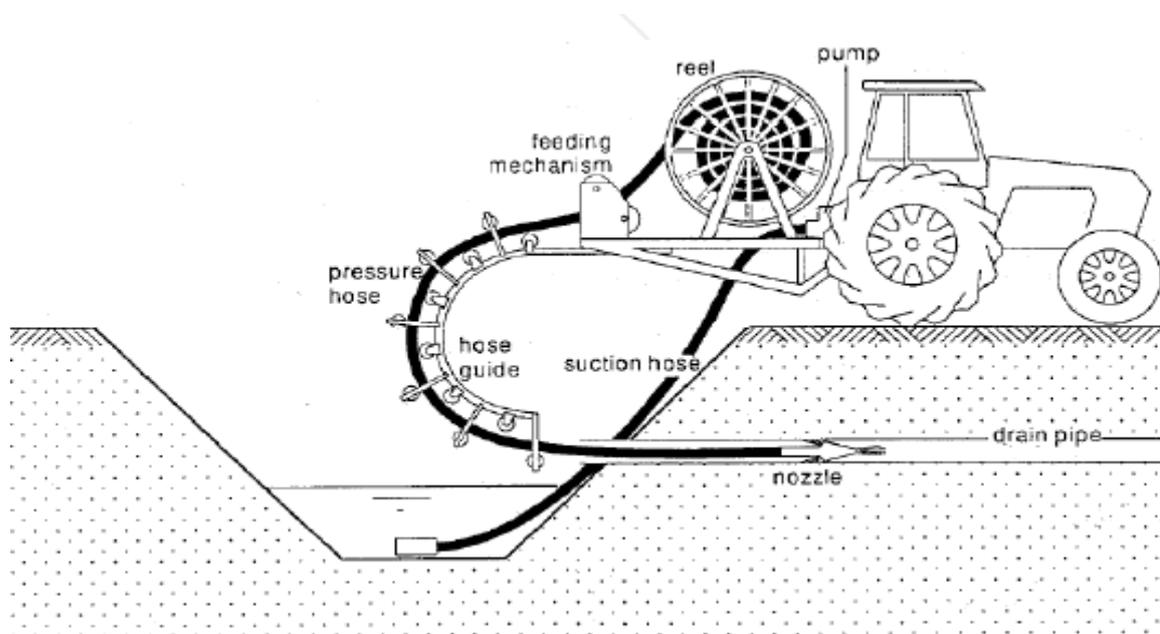


Fig.VII.3 : Machine de curage

#### VII.3.2 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 toutefois pas être systématique car elle présente le risque de déstabiliser le sol au voisinage du tuyau.

Éviter le compactage des sols. Il est très difficile pour l'eau de traverser un sol compacté et d'atteindre les tuyaux de drainage, les activités causant le compactage du sol risquent aussi d'endommager les tuyaux de drainage. Pour éviter le compactage du sol :

- S'abstenir de travailler le sol avant que le réseau de drainage ait eu la possibilité d'évacuer l'excès d'eau.
- Éviter de croiser à répétition un tuyau avec de la machinerie lourde.
- Alternier l'emplacement des distributeurs de fourrage.

**Autres pratiques de gestion :**

- Effectuer des analyses de sol périodiques pour se tenir informé de la structure du sol et de sa teneur en éléments nutritifs.
- Conserver une bonne porosité au sol en effectuant une rotation des cultures.
- Prendre connaissance des pratiques agronomiques de gestion des sols afin de s'assurer d'adopter celles qui favorisent une bonne infiltration de l'eau jusqu'aux tuyaux de drainage.
- Vérifier périodiquement la profondeur du sol au-dessus des tuyaux de drainage, les sols organiques peuvent s'affaisser, ce qui réduit leur profondeur au-dessus des tuyaux.
- S'informer auprès de l'entrepreneur en drainage des types de sol présents dans le champ, afin de préparer le sol en conséquence pour les semis.

**VII.4 Inspection et entretien périodique**

Le moment qui se prête le mieux à l'inspection du réseau de drainage souterrain est le printemps avant les semis et l'automne après une pluie abondante.

**Sortie de drainage (bouches de décharge)**

- Retirer les déchets ou débris qui ont pu s'accumuler autour de la sortie de drainage.
- Vérifier s'il y a des signes d'érosion autour des tuyaux de drainage et vérifier si de l'eau s'écoule en longeant le dessous du tuyau.
- S'assurer que la sortie de drainage n'est pas obstruée.
- S'assurer que la grille de protection sur la sortie de drainage est en place et qu'elle fonctionne correctement.

**VII.5 Exploitation et entretien de la station d'épuisement****VII.5.1 Consignes de démarrage et d'arrêt****➤ Démarrage**

Vérifier que :

- La tension est normale et tous les circuits électriques sont alimentés.
- Les arrosages, réchauffages, refroidissements sont en service.
- Les vannes sont en bonne position.
- Les pompes sont amorcées, l'air purgé.
- Les niveaux sont normaux.
- Choisir la pompe ayant le moins d'heures de marche comme pompe de service et mettre le sélecteur en position en s'assurant qu'on ne peut pas démarrer d'autre moteur en même temps pour éviter un appel de courant abusif.

- Une fois la pompe en service, ouvrir la vanne de refoulement le cas échéant et attendre dix secondes avant de démarrer la suivante.
- Ne pas démarrer une pompe deux fois consécutives et respecter le nombre maximal de démarrages à l'heure.
- Vérifier les fuites aux presse-étoupe et l'échauffement des paliers.
- **Arrêt :**
  - Fermer lentement la vanne de refoulement s'il s'agit d'une pompe centrifuge (dans le cas où la pompe s'arrête vanne fermée).
  - Arrêter le moteur.
  - Fermer la vanne de refoulement s'il s'agit d'une pompe volumétrique.
  - Arrêter les arrosages, réchauffages et refroidissements.

### **VII.5.2 Surveillance du fonctionnement**

- **Tableau ou pupitre de contrôle :** pour tous les instruments, établir une valeur normale ou extrême ; ce document sera utilisé en permanence pour détecter les anomalies.
- **Vérifications périodiques :**
  - Les niveaux d'huile et de carburant chaque jour.
  - Les températures de paliers toutes les quatre heures, celles des moteurs électriques toutes les huit heures.
  - Les fuites aux presse-étoupe ou joints, l'absence de cavitation, les niveaux, toutes les quatre heures.
  - Le fonctionnement des sécurités, l'état des lampes témoin et des courroies, toutes les semaines.
  - Les pressions et débits toutes les huit heures.

Cela est une base à aménager selon les cas.

### **VII.5.3 Entretien**

Constituer un manuel d'entretien contenant les instructions des constructeurs. Ces instructions concerneront principalement :

- Le graissage.
- Les presse-étoupe.
- Le changement des roulements, paliers, butées.
- Le changement des chemises d'arbre.
- Le changement des joints ou segments de vérins de commande des vannes.
- Les joints des opercules de vanne ou des portées de clapets.
- L'échange des bagues (usure et étanchéité).
- Les moteurs thermiques (bougies, injecteurs, filtres, etc.).
- Les pièces d'usure des accouplements.
- Les courroies, engrenages, etc.
- Les rotors des pompes rotatives.
- L'entretien électrique.
- Les mises en arrêt (vidanges, antirouille, etc.).

**VII.6 Conclusion :**

Ce travail nous a permis de comprendre et d'élaborer les différentes étapes nécessaires au dimensionnement d'un réseau de drainage, mais aussi d'assimiler l'importance d'une bonne gestion de ce réseau car le drainage agricole dans les régions assez complexe comme celle de Ain Skhouana, d'une part il y a un manque d'eau (climat aride), d'autre part il y'a un surplus dû à une surexploitation des différentes nappes existantes, c'est pour cela qu'une bonne gestion de ce réseau s'avère primordiale.

## Conclusion générale

### **Conclusion générale**

Au terme de ce travail, nous avons constaté que :

- La région est caractérisée par un climat aride, avec une nécessité d'irrigation pendant la période sèche, et une dose de lessivage pour l'évacuation du sel présent dans le sol.
- Les eaux des forages qui alimentent notre périmètre depuis le chott chergui sont suffisant à condition de ne pas dépasser les normes du débit extrait.
- La variante de drainage qui convient mieux pour notre périmètre, c'est le drainage enterré vue la topographie et la séparation des ilots et d'autre raisons citées précédemment.
- Le réseau est dimensionné avec le régime variable dont le débit critique est de 11,25 mm/j.
- Le diamètre des drains est de 72mm, et pour les collecteur se varié entre 200 et 800 mm avec un débit total évacuer de 1,267 m<sup>3</sup>/s.
- La station d'épuisement permet de refouler ce dernier grâce a 4 pompes CAPRARI de type P18C avec un débit de 323 l/s et de Hmt 36,7m

On conclue aussi que le drainage agricole a un impact sur l'activité agronomique, non seulement il permettra de sauvés des champs cultivables mais aussi des traiter des sols salin et réanimer des terres abandonné.

En fin, nous espérons avoir contribué ce travail à l'amélioration de ce périmètre et augmenter son rentabilité et par la suite avoir une agriculture qui influe positivement sur l'économie du pays.

**Références bibliographique**

[1] **MERMOUD A.2006** : «Elément de drainage des sols agricoles». Travaux de l'EPFL (école polytechnique fédérale de Lausanne)

[2] **Richards L. A. 1954** : «Diagnosis and improvement of saline and alkali soils»  
.United States Salinity Laboratory Staff

[3] **ROBERT BEAULIEU 2001** : «Drainage souterrain et drainage de surface».  
Edition du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation Sainte-Martine.

[4] **FAO 1975**. Food alimentation organisation les besoins en eau des cultures. Bull Fao n° 24.

[5] **Fao. 1997**. Small-scale irrigation for arid zones, principles and options, rom, food and agriculture organization of the United Nations (Fao).

[6] **Perrier A (1975)** Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. I. Evaporation et bilan d'énergie de surfaces naturelle 26 (1). 1-18.

Annexe

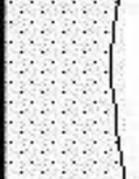
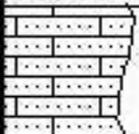
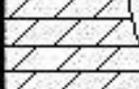
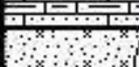
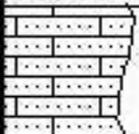
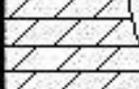
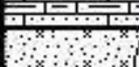
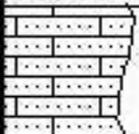
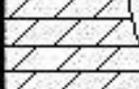
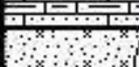
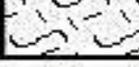
**Annexe**

Annexe

**Annexe 1**

Log stratigraphique de la région de Saïda.

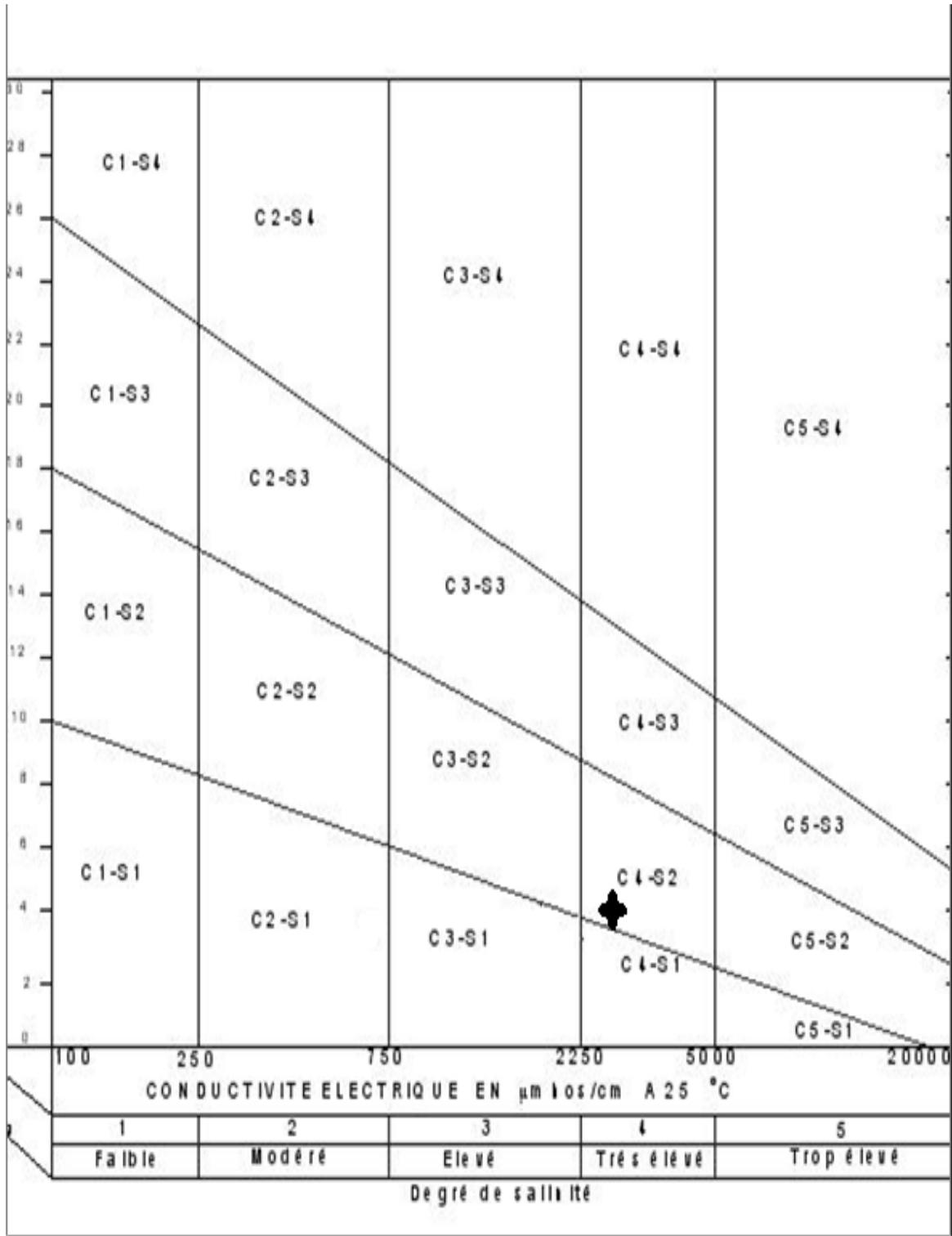
**LOG STRATIGRAPHIQUE DE LA REGION DE SAIDA**

Ere	Log Stratigraphique	Epaisseur moyenne	Description lithologique																							
Quaternaire		50m	Limons plus ou moins sableux-Travertins																							
Tertiaire		75m	Argiles briques sableuses ou gypseuses intercalations calcaires graviers ou galets																							
Sénonien		100m	Calcaires gris clairs à pate fine très altérée à la partie superficielle																							
Barémien		200m	Grès de Berthelot ( Youb)																							
Jurassique	<table border="0"> <tr> <td>Kimméridgien</td> <td></td> <td>80 à 100m</td> <td>Dolomies de Charrier (S.Boubekeur) Marnes-calcaires de Rourai Calcaires de Stah Dolomies de Tlemcen</td> </tr> <tr> <td>Lusithanien</td> <td></td> <td>50m</td> <td>Grès de Franchetti (S.Amar); passées carbonatées et argiles sableuses, stratification entrecoupée</td> </tr> <tr> <td>Callovo-Oxfordien</td> <td></td> <td>250 à 300m</td> <td>Argiles de Saïda , intercalations de grès</td> </tr> <tr> <td>Aaléno-bajo-Bathonien</td> <td></td> <td>150m</td> <td>Dolomies cristallines et fissurées</td> </tr> <tr> <td>Toarcien</td> <td></td> <td rowspan="2">100m</td> <td>Marnes d'Essafeh et calcaires-marneux</td> </tr> <tr> <td>Hettangien</td> <td></td> <td>Dolomies cristallines bréchiques, argiles</td> </tr> </table>	Kimméridgien		80 à 100m	Dolomies de Charrier (S.Boubekeur) Marnes-calcaires de Rourai Calcaires de Stah Dolomies de Tlemcen	Lusithanien		50m	Grès de Franchetti (S.Amar); passées carbonatées et argiles sableuses, stratification entrecoupée	Callovo-Oxfordien		250 à 300m	Argiles de Saïda , intercalations de grès	Aaléno-bajo-Bathonien		150m	Dolomies cristallines et fissurées	Toarcien		100m	Marnes d'Essafeh et calcaires-marneux	Hettangien		Dolomies cristallines bréchiques, argiles		
	Kimméridgien		80 à 100m	Dolomies de Charrier (S.Boubekeur) Marnes-calcaires de Rourai Calcaires de Stah Dolomies de Tlemcen																						
	Lusithanien		50m	Grès de Franchetti (S.Amar); passées carbonatées et argiles sableuses, stratification entrecoupée																						
	Callovo-Oxfordien		250 à 300m	Argiles de Saïda , intercalations de grès																						
	Aaléno-bajo-Bathonien		150m	Dolomies cristallines et fissurées																						
	Toarcien		100m	Marnes d'Essafeh et calcaires-marneux																						
Hettangien		Dolomies cristallines bréchiques, argiles																								
Trias		65m	Argiles salines , grès argileux, basaltes																							
Primaire		100m	Shistes, granites, rhyolites ,dorites,																							

Annexe

**Annexe 2**

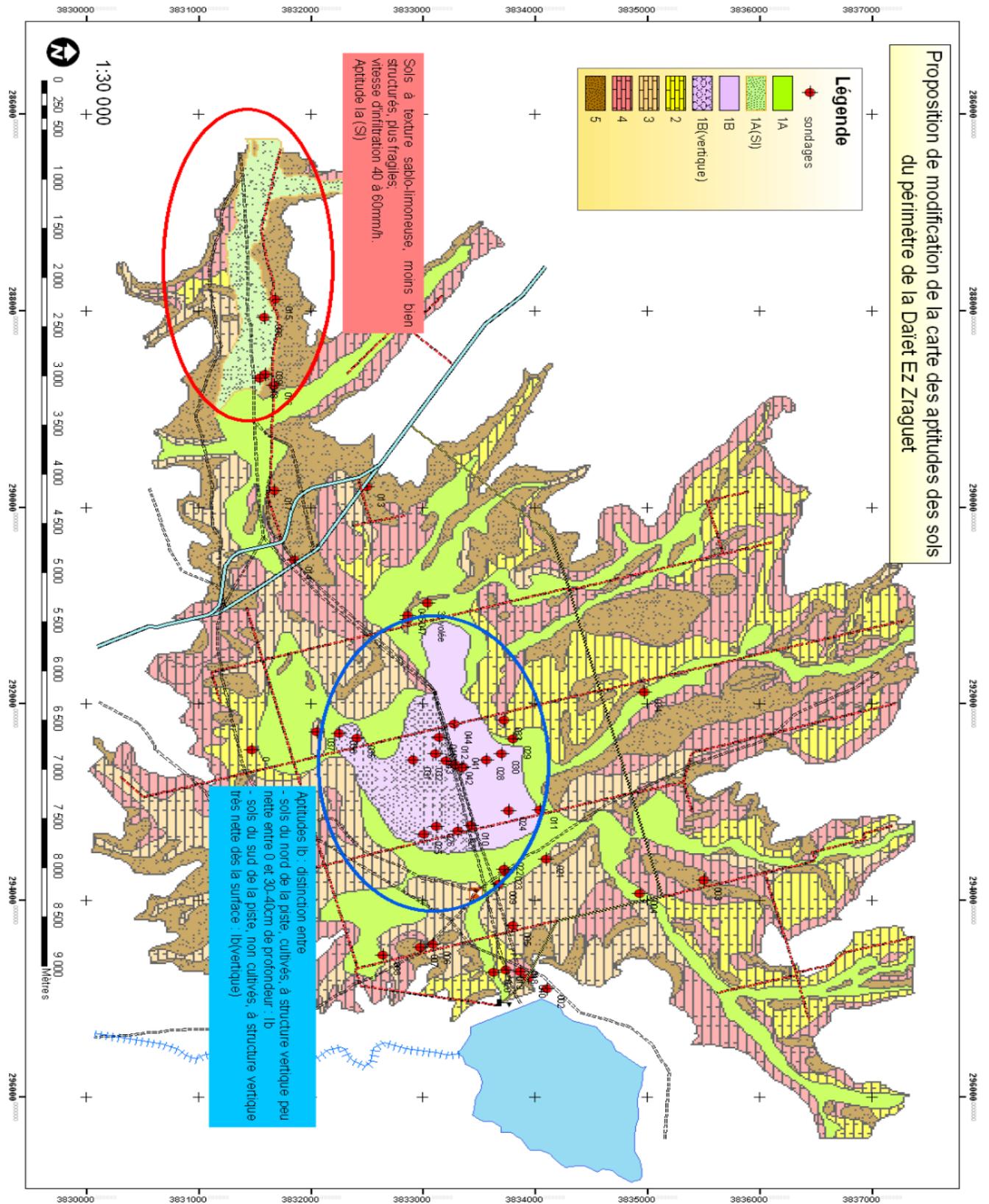
Diagramme de Riverside pour la classification des eaux



# Annexe

## Annexe 3

### Carte d'aptitude des sols



Annexe

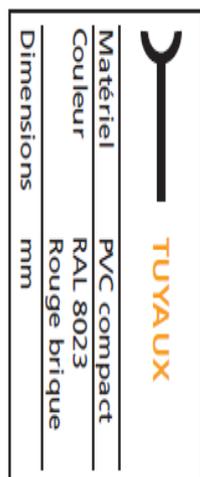
**Annexe 4**

Tableau E=f(d)

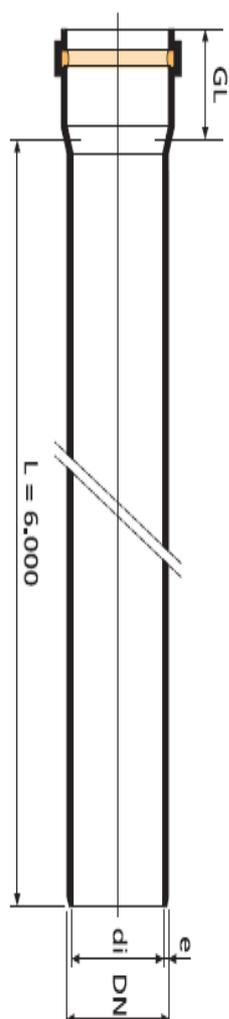
D(μm)	L (m) <sup>→</sup>																			
	5	7.5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	75	80	85	90	100	150	200	250	
0.50	0.45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.75	0.60	0.65	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.75	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	0.65	0.75	0.80	0.85	0.90	0.90	0.95	0.95	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
1.25	0.70	0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.10	1.15	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
1.50	0.90	0.90	0.95	1.10	1.20	1.25	1.30	1.30	1.50	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
1.75	0.90	0.90	1.00	1.20	1.30	1.40	1.45	1.50	1.60	1.65	1.70	1.80	1.80	1.80	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
2.00	1.10	1.10	1.10	1.30	1.40	1.50	1.55	1.60	1.70	1.75	1.80	1.80	1.80	1.80	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
2.25	1.10	1.10	1.15	1.35	1.40	1.50	1.55	1.60	1.70	1.75	1.80	1.80	1.80	1.80	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
2.50	1.40	1.40	1.40	1.40	1.55	1.70	1.70	1.80	1.85	1.95	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.75	1.40	1.40	1.40	1.40	1.65	1.75	1.80	1.85	1.95	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3.00	1.45	1.45	1.45	1.45	1.65	1.85	1.95	2.00	2.05	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
3.25	1.50	1.50	1.50	1.50	1.70	1.90	2.05	2.15	2.25	2.35	2.40	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
3.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.75	1.95	2.10	2.25	2.35	2.45	2.55	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
3.75	1.50	1.50	1.50	1.50	1.80	1.95	2.15	2.30	2.45	2.55	2.65	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
4.00	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	2.00	2.15	2.30	2.45	2.55	2.65	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
4.50	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	2.10	2.30	2.50	2.65	2.75	2.85	3.05	3.10	3.10	3.15	3.25	3.45	3.60	4.30	4.45
5.00	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	2.15	2.40	2.60	2.75	2.90	3.00	3.50	3.55	3.60	3.65	3.80	4.10	4.30	4.30	4.45
5.50	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.45	2.65	2.85	3.00	3.10	3.15	3.50	3.55	3.60	3.65	3.80	4.10	4.30	4.30	4.45
6.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.70	2.90	3.10	3.25	3.35	3.45	3.85	3.95	4.00	4.10	4.25	4.70	4.95	4.95	5.15
7.00	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.85	3.05	3.25	3.45	3.55	3.65	4.15	4.25	4.35	4.40	4.60	5.20	5.55	5.55	5.80
8.00	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	3.15	3.35	3.55	3.75	3.85	3.95	4.40	4.50	4.60	4.70	4.95	5.70	6.15	6.15	6.45
9.00	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.45	3.65	3.85	4.05	4.15	4.25	4.55	4.70	4.80	4.95	5.25	6.10	6.65	6.65	7.00
10.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.75	3.95	4.15	4.35	4.45	4.55	4.75	4.90	5.05	5.20	5.45	6.45	7.10	7.10	7.55
12.50	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.20	5.00	4.75	4.40	4.30	4.25	4.75	4.90	5.05	5.20	5.45	7.20	8.05	8.05	8.70
15.00	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.40	5.20	5.00	4.65	4.55	4.50	5.20	5.40	5.55	5.70	5.95	7.75	8.85	8.85	9.65
17.50	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.60	5.40	5.20	4.85	4.75	4.70	5.40	5.60	5.75	6.00	6.25	8.20	9.45	9.45	10.40
20.00	5.55	5.55	5.55	5.55	5.55	5.75	5.55	5.35	4.95	4.85	4.80	5.60	5.85	6.10	6.35	6.60	8.55	9.95	9.95	11.10
25.00	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.95	5.75	5.55	5.15	5.05	5.00	5.80	6.10	6.35	6.60	6.80	9.00	10.70	10.70	12.10
30.00	5.95	5.95	5.95	5.95	5.95	6.20	6.00	5.80	5.40	5.30	5.25	6.20	6.50	6.75	7.00	7.20	9.25	11.30	11.30	12.90
35.00	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	9.45	11.60	13.40	13.40	14.60
40.00	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	14.60	17.00	17.00	18.80
45.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	14.60	17.00	17.00	19.00
50.00	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	14.60	17.00	17.00	19.00
60.00	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60	14.60

**Annexe 5**

Diamètres normalisé des tuyaux PVC



DN = Diamètre extérieur  
e = Epaisseur



Mode de pose	Tuyaux à bétonner		Tuyaux autoportants		
	Gresintex Standard	Gresintex Eurocompact	Gresintex Eurocompact	Gresintex Eurocompact	Gresintex Eurocompact
Classe de rigidité	SN = CR 0.5	SN = CR 2	SN = CR 4	SN = CR 8	
SDR	81	51	41	34	
Ø = DN	DN x e	DN x e	DN x e	DN x e	DN x e
110	-	110 x 3,2	110 x 3,2	110 x 3,2	110 x 3,2
125	-	125 x 3,2	125 x 3,2	125 x 3,2	125 x 3,7
160	-	160 x 3,2	160 x 4,0	160 x 4,7	160 x 4,7
200	200 x 3,0	200 x 3,9	200 x 4,9	200 x 5,9	200 x 5,9
250	250 x 3,1	250 x 4,9	250 x 6,2	250 x 7,3	250 x 7,3
315	315 x 3,9	315 x 6,2	315 x 7,7	315 x 9,2	315 x 9,2
355	355 x 4,4	355 x 7,0	355 x 8,7	355 x 10,4	355 x 10,4
400	400 x 5,0	400 x 7,9	400 x 9,8	400 x 11,7	400 x 11,7
450	-	450 x 8,8*	450 x 11,0*	450 x 13,2*	450 x 13,2*
500	500 x 6,2	500 x 9,8	500 x 12,3	500 x 14,6	500 x 14,6
630	630 x 7,9	630 x 12,3	630 x 15,4	630 x 18,4	630 x 18,4
710	710 x 8,8	710 x 13,9	710 x 17,4	710 x 20,7	710 x 20,7
800	800 x 10,0	800 x 15,7	800 x 19,6	800 x 23,3	800 x 23,3
900	900 x 11,3	900 x 17,6	900 x 22,0	-	-
1000	1000 x 12,5	1000 x 19,6	1000 x 24,5	-	-
1200	1200 x 14,9*	1200 x 23,6*	-	-	-

\* Fabrication sur demande