

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان-
Université ABOU BEKR BELKAID



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme Master en **Hydraulique**
Option : **Eau, Sol et Aménagement**

Thème

**ETUDE DE POSSIBILITE DE CREATION D'UN PERIMETRE
D'IRRIGATION A AIN EL HOUTZ**

Soutenu publiquement le : 05/10 /2013

Présenté par :

M^r CHIKH HAMZA ABDESSAMAD

Devant le jury :

M^R CHERIF Zine El Abidine	Président
M^{ME} BOUKLI HASSEN Cherifa	Examineur
M^R BENTALHA Chakib	Examineur
M^R BOUCHELKIA Hamid	Encadreur
M^{ME} BOUCHELKIA Fadila	Encadreur

Promotion 2012/2013

Remerciement

A l'occasion de la réduction de ce mémoire de fin d'études je tiens particulièrement à remercier ALLAH de m'avoir accordé la foi, le courage, la volenté pour élaborer ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à M^{me} F. Bouchelkia et M^R H. Bouchelkia pour avoir accepté de m'encadrer pour ce sujet ainsi pour leurs orientations, leurs judicieux conseils et leur disponibilité durant toute la période de notre projet.

Mes profonds remerciements vont à :

Monsieur le président du jury M^R CHERIF Zine El Abidine pour son aide précieuse.

Monsieur C. Bentalha et Mme C. Boukli Hacene pour l'honneur qui nous ont fait en acceptant d'examiner ce modeste travail.

Par ailleurs, je remercie les responsables et techniciens des laboratoires qui nous ont beaucoup aidés aux cours des expériences.

J'adresse mes remerciements à Monsieur M. Benmoussat et Mme Boukhatem.A et Mme C. Boukli Hacene pour la mise à ma disposition des données sur le périmètre de Ain Houtz.

A tous ce qui ont participé de prés ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire, trouvent ici l'expression de mes vifs remerciements

Je voudrai aussi exprimer ma vive reconnaissance envers tous les enseignants du département d'hydraulique ainsi que tous ceux qui ont participé à ma formation.

Dédicaces

*Avec l'aide de dieu le tout puissant j'ai pu achever ce modeste
travail que je dédis*

A l'âme de mon père

*A Salima, le grand cœur sur la terre de m'avoir aidé avec ses
conseils et son soutien moral, en souhaitant que dieu lui accorde
santé.*

A mon meilleur frère Ilyes

A mon grand frère Abdelkader et ma sœur unique

Avec leurs deux enfants Islem et Ritèdje

A mon Angel Khedidja

A tout ceux qui portent les noms des Chikh et Berrichi

A ma promotion de E.S.A -2013-

A mes amis et tous ceux qui m'aiment

** M^r CHJK Hamza. A*

Résumé

L'eau constitue un enjeu stratégique pour l'Algérie. Dans la localité de Ain El Houtz, une irrigation traditionnelle est pratiquée depuis, en exploitant les sources existantes d'une façon individuelle. Le but principal de cette étude est la mise en valeur des terres agricoles de Ain El Houtz en rationalisation des ressources conventionnelles et non conventionnelles de proximité, par la proposition de création d'un périmètre d'irrigation. Dans ce mémoire, un réseau de distribution à la demande a été proposé et dimensionné. Après l'étude de plusieurs variantes du calcul du réseau à la demande notre choix s'est arrêté sur un réseau fonctionnant 18h/24h, avec une qualité de fonctionnement de 60%. Le débit exigé par ce réseau (52.317 l/s) dépasse le débit disponible; ce déficit sera comblé par un réservoir de mise en charge de 1000 m³, qui se remplira durant le temps d'arrêt du réseau. Les ouvrages de captages et de transport de l'eau jusqu'au périmètre d'étude ont été également dimensionnés.

Mots clés : irrigation, périmètre, réseaux, arrosage, Ain El Houtz, dimensionnement.

Abstract

Water is a strategic issue for Algeria. In the town of Ain El Houtz, a traditional irrigation has been practiced since time, by exploiting existing sources on an individual basis. The main purpose of this study is the development of agricultural land in Ain El Houtz streamlining of conventional and unconventional resources proximity of the proposal to create irrigation. In this memory, a distribution network demand was proposed and sized. After reviewing several variants of computing network demand our choice fell on a network running 18 h /24 h with a quality operation by 60 %. Flow required by the network (52.317 l/s) exceeds the available bandwidth and this deficit will be filled by a tank loading of 1000 m³, which will fill in the network stop time. The works of catchments and water transport to study boundaries have also been sized.

Keywords: Irrigation, perimeter networks, Ain El Houtz, sizing.

المخلص

تعتبر المياه قضية إستراتيجية بالنسبة للجزائر. في بلدة عين الحوت تم ممارسة الري التقليدية منذ وقت واستغلال الموارد الموجودة بطريقة فردية. الهدف الأساسي لهذه الدراسة هو تقدير نوعية التربة الزراعية الخاصة بمنطقة عين الحوت و عقلانية استغلال الموارد الطبيعية و المدعمة و تقريبيها احتمالية إنشاء محيط ري زراعي. وبعد تغييرات في الحسابات الشبكة حسب الطلب. وقد وقع اختيارنا على شبكة تعمل 18 ساعة على 24 ساعة مع نوعية العمل تساوي 60 مئة. تدفق المياه عند الشبكة المقترحة يساوي 52.317 لتر على الثانية. وتغطية العجز يكون بخزان سعته 1000 متر مكعب. والذي يملأ أثناء توقف الشبكة من العمل. كل المنشآت الخاصة بنقل المياه و تخزينها قد تم تحجيمها

كلمات المفتاحية: محيط - الري - الشبكات - السقي - عين الحوت - تحجيم.

Sommaire

Introduction.....	2
-------------------	---

Chapitre I Caractéristique générales de la zone d'étude

I.1 Situation de la zone.....	3
I.1.1 Position géographique.....	3
I.1.2 Localisation de périmètre	3
I.2 Climatologie.....	4
I.2.1 Pluviométrie.....	4
I.2.2 Température	7
I.2.3 Le vent.....	8
I.2.4 La gelée	9
I.2.7 Humidité	9
I.3 Etude du régime climatique.....	9
I.3.1 Méthode de visualisation	10
I.3.2 Indices climatiques	11
I.3.2.1 Comparaison du résultats du type du climat	14
I.3.3 Déficit d'écoulement	15
I.3.3.1 Comparaison des différentes méthodes déficit d'écoulement	17

Chapitre II Généralités sur l'irrigation et les périmètres d'irrigation

II.1. Généralité sur l'irrigation.....	18
II .1.1.L'irrigation	18
II .1.2.Périmètre d'irrigation	18
II .1.3.Réseau d'irrigation	18
II .1.4. Diverses méthodes de la distribution pour l'irrigation.....	19
II .1.4.1.Réseau de distribution continué	19
II .1.4.2.Réseau de distribution par rotation	19
II .1.4.3.Réseau de Distribution a la demande.....	19
II.1.5. Différents technique d'arrosages.....	20
II.1.5.1. Irrigation de surface	20
II.1.5.1.1.Irrigation par ruissellement	20
II.1.5.1.2.Irrigation par submersion	21
II.1.5.1.3.L'irrigation mixte	22
II.1.5.2.L'irrigation par aspersion	22
II.1.5.3. L'irrigation localisée	22
II.2.Choix des techniques d'irrigation	23
II.3.Avantages et les inconvénients des techniques d'irrigation	24
II.3.1.Irrigation de surface.....	24
II.3.2.Irrigation de l'aspersion.....	24
II.3.3.Irrigation localisée.....	25

Chapitre III Pédologie, Cartographie et Besoins en eau

III.1. L'étude pédologique	26
III.1.1. Prélèvement	26
III.1.1.1. Sites de prélèvement des échantillons	26
III.1.1.2. Procèdes de prélèvement	28
III.1.2. Analyse de laboratoire	28
III.1.2.1. Humidité au champ	28
III.1.2.2. Humidité de sol	29
III.1.2.3. Analyses de la densité	29
III.1.2.4. la porosité	30
III.1.2.5. Humidité équivalente et la microporosité	30
III.1.2.6. Mesure le PH de sol	32
III.1.2.7. Courbes granulométrique	32
III.3. Ressources en eau	35
III.3.1. Ressources en eau potentielles.....	35
III.3.1.1. Source conventionnelle.....	35
III.3.1.2. Sources non conventionnelles.....	38
III.2. Cartographie de la zone agricole	41
III.2.1. Répartition des cultures dans le périmètre (Assolement)	41
III.4. Besoins en eau	46
III.4.1. Définition les besoins en eau des cultures	46
III.4.2. Précipitation efficace (utile)	47
III.4.3. Evapotranspiration.....	48
III.4.3.1. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration	48
III.4.3.2. Calcul de l'évapotranspiration.....	50
III.4.4. Calcul des besoins en eau.....	52
III.4.4.1. Généralité sur les besoins d'eau pour les cultures	52
III.4.4.2. Quelques notions importantes	54
III.4.5. Confrontation entre ressources et besoins des cultures.....	62

Chapitre IV Dimensionnement

VI.1. Description de réseau globale.....	63
VI.1.1. Tête morte	63
VI.1.2. Réseau de distribution.....	63
IV.2. Proposition d'un réseau d'irrigation	65
IV.2.1. Détermination des ilots	65
IV.2.2. Positionné des prises	68
IV.2.3. Plan des bornes.....	69
IV.2. 4. Tracé du réseau	71
IV.3. Calcul des débits transitant dans les divers tronçons du réseau.....	73
IV.3.1. Base de calcul d'une distribution à la demande.....	73

IV.3.2. Numérotation du réseau.....	75
IV.3.3. Détermination des débits des tronçons.....	77
IV.3.4. Choix de variante	78
IV.3.5. Détermination de réservoir de mise en charge R2.....	78
IV.4. Dimensionnement du réseau d'irrigation de Ain El Houtz.....	83
IV.4.1. EPANET	83
IV.4.2. Détermination des diamètres approximatifs des conduites	86
IV.4.3. Finalisation de dimensionnement du réseau de Ain El Houtz:.....	86
IV.5. Dimensionné les ouvrages de la tête morte.....	93
IV.5.1. Dimensionné l'adduction de STEP- réservoir tampon (R 1).....	93
IV.5.3. Dimensionné l'adduction de source Ain Ancor - réservoir tampon (R 1).....	94
IV.5.2. Dimensionné le réservoir du captage de source	94
IV.5.4. Dimensionné le réservoir tampon R1 (captage sources – STEP)	96
IV.5.5.1.Méthode de calcul de la hauteur manométrique	96
IV.5.5. Dimensionné la conduite de refoulement et caractériser la pompe	96

Conclusion.

Référence bibliographique.

Annex1.

Annex2.

Liste des Figure

Figure. I.1. Localisation de périmètre et la STEP avec Google Earth Pro.....	4
Figure. I.2. Répartition Mensuelle des précipitations de la station de Hennaya..	6
Figure. I.3. Répartition des températures Mensuelle de la station de Hennaya..	7
Figure. I.4. Courbes les températures moyennes mensuelles.....	8
Figure. I.5. Diagramme pluvio-thermique(ombrothermique).....	10
Figure. I.6. Climatogramme d'Emberger	12
Figure. II.1. Irrigation par planche de ruissellement.....	20
Figure. II.2. Irrigation à la raie.....	21
Figure. II.3. Irrigation par submersion.....	21
Figure. II.4. Partie essentielle d'une installation en aspersion classique.....	22
Figure. II.5. Partie essentielle d'une installation localisée.....	23
Figure. III.1. Positions des points du prélèvement dans le périmètre avec Google Earth Pro	27
Figure. III.2. La classification U.S.C.S.....	34
Figure. III.3. Positions des sources naturelles d'eau dans le périmètre avec une photo satellite prise de Google Earth pro.....	35
Figure. III.4. carte numérisé du périmètre.....	42
Figure. III.5. les variations des résultats de la formule de Turc et Penman.....	52
Figure. IV.1 : Présentation du réseau globale.....	63
Figure. IV.2 : Les parcelles actuelles dans le périmètre.....	66
Figure. IV.3 : Les ilots proposés pour le dimensionnement.....	67
Figure. IV.4 : Plan des bornes et prises d'eau dans le périmètre.....	70
Figure. IV.5 : Réseau distribution et courbe des niveaux.....	72
Figure. IV.6 : présente le réseau Ain El Houtz numérotés.....	76
Figure. IV.7 : Vanne de réduction de pression	86
Figure IV.8 : Débits des tronçons et pressions aux nœuds et bornes (Simulation avec les diamètres approximatifs).....	88
Figure IV.9 : Débits des tronçons et pressions aux nœuds et bornes (Simulation finale).....	89
Figure IV.10 : vitesses d'écoulements et pressions aux nœuds et bornes (Simulation finale).	90

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1. La série des Précipitation moyennes mensuelles (1973-2012).....	5
Tableau I.2. Précipitation moyennes mensuelles (Station Hennaya).....	6
Tableau I.3. : Répartition saisonnière des précipitations (mm).....	6
Tableau I.4. Températures Moyennes mensuelles Station Tlemcen.....	7
Tableau I.5. Moyennes mensuelles des vents de la station Tlemcen.....	8
Tableau I.6. Moyennes mensuelles des gelés de la station Tlemcen.....	9
Tableau I.7. Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen.....	9
Tableau I.8. Températures et précipitations moyennes mensuelles.....	10
Tableau I.9. Situation climatique.....	11
Tableau I.10. Limite des climats d'après l'indice climatique de DEMARTONE.....	13
Tableau I.11. Valeur de l'indice d'aridité.....	13
Tableau I.12. Valeur des indices d'aridité mensuelle.....	14
Tableau I.13. Classification thermique du climat.....	14
Tableau I.14. Comparaison des différentes méthodes utilisées.....	14
Tableau I.15. Valeurs du déficit par TURC.....	15
Tableau I.16. Le tableau de WUNDT.....	16
Tableau I.17. Valeurs du déficit par WUNDT.....	17
Tableau I.18. Comparaison des différentes méthodes utilisées pour estimer la valeur le déficit d'écoulement.....	17
Tableau III.1. Echantillons et leurs profondeurs.....	27
Tableau III.2. Humidité au champ.....	28
Tableau III.3. Les résultats d'humidité de sol.....	29
Tableau III.4. Les résultats du la densité apparente.....	29
Tableau III.5. Les valeurs de la densité réelle.....	30
Tableau III.6. Les valeurs de la porosité.....	30
Tableau III.7. Humidité équivalente et la microporosité.....	31
Tableau III.8. Le PH de sol et de mélange sol avec l'eau de la station d'épuration.....	32
Tableau III.9. Mesure de température et du débit de la source d'Ain Houtz.....	36
Tableau III.10. Mesure de température et du débit de la source d'Ain Ancor.....	37
Tableau III.11. Le volume d'eau épurée à la station d'épuration d'Ain El Houtz en 2011.....	38
Tableau III.12. Les normes d'OMS pour les eaux apurées à la sortie des stations.....	39
Tableau III.13. Les résultats des analyses physico-chimique et bactériologiques avant et après traitement (année 20011).....	40
Tableau III.14. Les surfaces et types des cultures pour les espaces agricoles les îlots.....	43
Tableau III.15. Les surfaces cumulées de chaque type de culture dans le périmètre.....	45
Tableau III.16. Coefficient de culture pour chaque culture.....	47
Tableau III.17. Coefficients de corrélation et valeur de pluie utile.....	48

Tableau III.18. L'évapotranspiration avec la formule de Turc.....	50
Tableau III.19. L'évapotranspiration la Formule de Penman.....	51
Tableau III.20. Comparaison des résultats de la formule de Turc et Penman.....	51
Tableau III.21. Profondeur utile pour les cultures existant en (mètre).....	54
Tableau III.22. Résultats de la Ru et Rfu.....	55
Tableau III.23. Besoins en eau d'irrigation des céréales.....	56
Tableau III.24. Besoins en eau d'irrigation de la vigne.....	57
Tableau III.25. Besoins en eau d'irrigation des maraichères.....	58
Tableau III.26. Besoins en eau d'irrigation des agrumes.....	59
Tableau III.27. Besoins en eau d'irrigation des oliviers.....	60
Tableau III.28. Besoins en eau d'irrigation globaux du périmètre.....	61
Tableau IV.1. Classes de prises adoptées	68
Tableau IV.2. Les classes de prise pour chaque ilot.....	68
Tableau IV.3. Probabilité de fonctionnement et M(u) – tabulée.....	74
Tableau IV.4. Débits des tronçons 1 ^{ère} variante (r =0.75 et une qualité de 95 %).....	79
Tableau IV.5. Débits des tronçons 2 ^{ème} variante (r =1 et une qualité de 95 %).....	80
Tableau IV.6. Débits des tronçons 3 ^{ème} variante (r =0.75 et une qualité de 60 %).....	81
Tableau IV.7. Débits des tronçons 4 ^{ème} variante (r =1 et une qualité de 60 %).....	82
2 ^{ème} variante (r =1 et une qualité de 95 %).....	80
Tableau IV.6. Débits des tronçons 3 ^{ème} variante (r =0.75 et une qualité de 60 %).....	81
Tableau IV.8. Les diamètres Normalisés PEHD (diamètres extérieurs).....	83
Tableau IV.9. Formules de perte de charge.....	84
Tableau IV.10. Diamètres approximatifs des tronçons 3 ^{ème} variante, r =0.75 et une qualité de 60%.....	85
Tableau IV.11. Diamètres retenus et vitesse d'écoulement.....	91
Tableau IV.12. les paramètres calculés par EPANET dans des Bornes ou Nœuds après la simulation finale.....	92
Tableau IV.13. Les altitudes de la STEP et Réservoir 1.....	92
Tableau IV.14. Les caractéristiques de la conduite (STEP-R1).....	93
Tableau IV.15. Les résultats de logiciel EPANET pour l'addiction (STEP-R1).....	94
Tableau IV.16. Les altitudes de l'Ain Ancor et Réservoir 1.....	95
Tableau IV.17. Les caractéristiques de la conduite (Ain Ancor -R1).....	95
Tableau IV.18. Les résultats de logiciel EPANET pour l'addiction (Ain Ancor -R1).....	95
Tableau IV.20. Caractéristique de la conduite de refoulement.....	99
Tableau IV.19. Caractéristique de la conduite de refoulement.....	99

Nomenclature

P : Précipitation moyenne annuelles en mm.
I : indice climatique.
T : température moyenne annuelle (°C).
M : Température maximum durant l'année.
m : Température minimum durant l'année.
ETR : évapotranspiration réelle annuelle en mm.
L : facteur fonction de T.
a : indice d'aridité mensuelle.
D : le déficit d'écoulement ;
P' : la pluie écoulée.
k : Coefficient dépendant de la température et de la densité des grains
t : Le temps écoulé depuis le début de la décantation, en seconde.
Hr : la profondeur déterminante pour le calcul de la grosseur des grains, en cm
d : le diamètre maximale des grains en mm ,
W_d : le poids sec de l'échantillon fractionné en g .
δ_S : Le poids spécifique des grains, en g/cm³.
δ_W : Le poids spécifique de liquide, en g/cm³.
R : la valeur simplifié de la lecture corrigée du densimètre
p : le pourcentage en poids des grains
ETM : évapotranspiration maximale.
ETo : évapotranspiration de référence (évapotranspiration potentielle).
Kc : coefficient de culture
ETP: évapotranspiration mensuelle
t : température moyenne mensuelle
I_g : radiation globale mensuelle
hr : humidité relative de l'air
I_{g0} : radiation maximale en fonction de la latitude.
h / H : insolation relative, en heures.
h : durée d'insolation de la station considérée, en heures / mois.
H : durée mensuelle du jour, en heures / mois.
R_n : rayonnement net « climatique »
E_a : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air.
L : chaleur latente de vaporisation
γ : constante psychrométrique
Hr : humidité du sol sur base massique en pourcent de la capacité de rétention en eau ;
Hf : humidité du sol au point de flétrissement ;
Z : profondeur d'enracinement en (mm) ;
Ru : réserve utile ;
q_{net} : le débit net.
D_{fc} : le débit fictif continu de mois de pointe de chaque culture;
S_i : la surface occupé avec chaque culture ;
ST : la surface totale
T_e : durée totale de la période ;
T' : durée d'utilisation du réseau ;
r : rendement d'utilisation en temps du réseau
C : coefficient de rugosité de Hazen-Williams.
ε : coefficient de rugosité de Darcy-Weisbach (m).
f : facteur de friction (dépend de ε, d et q).
n : coefficient de rugosité de Manning.
d : diamètre du tuyau (m).

L : longueur de tuyau (m).
q : débit (m^3/s)
Dn : le diamètre normalisé.
 ΔH_{total} : La perte de charge total
 $V_{\text{rés}}$: le volume de réservoir
Pr : la pression (m)
pu = la puissance.
 ρ = la masse volumique de l'eau en Kg/m^3 .
R= le rendement et il égale a 75%.
H= la hauteur manométrique totale (H.M.T).
E : énergie consommée exprimée en (kw)

Introduction

Introduction

Les ressources en eau présentent un élément principal dans le développement économique d'un pays. En Algérie, l'évolution économique et sociale est fortement liée à la maîtrise de l'irrigation. Notre pays est dominé par l'agriculture et se trouve confronté à une rareté ou une distribution irrégulière des pluies dans le temps et dans l'espace. D'autre part, l'Algérie est caractérisée par un taux de croissance démographique élevé rendant ainsi actuelle l'augmentation de la productivité agricole en vue de la satisfaction des besoins fondamentaux et du mieux être de la population.

L'eau constitue donc un enjeu stratégique pour l'Algérie qui doit mettre tout en œuvre pour rechercher et appliquer de nouvelles techniques à même de développer la productivité de cette ressource en particulier dans le domaine agricole qui en est le plus grand consommateur et ceci pour réduire la dépendance alimentaire à défaut d'une autonomie.

Dans la localité de Ain El houtz, une irrigation traditionnelle est pratiquée depuis le temps, en exploitant les sources existantes d'une façon individuelle.

Le but principal de cette étude est la mise en valeur des terres agricoles de Ain El Houtz en rationalisant les ressources conventionnelles et non conventionnelles de proximité, par la proposition de création d'un périmètre d'irrigation sans négliger tous les facteurs essentiels intervenant dans le choix du mode d'irrigation, tel que les données climatiques, agropédologique, hydrologique et qualitatives.

Les observations retenues après notre visite sur le terrain nous ont démontré que le périmètre de Ain El Houtz nous demande un dimensionnement, ce dernier est l'objectif important de notre étude.

Dans mémoire, un réseau de distribution à la demande à été proposé et dimensionné ce réseau fonctionnera 18h/24h avec une qualité de fonctionnement 60%, les ouvrages de captages et de transport de l'eau jusqu'au périmètre d'étude ont été également dimensionnés.

Le présent document se présente sous la forme de quatre chapitres.

Chapitre I: Caractéristiques générales de la zone d'étude qui consiste à faire une description générale du périmètre irrigué.

Chapitre II: Généralités sur l'irrigation et les périmètres d'irrigation, qui est consacré aux techniques d'irrigation actuelle.

Chapitre III: Pédologie, Cartographie et Besoins en eau, qui concerne l'étude des sols pour trois sites différents dans le périmètre avec un positionnement des parcelles irrigué et leurs besoins d'eau.

Chapitre IV: Dimensionnement qui est consacré à la proposition réseau d'irrigation à la demande et le dimensionnement d'ouvrages de captage et réseau distribution des eaux. Nous terminons par une conclusion finale.

Chapitre I

Caractéristiques générales de la zone d'étude

CHAPITRE I

Caractéristiques générales de la zone d'étude.

Le présent chapitre présente le périmètre de Ain El Houtz commune de Chetouane, ou nous donnons une idée générale sur les caractéristiques de celui-ci (situation, le climat...)

I. Caractéristiques générales de la zone d'étude :

I.1 Situation de la zone : [1]

Ain El Houtz est un village dans la commune de Chetouane est située au Nord-est du groupement de Tlemcen, elle a été créée lors du découpage administratif en 1985.

I.1.1 Position géographique :

Le petit village d'AIN EL HOUTZ situé à huit kilomètres environ au Nord de Tlemcen, se compose de deux agglomérations d'habitants : l'une située à l'Est autour des tombeaux de Saint Eponyne et d'une source qui sert au village, l'autre dénommé Tralimet, situé un peu plus à l'Ouest, peuplé d'ouvriers agricoles.

Elle est limitée :

1. Au Sud et à l'Ouest par la Commune de Tlemcen.
2. A l'Est par la Commune de Chetouane.
3. Au Nord par la Commune de Hennaya.

I.1.2 Localisation de périmètre :

L'agglomération d'Ain El Houtz s'étend sur une superficie de 663 ha. Le périmètre de Ain El Houtz fait partie du bassin versant du mont de Tlemcen s'étalant sur une superficie de 1090 km².

Les coordonnées UTM du périmètre (Universel Transverse Mercator). Sont :

X1=652325 Y1=3865110 X1=652325 Y2=3869120.

X2=654468 Y1=3865110 X2=654468 Y2=3869120.

La figure I.1 représente la localisation de périmètre projeté par Google Earth.

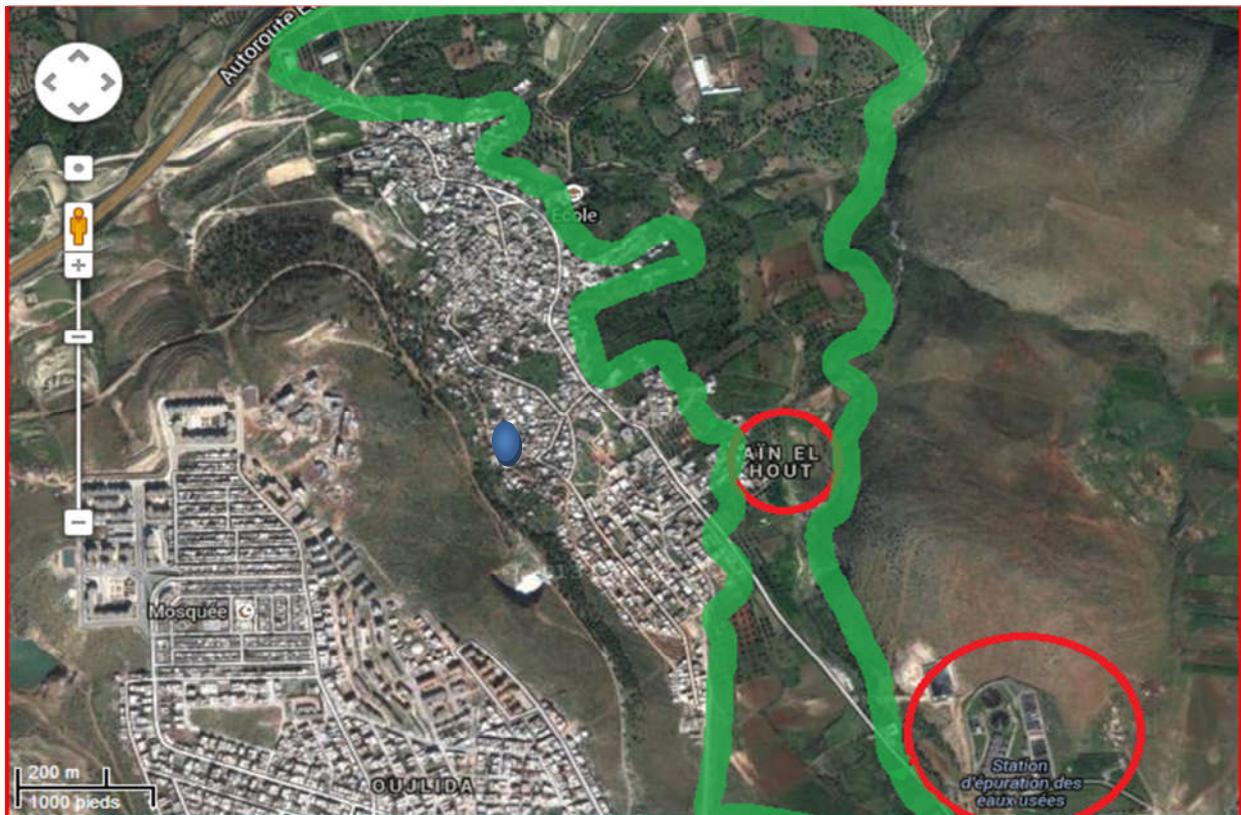


Figure. I.1. Localisation de périmètre et la STEP avec Google Earth .

I.2 Climatologie :

L'étude du climat peut être réalisée à partir :

- Des méthodes de visualisation des périodes sèches et des périodes humides.
- Des indices climatiques annuels et mensuels.
- Des climmatogrammes, nous retiendrons ici, celui d'EMBERGER bien adapté au domaine méditerranéen [2].

Pour déduire le modèle climatique il faut d'abord déterminer les facteurs climatiques ils sont comme suit :

I.2.1 Pluviométrie :

La station sélectionnée, est celle de Hennaya qui par sa position semble être représentative de la région d'étude. la série de données pluviométriques utilisées est celle comprise entre 1973 et 2012, qui sont représentées dans le Tableau I.1:

Tableau I.1. La série des Précipitation moyennes mensuelles (1973-2012)

DATE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1973-1974	3,4	4,3	8,2	96,0	1,4	126,5	214,2	84,6	0,0	3,2	0,0	0,0
1974-1975	18,4	35,0	19,3	0,0	9,5	69,1	96,5	279,3	57,0	6,8	0,0	11,3
1975-1976	22,2	4,7	99,3	9,0	45,2	89,5	31,5	137,5	80,7	15,4	7,6	15,8
1976-1977	36,7	65,2	26,9	64,5	102,5	36,0	41,8	7,2	46,3	4,2	12,5	14,6
1977-1978	0,0	26,8	110,3	16,2	74,6	11,8	38,2	79,2	27,2	4,2	0,0	3,8
1978-1979	0,0	66,0	47,0	12,5	23,1	142,7	38,8	25,8	16,9	2,2	5,4	2,0
1979-1980	20,9	74,2	79,3	64,4	9,3	74,3	104,8	29,8	15,3	0,0	0,0	0,6
1980-1981	16,0	31,4	40,2	204,3	18,7	73,4	53,6	61,8	10,7	47,6	0,0	2,5
1981-1982	6,4	0,4	0,0	16,4	24,4	55,0	1,3	0,0	0,0	5,5	0,0	10,0
1982-1983	1,2	22,2	4,3	51,5	0,0	23,7	16,1	10,3	11,7	0,0	0,7	0,5
1983-1984	0,0	0,0	3,4	77,3	44,7	39,8	29,9	12,6	88,7	3,2	0,0	0,0
1984-1985	10,0	1,1	107,2	28,4	45,2	20,3	54,0	21,4	51,7	0,0	0,0	0,0
1985-1986	9,8	0,8	55,0	45,0	79,9	86,3	76,9	40,2	2,5	8,0	0,0	6,8
1986-1987	28,3	30,2	87,1	35,9	36,5	146,9	18,6	2,2	12,5	2,5	25,7	6,9
1987-1988	4,7	34,4	26,1	30,8	25,3	31,6	7,1	28,9	28,9	7,7	0,9	0,0
1988-1989	17,8	11,1	44,8	8,5	19,1	23,4	178,0	35,9	26,1	5,2	2,1	12,6
1989-1990	10,2	6,0	15,8	38,3	144,9	0,0	25,0	65,8	16,7	5,2	3,0	3,0
1990-1991	17,5	10,5	41,0	80,0	36,9	65,7	158,9	4,9	23,0	0,0	0,0	0,5
1991-1992	31,1	42,2	13,9	32,7	15,6	21,7	101,7	83,3	124,0	30,9	1,0	1,4
1992-1993	0,6	19,1	34,5	20,1	0,0	70,0	16,6	71,5	88,5	0,0	0,0	1,0
1993-1994	9,0	2,0	71,3	3,5	100,3	57,4	6,2	19,3	22,2	0,2	5,6	0,0
1994-1995	36,9	30,8	33,2	13,5	28,7	68,2	176,9	15,1	1,1	9,0	0,0	3,2
1995-1996	12,3	32,3	19,8	63,8	75,2	94,8	100,4	41,5	46,3	5,3	3,1	3,6
1996-1997	36,1	39,8	0,8	32,3	102,3	0,2	4,4	148,0	14,3	3,7	0,6	12,1
1997-1998	78,7	38,5	57,6	67,3	30,1	44,5	45,3	23,2	77,8	0,4	0,6	0,7
1998-1999	13,9	6,5	47,5	11,0	107,8	69,9	93,6	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0
1999-2000	26,9	24,9	73,9	74,7	0,0	0,0	4,8	11,4	38,5	0,0	0,0	0,0
2000-2001	14,4	77,2	69,0	39,5	65,7	48,4	6,9	4,0	9,2	4,0	0,8	0,0
2001-2002	25,2	38,6	150,8	30,7	1,8	7,3	27,0	88,7	75,1	1,0	0,0	28,2
2002-2003	0,0	21,8	97,0	20,4	104,6	84,9	16,8	28,8	13,8	3,1	0,0	0,1
2003-2004	8,9	33,2	53,9	108,4	45,3	23,2	75,5	37,3	75,2	9,0	1,2	0,6
2004-2005	2,4	31,7	35,6	88,0	21,3	70,3	55,5	19,1	4,9	1,1	0,2	0,5
2005-2006	20,2	29,1	32,5	15,7	70,1	53,1	21,0	23,8	63,4	3,3	1,5	0,0
2006-2007	35,4	11,7	4,3	50,4	26,7	33,5	30,5	85,6	2,6	0,0	0,0	0,2
2007-2008	7,9	73,1	59,2	10,5	23,7	18,0	9,4	16,1	55,4	4,3	0,5	0,0
2008-2009	38,2	87,7	99,7	99,8	111,5	28,7	19,5	51,3	5,6	10,0	0,0	0,0
2009-2010	71,0	1,6	57,8	23,0	46,6	53,6	64,5	54,1	12,6	20,1	6,7	12,9
2010-2011	19,7	96,0	38,0	34,2	48,8	28,8	24,9	66,4	69,1	23,8	0,0	8,3
2011-2012	0,9	75,2	63,9	24,8	21,1	50,8	27,0	25,9	6,0	8,3	2,3	0,9
Moy mois	18,3	31,7	49,5	44,7	45,9	52,4	54,2	47,2	33,9	6,7	2,1	4,2

Source ANRH de Tlemcen

Le tableau I.2, représente les moyennes mensuelles des pluies de série de données utilisées (1973 a 2012).

La figure I.2 montre la répartition des précipitations mensuelle.

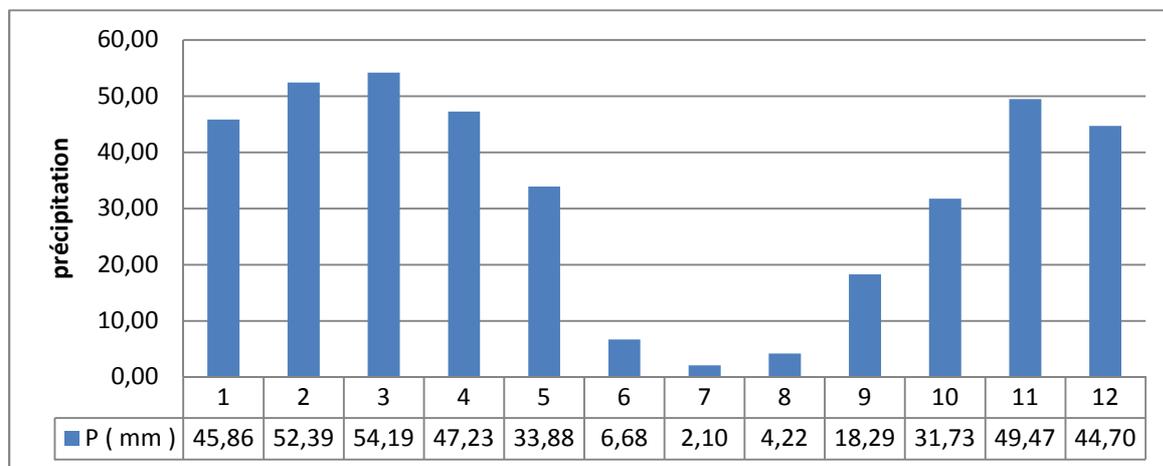


Figure. I.2. Répartition Mensuelle des précipitations de la station de Hennaya

Le tableau I.3, nous donne la répartition saisonnière des précipitations dans cette région.

Tableau I.2. : Répartition saisonnière des précipitations (mm)

	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Station Hennaya	111.5	142.5	129.7	9.7

Tableau I.3. Précipitation moyennes mensuelles (Station Hennaya)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN.
P (mm) 1973- 2012	45.86	52.39	54.19	47.23	33.88	6.68	2.1	4.22	18.29	31.73	49.47	44.7	390.75

le tableau I.2 nous a permis de terminer la moyenne annuelle de la série pluviométrique qui est égale 390.75 mm, et le mois le plus sec est juillet avec une moyenne de 2.1 mm et le mois le plus arrosé est le celui de mars, qui présente la valeur maximale de précipitation , qui est égale a 54.39 mm.

I.2.2 Température :

Les données de températures dans une région ainsi que la maîtrise de leurs variations sont des éléments fondamentaux qui conditionnent les potentialités hydriques, particulièrement par l'effet de l'évapotranspiration en matière de bilan de l'eau. Les valeurs de la température sont généralement irrégulièrement, surtout en ce qui concerne la température à l'échelle horaire ou journalière [3].

Le tableau 1.4 présente les valeurs de températures de la région d'étude (maximum, minimum, et moyenne).

Tableau I.4. Températures moyennes mensuelles Station Tlemcen.

Mois	Sep	Oct	Nev	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Ans
T _{max} M (°C)	28.9	23.8	19.8	16.7	15.0	16.6	18.4	19.9	24.0	28.6	33.1	34.0	23.2
T _{min} m (°C)	16.5	12.9	9.8	7.5	5.3	5.9	7.7	9.0	11.9	14.9	18.2	20.1	11.6
T ^o _{moy} (°C)	22.56	18.51	14.62	11.73	9.87	11.2	12.96	14.11	17.45	21.03	25	25.99	17.09

Source ANRH de Tlemcen

La Figure. I.3. illustre la variation de la température moyenne de chaque mois.

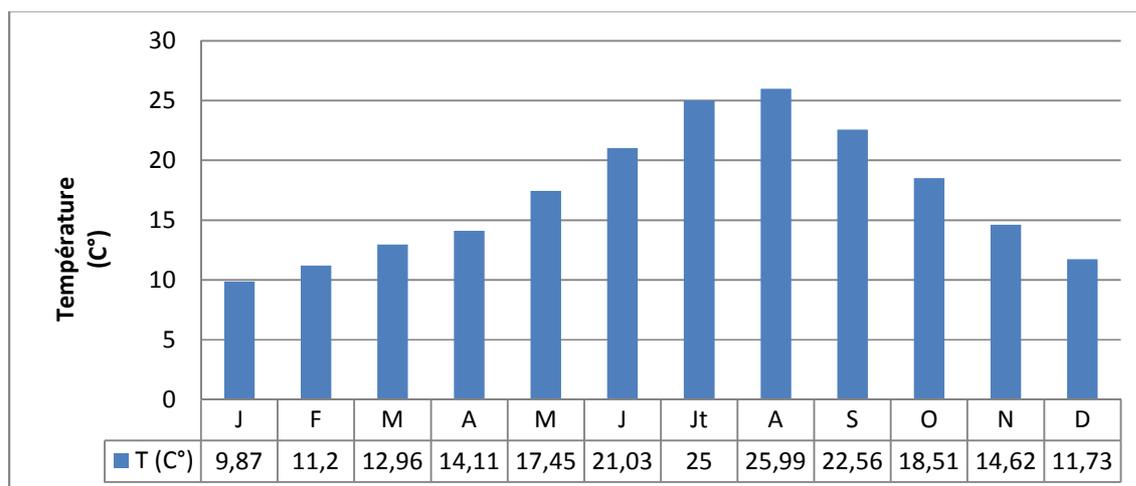


Figure. I.3. Répartition des températures moyenne Mensuelle de la station de Hennaya.

D'après la figure.1.3 le mois le plus froid est Janvier et le mois le plus chaud est Aout.

La figure. I.4. définit les variations des valeurs de la température moyenne mensuelle (maximum, minimum, et moyenne).

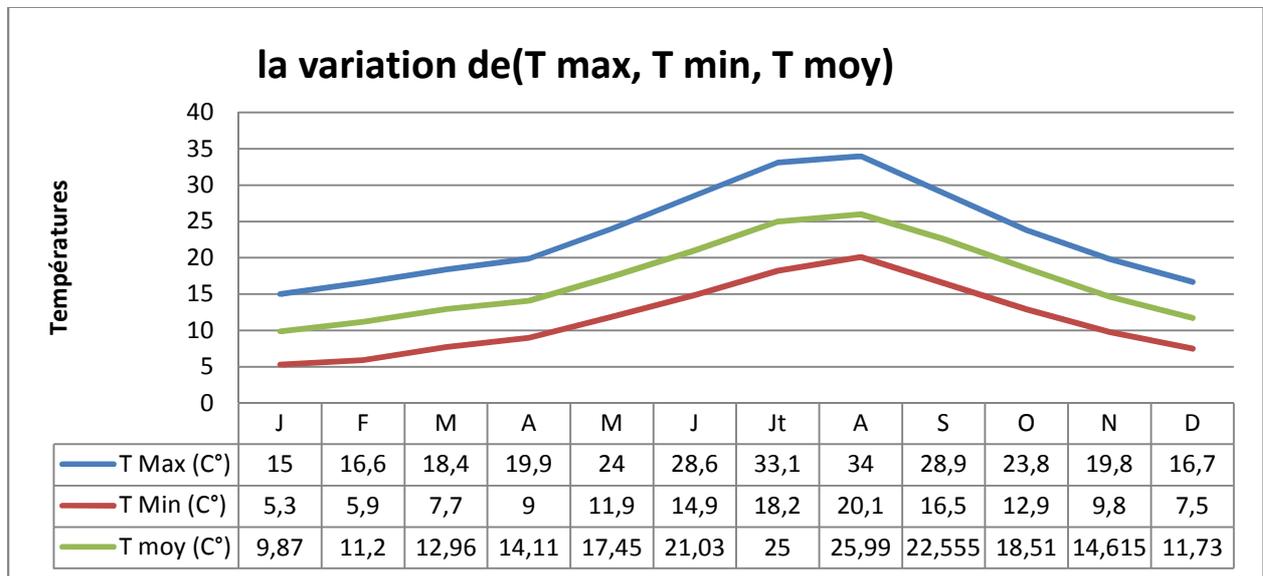


Figure. I.4. Courbes les températures moyennes mensuelles.

Les courbes des températures moyennes mensuelles permettent nous de comprendre la variation dans les mois d'années.

I.2.3 Le vent :

La vitesse de déplacement de la masse d'air est un facteur moteur pour l'évaporation [3].

Les valeurs qui correspondent la variation de la vitesse du vent au tour de ce périmètre d'étude, sont résumés au tableau. I. 5.

Tableau I.5. Moyennes mensuelles des vents de la station Tlemcen.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN.
V moy (m/s)	2.16	2.28	2.32	2.7	2.42	2.56	2.51	2.48	2.28	2.01	2.4	2.37	3.37

Source ANRH de Tlemcen.

Le moyen des vents dans le périmètre d'Ain El Houtz est égale 3.37 m/s (12.132 Km/h)

I.2.4 La gelée :

La connaissance des dates de la gelée est nécessaire car elle influe négativement sur les cultures et dégradent la structure du sol, elles sont donc l'un des facteurs essentielles du choix des cultures.

Tableau I.6. Moyennes mensuelles des gelés de la station Tlemcen.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Gelé (jour)	10	5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5

Source ONM

Les gelés sont élevés en hivers et au printemps, et la moyenne annuelle égale 5 fois par mois.

I.2.7 Humidité :

C'est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l'évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport à celle que l'air pourrait contenir s'il était saturé à la même température [4].

Le tableau 1.7 présente les valeurs de l'humidité moyenne en pourcentage de la région de Tlemcen.

Tableau I.7. Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen.

Mois	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Ans
Station de Tlemcen	73	71	72	75	68	66	60	60	56	63	69	77	68
Moyenne trimestrielle	72			70			59			70			/
Saisons	Hiver			Printemps			Eté			Automne			/

Source ANRH

La valeur 59 % à l'Eté est la plus petite dans les quatre saisons mais l'Hiver prenant la première place avec la valeur de 72 %.

I.3 Etude du régime climatique :

L'étude du régime climatique laissez-nous savoir en particulier la situation globale du climat et de la sélection des cultures favorable pour la Région sans oublier le choix du mode d'irrigation et la quantité.

I.3.1 Méthode de visualisation :

➤ Diagramme Ombrothermique :

Il s'agit d'établir un diagramme ombrothermique en adoptant une progression linéaire pour l'échelle de température en °C et une échelle logarithmique pour les précipitations [5].

Ce diagramme permet de donner une image assez synthétique d'étudier facilement l'intensité de la saison sèche, sa position dans le temps et dans l'échelle des amplitudes thermiques ou pluviométriques.

Tableau I.8. Températures et précipitations moyennes mensuelles.

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
T (°C)	22.56	18.51	14.62	11.73	9.87	11.2	12.96	14.11	17.45	21.03	25	25.99
P (mm)	18.29	31.73	49.47	43.8	45.86	52.39	54.19	47.23	33.88	6.68	2.1	4.22

Source ANRH de Tlemcen

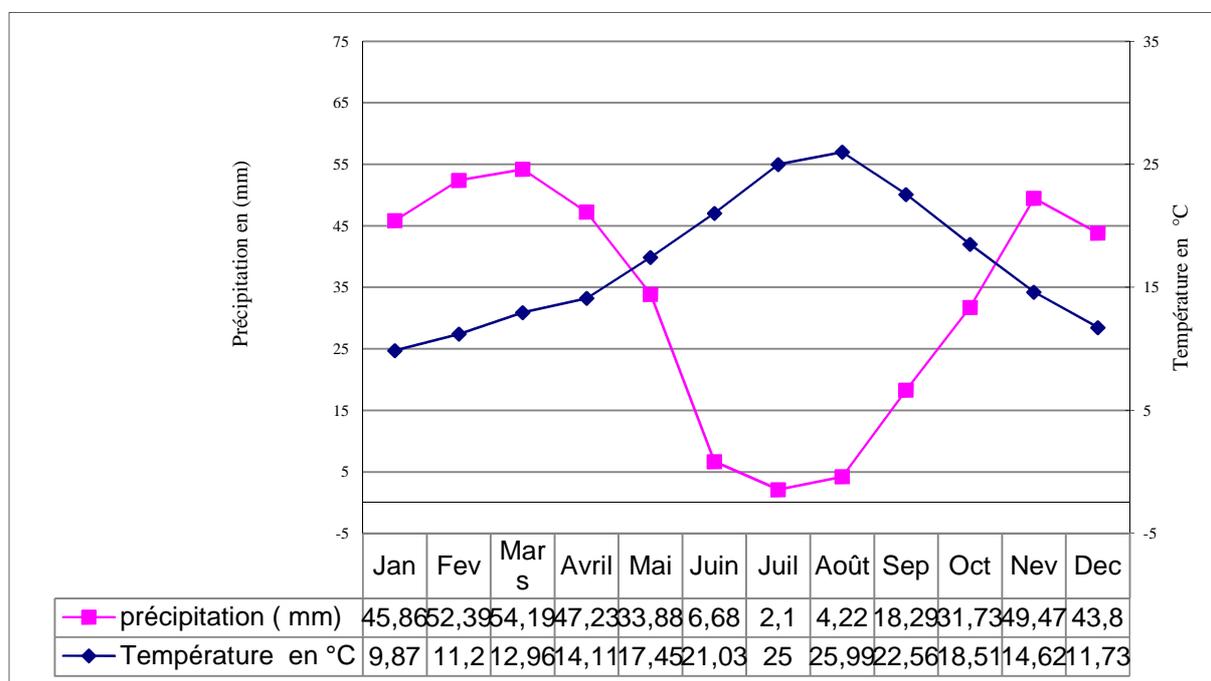


Figure. I.9. Diagramme pluvio-thermique(ombrothermique).

En remarque que la saison humide s'étende de début de mai au la fin octobre et pratiquement les autre mois forme la saison sèche, et un écart de température assez importants.

I.3.2 Indices climatiques : [6]

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

Les indices les plus connus sont ceux d'E.MARTONE (1926) et E.EMBERGER (1932)

➤ **Indice climatique d'Emberger (in [6]) :**

L'indice climatique d'enberger est donné par la relation :

$$Q = \frac{1000.P}{\left(\frac{M + m}{2}\right).(M - m)} \dots\dots\dots (I.1)$$

$$Q = \frac{1000.(390.75)}{\left(\frac{307 + 278.3}{2}\right).(307 - 278.3)} = 46.52$$

P : Précipitation moyenne annuelles en mm.

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

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

$$T^{\circ}(K) = T^{\circ}c + 273^{\circ}c \dots\dots\dots (I.2)$$

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau I.9. Situation climatique.

Paramètres Station	M		m		P (mm)	Q
	°C	°K	°C	°K		
Station de Hennaya	34	307	5.3	278.3	390.75	46.52

En superposant la valeur calculée du paramètre (Q₂) sur le climatogramme d'Emberger qui représenté par la figure ci-dessous.

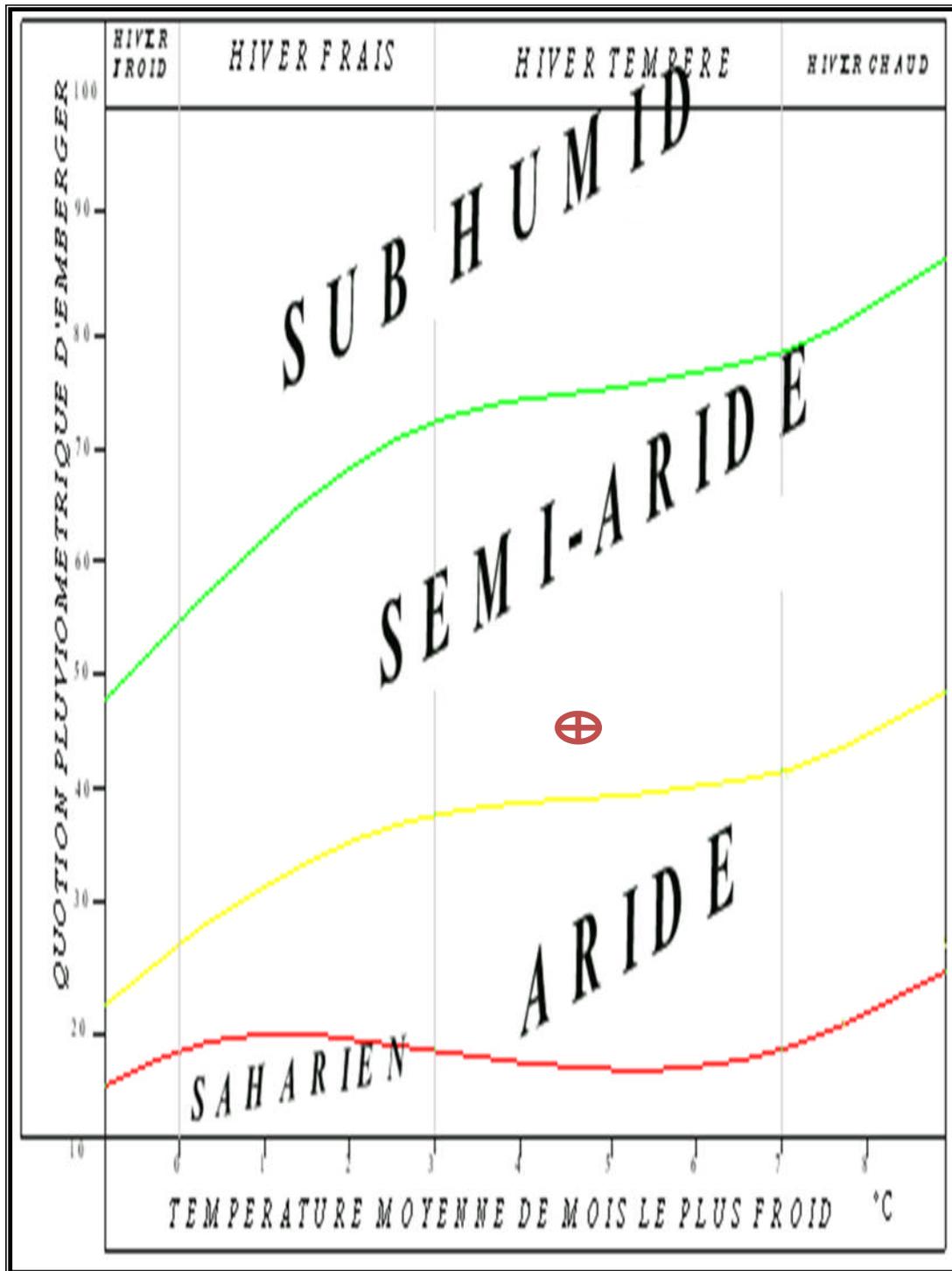


Figure. I.10. Climatogramme d'Emberger [7].

D'après le climatogramme d'Emberger, le périmètre d'Ain El Houtz est caractérisé par un climat **Semi-aride**. Présente des **Hiver-tempéré**.

➤ **Indice d'aridité de DEMARTONE (in [5]) :**

DEMARTONE propose la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots (I.3)$$

Avec :

I : indice climatique.

P : hauteur moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Tableau I.10. Limite des climats d'après l'indice climatique de DEMARTONE [5].

Valeur de I	Type de climat	Irrigation
$I \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I \leq 10$	Aride	Indispensable
$10 < I \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I \leq 30$	Semi aride	Parfois utile
$I > 30$	Semi humide	Inutile

Pour notre cas : P = 390.75 mm et T = 17.09 °C.

$$I = \frac{390.75}{17.09 + 10} = 14.42$$

Tableau I.11. Valeur de l'indice d'aridité.

Station	Indice d'aridité	Type du climat
Hennaya	14.42	sec

Cette valeur traduit un climat sec, l'irrigation est souvent indispensable.

a- Indice d'aridité mensuel :

Pour plus de précision, on utilise l'indice d'aridité mensuel donné par les élevés de

DEMARTONNE:

$$a = \frac{12P_i}{T_{i+10}} \dots\dots\dots (I.4)$$

Avec :

a : indice d'aridité mensuelle.

Pi : précipitation moyenne mensuelles de chaque mois en (mm).

Ti : température moyenne mensuelles de chaque mois en (°C).

On a calculé de l'indice d'aridité mensuelle et nous avons présenté dans le tableau suivant :

Tableau I.12. Valeur des indices d'aridité mensuelle.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Indice d'aridité 'a'	6,74	13,36	24,11	24,19	27,70	29,65	28,32	23,51	14,81	2,58	0,72	1,41

➤ **Amplitude extrême moyenne : [6]**

(M-m) est un élément climatique qui intervient dans le calcul du quotient pluvio-thermique d'Emberger.

$M-m < 15\text{ °C}$

Climat insulaire.

$15\text{ °C} < M-m < 25\text{ °C}$

Climat littoral.

$25\text{ °C} < M-m < 35\text{ °C}$

Climat semi-continentale.

$35\text{ °C} < M-m$

Climat continental.

Avec :

M : Température maximum durant l'année.

m : Température minimum durant l'année.

Pour notre cas : $M=34\text{ °C}$ et $m=5.3\text{ °C}$.

Tableau I.13. Classification thermique du climat.

Station	M-m	Type du climat
Hennaya	28.7	semi-continentale

D'après l'amplitude extrême moyenne, le périmètre d'Ain El Houtz est caractérisé par climat semi-continentale.

I.3.2.1 Comparaison du résultats du type du climat obtenu par les différentes méthodes:

Cette comparaison, nous permettra de définir le type du climat de notre région, afin de connaître l'étendue et la nécessité de l'irrigation. Le tableau I.14 résume les résultats des trois méthodes utilisées dans notre étude.

Tableau I.14. Comparaison des différentes méthodes utilisées

Méthodes Paramètre	EMBERGER	DEMARTONE	EXTREME MOYENNE
Climat	Semi-aride	sec	semi-continentale

D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que toutes les méthodes de calcul montrent que le climat est sec, en conséquent l'irrigation est souvent indispensable dans cette région.

I.3.3 Déficit d'écoulement :

Le déficit d'écoulement intègre les évaporations physiques, physiologiques, elles-mêmes influencées par les caractéristiques topographiques et des couvertures végétales [8].

Pour ces différentes influences, l'étude du déficit d'écoulement est intéressante, nous avons utilisé la station de Hennaya qui contient les informations et mieux corrélée avec notre zone d'étude et pour sa proximité de celle-ci.

Plusieurs formules sont utilisées pour estimer la valeur de ce paramètre, qui est fonction de la température de l'aire et du module pluviométrique.

➤ **Formule de TURC (in [6]) :**

Elle a été établie à partir des observations réalisées sur 254 bassins versants situés sur tous les climats du globe :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \dots\dots\dots (I-5)$$

ETR : évapotranspiration réelle annuelle en mm.

L : facteur fonction de T.

T : températures moyennes annuelles en (°C).

P : précipitations annuelles en (mm).

$$L = 300 + 25T + 0.05T^2.$$

$$L = 300 + 25 * (17.09) + 0.05 (17.09)^2 = 741.853$$

Tableau I.15. Valeurs du déficit par TURC

Station	P (mm)	T (c°)	L	ETR (mm)	déficit d'écoulement
Hennaya	390.75	17.09	741.853	331.775	58.975 mm 15.09 %

➤ **Formule de COUTAGNE (in [3]) :**

Il déficit d'écoulement (D) exprimé en mètre se déduit à partir de la formule suivante :

$$D = P - \lambda P^2 \dots\dots\dots (I-6)$$

Avec

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14 T}$$

$$\lambda = 0.313224$$

T : Températures moyennes annuelles en (°C).

P : Précipitation en mètre.

λ : Coefficient de COUTAGNE.

Cette méthode n'est pas applicable que si :

$$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda} \dots\dots\dots (I-7)$$

La méthode n'est pas applicable puisque $P < \frac{1}{8\lambda}$. ($P(m)=0.39075$, $\frac{1}{8\lambda} = 0.399075$)

$$P(m) < \frac{1}{8\lambda}$$

➤ **Méthode de Mr. WUNDT (in [9]) :**

L'hydrogéologue WUNDT à établie un tableau permettant d'obtenir une valeur du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations.

Tableau I.16. Le tableau de WUNDT [9].

P	200	400	600	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
T = 0°												
D	140	210	240	270	270	270	280	280	280	280	280	280
P'	60	190	360	530	730	930	1 120	1 320	1 520	1 720	1 920	2 120
T = 5°												
D	170	280	350	400	420	420	420	420	420	420	420	420
P'	30	120	250	400	580	780	980	1 180	1 380	1 580	1 780	1 980
T = 10°												
D	180	340	440	520	570	580	590	590	590	590	590	590
P'	20	60	160	280	430	620	810	1 010	1 210	1 410	1 610	1 810
T = 15°												
D	180	380	510	630	710	750	780	780	780	780	780	780
P'	20	20	90	170	290	450	620	820	1 020	1 220	1 420	1 620
T = 20°												
D	190	390	570	720	840	920	980	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
P'	10	10	30	80	160	280	420	500	800	1 000	1 200	1 400
T = 25°												
D	190	390	590	780	960	1 080	1 180	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250
P'	10	10	10	20	40	120	220	350	550	750	950	1 150

Avec :

P : la moyenne précipitation annuelle sur le bassin en millimètres ;

T : la température moyenne annuelle ;

D : le déficit d'écoulement ;

P' : la pluie écoulée.

Les valeurs approchées avec le tableau de Mr. WUNDT est ($P=400$ mm, $P'=20$ mm, $D=380$ mm), et avec un petit calcul on trouve que le déficit d'écoulement (D) égale 95 % ($380/400$) et la pluie écoulée 5% ($20/400$) et avec c'est deux pourcentage et on a les résultats suivants :

Tableau I.17. Valeurs du déficit par WUNDT.

Station	P (mm)	T (c°)	P' (mm)	déficit d'écoulement
Hennaya	390.75	17.09	371.21	19.54 mm 5 %

I.3.3.1 Comparaison des différentes méthodes pour calculer le déficit d'écoulement :

Dans le tableau que suivre toutes les résultats de calcul pour le déficit d'écoulement.

Tableau I.18. Comparaison des différentes méthodes utilisées pour estimer la valeur le déficit d'écoulement.

Méthodes Paramètre	TURC	COUTAGNE	WUNDT
Déficit (mm)	331.775	n'est pas applicable	371.21
Écoulement Infiltration	58.975 mm 15.09 %	n'est pas applicable	19.54 mm 5 %

Chapitre II

Généralités sur l'irrigation et
les périmètres d'irrigation.

CHAPITRE II

Généralités sur l'irrigation et les périmètres d'irrigation.

L'humidité du sol à l'état naturel est souvent insuffisante, et pour garantir un rendement optimum des cultures agricoles on a recours à l'irrigation.

Le choix de la méthode d'irrigation est basé sur la manière de répartition de l'eau sur le sol de façon à ce que les plantes tirent le maximum de profit et assurent la rentabilité finale de l'opération [7].

II.1. Généralité sur l'irrigation:

II .1.1.L'irrigation :

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de rafraîchir le sol et l'atmosphère, par ce moyen réaliser les conditions les plus favorables pour la croissance des plantes.

Mais quelque soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit. Cependant le moyen de répartition de l'eau sur le sol ne doit pas toujours répondre à ce critère d'une production maximale, donc on doit essentiellement envisager un choix minutieusement détaillé du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage et compatibilité avec les contraintes de la région d'étude [10].

II .1.2.Périmètre d'irrigation :

En irrigation, on appelle périmètre dominé toute la surface, quelque soit sa nature (terres, routes, villages, forêts, etc...), dominée par le canal principal et susceptible, en conséquence, d'en recevoir de l'eau par gravité. En réalité ce terme a perdu son sens précis depuis que le développement du pompage et du repompage mécanique permet d'arroser des zones situées à des cotes plus élevées que le canal principal. Il vaudrait donc mieux parler maintenant de périmètre d'irrigation, quoique les termes périmètre dominé restent d'usage courant même dans leur sens élargi.

La partie du périmètre d'irrigation susceptible d'être arrosée avec profit s'appelle le périmètre irrigable ; la fraction qui en est effectivement arrosée est le périmètre irrigué.

Les rapports entre les dimensions de ces différents périmètres sont extrêmement variables selon les régions, l'importance et l'évolution des projets [11].

II .1.3.Réseau d'irrigation :

Un réseau d'irrigation est l'ensemble d'organes, et appareils qui assurent le transport, la répartition et la distribution à chaque exploitation agricole, dans chaque parcelle, des eaux destinées à l'irrigation, sans oublier par ailleurs les organes qui doivent éventuellement évacuer les eaux en excès.

Après avoir été captées, les eaux doivent éventuellement être stockées et transportées sur les lieux d'utilisation qui se trouvent parfois du captage, en quantité voulue et au moment propice.

Il s'agit donc résoudre un problème extrêmement vaste et complexe car les quantités d'eau à transporter sont le plus souvent très importantes et tous les irrigants désirent arroser en général à la même période, à toutes façons à des moments très voisins [12].

II .1.4. Diverses méthodes de la distribution pour l'irrigation:

Une fois déterminé le débit qui doit être amené en tête de la zone à irriguer, le problème est de distribuer l'eau sur les parcelles qui vont les utiliser de façon que chacune d'elles reçoivent une dose correcte au moment opportun.

C'est un problème délicat et complexe par suite de la variété des sols, des dimensions des parcelles et des cultures dans le périmètre irrigué [11].

II .1.4.1.Réseau de distribution continué :

Le principe de cette méthode est de donner à chaque exploitation, d'une façon continue pendant toute la période des arrosages, le débit souscrit par elle.

- a) **Avantages :** Avant de voir comment les intéressés s'y prennent remarquant que ce système présente un certains nombres d'avantages d'abord les rigoles comme tons les anneaux sont régulièrement en eau et fonctionne d'une manière continue, il en résulté que ces ouvrage out une section minimale puisqu'un volume déterminé est apporte par eux sans interruption ceci est par particulièrement avantageux lorsque l'eau est amené par conduite souterraine car une réduction de la section des tuyaux permet une économie notable.
- b) **Inconvénients :** La distribution continue est un distributeur non économique l'eau est distribuée continuellement sans tenir compte des perides successives du développement végétal et sa répartition est mal mesurées sur les zones d'irriguer.

II .1.4.2.Réseau de distribution par rotation :

Cette méthode de distribution était la plus utilisées en France et dans tons les vieux pays d'arrosage, ou la propriété est en générale très morcelée, elle repose sur le principe suivant : en ne fait venir l'eau dans chaque propriété qu'a des intervalles déterminées mais, avec un débit égale au module c'est-a-dire en générale beaucoup plus important que le débit continue nécessaire le temps pendant lequel cette propriété reçoit ainsi l'eau est réduit en proportion de façon qu'elle reçoive finalement le volume souvent et pas d'avantage.

- a) **Avantages :** Cette méthode de rotation permet à tous les irrigant d'en profire sans perte d'eau.
- b) **Les inconvénients :** Cette méthode ne tient pas compte de la variation des besoins de plante [3].

II .1.4.3.Réseau de Distribution a la demande:

Cette méthode est la meilleure techniquement et la plus rationnelle, sinon la plus économique en ce qui concerne l'établissement du réseau, consiste donc à livrer l'eau à l'irrigant quand il la demande parce que les plantes en out besoin à ce moment-la.

Mais cette méthode suppose que les agriculteurs connaissent tiés bien -les besoins de leurs plantes et suivent attentivement leur développement. Une vulgarisation des connaissances nécessaires est donc indispensable.

D'ailleurs la transformation des vieux réseaux pour qu'ils puissent livrer ainsi l'eau à la demande serait très délicate, sinon impossible.

Par contre dans les nouveaux réseaux d'irrigation il est possible de calculer les conduites pour répondre à cette exigence, car la « loi des grands nombres » (calcul des probabilités) joue dans ce domaine comme ailleurs.

Parallèlement, la création de tels réseaux de distribution demande un effort intense de prospection du sol et de vulgarisation des techniques auprès des futurs irriguants est fait afin que l'eau soit utilisée dans les meilleures conditions [11].

On peut trouver les bases de calcul détaillées pour la distribution méthode à la demande dans le chapitre IV.

II.1.5. Différents techniques d'arrosages:

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée ou micro irrigation

II.1.5.1. Irrigation de surface :

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte [13].

II.1.5.1.1. Irrigation par ruissellement :

➤ *Les planches de ruissellement (diversement) :*

Le ruissellement, défini d'une façon générale, consiste à faire couler sur le sol en pente une mince couche d'eau, on laisse l'eau couler tout le temps qu'il faut pour que le sol s'humecte jusqu'à la profondeur voulue.

On appelle encore ce système par « déversement » parce que les déverses généralement par le bord d'une rigole peu près horizontale en une lame ruisselante. Les débits utilisés sont fixés à la limite de l'érosion avec une pente régulière [14].

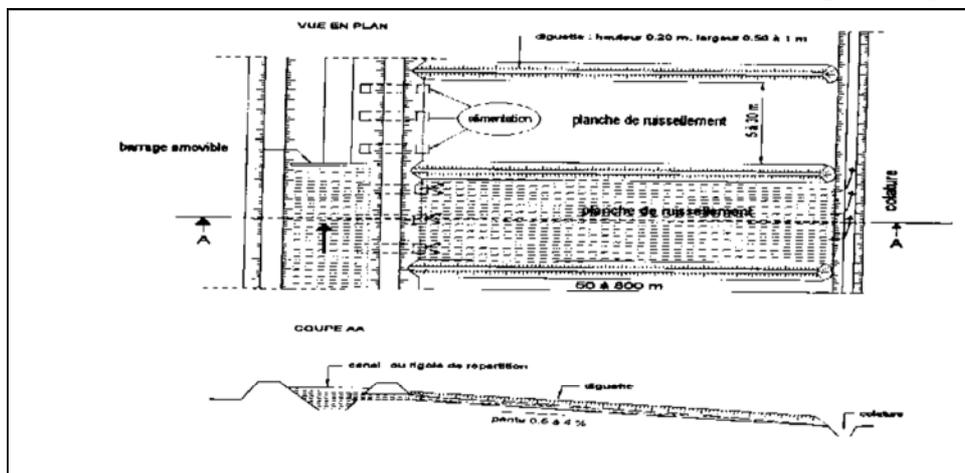


Figure. II.1. Irrigation par planche de ruissellement [3].

➤ *L'arrosage à la raie ou sillons :*

Ce mode d'irrigation consiste à laisser écouler l'eau dans des raies ou sillons situés dans le sens de la pente ou en travers. L'eau s'infiltre dans le fond et les côtés du sillon pour humidifier le sol. Il importe de niveler avec soin le terrain et de lui donner une pente uniforme.

L'irrigation par sillons ne mouille pas la totalité du sol. Son efficacité dépend donc de l'infiltration latérale de l'eau [15].

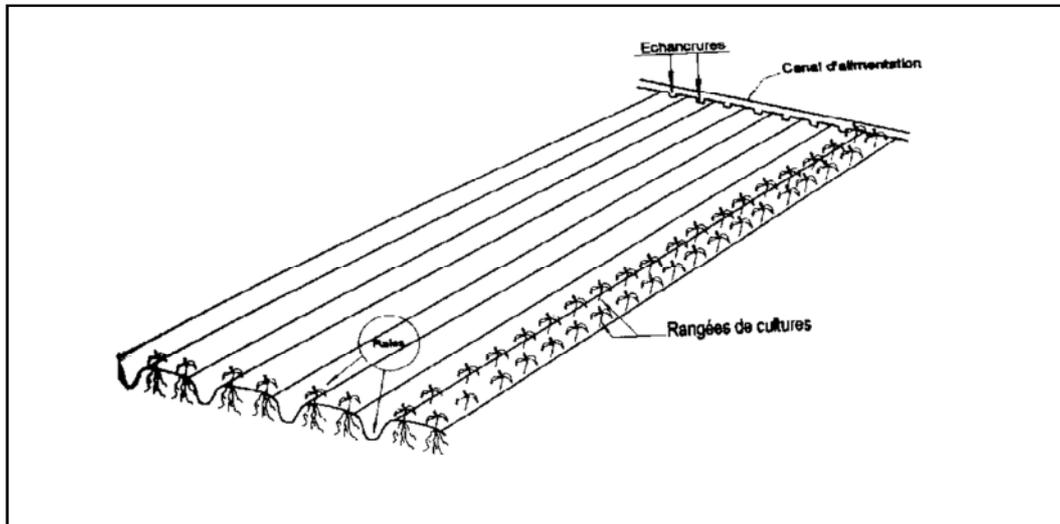


Figure. II.2. Irrigation à la raie [3].

II.1.5.1.2. Irrigation par submersion :

C'est le mode d'irrigation le plus ancien car il est sans contrainte de pression. Il nécessite cependant un profilage du terrain et une disponibilité importante en eau [3].

Les problèmes ne se posent donc pas d'un point de vue technologique (pas de colmatage...). Par contre on doit tenir compte des risques de contamination des techniciens, populations, animaux... il est donc préférable, soit de limiter l'accès aux fossés par des grillages, soit de transporter l'eau dans des conduites fermées [16].

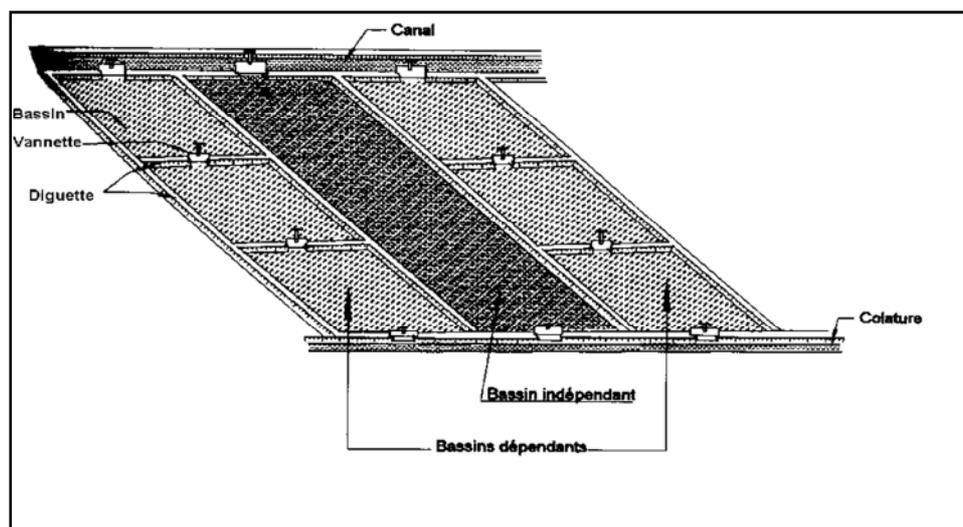


Figure. II.3. Irrigation par submersion [3].

II.1.5.1.3.L'irrigation mixte :

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion.

Les dispositions générales de ce mode d'irrigation sont identiques à celles que nous avons vu, mais lorsque l'eau atteint le niveau voulu dans le bassin, on continue à les alimenter en prenant soin d'évacuer les surplus.

A cet effet, les compartiments sont munis d'un déversoir arasé au niveau fixé pour le plan maximal. L'eau en excès est évacuée dans les colatures ou dans un bassin contigu.

L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures [13].

III.1.5.2.L'irrigation par aspersion :

L'eau parvient alors aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés en eau sous pression [11].

Les principales installations utilisées sont :

- Elles sont fixes lorsque la et le réseau de canalisation sont placés de façon permanente, de supprimer une grande partie de la main d'œuvre, mais les frais t sont élevés.
- Elles sont mobiles quand l'ensemble peut se déplacer ; dans ce cas le matériel peut être utilisé a plein rend donc mieux amorti mais les installations mobiles nécessitent plus d'œuvres.

Les principaux appareils d'aspersion sont :

- Les rampes d'arrosage qui ont une densité d'aspersion élevée (les sols arrosés ainsi doivent avoir une perméabilité suffisante).
- Les petits arroseurs rotatifs, ou tourniquets, traditionnellement utilisé pour les pelouses et les exploitations maraichères, qui apparaissent de plus en plus dans les exploitations agricoles, mais qui sont exigent en main d'œuvre.
- Les appareils a jet unique (sprinklers, lance d'arrosage, canon d'arrosage) [17].

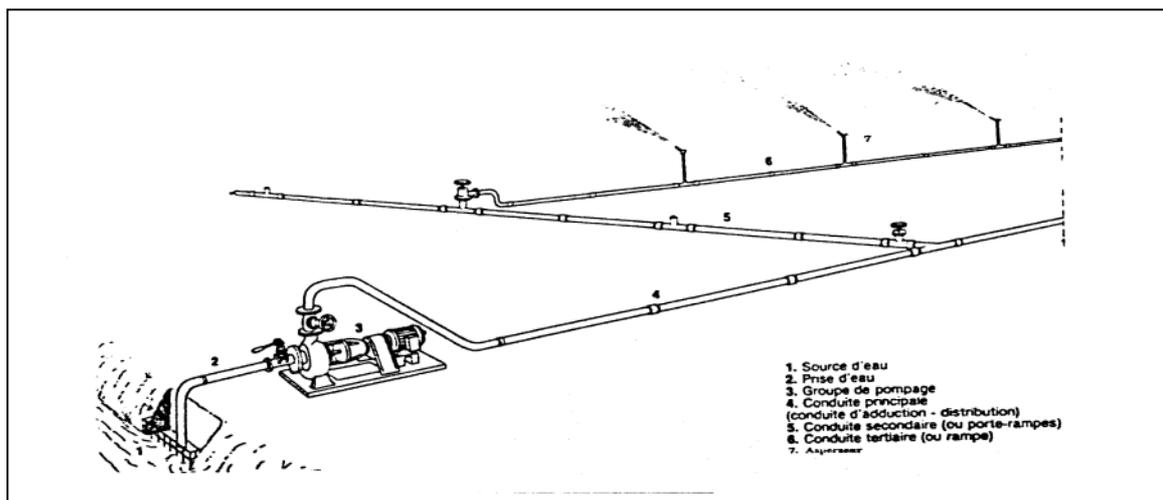


Figure. II.4. Partie essentielle d'une installation en aspersion classique [16].

II.1.5.3. L'irrigation localisée :

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation.
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante.
- Des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h.
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 70% à 95%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières [10].

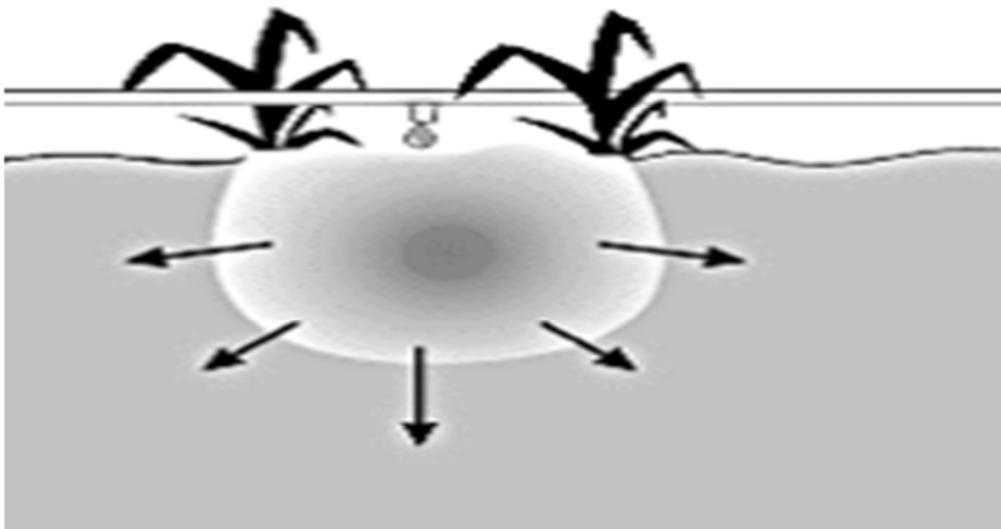


Figure. II.5.Partie essentielle d'une installation localisée [18].

II.2.Choix des techniques d'irrigation :

La distribution continue est une distribution non économique ; l'eau est distribuée continuellement sans tenir compte des périodes successives du développement végétal et sa répartition est mal assurée sur les zones à irriguer.

La distribution par rotation présente l'inconvénient de ne pas tenir compte de la variation des besoins de la plante au cours de son cycle végétatif ce qui entraîne des rendements plus faibles.

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- La pente du terrain à irriguer
- Le débit dont on dispose
- Nature du sol (perméabilité)
- Nature des cultures
- Facteurs économiques
- Rentabilité de l'opération.

La distribution à la demande offre l'avantage de fournir l'eau à la plante suivant ses besoins .Elle n'est pas contraignante pour les fellahs mais demande pour fine meilleur efficacité une automatisation asservie à l'humidité du sol, aux besoins instantanés des plantes et au temps d'arrosage ex : irriguer la nuit pour éviter des pertes importantes par évaporation [17].

II.3.Avantages et les inconvénients des techniques d'irrigation :

II.3.1.Irrigation de surface

➤ **Les avantages :**

- coût d'investissement est relativement faible
- besoin en énergie faible ou nul
- technique éprouvée
- insensibilité au vent
- bonne adaptation a l'épandage d'eaux usées
- possibilités d'utilise les eaux salées (en pratiquant le lessivage de sol
- les végétaux ne sont pas mouillés, ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire

➤ **Inconvénients**

- besoin important en main d'œuvre (sauf système moderne)
- efficacité d'arrosage à la parcelle généralement faible sauf système sophistiqué avec recyclage des eaux de colature
- inadaptation aux sols très filtrants
- planage nécessaire a la parcelle
- desserte de la parcelle en générale assurée par des canaux, qui viennent cloisonner et figer les parcellaire. (cet inconvénient disparaît dans le cas des dessertes par canalisations enterrées à basse pression)
- pertes d'eau dans les réseaux de canaux (dépendant a la présence ou l'absence de revêtement et la qualité de régulation de niveau et débit).
- Surface consommée par les canaux et rigoles.

II.3.2.Irrigation de l'aspersion :

➤ **Avantages**

- possibilité d'arroser tous les types de sols
- possibilités de réaliser des installations mobiles, susceptible de déplacer suivant de la nature des cultures, ce qui facilite la rotation culturales
- avec les matériels entièrement automatiques, possibilité de réaliser des arrosages a fable dose et a cadence rapide
- possibilités de réaliser des installations de protection contre les gelés radiatives au printemps
- oxygénation de l'eau projetée en pluie, favorable dans le cas d'utilisation d'eaux résiduaire réductrices;

➤ **Inconvénients**

- dépenses énergétiques élevées, parfois prohibitives dans les pays où l'énergie est chère.
- difficultés d'utilisation et efficacité réduite en région ventées

- obligation de multiplier les traitements phytosanitaire en raison de lavage des appareils foliaires
- mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales.
- mauvaise adaptation aux sols
- possibilités réduite pour l'arrosage avec des eaux résiduaires (formation des aérosols)
- déplacement des matériels difficile dans les zones a culture haute
- ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup des cultures (risque de brûlure des feuillages).

II.3.3.Irrigation localisée

➤ *Les Avantages*

- excellence effcience d'arrosage à la parcelle (à condition que la technique soit parfaitement maîtrise);
- excellent rendement des cultures,
- bonne adaptation à l'utilisation des eaux salées,
- très faible besoin en main d'œuvre,
- coût d'entretien réduit,
- insensibilités au vent,
- ne mouille pas le feuillage, ce qui favorable de point de vue phytosanitaire,
- ne mouille que le sol que très partiellement, ce qui favorable aux façons culturel,
- limite la prolifération des adventices,
- raccourcit le cycle végétatif de la culture,

➤ *Inconvénients*

- coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée,
- exige un haut degré de compétence à tous les niveaux conception de l'installation, conduites des arrosages par l'irrigant,
- nécessite une maintenance rigoureuse, en raison de risque lies a une éventuelle interruption des arrosages,
- nécessite la filtration de l'eau d'irrigation,
- fonctionne avec des matériels délicats à durée de vie relativement faible [9].

Chapitre III

Pédologie, Cartographie et Besoins en eau.

CHAPITRE III

Pédologie, Cartographie et Besoins en eau.

Pour l'étude de notre périmètre, la connaissance des caractéristiques physiques du sol est indispensable, pour cela, nous avons procédé au prélèvement de neuf échantillons à trois points différents de notre périmètre (couche 40 cm sur 1.2m de profondeur). Ces échantillons des sols sont analysés au niveau de laboratoire d'hydraulique de l'université de Tlemcen.

III.1. L'étude pédologique :

L'évaluation de la capacité des sols d'un secteur à étudier a pour but d'assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement. Les aptitudes culturales sont appréciées en confrontant les exigences des productions possibles; la pédologie conduit à un zonage du territoire en fonction de ces aptitudes et de ces contraintes. L'étude pédologique a pour objet :

- Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes à irriguer.
- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion; goutte à goutte; submersion).
- Fixer les règles à respecter pour une conduite des arrosages dans le système «sol-culture» pratiqué. Ceci nécessite une connaissance approfondie des sols à l'échelle de la parcelle d'exploitation agricole. Il s'agit en effet pour l'irrigant d'économiser l'eau et d'adapter les apports aux besoins de la plante. Mais il faut aussi protéger les eaux des nappes phréatiques et du réseau hydrographique contre les risques de pollution [19].

III.1.1. Prélèvement :

III.1.1.1. Sites de prélèvement des échantillons :

Les prélèvements ont été pris à partir de trois endroits du futur périmètre de Ain El Houtz, correspondant aux différentes catégories pédologiques identifiés à l'œil nu (selon la couleur du sol) lors de nos sorties sur site.

Dans le tableau III.1 nous mentionnons les échantillons prélevés et leurs profondeurs correspondantes, et dans la Figure. III.1 nous avons mentionné la localisation des endroits des prélèvements sur une photo satellite prise de Google Earth .

Tableau III.1. Echantillons et leurs profondeurs.

N° du site	N° de l'échantillon	Profondeur
1	1	0-40
	2	40-80
	3	80-120
2	1	0-40
	2	40-80
	3	80-120
3	1	0-40
	2	40-80
	3	80-120



Figure. III.1. Positions des points du prélèvement dans le périmètre avec Google Earth .

III.1.1.2. Procèdes de prélèvement :

Les échantillons ont été prélevés à l’aide d’une tarière manuelle empruntée au laboratoire de la faculté de Technologie qui est composée de trois organes.

- Le carottier constituant la tête de la tarière et avec le quel les échantillons sont pris sous forme de carottes.
- La tige de la tarière qui est une barre métallique graduée jusqu’à 1.5 m et raccordé avec la carotte.
- Le bras est constitué d’un petit levier en bois qui permet la rotation de la tarière dans le sol.

Les échantillons sont enveloppées dans du plastique est renfermées dans des boites pour les protéger et préserver leurs caractéristiques [17].

III.1.2. Analyse de laboratoire :

Des analyses au laboratoire sur les échantillons prélevés nous ont permis de déterminer quelques caractéristiques importantes du sol.

III.1.2.1. Humidité au champ :

C’est la teneur en eau d’un échantillon de sol à un moment donné notamment au moment ou il à été réalisé le prélèvement. Elle se détermine comme suite :

- Mesurer le poids de la terre humide P1 ;
- Mètre la terre dans l’étuve à dessiccateur dont la température est maintenue 105°C ;
- Peser la terre après 24 h [20].

La teneur en eau (%) serra égal à : $\frac{P1-P2}{P2} \times 100$ (III.1)

Les résultats obtenus sont résumés au tableau III.2.

Tableau III.2. Humidité au champ.

Echantillons	1			2			3		
	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Profondeur									
P1 (g)	76.315	81.511	72.412	48.355	51.913	60.784	58.473	58.869	69.682
P2 (g)	70.822	74.979	68.605	44.253	48.591	56.754	54.29	54.774	64.48
Te (%)	7.75	8.71	5.54	9.26	6.83	7.1	7.23	7.47	8.06

III.1.2.2. Humidité de sol :

Pour le calcul de l’humidité nous avons pesé les échantillons à l’état naturel et séché à l’étuve à 105°C durant une nuit. Après étuvage et pesage, la différence de poids constitue le poids d’eau contenue dans les échantillons.

La teneur en eau (Te) de ces échantillons est le rapport du poids d’eau (Pe) au poids sec (Ps) donnée en% [21].

$$Te = \frac{Pe}{Ps} \times 100 \dots\dots\dots(III.2)$$

Le tableau qui résume les humidités au champ d’échantillons.

Tableau III.3. Les résultats d’humidité de sol.

Echantillons	1			2			3		
Profondeur	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Pe (g)	9.414	8.756	14.113	6.635	5.534	7.431	8.091	11.097	8.552
Ps (g)	41.369	36.48	36.714	29.298	23.589	31.684	33.445	45.279	34.46
Te (%)	22.756	24.002	38.44	22.646	23.46	23.453	24.191	24.508	24.817

III.1.2.3. Analyses de la densité :

➤ **La densité apparente :**

Après séchage de l’échantillon à 105°C on le met dans une éprouvette de 100 ml et on le peser on obtient P3 [20].

$$\Delta_A = \frac{P_{13}}{Vt \times (100 \text{ ml})} \times 100 \dots\dots\dots(III.3)$$

Tableau III.4. Les résultats du la densité apparente.

Echantillons	1			2			3		
Profondeur	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
P3 (g)	109	102	104	103	107	106	111	109	112
Volume (ml)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ΔA	1.09	1.02	1.04	1.03	1.07	1.06	1.11	1.09	1.12

➤ **La densité réelle :**

Elle est déterminée par l’essai au pycnomètre :

- Poids du pycnomètre rincé, chauffé sur un fond de sable P1 ;
- Poids du pycnomètre plus une quantité du sol (50g) P2 ;
- Le poids P2 plus l’eau distillée jusqu’au repère du pycnomètre P3 (avant de peser les bulles d’air doivent être éliminé par chauffage sur un fond de sable) [20].

Tableau III.5. Les valeurs de la densité réelle.

Echantillons	1			2			3		
	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Profondeur									
pycnomètre(g)	128	128	128	128	128	128	128	128	128
Pycnomètre+eau (g)	178	178	178	178	178	178	178	178	178
Eau (g)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Pycnomètre+eau+sol (g)	228	228	227	228	228	228	250	250	249
Volume eau (ml)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Volume eau+ sol (ml)	73	73	72	73	73	73	74	73	73
Volume sol (ml)	23	23	22	23	23	23	24	23	23
D réelle	2,17	2,17	2,27	2,17	2,17	2,17	2,08	2,17	2,17

III.1.2.4. la porosité :

La porosité peut se définir comme le volume d’air situé entre les particules du sol (espace lacunaire). Elle est exprimée en pourcentage (%), et calculée avec la formule suivante :

$$\theta = \frac{Dr - Da}{Dr} \times 100 \dots \dots \dots (III.4)$$

Tableau III.6. Les valeurs de la porosité.

Echantillons	1			2			3		
	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Profondeur (cm)									
La porosité	0,4986	0,5308	0,5424	0,5262	0,5078	0,517	0,4672	0,4986	0,4848

III.1.2.5. Humidité équivalente et la microporosité :

La capacité de retentions étant difficile à mesurer sur terrain, on la déterminée au laboratoire :

➤ **Mode opératoire :**

Sur un filtre de BUCHNER placer un disque de papier filtre humidifié sur ce dernier déposer de la terre fine (particule <2 mm) sur une épaisseur de 1 cm.

- tasser légèrement la terre fine.
- Placer le mue de BUCHNER dans un grand béccher dans lequel on versera de l'eau jusqu'à ce que le niveau de cette dernier se trouve un peu en dessous de la surface de la terre.
- Laisser la terre s'imbiber d'eau par capillarite (durant une nuit).
- Retirer du béccher, le filtre de BUCHNER et le porter sur une fiole a vide reliée à une trompe d'eau à eau.
- Créer une dépression afin d'éliminer l'eau emprisonnée dans les pores.
- Ne Pas oublier de placer sur le filtre de BUCHNER une éponge mouillée afin d'éviter

le dessèchement de la surface de la terre.

- Dès que l'eau ne s'écoule plus dans la fiole à vide, cesser l'aspiration et Ires rapidement opérer de la façon suivante :
- Mettre de la terre dans une capsule torrée.
- Peser la terre encore humide, soit P1 le poids terre humide.
- Placer la capsule dans une étuve à 105C° jusqu'à l'obtention d'un poids constants ; soit P2 le poids de terre séchée à 105C° [6].

$$\text{Humidité équivalente en \% pondéral : } Heq \% = \frac{P1-P2}{P2} \times 100 \dots\dots\dots(III.5)$$

La microporosité « m » ;

$$m \% = \frac{P1-P2}{P2} \times 100 \times da \dots\dots\dots(III.6)$$

da : la densité apparente du sol.

$$\text{La macroporosité : } M\% = \theta\% - m\% \dots\dots\dots(III.7)$$

θ : La porosité totale en pourcentage [20].

Tableau III.7. Humidité équivalente et la microporosité.

Echantillons	1			2			3		
	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Profondeur (cm)	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
P1 (sol+eau+capsule)	98,81	79,40	77,01	66,38	67,04	71,34	76,95	70,76	65,06
poids (capsule)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
poids sol (sec) + (capsule)	89,31	70,39	70,11	59,78	58,37	64,14	70,49	61,97	56,34
poids (sol+eau)	95,81	76,40	74,01	63,38	64,04	68,34	73,95	67,76	62,06
poids (sol sec)	86,31	67,39	67,11	56,78	55,37	61,14	67,49	58,97	53,34
Heq (%)	11,01	13,36	10,29	11,64	15,67	11,78	9,58	14,90	16,35
d (%)	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
m (%)	11,45	13,89	10,70	12,10	16,30	12,25	9,96	15,49	17,00
θ(%)	49,86	53,08	54,24	52,62	50,78	51,70	46,72	49,86	48,48
M (%)	38,41	39,19	43,54	40,52	34,48	39,45	36,76	34,37	31,48

III.1.2.6. Mesure le PH de sol :**➤ Mesure le pH du sol :**

La mesure du pH sert à identifier l'acidité, la basicité ou la neutralité d'un sol, elle se fait avec un pH mètre. Il se détermine comme suite:

prendre 40g de terre séchée la mélanger à 60ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml, le tout est agité pendant 2 mn puis laissé au repos pendant 30 mn

L'électrode du pH mètre est trempée dans cette solution, la valeur du pH s'affiche sur le cadran du pH mètre.

➤ Mesure le pH de mélange sol avec l'eau de la station d'épuration :

La mesure du PH de mélange du sol avec l'eau rejeté par la station d'épuration fait avec : 40g de terre séchée sont mélangé à 50 ml d'eau de la station d'épuration dans un bécher de 100 ml, le tout agité pendant 2 mn puis laisse au repos pendant 30 mn.

L'électrode est trempée dans cette solution, la valeur du PH s'affiche sur le cadran du PH mètre [6].

Les résultats des mesures du pH sont affichés au tableau suivant :

Tableau III.8. Le PH de sol et de mélange sol avec l'eau de la station d'épuration.

Echantillons	1			2			3		
	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Profondeur (cm)	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Masse de sol (g)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Volume d'eau distillée (ml)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PH de sol	7,7	7,96	8,01	8,33	8,48	8,54	8,45	8,58	8,62
Volume d'eau de la STEP (ml)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PH (sol +eau de la STEP)	8,01	8,05	8,08	8,06	8,12	8,19	8,84	8,74	8,72

Les normes d'OMS pour les eaux d'irrigation exigent que nous respecté un intervalle de 6.5 et 8.5 et dans notre cas la plupart des valeurs sont dans les normes. Le pH des échantillons du sol varie entre 7.7 et 8.95.

Une masse bien définies des échantillons doit être met à l'étuve à 105 C° pendant 24h avant de commencer cet essai.

III.1.2.7. Courbes granulométrique :**a) Tamisage :**

Permet de déterminer la granulométrie des sols dont les diamètres sont supérieurs à 0.08mm, l'essai consiste de faire passer le sol à travers une série de tamis classés du plus grand au plus petits (0.08mm) et de peser le refus de chaque tamis et ainsi calculer le pourcentage retenu par chaque tamis et de tracer la courbe correspondante.

b) Sédimentométrie (lévigation) :

C'est une partie complémentaire à la précédente, concerne les particules dont le diamètre est inférieur à 0.08 mm. Cette méthode se base sur le phénomène de la variation dans le temps de la densité du mélange "sol-eau".

Elle se déroule comme suite:

Prendre pour chaque échantillon 30 ml de défloculant dilué jusqu'à 200 ml par l'eau distillée, ce volume sera divisé en 02, les 100 ml vont être versés dans une éprouvette est complétée par l'eau distillée jusqu'à 1000 ml pour servir d'éprouvette témoin. Les 100 ml restant vont être mélangés avec 20g du sol restant du tamisât de diamètre inférieur à 0.08mm, et malaxer par un agitateur pendant 3 minutes puis verser dans une éprouvette complétée par l'eau distillée jusqu'à 1000 ml. On mélange cette dernière pour bien homogénéiser la suspension et directement on plonge le densimètre et on fait les lectures sur les graduations du densimètre depuis : 20'', 30'', 1', 2', 5' sans retirer le densimètre, puis l'introduire dans l'éprouvette témoin.

Les lectures seront faites pour les temps suivants : 20'', 30'', 1', 2', 5', 10', 80', 240', 24h. Les mesures de la température sont faites dans l'éprouvette témoin et dans l'éprouvette à la suspension par un thermomètre [20].

$$d = k \times \sqrt{\frac{Hr}{t}} \dots \dots \dots (III.8)$$

$$P = \frac{P_1 - P_2}{Wd} \times \frac{\delta_s}{\delta_s - \delta_w} \times R \dots \dots \dots (III.9)$$

k : Coefficient dépendant de la température et de la densité des grains [22].

t : Le temps écoulé depuis le début de la décantation, en seconde.

Hr : la profondeur déterminante pour le calcul de la grosseur des grains, en cm

d : le diamètre maximale des grains en mm, au temps t se trouvaient encore à la profondeur Hr

W_d : le poids sec de l'échantillon fractionné en g.

δ_s : Le poids spécifique des grains, en g/cm³.

δ_w : Le poids spécifique de liquide, en g/cm³.

R : la valeur simplifié de la lecture corrigée du densimètre

P : le pourcentage en poids des grains [17].

Les résultats d'analyse et les courbes granulométriques des échantillons sont donnés dans l'annexe II.

Nous pouvons facilement remarquer que le pourcentage de sable est entre (50-60)% et de limon entre (2-5)% dans toutes les courbes granulométriques que nous avons obtenus.

À l'aide du triangle U.S.D.A (United States Département of Agriculture) on peut identifier nos sols qui sont des argile-sableux.

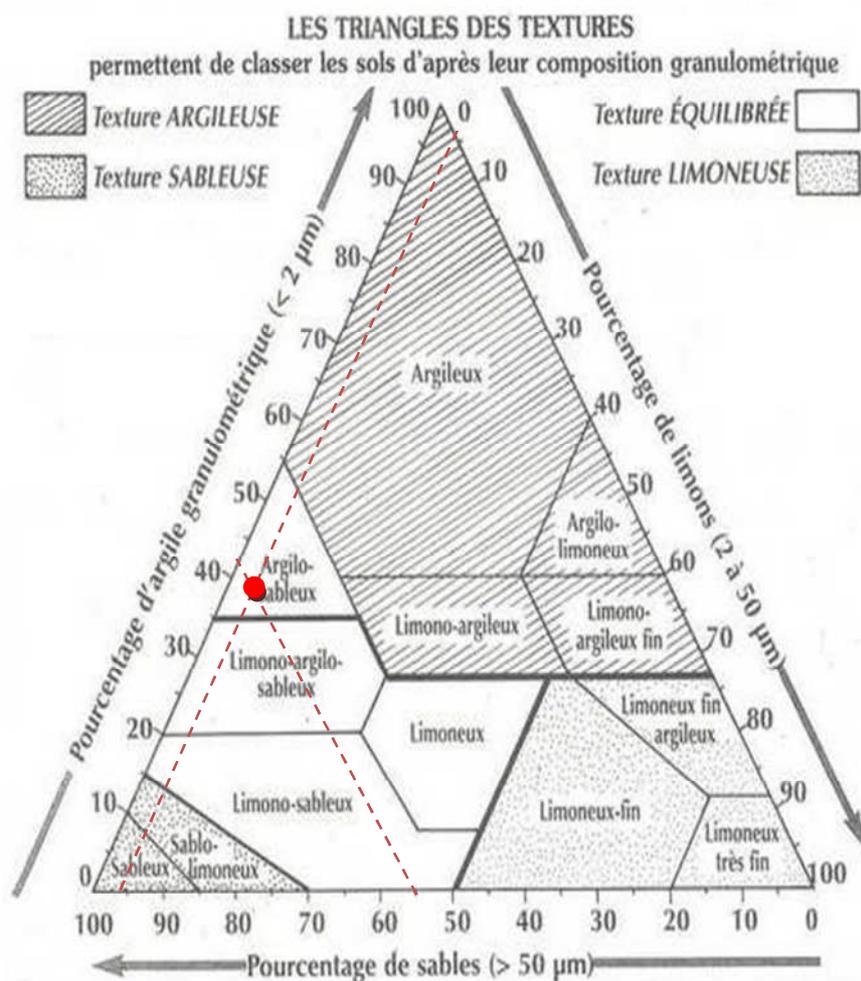


Figure. III.2. La classification U.S.C.S (in [23]).

III.3. Ressources en eau :

L'eau d'irrigation doit être considérée selon sa nature, sa quantité et sa qualité, la ressource peut être souterraine exploitée à partir de puits ou de forages ou bien une source d'eau superficielle à partir des lâchées, d'un écoulement ou un captage de source. A ce propos, l'agriculteur doit s'assurer de sa disponible en période de pointe, qui lui permet de déterminer la superficie à irriguer et doit en déterminer sa qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour évaluer et prévoir le niveau de traitement et de filtration nécessaires à son utilisation [5].

III.3.1. Ressources en eau potentielles:

Pour alimenter le périmètre d'étude du type de sources d'eau peuvent être envisagé; Une source conventionnelle et une autres non conventionnelle

III.3.1.1. Source conventionnelle:

Il existe deux sources au niveau de Ain Houtz dans les coordonnées UTM (Universel Transverse Mercator) sont :

***Ain Houtz** : $x = 652922$, $y = 3866608$ $z = 515$ (carte d'état-major 270 Tlemcen).

***Ain Ancor** : $x = 653900$, $y = 3865223$ $z = 540$ (carte d'état-major 270 Tlemcen).



Figure. III.3. Positions des sources naturelles d'eau dans le périmètre avec une photo satellite prise de Google Earth.

- Les relevés des débits et températures de l'eau de la source d'Ain Houtz effectués durant la période 2010-2011 par les services de l'ANRH sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III.9. Valeurs de température et du débit de la source d'Ain Houtz.

date	débit 1	débit 2	moy(D1 et D2)	T °C eau	T °C air
07/06/2010	27	31	29	10	20
01/07/2010	26	28	27	20	25
05/08/2010	24	26	<u>25</u>	21	25
12/09/2010	25	26	25,5	19	26
06/10/2010	30	33	31,5	19	20
02/11/2010	28	32	30	18,5	16
05/12/2010	26	28	27	19	14
09/01/2011	25	27	26	19	16
06/02/2011	25	26	25,5	17	12
07/03/2011	28	30	29	18,5	13
05/04/2011	25	27	26	19	17
08/05/2011	27	29	28	18	19
06/07/2011	24	26	<u>25</u>	19	26
08/08/2011	24	27	25,5	21	34
08/09/2011	26	26	26	19,6	26
05/10/2011	28	29	28,5	19	27
03/11/2011	27	26,5	26,75	20	25
04/12/2011	49,5	48,5	49	19	11
02/01/2012	28	26	27	19	15
02/09/2012	24	26	<u>25</u>	25	20
		moy G	28,11		

Source ANRH de Tlemcen

Le débit moyen de cette source est de 28.11 l/s, en ce basant sur ces prélèvements cette sources donne un débit maximum de 31.5 l/s et minimum de 25 l/s

- Les relevés des débits et températures de l'eau de la source de Ain Ancor effectués durant la période 2010-2011 par les services de l'ANRH sont mentionné dans le tableau suivant :

Tableau III.10. Mesure de température et du débit de la source d'Ain Ancor.

date	débit 1	débit 2	moy(D1 et D2)	T °C eau	T °C air
04/11/2009	7,3	4	5,65	10	20
01/03/2010	14	13	13,5	20	25
04/04/2010	24	25	24,5	21	25
14/05/2010	9,2	10	9,6	19	26
07/06/2010	11	11	11	19	20
01/07/2010	11	11	11	18,5	16
05/08/2010	11	11	11	19	14
12/09/2010	7	6	6,5	19	16
06/10/2010	7	7	7	17	12
02/11/2010	9,5	10	9,75	18,5	13
05/12/2010	10,5	10	10,25	19	17
09/01/2011	7	7	7	18	19
06/02/2011	6,5	7	6,75	19	26
07/03/2011	8	8	8	21	34
05/04/2011	7	7	7	19,6	26
08/05/2011	9,25	10	9,625	19	27
05/06/2011	11	11	11	20	25
06/07/2011	6	6	6	19	11
08/08/2011	6	6	6	19	15
08/09/2011	6	6	6	25	20
05/10/2011	5	5	5	25	20
04/12/2011	27	27	27	25	20
02/01/2012	16	14	15	25	20
02/09/2012	4,8	4	<u>4,4</u>	25	20
		moy G	9,94		

Source ANRH de Tlemcen

Le débit moyen de cette source est de 9.94 l/s, en ce basant sur ces prélèvements cette sources donne à débit maximum de 24.5 l/s et minimum de 4.4 l/s

III.3.1.2. Sources non conventionnelles

À proximité du périmètre se trouve la STEP de Ain El houtz, dont les rejets traités alimente déjà le périmètre de Hennaya qui constitue une source d'eau non négligeable pour l'irrigation, d'après les service de l'agriculture et l'hydraulique de Tlemcen une partie de ces eaux sera orienté vers le périmètre de Ain El houtz objet de notre étude.

➤ **Station d'épuration de Ain El Houtz :**

Les eaux de la station d'épuration de Ain El Houtz proviennent des rejets d'eaux urbaines de la ville de Tlemcen, c'est-à-dire des eaux domestiques résiduares susceptibles d'être mélangée en très faibles quantités à des eaux des activités diverses raccordées aux réseaux d'assainissement.

Le volume d'eaux usées épurées de la station d'Ain El Houtz dans l'année 2011 est mentionné dans le tableau suivant :

Tableau III.11. Le volume d'eau épurée à la station d'épuration d'Ain El Houtz en 2011.

MOIS	Volume d'eau épurée (m ³ /mois)
JANVIER	437 864
FEVRIER	456 484
MARS	450 940
AVRIL	457 518
MAI	464 127
JUIN	503 200
JUILLET	353 177
AOUT	531 608
SEPTEMBRE	484 432
OCTOBRE	503 162
NOUVEMBRE	481 980
DECEMBRE	504 222
TOTAL ANNUEL	5810654 (m ³ /mois)

La station d'épuration d'Ain El Houtz

D'après les services de DSA l'affectation par l'ONID il sera affecté au périmètre d'étude un débit de 12 l/s à partir de ladite station.

➤ **Qualité des eaux de la station d'épuration d'Ain El Houtz :**

L'irrigation par des eaux usées brutes peut engendrer toute sorte de problèmes, mais aucune eau usée ne ressemble à une autre. Pour caractériser les eaux utilisées dans l'irrigation

de pour notre projet. Nous avons fait une comparaison entre les eaux usées (Tableau III.13) de la station et les normes de OMS (Tableau III.12.).

Tableau III.12. Les normes d'OMS pour les eaux apurées à la sortie des stations [23].

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/1
DCO	<90 mg/1
MES	<20 mg/1
NO2	1 mg/1
NO3	<1 mg/1
Température T	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

- Après comparaison, on remarque que les paramètres des eaux usées de la station sont dans la majorité des cas inférieurs aux normes d'OMS. En plus de cela, dans notre cas, la quantité totale d'eau provient de trois sources dont deux sont des sources d'eau douce. Pour cette raison, le mélange entre les trois réduit encore la pollution dans l'eau (délutions). Ainsi nous sommes loin des risques liés à l'utilisation des eaux épurées.

Tableau III.13. Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques avant et après traitement (année 20011).

Les moyens des analyses des eaux de l'année 2011																
Mois	CHARGE ENTREE STEP								CHARGE SORTIE STEP							
	MES	DBO 5	DCO	NO 2	NO 3	T	PH	Cond.	MES	DBO 5	DCO	NO 2	NO 3	T	PH	Cond.
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		µs/cm
JANVIER	269	204	588	0,25	32,5	15,9	7,7	1480	10	13	15	0,05	19,38	13,8	7,7	1078
FEVRIER	251	245	392	0,54	43,53	15,1	7,7	1407	16	20	30	0,07	30,4	11,7	7,6	1114
MARS	352	254	673	0,11	2,67	15,4	7,6	1506	23	55	46	0,08	1,05	12,6	7,6	1208
AVRIL	310	255	708	0,14	3,48	19,7	7,6	1552	18	28	34	0,06	0,9	18,6	7,6	1239
MAI	296	291	627	0,1	3,04	21,5	7,6	1336	14	28	30	0,14	1,22	20,5	7,6	1086
JUIN	296	339	568	0,13	2,62	22,8	7,6	1437	15	50	22	0,25	1,1	23,3	7,5	1235
JUILLET	294	321	699	0,08	0,22	23,6	7,5	1308	22	73	48	0,11	0,26	25	7,3	1150
AOUT	275	307	623	0,06	0,17	24,7	7,4	1219	24	83	48	0,15	0,26	25,8	7,3	1081
SEPTEMBRE	290	319	484	0,06	0,2	23,2	7,5	1238	26	66	41	0,06	0,14	24,1	7,3	1114
OCTOBRE	296	292	610	0,06	0,2	21,6	7,6	1234	20	41	26	0,14	0,16	21,9	7,3	1070
NOUVEMBRE	268	231	642	0,17	0,31	18,3	7,6	1213	18	15	41	0,06	0,12	17,4	7,3	1048
DECEMBRE	265	209	587	0,05	0,15	16,7	7,6	1347	19	9	24	0,16	0,36	14,1	7,3	1106
MOYENNE	289	272	600	0,15	7,72	19,9	7,6	1356	19	40	34	0,11	4,61	19,1	7,4	1127

La STEP de Ain El houtz

III.2. Cartographie de la zone agricole :

Pour une bonne présentation de notre périmètre dans le coté d'agriculture, une cartographie de la zone d'étude a été nécessaire. En première étape, une recherche de cartes auprès des instances concernées (DSA, direction du CADASTRE) a été menée (carte topographique, de situation, carte cadastrale des surface irrigable à valoriser...), la seconde consiste à numériser les cartes par un SIG.

La numérisation des cartes nous facilitera la suite de notre études en particulier l'extraction des paramètres intervenant dans l'étude (surface, longueur, altitude...), la limitation du périmètre irrigué, le plan de bornage, le tracé du réseau...

Nous avons utilisé le logiciel SIG (Systèmes d'Information Géographique). Pour l'extraction de données à compléter nos calculs (longueurs et les surfaces et les cotes...). Sans oublier un bon calage pour la carte.

III.2.1. Répartition des cultures dans le périmètre (Assolement)

D'après la DSA (Direction des Services Agricoles de Tlemcen) cinq types de cultures (céréale, olivier, agrumes, maraichère, vigne) sont pratiquées dans le périmètre d'étude et ces cultures seront retenues pour notre l'étude de ce périmètre nous avons recensé 113 parcelle dans la zone d'étude, ces parcelle seront sont identifiées par des numéros et sont mentionnées au tableau III.9. Avec leurs surfaces et leurs cultures.

La superficie enquêtée est de 100 ha, mais lorsque nous avons utilisé logiciel (SIG) et supprimé les surfaces non irriguées (routes, constructions..) nous avons trouvé la surface globale environ de 90 ha après numérisation et calage du plan cadastral sur un SIG.

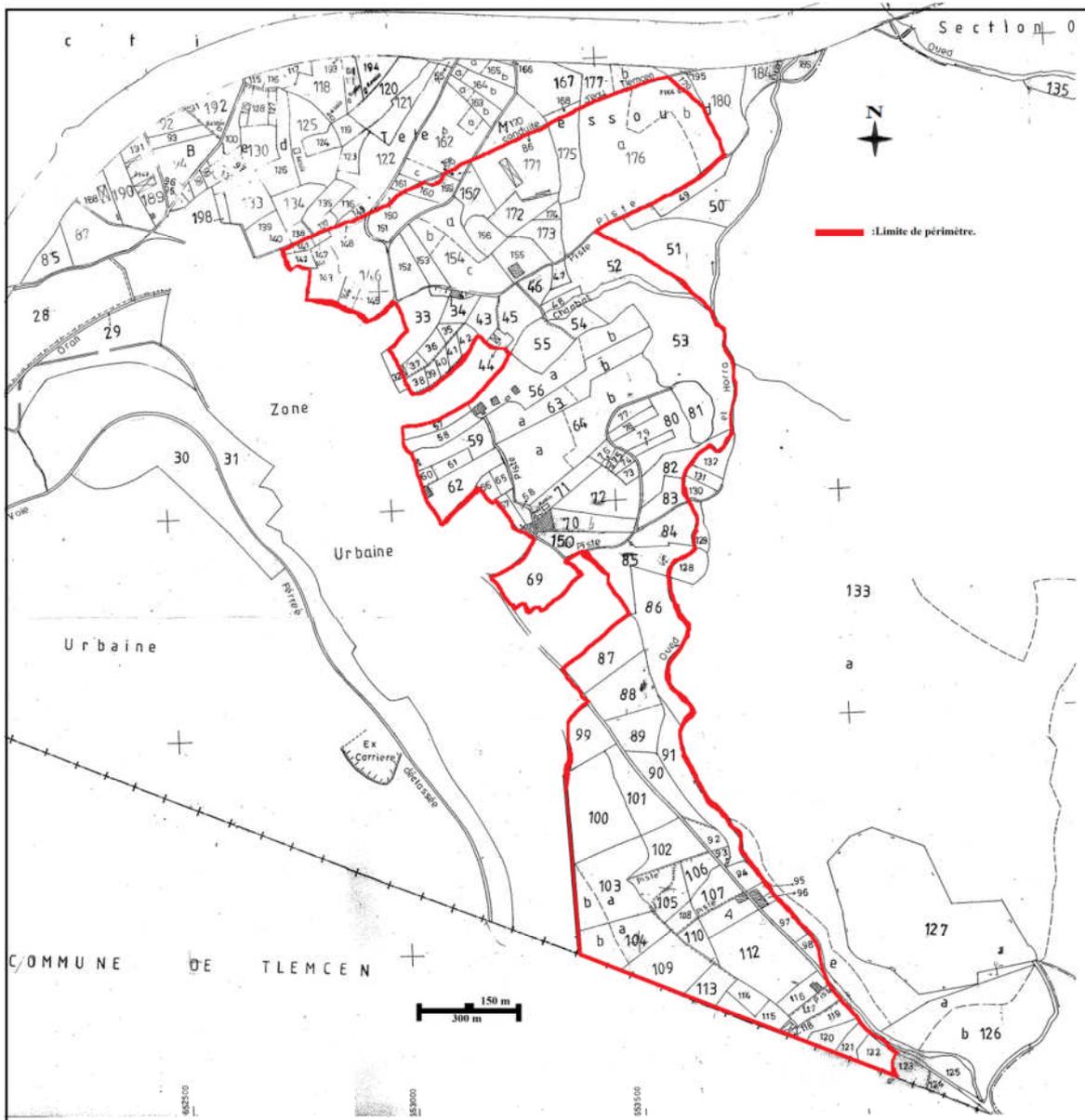


Figure. III.4. carte numérisé du périmètre.

Tableau III.14. Les surfaces et types des cultures pour les espaces agricoles les ilots.

ID	S (m2)	S(ha)	S structures	S culture (ha)	Type de culture	ID	S (m2)	S (ha)	S de Structures	S culture (ha)	Type de culture
140	369,387	0,037		0,037	CEREALE	35	1347,510	0,135		0,135	OLIVIER
141	984,559	0,098		0,098	CEREALE	36	2460,550	0,246		0,246	OLIVIER
142	2098,170	0,210		0,210	CEREALE	37	1766,000	0,177	0,02939	0,147	OLIVIER
143	7828,000	0,783	0,01801	0,765	CEREALE	38	1631,980	0,163		0,163	OLIVIER
144	1243,910	0,124		0,124	CEREALE	39	1191,900	0,119		0,119	OLIVIER
145	900,905	0,090		0,090	CEREALE	40	1290,810	0,129		0,129	CEREAL
146	18204,680	1,820		1,820	CEREALE	41	1571,230	0,157		0,157	MARAICHER
147	761,449	0,076		0,076	CEREALE	42	1953,170	0,195		0,195	CEREAL
148	1040,910	0,104		0,104	CEREALE	43	4753,750	0,475		0,475	CEREAL
151	8216,630	0,822		0,822	CEREALE	44	1535,000	0,154	0,0236	0,130	OLIVIER
152	7114,100	0,711		0,711	CEREALE	45	7831,860	0,783		0,783	OLIVIER
153	4935,440	0,494		0,494	OLIVIER	46	3686,940	0,369		0,369	MARAICHER
154	23064,230	2,306		2,306	AGRUMES	47	1772,520	0,177		0,177	MARAICHER
155	7993,270	0,799	0,06231	0,737	OLIVIER	48	1888,350	0,189		0,189	MARAICHER
156	5053,160	0,505		0,505	MARAICHERE	52	19950,130	1,995		1,995	MARAICHER
157	6153,29	0,615		0,615	MARAICHERE	53	43024,330	4,302		4,302	CEREAL
160	3903,010	0,390		0,390	CEREALE	54	4514,500	0,451		0,451	CEREAL
171	20757,200	2,076	0,16828	1,907	CEREALE	55	9756,330	0,976		0,976	OLIVIER
172	7394,940	0,739		0,739	CEREALE	56	26768,250	2,677	0,09804	2,579	AGRUMES
173	6220,220	0,622		0,622	CEREALE	57	3695,950	0,370		0,370	AGRUMES
174	1384,910	0,138		0,138	CEREALE	58	5278,510	0,528		0,528	AGRUMES
175	10318,890	1,032		1,032	CEREALE	59	8395,000	0,840	0,01392	0,826	CEREAL
176	66773,600	6,677		6,677	CEREALE	60	1246,890	0,125		0,125	AGRUMES
33	12010,000	1,201	0,0801	1,121	AGRUMES	61	2899,030	0,290		0,290	AGRUMES
34	4385,000	0,439	0,06687	0,372	CEREAL	62	11010,000	1,101	0,03676	1,064	AGRUMES

Tableau III.14. Les surfaces et types des cultures pour les espaces agricoles. (Suite)

ID	S(m2)	S(ha)	S structures	S culture (ha)	Type de culture	ID	S(m2)	S (ha)	S structures	S culture (ha)	Type de culture
63	19922,090	1,992		1,992	OLIVIER	79	1923,740	0,192		0,192	OLIVIER
64	43604,070	4,360		4,360	OLIVIER	80	13824,380	1,382		1,382	OLIVIER
65	2092,090	0,209		0,209	OLIVIER	81	8120.100	0,812		0,812	OLIVIER
66	1950,430	0,195		0,195	OLIVIER	82	8405.090	0,841		0,841	OLIVIER
67	2615,000	0,262	0,06035	0,201	AGRUMES	83	5613.180	0,561		0,561	OLIVIER
68	1355,660	0,136		0,136	AGRUMES	84	8654.810	0,865		0,865	CEREALE
69	17127,190	1,713		1,713	MARAICHER	85	14082.980	1,408		1,408	CEREALE
150	7137,180	0,714		0,714	AGRUMES	86	22282.240	2,228		2,228	OLIVIER
70	8648,000	0,865	0,1503	0,715	AGRUMES	87	13896.600	1,390		1,390	OLIVIER
71	6329,480	0,633	0,01308	0,620	AGRUMES	88	14266.360	1,427		1,427	OLIVIER
72	13778,520	1,378		1,378	AGRUMES	89	9180.200	0,918		0,918	OLIVIER
73	1479,950	0,148		0,148	CEREAL	90	8345.770	0,835		0,835	CEREALE
74	1083,370	0,108		0,108	MARAICHER	91	14265.990	1,427		1,427	CEREALE
75	1057,000	0,106	0,00938	0,096	MARAICHER	92	2865.810	0,287		0,287	CEREALE
76	1836,000	0,184	0,01693	0,167	MARAICHER	93	1038.950	0,104		0,104	CEREALE
77	2751,940	0,275		0,275	AGRUMES	94	2838,690	0,284		0,284	AGRUMES
78	2727,120	0,273		0,273	AGRUMES	95	1248,000	0,125	0,04967	0,075	AGRUMES

Tableau III.14. Les surfaces et types des cultures pour les espaces agricoles. (Suite)

ID	S(m2)	S(ha)	S structures	S culture (ha)	Type de culture	ID	S(m2)	S (ha)	S structures	S culture (ha)	Type de culture
96	773,300	0,077	0,03914	0,038	CEREALE	110	3685,300	0,369		0,369	MARICHERE
97	3842,970	0,384		0,384	OLIVIER	111	5954,000	0,595	0,0381	0,557	OLIVIER
99	8785,030	0,879		0,879	CEREALE	112	26611,360	2,661		2,661	OLIVIER
100	22166,360	2,217		2,217	OLIVIER	98	2020,490	0,202		0,202	OLIVIER
101	12166,360	1,217		1,217	OLIVIER	113	6460,060	0,646		0,646	AGRUMES
102	10310,440	1,031		1,031	CEREALE	114	4671,020	0,467		0,467	OLIVIER
103	23393,280	2,339		2,339	CEREALE	115	6951,130	0,695		0,695	OLIVIER
104	15372,160	1,537		1,537	VIGNE	116	4538,000	0,454	0,0341	0,420	OLIVIER
105	9946,970	0,995		0,995	MARICHERE	117	3820,520	0,382		0,382	AGRUMES
106	2467,270	0,247		0,247	MARICHERE	118	1190,000	0,119	0,05173	0,067	AGRUMES
107	4486,030	0,449		0,449	MARICHERE	119	4753,570	0,475		0,475	AGRUMES
108	2467,320	0,247		0,247	MARICHERE	120	4096,440	0,410		0,410	OLIVIER
109	9734,230	0,973		0,973	AGRUMES	121	3253,430	0,325		0,325	CEREALE
						122	4885,730	0,489		0,489	OLIVIER
							la somme	89.548	1.06006	88.488	

Tableau III.15. Les surfaces cumulées de chaque type de culture dans le périmètre.

Culture	céréale	olivier	agrumes	maraichère	vigne	somme
Surfaces cumulé	32,8	30,15	15,6	8,4	1,53	88,48

III.4. Besoins en eau :

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme les doses apportées à la plante dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir un rendement agricole maximal [7].

III.4.1. Définition les besoins en eau des cultures :

Chez les plantes, comme chez tous les organismes vivants, la vie se traduit par un certain nombre de phénomènes qui concourent à leur évolution et à leur développement.

Parmi les phénomènes fondamentaux de la vie chez les plantes nous retiendrons leur respiration, leur transpiration et leur nutrition. [11].

En réalité les précipitations que l'on doit introduire dans le bilan sont celles qui correspondent en général une fréquence de 80 % (80% de chance pour avoir ces pluies; obtenues après étude statistique des précipitations mensuelles).

Ces précipitations ne peuvent être connues qu'après avoir procédé à une analyse fréquentielle d'une série de précipitations mensuelles aussi longue que possible [1].

En matière d'irrigation, nous cherchons à placer les plantes dans des conditions de production optimales et on base l'irrigation sur les valeurs de l'évapotranspiration maximale ETM, qui caractérise l'évapotranspiration d'une culture donnée, à différents stades de croissance :

- Lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant ;
- Les conditions agronomiques sont optimales (bonne fertilité du sol, apporte d'engrais suffisants, bon état sanitaire...).

$$ETM = Kc \times ET_0 \dots \dots \dots (III.10)$$

ETM : évapotranspiration maximale.

ET₀ : évapotranspiration de référence (évapotranspiration potentielle).

K_c : coefficient de culture [20].

Le coefficient de culture dépend de type de culture appliqué en place. Ils sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau III.16. Coefficient de culture pour chaque culture [20][26][27].

Type de culture	maraichère	vigne	céréale	agrumes	olivier
Septembre	0.7	0.7	0.45	0.7	0.9
Octobre	0.7	/	0.8	0.7	0.6
Novembre	0.7	/	0.9	0.7	/
Décembre	0.7	/	0.9	0.7	/
Janvier	0.65	/	0.9	0.7	/
Février	0.65	/	0.9	0.7	/
Mars	0.7	/	0.9	0.7	/
Avril	0.7	0.4	0.9	0.7	0.6
Mai	0.7	0.6	/	0.7	0.6
Juin	0.7	0.85	/	0.7	0.6
Juillet	0.7	0.8	/	0.65	0.8
août	0.7	0.8	/	0.65	0.8

III.4.2. Précipitation efficace (utile) :

C'est la portion d'eau tombée contribuant à la satisfaction des besoins en eau de la culture, toute précipitation ne se transformant pas en ruissellement ou en eau de recharge de la nappe souterraine peut être considérée comme effective, au point de vue de l'irrigation, la pluie utile est déduite comme suit :

- Nous disposant une série de donnée des précipitations de 39 ans ;
- Nous avons fait une étude statistique et des ajustements aux loi normale et log normal par l'emploi d'un logiciel spécifique « Rainbow » (analyse de la fréquence et de la probabilité, traçage des données hydrologiques, test d'homogénéité des enregistrements hydrologiques); les courbes d'ajustement sont donnés dans l'annexe. I.
- Pour chaque mois nous tirons la précipitation de fréquence 80 % (P80 %) pour la loi d'ajustement qui donne un meilleur ajustement (coefficient de corrélation) ;
- Nous éliminons les pluies faibles inférieures à 5 mm (car elle ne pénètre que peu dans le sol) ;
- La pluie utile étant égale à P (80%) multiplié par un coefficient d'efficacité qui est de 0.8 [20].

Ce protocole de calcul de la pluie utile a été suivi mois par mois sur la série des pluies moyennes mensuelles de la station de Hennaya, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau qui suit :

Tableau III.17. Coefficients de corrélation et valeur de pluie utile.

Type de culture	R ² par l'ajustement à loi normale	P (80%) (mm) loi normale	R ² par l'ajustement à loi log normale	P (80%) (mm) loi log normale	P (80%)	La valeur Pu (mm)
Septembre	0.84	0.3	0.91	3.4	3.4	0
Octobre	0.91	9.1	0.87	5.5	9.1	7.28
Novembre	0.95	19.2	0.86	13.4	19.2	15.36
Décembre	0.81	13.5	0.98	14.9	14.9	11.92
Janvier	0.91	10.6	0.88	11.6	10.6	8.48
Février	0.81	6.3	0.91	11.6	11.6	9.28
Mars	0.82	13.3	0.97	12.4	12.4	9.92
Avril	0.72	4.6	0.98	11.0	11.0	8.8
Mai	0.89	3.3	0.95	6.4	6.4	5.12
Juin	0.66	0	0.95	0	0	0
Juillet	0.63	0	0.98	0	0	0
août	0.80	0	0.95	0	0	0

III.4.3. Evapotranspiration :

III.4.3.1. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration :

Le plus souvent l'évapotranspiration est calculée par des formules à partir des données climatiques mesurées, mais ces formules (Turc, Penman, Blaney-criddle,...) ne sont pas toutes équivalentes, leurs représentativités varient selon les paramètres utilisés et les régions climatiques où elles ont été établies.

Les formules, les plus utilisées en Algérie sont celles de Turc (France 1960), et Penman (Angleterre 1948) et Blaney-criddle (U.S.A 1945). Pour notre cas nous avons utilisé la formule de Turc, et celle de Penman.

a) Formule de Turc :

Pour $hr > 50\%$

Cette formule est appliquée dans les régions relativement humides. Elle donne des résultats très sûrs, et qui se rapprochent de l'ETP mesurée

Celle-ci est donnée par l'expression suivante :

$$ETP = 0,4 (I_g + 50). \left(\frac{t}{t+15} \right) \dots\dots\dots(III.11)$$

Pour hr < 50 %

$$ETP = 0,4. [(I_g + 50). \left(\frac{t}{t+15} \right)]. \left[1 + \left(\frac{50-hr}{70} \right) \right] \dots\dots\dots(III.12)$$

Avec :

- ETP: évapotranspiration mensuelle (mm)
- t : température moyenne mensuelle (°C)
- Ig : radiation globale mensuelle (cal / cm²/ jour)
- hr : humidité relative de l'air (%)

➤ **Remarque :**

Le 0,4 devient 0,37 pour le mois de février.

Le 0,4 devient 0,13 si on fait le calcul par décade.

Ig :est rarement mesurée directement, mais elle peut être calculée par la relation suivante :

$$I_g = I_{g0}(0,18 +0,62 h /H) \dots\dots\dots(III.13)$$

Avec : I_{g0} : radiation maximale en fonction de la latitude.

h / H : insolation relative, en heures.

h : durée d'insolation de la station considérée, en heures / mois.

H : durée mensuelle du jour, en heures / mois. (Voir annexe.III) [10].

b) La Formule de Penman :

Pour calculer l'ETP au pas de temps journalier, il est préférable d'utiliser la formule de Penman-Monteth, cette formule a pour avantage, au pas de temps journalier, de mieux prendre en compte, que celle de Penman, l'effet de la turbulence due au vent.

La formule est la suivante :

$$ETP = p^{\wedge}(t). \frac{Rn}{L} + \gamma . \frac{Ea}{P(t)+\gamma} \dots\dots\dots(III.14)$$

Avec :

Rn : rayonnement net « climatique »

Ea : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air.

L : chaleur latente de vaporisation (2,5. 10⁶ J/Kg)

γ : constante psychrométrique (0,65 hPa / °C)

$p^{\prime}(t)$: valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression partielle de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T [19].

Le calcul de l'ETP s'est fait par le logiciel **CROPWAT**.

➤ **Le logiciel CROPWAT :**

Ce logiciel a été conçu dans le but de calculer l'évapotranspiration, les besoins en eau des cultures et plus particulièrement la conception et la gestion de dispositifs d'irrigation. Il est également utilisé pour déterminer le rendement agricole. Toutefois, il est possible de l'utiliser pour faire des calculs de rendement sans irrigation. Nous pouvons aussi utiliser ce programme pour observer des périodes de déficits en eau dans le sol [7].

III.4.3.2. Calcul de l'évapotranspiration

Les résultats obtenus en utilisant le logiciel CROPWAT sont résumés dans le tableau III.18 par l'application de la formule de Turc et dans tableau III.19 par l'application de la formule de Penman.

Tableau III.18. L'évapotranspiration avec la formule de Turc.

	Hr (%)	T°moy (°c)	Ig0	H	h	h/H	Ig	ETP(mm)
Janvier	67	9,87	332,78	311,46	198	0,64	191,06	38,27
Février	71	11,2	440,61	301,51	158	0,52	222,46	43,09
Mars	72	12,96	564,98	366,58	176	0,48	269,87	59,31
Avril	75	14,11	677,97	387,75	213	0,55	352,94	78,12
Mai	68	17,45	745,32	428,58	278	0,65	433,90	104,09
Juin	66	21,03	765,13	428,64	291	0,68	459,78	119,02
Juillet	60	25	741,01	436,45	335	0,77	486,02	134,00
août	60	25,99	679,87	412,42	318	0,77	447,39	126,15
Septembre	63	22,555	582,55	367,89	255	0,69	355,21	97,35
Octobre	69	18,51	462,66	346,55	233	0,67	276,14	72,06
Novembre	77	14,615	353,11	306,51	188	0,61	197,84	48,92
Décembre	73	11,73	304,05	304,05	197	0,65	176,87	12,94
								933,32

Tableau III.19. L'évapotranspiration la Formule de Penman.

	T Min C°	T Max C°	Humidité %	Vent (km/j)	Isolation (h)	Ray (Mj/m2/j)	ETP (mm/j)
Septembre	16,5	28,9	63	190	8,6	19,1	136,52
Octobre	12,9	23,8	69	173	7,8	15,1	93,78
Novembre	9,8	19,8	77	207	6,9	11,5	59,8
Décembre	7,5	16,7	73	199	6,3	9,8	50,73
Janvier	5,3	15	67	181	6,3	10,5	49,63
Février	5,9	16,6	71	190	6,7	13,1	56,82
Mars	7,7	18,4	72	199	7,5	16,9	82,38
Avril	9	19,9	75	233	8,9	21,4	110,44
Mai	11,9	24	68	207	9,9	24,3	141,99
Juin	14,9	28,6	66	216	10,5	25,6	168,69
Juillet	18,2	33,1	60	216	11,3	26,5	198,05
aout	20,1	34	60	207	10,5	24,1	195,52
moy	11,6	23,2	68,4	201,5	8,4	18,2	<u>1344,16</u>

Nous avons fait une comparaison entre les deux méthodes pour des 12 mois d'année.

Tableau III.20. Comparaison des résultats de la formule de Turc et Penman.

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	aout	Sept	Oct	Nov	Déc
F de Penman	49,63	56,82	82,38	110,44	141,99	168,69	198,05	195,52	136,52	93,78	59,8	50,73
F de Turc	38,27	43,09	59,31	78,12	104,09	119,02	134,00	126,15	97,35	72,06	48,92	12,80

En peu facilement remarqué que les valeurs d'évapotranspiration de la formule de Turc elles sont plus petites de la formule de Penman.

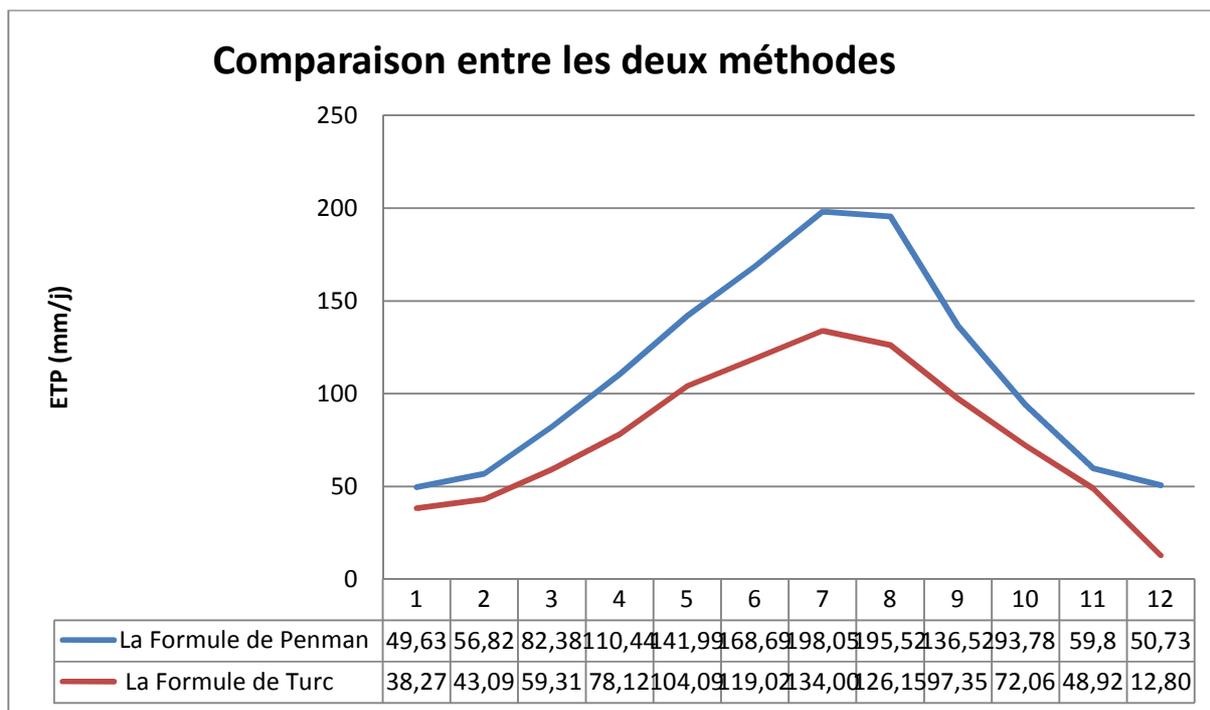


Figure. III.5. les variations des résultats de la formule de Turc et Penman.

La différence entre les résultats des deux formules est claire dans la figure. III.5.

III.4.4. Calcul des besoins en eau:

III.4.4.1. Généralité sur les besoins d'eau pour les cultures [20]:

Pour déduire les besoins en eau nous basons sur le bilan hydraulique, nous comparons la quantité d'eau disponible naturellement pour les végétaux et les prélèvements de ces mêmes végétaux supposés placés dans des conditions optimales de l'approvisionnement en eau.

Besoins nets = Prélèvement – Fraction des précipitations stockée dans la zone racinaire – éventuelle réserve

$$\text{Besoins} = \text{ETM} - \text{Pu} - \text{X Rfu} \pm \Delta H \dots \dots \dots (\text{III.15})$$

ETM: évapotranspiration de la culture (mm),

Pu: précipitation efficace (mm),

X Rfu: variation de la réserve d'eau du sol (mm), différence entre les quantités d'eau disponible dans la zone racinaire au début et à la fin de la saison végétative

$\pm \Delta H$: contribution de la nappe [29].

La dose pratique d'arrosage, dans le cas d'une irrigation traditionnelle, est donnée par la $dp \text{ (mm)} = Rfu \text{ (mm)}$. Avec Rfu est la réserve facilement utilisable.

➤ **La dose pratique d'arrosage :** $D_p = R_{fu}$ (III.16)

R_{fu}: réserve facilement utilisable (définie plus loin)

➤ **Fréquence d'arrosage :** calculer par le rapport entre les besoins et la dose pratique :

$$N = \frac{B_{eir}}{D_p} \text{(III.17)}$$

La valeur trouvée doit être arrondie au nombre immédiatement supérieur.

➤ **La dose réelle d'arrosage :** $D_r = \frac{B_{eir}}{N}$ (III.18)

➤ **Les besoin brutes sont donnée par :** $B_{brute} = \frac{B_{net}}{\eta_G}$ (III.19)

B_{net} :sont les besoins nets

➤ **Coefficient d'utilisation de l'eau d'arrosage K_{ut} :**

C'est le rapport entre le besoin des plantes et l'eau distribuée en tête des parcelles irriguées.

Elle peut être de l'ordre de 0.7 pour l'irrigation traditionnelle et 0.99 pour l'aspersion [30].

➤ **L'efficience du réseau $\eta_{réseau}$ [30]:**

C'est le rapport de la qualité de distribuée en tête de chaque parcelle à la qualité prélevée en tête du réseau. Elle dépend évidemment de distribution; ppour une ditribution par canaux il de 0,7 et pour distribution par conduites il est de 0.95.

Dans notre cas nous proposons un réseau distribution par conduites sous pression alors nous prenons $\eta_{réseau} = 0.95$, et pour le K_{ut} la moyenne entre l'irrigation traditionnelle et aspersion égale **0.845** car nous ne pouvons pas se prononcé sur le mode d'irrigation à adopter.

η_G est l'efficience global : $\eta_G = \eta \times K_{tu}$ (III.20)

$\eta_G = 0.855$ (pour notre cas)

➤ **Le débit fictif continu au mois de pointe :**

C'est une notion très importante, il est donné comme suit :

$$D_{fc} = \frac{B_{eir} \text{ (l /ha)}}{T \text{ (s)}} \text{ (III.21)}$$

T= la période de mois considéré en seconde.

➤ **Le débit continu net de mois de pointe du périmètre :**

Le débit net du périmètre au mois de pointe est calculé avec la formule suivante :

$$q_{net} = \frac{\sum D_{fc} \times S_i}{ST} \dots \dots \dots (III.22)$$

Avec :

q_{net} : le débit net.

D_{fc} : le débit fictif continu de mois de pointe de chaque culture;

S_i : la surface occupée avec chaque culture ;

ST : la surface totale [20].

III.4.4.2. Quelques notions importantes :

a) Profondeur utile :

Elle correspond à la profondeur d'enracinement de la culture limitée elle-même par la profondeur du sol (et éventuellement du sous sol). Les plantes ont des comportements d'enracinement différents, certains se limitent, quelque soit le sol à 60 cm, d'autre peut atteindre 10 m ou plus, et voici les valeurs de profondeur d'enracinement (Z) en mètre pour chaque culture. Le tableau III.21 résume les profondeurs d'enracinement des cultures cultivées à Ain El Houtz.

Tableau III.21. Profondeur utile pour les cultures existant en (mètre) [20-31].

agrumes	vigne	olivier	C maraichère	céréale
1.8m	1.2m	1.8m	0.9m	1.2m

b) Point de flétrissement:

Comme son nom l'indique, l'humidité au point de flétrissement représente la teneur en eau du sol en dessous de laquelle l'absorption de l'eau par la racine est bloquée (ce qui entraîne le flétrissement) [2].

Elle constitue la limite inférieure de la réserve d'eau disponible pour les plantes, la limite supérieure étant la capacité de rétention.

c) Réserve utile (Ru):

C'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre la capacité de rétention et le point de flétrissement. Cette réserve c'est la quantité maximale d'eau que le sol peut mettre à la disposition de la culture.

Capacité de rétention (capacité au champ) : c'est l'état d'humidité maximale du sol bien drainé.

Elle exprimé par la relation:

$$Ru = (Hvr - Hvf) \times Z = (Hr - Hf) \times da \times Z \dots\dots\dots(III.23)$$

Hr : humidité du sol sur base massique en pourcent de la capacité de rétention en eau ;

Hf : humidité du sol au point de flétrissement ;

Z : profondeur d'enracinement en (mm) ;

Ru : réserve utile ;

Nous avons aussi :

$$Hr = 1.84 He \dots\dots\dots(III.24)$$

Donc l'équation devient :

$$Ru (m^3 / ha) = 4500 \times Z \times da \times He \dots\dots\dots(III.25)$$

d) Réserve facilement utilisable (Rfu) [20] :

Dans la réalité les plantes commencent à souffrir de la sécheresse et à fermer ses organes de transpiration (les stomates) avant que ne soit atteint le seuil du point de flétrissement permanent. On a donc été amené à définir une réserve facilement utilisable (Rfu) qui tant qu'elle n'est pas épuisée, permet à la plante en théorie de pomper de l'eau du sol sans restriction. La Rfu est donc une fraction de la Ru ;

$$Rfu = f \times Ru \dots\dots\dots(III.26)$$

f : coefficient dépendant du type de culture et du climat. Il est pris généralement égal à 2/3 ;

$$\text{Donc : } Rfu = \frac{2}{3} Ru = 3000 \times da \times Z \times He \dots\dots\dots(III.27)$$

Les tableaux **III.22** résume les RU et Rfu dans la zone d'étude

Tableau III.22. Résultats de la Ru et Rfu.

	agrumes	Vigne	olivier	maraichère	céréale
Ru (mm)	110,33	73,55	110,33	55.17	73.55
Rfu (mm)	73,55	49,04	73,55	36.78	49.04

Les tableaux **III.23** jusqu'au **III.28** donnent les calculs des besoins pour les cultures envisagées.

Tableau III.23. Besoins en eau d'irrigation des céréales.

céréale												
mois	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juil	aout
p(80%)	3,4	9,1	19,2	14,9	10,6	11,6	12,4	11,0	6,4	0,0	0,0	0,0
Pu(mm)	0,0	7,3	15,4	11,9	8,5	9,3	9,9	8,8	5,1	0,0	0,0	0,0
Etp(mm)	136,52	93,78	59,80	50,73	49,63	56,82	82,38	110,44	141,99	168,69	198,05	195,52
Kc	0,45	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0	0	0	0
Rfu(mm)(Dp)	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	73,55
ETM=Etp*Kc	61,43	75,02	53,82	45,66	44,67	51,14	74,14	99,40	/	/	/	/
ETM-Pu	61,43	67,74	38,46	33,74	36,19	41,86	64,22	90,60	/	/	/	/
stock d'eau avant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beir(mm)	61,43	67,74	38,46	33,74	36,19	41,86	64,22	90,60	/	/	/	/
stock après	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Berr(m3/ha)	614,34	677,44	384,6	337,37	361,87	418,58	642,22	905,96	/	/	/	/
Dfc(l/s/ha)	0,24	0,25	0,15	0,13	0,14	0,17	0,24	0,35	/	/	/	/
Dp(m3/ha)	490,4	490,4	490,4	490,4	490,4	490,4	490,4	490,4	490,4	490,4	490,4	735,5
n	1,2527	1,3814	0,7842	0,6879	0,7379	0,8535	1,3095	1,8473	/	/	/	/
N	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	/	/	/	/
Dr (m3/ha)	307,17	338,72	384,6	337,37	361,87	418,58	321,11	452,98	/	/	/	/
B brute(m ³ /ha) =Dr/0.855	359,3	396,2	449,8	394,6	423,2	489,6	375,6	529,8	/	/	/	/
Dirr(m3/ha)	4342,38	5078,807										
dfc(mois de pointe)		avril	0,35l/s/ha									

Tableau III.24. Besoins en eau d'irrigation de la vigne.

vigne												
mois	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juil	aout
p(80%)	3,4	9,1	19,2	14,9	10,6	11,6	12,4	11,0	6,4	0,0	0,0	0,0
pu(mm)	0,0	7,3	15,4	11,9	8,5	9,3	9,9	8,8	5,1	0,0	0,0	0,0
Etp(mm)	136,52	93,78	59,80	50,73	49,63	56,82	82,38	110,44	141,99	168,69	198,05	195,52
Kc	0,7	0	0	0	0	0	0	0,4	0,6	0,85	0,8	0,8
Rfu(mm)	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04
ETM	95,564	/	/	/	/	/	/	44,176	85,194	143,3865	158,44	156,416
ETM-Pu	95,6	/	/	/	/	/	/	35,4	80,1	143,3865	158,44	156,416
stock d'eau avant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beir(mm)	95,56	/	/	/	/	/	/	35,38	80,07	143,39	158,44	156,42
stock après	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Berr(m3/ha)	955,64	/	/	/	/	/	/	353,76	800,74	1433,87	1584,40	1564,16
Dfc(l/s/ha)	0,37	/	/	/	/	/	/	0,14	0,30	0,55	0,59	0,58
Dp(m3/ha)	490,40	490,40	490,40	490,40	490,40	490,40	490,40	490,40	490,40	490,40	490,40	490,40
n	1,9486	/	/	/	/	/	/	0,7213	1,6328	2,9238	3,2308	3,1895
N	2,00	/	/	/	/	/	/	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00
Dr (m3/ha)	477,82	/	/	/	/	/	/	353,76	400,37	477,96	396,10	391,04
B brute(m3/ha) =Dr/0.855	558,85	/	/	/	/	/	/	413,75	468,27	559,01	463,27	457,36
Dirr(m3/ha) nette et brute	6692,57	7827,56										
dfc(mois de pointe)		juillet	0,59/s/ha									

Tableau III.25. Besoins en eau d'irrigation des maraichères.

maraiçhère	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juil	aout
p(80%)	3,4	9,1	19,2	14,9	10,6	11,6	12,4	11,0	6,4	0,0	0,0	0,0
pu(mm)	0,0	7,3	15,4	11,9	8,5	9,3	9,9	8,8	5,1	0,0	0,0	0,0
Etp(mm)	136,52	93,78	59,80	50,73	49,63	56,82	82,38	110,44	141,99	168,69	198,05	195,52
Kc	0,7	0,7	0,7	0,7	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Rfu(mm)	61,29	61,29	61,29	61,29	61,29	61,29	61,29	61,29	61,29	61,29	61,29	61,29
ETM	95,564	65,646	41,86	35,511	32,2595	36,933	57,666	77,308	99,393	118,083	138,635	136,864
ETM-Pu	95,564	58,366	26,500	23,591	23,780	27,653	47,746	68,508	94,273	118,083	138,635	136,864
stock d'eau avant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beir(mm)	95,564	58,366	26,500	23,591	23,780	27,653	47,746	68,508	94,273	118,083	138,635	136,864
stock après	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Berr(m3/ha)	955,64	583,66	265	235,91	237,795	276,53	477,46	685,08	942,73	1180,83	1386,35	1368,64
Dfc(l/s/ha)	0,37	0,23	0,10	0,09	0,09	0,11	0,18	0,26	0,35	0,46	0,52	0,51
Dp(m3/ha)	612,9	612,9	612,9	612,9	612,9	612,9	612,9	612,90	612,90	612,90	612,90	612,90
n	1,5592	0,9522	0,4323	0,3849	0,3879	0,4511	0,7790	1,1177	1,5381	1,9266	2,2619	2,2330
N	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
Dr (m3/ha)	477,82	583,66	265	235,91	237,795	276,53	477,46	342,54	471,37	590,42	462,12	456,21
B brute(m3/ha) =Dr/0.855	558,85	682,64	309,94	275,92	278,12	323,43	558,43	400,63	551,30	690,54	540,49	533,58
Dirr(m3/ha)	5563,63	6507,169										
dfc(mois de pointe		juillet	0,52l/s/ha									

Tableau III.26. Besoins en eau d'irrigation des agrumes.

agrumes												
mois	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juil	aout
p(80%)	3,4	9,1	19,2	14,9	10,6	11,6	12,4	11,0	6,4	0,0	0,0	0,0
pu(mm)	0,0	7,3	15,4	11,9	8,5	9,3	9,9	8,8	5,1	0,0	0,0	0,0
Etp(mm)	136,52	93,78	59,80	50,73	49,63	56,82	82,38	110,44	141,99	168,69	198,05	195,52
Kc	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,65	0,65
Rfu(mm)	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55
ETM	95,564	65,646	41,86	35,511	34,741	39,774	57,666	77,308	99,393	118,083	128,7325	127,088
ETM-Pu	95,6	58,4	26,5	23,6	26,3	30,5	47,7	68,5	94,273	118,083	128,7325	127,088
stock d'eau avant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beir(mm)	95,6	58,4	26,5	23,6	26,3	30,5	47,7	68,5	94,3	118,1	128,7	127,1
stock après	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Berr(m3/ha)	955,64	583,66	265	235,91	262,61	304,94	477,46	685,08	942,73	1180,83	1287,325	1270,88
Dfc(l/s/ha)	0,37	0,23	0,10	0,09	0,10	0,12	0,18	0,26	0,35	0,46	0,48	0,47
Dp(m3/ha)	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5
n	1,2993	0,7935	0,3602	0,3207	0,3570	0,4146	0,6491	0,9314	1,2817	1,6054	1,7502	1,7279
N	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Dr (m3/ha)	477,82	583,66	265	235,91	262,61	304,94	477,46	685,1	471,37	590,42	643,66	635,44
B brute(m3/ha) =Dr/0.855	558,85	682,64	309,94	275,92	307,15	356,65	558,43	801,26	551,30	690,54	752,82	743,20
Dirr(m3/ha)	4095,97	4790,60										
dfc(mois de pointe)		juil	0,48l/s/ha									

Tableau III.27. Besoins en eau d'irrigation des oliviers.

olivier												
mois	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juil	aout
p(80%)	3,4	9,1	19,2	14,9	10,6	11,6	12,4	11,0	6,4	0,0	0,0	0,0
pu(mm)	0,0	7,3	15,4	11,9	8,5	9,3	9,9	8,8	5,1	0,0	0,0	0,0
Etp(mm)	136,52	93,78	59,80	50,73	49,63	56,82	82,38	110,44	141,99	168,69	198,05	195,52
Kc	0,9	0,6	/	/	/	/	/	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8
Rfu(mm)	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55	73,55
ETM	122,868	56,268	/	/	/	/	/	66,264	85,194	101,214	158,44	156,416
ETM-Pu	122,868	48,988	/	/	/	/	/	57,5	80,074	101,214	158,44	156,4
stock d'eau avant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beir(mm)	122,868	48,988	/	/	/	/	/	57,464	80,074	101,214	158,44	156,416
stock après	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Berr(m3/ha)	1228,68	489,88	/	/	/	/	/	574,64	800,74	1012,14	1584,4	1564,16
Dfc(l/s/ha)	0,47	0,18	/	/	/	/	/	0,22	0,30	0,39	0,59	0,58
Dp(m3/ha)	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5	735,5
n	1,6705	0,6660	/	/	/	/	/	0,7812	1,0887	1,3761	2,1541	2,1266
N	2	1	/	/	/	/	/	1	2	2	3	3
Dr (m3/ha)	614,34	489,88	/	/	/	/	/	574,64	400,37	506,07	528,13	521,39
B brute(m3/ha) =Dr/0.855	718,53	572,96	/	/	/	/	/	672,09	468,27	591,89	617,70	609,81
Dirr(m3/ha)	7254,64	8484,96										
dfc(mois de pointe)		juil	0,59/s/ha									

Tableau III.28. Besoins en eau d'irrigation globaux du périmètre.

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juil	aout
Dfc(l/s/ha) cereal	0,24	0,25	0,15	0,13	0,14	0,17	0,24	0,35	0	0	0	0
Dfc(l/s/ha) vigne	0,37	0	0	0	0	0	0	0,14	0,30	0,55	0,59	0,58
Dfc(l/s/ha) maraichere	0,37	0,23	0,10	0,09	0,09	0,11	0,18	0,26	0,35	0,46	0,52	0,51
Dfc(l/s/ha) agrumes	0,37	0,23	0,10	0,09	0,10	0,12	0,18	0,26	0,35	0,46	0,48	0,47
Dfc(l/s/ha) olivier	0,47	0,18	0	0	0	0	0	0,22	0,30	0,39	0,59	0,58
Q besoins net (l/s)	31,48	19,21	7,32	6,32	6,78	8,41	12,29	24,70	17,92	23,55	30,59	30,20
Q besoins brut (l/s)	36,82	22,47	8,56	7,39	7,93	9,83	14,37	28,89	20,96	27,55	35,77	35,32
Dfc Total net (l/s/ha)	0,35	0,21	0,08	0,07	0,07	0,09	0,14	0,27	0,20	0,26	0,34	0,33
η	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855
Dfc Total brut (l/s/ha)	0,406	0,248	0,095	0,082	0,088	0,109	0,159	0,319	0,231	0,304	0,395	0,390

- Le tableau III.33 d'en tiré que le mois de pointe est **Septembre** avec un débit fictif continu qui égale 0.406 l/s/ha, ce débit est dit débit caractéristique du périmètre de Ain El Houtz, C'est un paramètre très important car le calcul et le dimensionnement du réseau d'irrigation sera basé sur ce dernier. Nous savons que dans la plupart des cas le mois de pointe est Juillet ou Aout, mais la seule justification de cette résultat est que nous avons à peu près un tiers de la superficie totale est céréalières qui n'est pas irriguée en été car c'est le moment du jaunissement des grains qui ne nécessitent pas d'eau, c'est pour cette raison que le mois de pointe de périmètre de Ain El Houtz est Septembre.

III.4.5. Confrontation entre ressources et besoins des cultures:

Il existe deux sources au niveau de Ain Houtz la première la source de Ain El Houtz elle a un débit de 25 l/s et la seconde de débit 4.4 l/s (prélèvement de 02/09/2012). Nous avons pris les plus petits débits mesurés (cas le plus défavorable) pour deux raisons.

- C'est la quantité la plus petite dans tous les mois.
- Parce qu'ils sont enregistrés au mois de pointe.

En plus de ces sources nous savons que l'affectation de 12 l/s de la station dépuration . Avec ces données on peut estimer le Débit minimum globale disponible pour l'irrigation.

$$Q_{\text{totale}} = (25+4.4+12) = \mathbf{41.4 \text{ l/s}}$$

Par contre, avec nos calculs nous avons trouvé que le Dfc Total pour le périmètre égale 0.406 l/s/ha pour toute la surface agricole qui est 88.488 ha.

Pour trouver les besoins brute du périmètre au mois point exprimé en débit continu nécessaire pour l'irrigation. Il faut multiplier le Dfc total avec la surface de périmètre.

$$Q_{\text{besoin}} = 0.406 \times 88.488 = \mathbf{35.926 \text{ l/s}}$$
 qui inférieur au débit disponible de 41.1 l/s

- Donc puisque le débit disponible couvre les besoin du mois de pointe donc ce couvrira facilement les besoin des autres mois A la fin de la confrontation entre les sources d'eau et les besoins on peut juger que théoriquement la quantité d'eau disponible elle peut satisfaire les besoins d'irrigation, c'est-à-dire que le débit disponible est suffisant si l'on adopte une distribution continue.

Chapitre IV

Dimensionnement

CHAPITRE IV

Dimensionnement.

Dans les chapitres précédents, nous déterminons les besoins en eau des plantes et les débits nécessaires à l'irrigation. Dans celui ci, nous allons dimensionner les différents ouvrages qui doivent véhiculer les quantités d'eau déterminées jusqu'à la parcelle pour être réparties entre les plantes.

IV.1. Description de réseau globale :

Le réseau général de notre périmètre contient des ouvrages qui composent la tête morte et le réseau de distribution.

IV.1.1. Tête morte :

Nous appelons tête morte, l'ouvrage qui lie le lieu de mobilisation (barrage, source, forage ou puits..) au réseau de distribution. Dans notre cas, la tête morte est composée des organes suivants :

- Une prise au niveau de la station d'épuration Ain El Houtz à la côte 530 m.
- Une adduction gravitaire avec la longueur (1414 m) de à la prise de la station d'épuration Ain Houtz jusqu'à d'un réservoir tampon (R1) de la côte (515 m) qui joue le rôle d'un ouvrage de captage pour la source Ain El Houtz du débit (28 l/s) et de la source Ain Ancor du débit (4.4 l/s) de la côte (545 m) portent leur propre eau avec une adduction de la longueur (1720 m).
- Un réservoir pour la mise en charge (R2) à la côte 560 m (nous avons posé ce réservoir sur cette altitude pour garantir les pressions convenables à l'exutoire)
- Une station de pompage pour refouler les eaux des sources et station d'épuration Ain El Houtz (R1) de la côte 515 m, jusqu'à un réservoir pour la mise en charge à la côte 560 m (R2) avec une conduite de refoulement da la longueur (295 m).
- Une conduite gravitaire liant le réservoir tampon (R 2) au réseau de distribution à la côte 515 m.

IV.1.2. Réseau de distribution :

Nous adoptons un réseau ramifié pour répondre au besoin de l'eau au niveau des prises dans le périmètre. Ce réseau est équipé avec des conduites et les bornes d'irrigation à partir desquelles chaque fellah peut se raccorder pour irriguer sa parcelle.

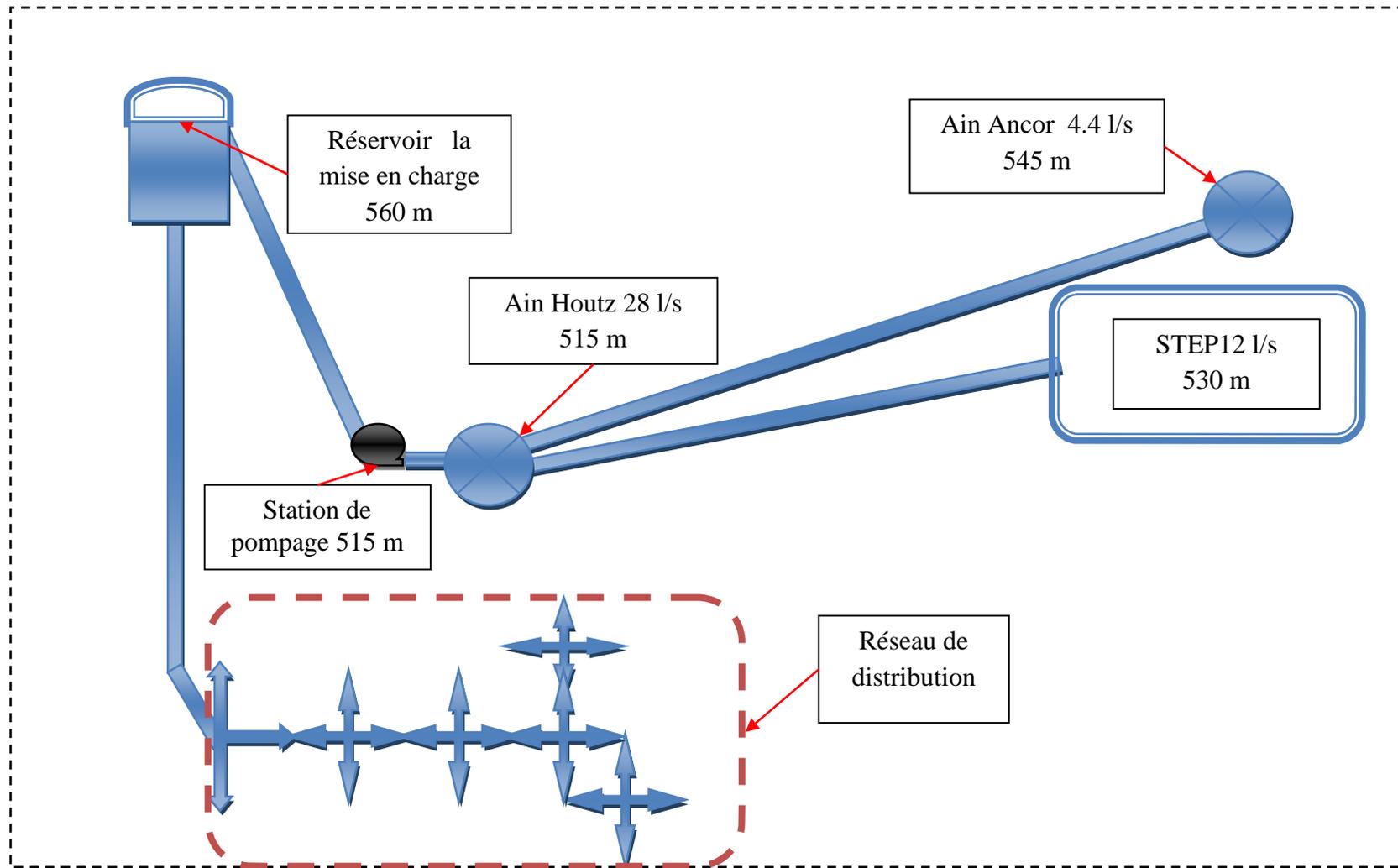


Figure. IV.1. Présentation du réseau globale.

IV.2. Proposition d'un réseau d'irrigation :

Afin de répondre aux besoins en eau d'irrigation. Nous devons créer un réseau capable de fournir toutes les exigences de la quantité et de quantité de l'eau jusqu'aux les prises.

Un réseau d'irrigation sera l'ensemble des organes ouvrages et appareils qui assureront le transport, la répartition et la distribution à chaque exploitation agricole, même à chaque parcelle, des eaux destinées à l'arrosage.

Après avoir été captées, les eaux doivent éventuellement être stockées et en tous les cas amenées sur les lieux d'utilisation, qui se trouvent parfois loin du captage, en quantité voulue et au moment propice [11].

Des divers modes de distribution énumérer au chapitre III, Nous proposons pour le périmètre de Ain el Houtz, Objet de notre étude une distribution à la demande, qui laisse l'irrigant libre d'utiliser sa prise à sa guise, mais elle suppose que les irrigant connaissent parfaitement la demande en eau de leurs culture.

Avant de passer au dimensionnement hydraulique, un tracé optimal doit être érigé. Ce tracé est réaliser en suivant les actions suivantes:

- Regroupement des parcelles en ilots d'exploitation ;
- Positionné des prises et leurs regroupement en bornes;
- Répartition des bornes et plan des bornes ;
- Tracé du réseau ;

IV.2.1. Détermination des ilots :

Le plan des parcelles et le plan des ilots d'exploitation de notre périmètre sont présentés respectivement dans la Figure. IV.2 et la Figure. IV.3:

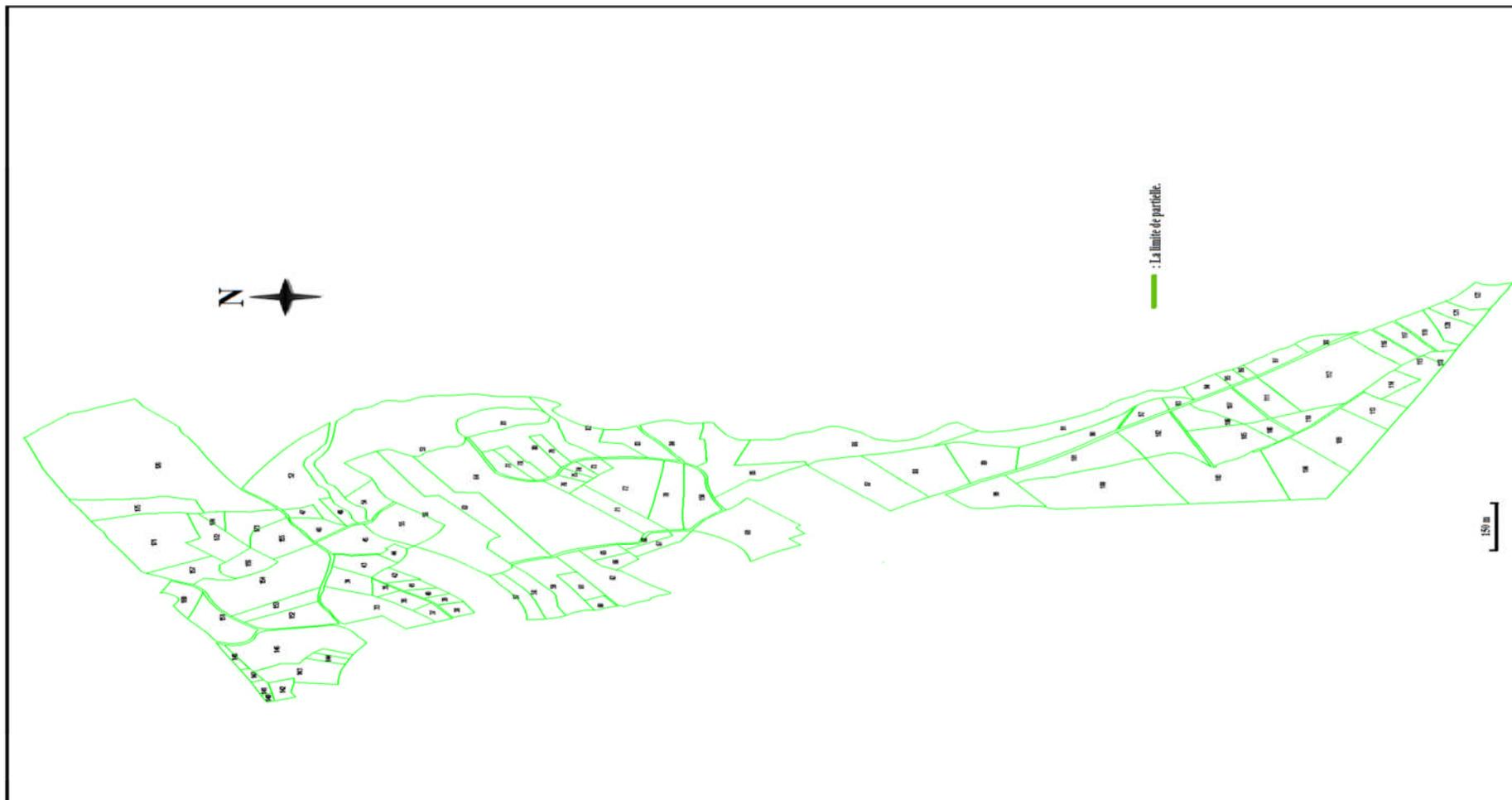


Figure. IV.2. Les parcelles actuelles dans le périmètre.



Figure. IV.3. Les ilots proposés pour le dimensionnement.

IV.2.2. Positionné des prises :

Une le regroupement des parcelles en ilots d'exploitation réalise, il convient d'affecter à chaque ilot une prise.

La prise desservant une parcelle peut être au milieu de la parcelle, en bordure de sa façade sur le chemin d'accès, en limite de la parcelle voisine, ou bien à une certaine distance nécessitant l'utilisation d'une conduite d'approche, disposée en limite des parcelles voisines [32].

Le regroupement des débit de prise exigé par les parcelles cultivé en en classes limités des prises facilitera le calcul du réseau; alors que si chaque prise sera dotée d'un débit particulier relatif à surface irriguée, il y'aura autant de classe que de prise, ce sui compliquera le calcul de réseau.

Nous adoptons pour notre cas 7 classes de prises Le choix des prises qui seront affectées en fonction des surfaces irriguées, le tableau suivant mentionne les classes de prises adoptés pour notre périmètre:

Tableau IV.1. Classes de prises adoptées [32].

	Débit disponible (m ³ /h)	Surface minimal irrigué (ha)	Surface maximal irrigué (ha)
01	10	0	1
02	20	1	2,5
03	30	2,5	4
04	50	4	6
05	70	6	8
06	90	8	11
07	125	11	15

Lorsque vous utilisez le tableau IV.1 pour donner leur classes de prise et le débit disponible pour chaque ilot nous obtenu le tableau suivant :

Tableau IV.2. Les classes de prise pour chaque ilot.

N° d'ilot	Surface (hac)	Prise (l/s)	N° d'ilot	Surface (hac)	Prise (l/s)	N° d'ilot	Surface (hac)	Prise (l/s)	N° d'ilot	Surface (hac)	Prise (l/s)
1	1,29	20	12	1,38	20	23	2,87	30	34	1,31	20
2	2,04	20	13	2,72	30	24	2,26	20	35	2,33	20
3	1,21	20	14	1,42	20	25	1,4	20	36	1,53	20
4	1,2	20	15	2,57	30	26	2,22	20	37	0,99	10
5	2,3	20	16	1,99	20	27	2,81	30	38	1,52	20
6	1,86	20	17	4,3	50	28	0,91	10	39	1,64	20
7	1,49	20	18	4,36	50	29	1,42	20	40	1,25	20
8	3,11	30	19	2,13	20	30	0,83	10	41	2,66	30
9	6,67	70	20	1,8	20	31	0,87	10	42	1,37	20
10	1,29	20	21	2,42	20	32	2,21	20	43	1,24	20
11	1,49	20	22	3,23	30	33	1,21	20	44	1,12	20

Remarque:

Les classes de prises adoptées au Tableau IV.1 sont arrêtées sur une étude sommairement des exigences des îlots au des modes d'irrigation adoptés.

IV.2.3. Plan des bornes :

Une fois les prises affectées aux îlots, il convient de positionner les bornes sur le plan des îlots d'exploitation et de regrouper les prises sur les bornes. Une borne peut regrouper jusqu'à 4 prises et parfois davantage [32].

Le plan d'implantation des bornes est le résultat d'un compromis entre les utilisateurs et celui de l'organisme d'aménagement qui cherche à limiter le nombre (diminuer le coût).

Notre plan des bornes est dans la figure suivante :

La figure IV.4. présente la répartition des bornes sur le plan des îlots d'exploitation avec les prises d'eau (Plan de bornage).



Figure. IV.4. Plan des bornes et prises d'eau dans le périmètre.

IV.2. 4.Tracé du réseau :

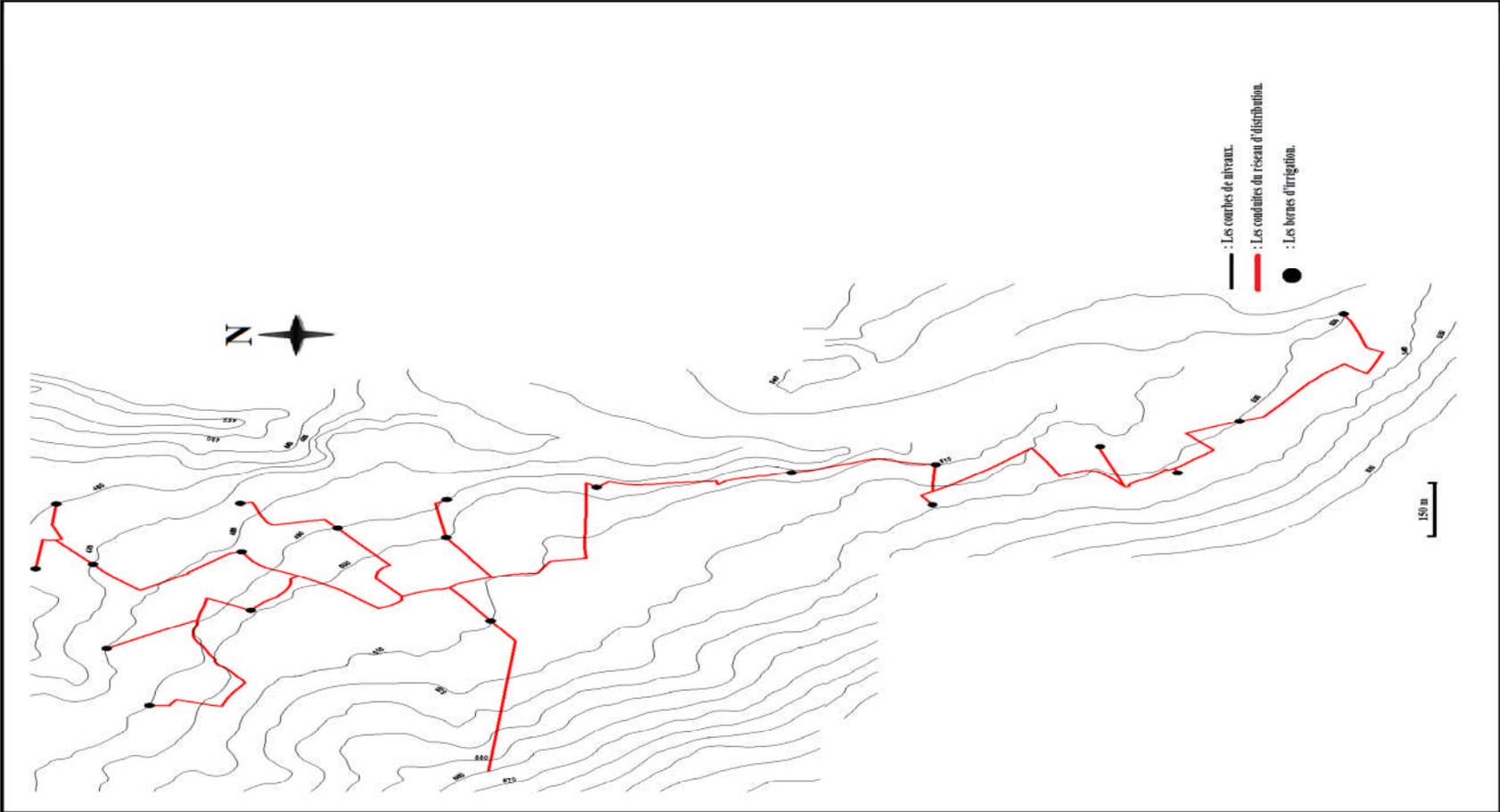
Répartition équitable de l'eau d'une manière satisfaisante pour toutes les parties exige un bon traçage du réseau. Afin d'éviter l'augmentation du prix de la mise en œuvre du projet il faut raccorder entre le plus proche bornes. Une fois que le plan de bornage élaboré il s'agit de relier le plus économiquement possible les borne à l'origine de réseau (réservoir de mise en charge ou station de pompage) et le tracé recherché et réseau ramifié; le maillage n'est adopté que un renforcement.

Le tracé que nous avons proposé pour le périmètre de Ain El Houtz, en raccordant les bornes proposées en en suivant les routes, les sentiers et les limites des parcelle pour ne créer des conflit entre les irrigants.

La figure. IV.5. présente le réseau distribution que nous proposons pour le périmètre étudié.

Remarque:

En général, on admet que les grosses conduites traversent n'importe quelle terrain car les ennuis qui en résulte sont comparés au frais de ces dernières, par contre on impose aux petites conduites de suivre les limites des parcelles.



La figure. IV.5. Réseau distribution et courbe des niveaux.

IV.3. Calcul des débits transitant dans les divers tronçons du réseau:

Comme il a été signalé précédemment le mode de distribution adopté et la demande

IV.3.1. Base de calcul d'une distribution à la demande :

C'est plus complexe que les autres modes, car les appels des débits sont totalement libres donc aléatoires. R.CLEMENT propose une modèle pour évaluer le débit au niveau de chaque tronçon du réseau, interpréter comme suit :

Le débit affecté a chaque prise est supérieur au débit caractéristique d'arrosage qui lui est nécessaire c'est à dire que chaque irriguant utilisera en fait sa prise d'eau que pendant une durée qui en moyenne sera nettement inférieur à 24h/Jour.

Donc la probabilité que toutes les prises soient ouvertes en même temps est infime et il ne serait pas raisonnable d'additionner les débits de toutes les prises qui sont en aval. On doit faire calcul de probabilité.

Supposons que le réseau situé à l'aval du tronçon étudié soit équipé de (R) prises homogènes donnant le même débit (d). Les débits max se produisent pendant la période de pointe caractérisée par la fonction intégrale M(u) - tabulée [6].

$$r \text{ rendement d'utilisation en temps du réseau} = \frac{T'}{T}$$

T : durée totale de la période ;

T' : durée d'utilisation du réseau ;

$$r = \frac{16}{24} \text{ ou } r = \frac{18}{24} \text{ et } r = \frac{24}{24}$$

r=0.667, 0.75 ou 1 .

Soit (N) le nombre de prise ouvertes pour le quel le tronçon étudié sera calibré choisissant une qualité de fonctionnement (P_q) représentant le pourcentage de chance pour que le nombre réel de prises ouvertes soit inférieur ou égal à N [32].

Le tronçon est calibré pour le débit Nd=Q

$$N = R \cdot p + u(P_q)\sqrt{R \cdot p \cdot q} = \text{débit moyen} + u(P_q)\sqrt{\text{variance}} \dots \dots \dots \text{(IV.1)}$$

Avec p la probabilité de fonctionnement d'une prise (probabilité qu'une prise soit ouverte) et q étant la probabilité de fermeture d'une prise:

$$q = \frac{D}{r \cdot R \cdot d} \dots \dots \dots \text{IV.} \quad \text{et} \quad q = 1 - p = 1 - \frac{D}{r \cdot R \cdot d} \dots \dots \dots \text{(IV.2)}$$

Pour chaque classe de prise, on a :

$$Q = R \cdot p \cdot d + u(P_q)\sqrt{(R \cdot p \cdot q \cdot d^2)} \dots \dots \dots \text{(IV.3)}$$

Avec (P_q) étant la qualité de fonctionnement le pourcentage de chance pour que le nombre de ouvertures soit inférieur ou égale à N , $U(P_q)$ valeur correspondante à P_q obtenue à partir de la table de Gauss.

Cette formule se généralise aussi bien à un réseau comportant (m) classe de prises ayant chacune des débits identiques (d) [3].

Pour chaque classe (i) le débit (d_i) comportant (R_i) prises, on définira la probabilité de fonctionnement (P_i) et le débit total d'un tronçon en période de pointe :

$$Q = \sum_{i=1}^m R_i \cdot P_i \cdot d_i + u(P_q) \sqrt{\sum_{i=1}^m (R_i \cdot P_i \cdot d_i^2)} \dots\dots\dots (IV.4)$$

On aura finalement

$$Q = \frac{D}{r} + u(P_q) \sqrt{p \cdot q \sum_{i=1}^m R_i d_i^2} \dots\dots\dots (IV.5)$$

$$q = \frac{D}{r \cdot \sum R_i \cdot d_i} \dots\dots\dots (IV.6)$$

Le tableau suit présente certains qualité de fonctionnement (tirée de la table de Gauss)

Tableau IV.3. Probabilité de fonctionnement et $M(u)$ – tabulée [11].

Qualité de fonctionnement (P_q) %	$U(P_q)$
60	0.250
70	0.525
80	0.842
90	1.282
95	1.645
99	2.324
99.9	3.09

Évaluation du surcroît de débit par rapport au débit fictif continu. Cet accoissement, qui entraîne un surdimensionnement du réseau, est défini par le rapport :

$$\frac{Q}{D} = \frac{\text{débit du réseau fonctionnant à la demande}}{\text{débit fictif continu}} \dots\dots\dots (IV.7)$$

La liberté ou confort dont disposent les agriculteurs dans l'organisation de leurs arrosages est définie par le rapport.

$$\frac{Rd}{D} = \frac{\text{débit installé aux prises}}{\text{débit fictif continu}} \dots\dots\dots (IV.8)$$

Remarque:

L'équation de la demande sera appliqué uniquement au tronçons desservant plus de 4 prises; pour

les tronçons desservant moins de 5 prises leurs débits sera déterminer par sommation des débits avals.

IV.3.2. Numérotation du réseau:

Afin de pouvoir identifié un tronçon de conduite il faut numéroter le les bornes et les nœuds du réseau, la technique adoptée est la suivante:

- le bornes sont numérotée de l'amont vers l'avale branche âpres branche par une catégorie de chiffres (101,102,....,119)
- Les nœuds sont numérotés de l'aval vers l'amont (de plus éloigné au plus proche de l'origine) branche âpres branche par une autre catégorie de chiffre (901,902,...)
- La source (le réservoir) prend la catégorie des nœuds multiplié par 10 ($900*10=9000$)
- Un tronçon de conduite sera identifié par ses deux numéros amont et aval

La figure IV.6 présente le réseau Ain El Houtz numérotés.

IV.3.3. Détermination des débits des tronçons:

Selon les exigences de la demande; une durée de fonctionnement du réseau et une qualité de fonctionnement doivent être choisies préalablement. Ainsi donc, nous avons opté en premier lieu l'étude de deux variantes:

1. Un fonctionnement de 18 h/24h ($r = 0.75$) avec une qualité de fonctionnement de 95 % et c'est dire que $U(P_q) = 1.645$.
2. Un fonctionnement de 24/24 ($r = 1$) avec une qualité de fonctionnement de 95 % et c'est dire que $U(P_q) = 1.645$.

Avec la méthode de la distribution à la demande et pour les conditions précédentes nous avons obtenu les résultats suivants :

Les résultats obtenus (Tableau IV.12 et Tableau IV.13) ne sont pas en conformité avec les ressources dont nous disposons car de débit exigé est supérieur au débit d'eau disponible (41.4l/s), et cela dans les deux variantes (76.95 l/s pour la première variante et 61.71l/s pour la seconde). Pour cela, nous avons essayé de rétablir le compte jusqu'à ce que des résultats soient cohérents avec nos ressources.

Après plusieurs essais nous avons pu avoir un compromis offre-demande en abaissant la qualité de fonctionnement à 60%, donc nous aurons 60% de chances à satisfaire les prises ouvertes :

Deux autres variantes sont étudiées:

1. Un fonctionnement de 18 h/24h ($r = 0.75$) avec une qualité de fonctionnement de 95 % et c'est dire que $U(P_q) = 0.25$ (3^{ème} variante)
2. Un fonctionnement de 24/24 ($r = 1$) avec une qualité de fonctionnement de 95 % et c'est dire que $U(P_q) = 0.25$. (4^{ème} variante)

Les résultats obtenus (Tableau IV.14 et Tableau IV.15) ne sont pas en conformité avec les ressources dont nous disposons car de débit exigé est inférieur au débit d'eau disponible (41.4l/s) pour la 4^{ème} variante et dans les troisième variantes ($Q = 52,317$ l/s) Son débit est supérieur au débit disponible mais ce déficit en débit peut être compensé par un réservoir de mise en charge.

Les résultats obtenus (Tableau IV.13 Tableau IV.13) montrent une cohérence entre le débit disponible et le débit exigé en tête du réseau

IV.3.4. Choix de variante

Nous optons pour la 3^{ème} variante, pour laissé le temps au irrigant de se reposer une partie de la nuit. Notre réseau fonctionnera 18h/24h c'est-à-dire de 06h00 à 00h00, avec une qualité e fonctionnement de 60%

IV.3.5. Détermination de réservoir de mise en charge R2:

Le nombre d'heures d'irrigation 18 heures avec un débit de 52,32 l/s, le débit disponible est de

41.4 l/s, de volume à compenser par le réservoir V_c est

$$\text{Volume de compensation } V_c = (52.32 - 41.4) \cdot 18 \cdot 3.6 = 707.62 \text{ m}^3$$

Durant les 6 heures restantes où l'on peut stocker l'eau le réservoir se remplit, donc le volume de remplissage est V_r :

$$\text{Volume de remplissage est: } V_r = 41.4 \times (6 \times 60 \times 60) = 894240 \text{ litre} = 894.240 \text{ m}^3$$

Donc le déficit en débit peut être compensé par un réservoir car $V_r < V_c$

Nous prenons le volume de 1000 m³ Pour laisser un espace de stockage supplémentaire. Ce réservoir sera placé en un point haut du périmètre (cote 560m) pour qu'il nous fournisse des pressions suffisantes aux bornes.

Tableau IV.4. Débits des tronçons 1^{ère} variante (r =0.75 et une qualité de 95 %)

Numéro tronçon	S irriguer	dfc (l/s)	10 m ³ /h	20 m ³ /h	30 m ³ /h	50 m ³ /h	70 m ³ /h	90 m ³ /h	125 m ³ /h	N de prises	Débit total installé (l/s)	P	Qp(l/s)	Q corrigé
conduite			2,8 l/s	5,6 l/s	8,4 l/s	13,9 l/s	19,5 l/s	25 l/s	34,8 l/s					
120-119	2,368	0,961		2						2	11,2		11,2000	11,2
119-901	9,298	3,775		5	1					6	36,4	0,1383	13,5957	13.5957
118-901	3,877	1,573		2						2	11,2		11,2000	11,2
901-902	13,175	5,349		7	1					8	47,6	0,1498	17,1314	17.1314
117-902	3,845	1,561	1	2						3	14		14,0000	14
902-903	17,02	6,91	1	9	1					11	61,6	0,1496	20,3547	20.3547
116-903	4,58	1,859	1	2						3	14		14,0000	14
903-115	21,599	8,769	2	11	1					14	75,6	0,1547	24,0436	24.0436
115-114	24,778	10,06	4	12	1					17	86,8	0,1545	26,4164	26.4164
114-113	29,823	12,108	4	13	2					19	100,8	0,1602	30,6758	30.6758
113-904	35,925	14,585	4	16	2					22	117,6	0,1654	35,3163	35.3163
112-111	6,166	2,503			2					2	16,8		16,8000	16,8
111-904	10,527	4,273			2	1				3	30,7		30,7000	30,7
904-909	46,452	18,859	4	16	4	1				25	148,3	0,1696	44,7494	44.7494
110-905	6,677	2,711					1			1	19,5		19,5000	19,5
109-905	2,708	1,099			1					1	8,4		8,4000	8,4
905-108	9,474	3,846			1		1			2	27,9		27,9000	27,9
108-107	12,832	5,209		2	1		1			4	39,1		39,1000	39,1
107-907	16,989	6,897		3	2		1			6	53,1	0,1732	24,6396	39,1*
104-906	4,723	1,917		3						3	16,8		16,8000	16,8
105-906	3,325	1,35		2						2	11,2		11,2000	11,2
906-106	8,049	3,267		5						5	28	0,1556	11,8235	16,8*
106-907	12,221	4,961		8						8	44,8	0,1477	15,8598	16,8*
907-908	29,21	11,859		11	2		1			14	97,9	0,1615	33,6306	39,1*
103-102	4,302	1,746				1				1	13,9		13,9000	13,9
102-908	8,873	3,602		1	1	1				3	27,9		27,9000	27,9
908-909	38,084	15,462		12	3	1	1			17	125,8	0,1639	41,3681	41.63
909-101	84,546	34,325	4	28	7	2	1			42	274,1	0,1670	74,3469	74.3469
101-9000	88,489	35,926	4	30	7	2	1			44	285,3	0,1679	76,9555	76.95

- Les valeurs de débit qui nous avons ajouté un étoile (*) sont les débits corrigé.

Tableau IV.5. Débits des tronçons 2^{cre} variante (r=1 et une qualité de 95 %)

Numéro tronçon	S irriguer	dfc (l/s)	10	20	30	50	70	90	125	N de prises	Débit total installé (l/s)	P	Qp(l/s)	Q corrigé
			m ³ /h											
N conduites			2,8 l/s	5,6 l/s	8,4 l/s	13,9 l/s	19,5 l/s	25 l/s	34,8 l/s					
120-119	2,368	0,961		2						2	11,2		11,2000	11,200
119-901	9,298	3,775		5	1					6	36,4	0,1037	11,3375	11,337
118-901	3,877	1,573		2						2	11,2		11,2000	11,200
901-902	13,175	5,349		7	1					8	47,6	0,1124	14,1975	14,197
117-902	3,845	1,561	1	2						3	14		14,0000	14,000
902-903	17,02	6,91	1	9	1					11	61,6	0,1122	16,7685	16,768
116-903	4,58	1,859	1	2						3	14		14,0000	14,000
903-115	21,599	8,769	2	11	1					14	75,6	0,1160	19,7076	19,707
115-114	24,778	10,06	4	12	1					17	86,8	0,1159	21,5754	21,575
114-113	29,823	12,108	4	13	2					19	100,8	0,1201	24,9894	24,989
113-904	35,925	14,585	4	16	2					22	117,6	0,1240	28,6646	28,664
112-111	6,166	2,503			2					2	16,8		16,8000	16,800
111-904	10,527	4,273			2	1				3	30,7		30,7000	30,700
904-909	46,452	18,859	4	16	4	1				25	148,3	0,1272	36,2644	36,264
110-905	6,677	2,711					1			1	19,5		19,5000	19,500
109-905	2,708	1,099			1					1	8,4		8,4000	8,400
905-108	9,474	3,846			1		1			2	27,9		27,9000	27,900
108-107	12,832	5,209		2	1			1		4	39,1		39,1000	39,100
107-907	16,989	6,897		3	2			1		6	53,1	0,1299	20,6172	39.100*
104-906	4,723	1,917		3						3	16,8		16,8000	16,800
105-906	3,325	1,35		2						2	11,2		11,2000	11,200
906-106	8,049	3,267		5						5	28	0,1167	9,8812	16.800*
106-907	12,221	4,961		8						8	44,8	0,1108	13,1389	16.800*
907-908	29,21	11,859		11	2			1		14	97,9	0,1211	27,6575	39.100*
103-102	4,302	1,746				1				1	13,9		13,9000	13,900
102-908	8,873	3,602		1	1	1				3	27,9		27,9000	27,900
908-909	38,084	15,462		12	3	1	1			17	125,8	0,1229	33,8689	39.100*
909-101	84,546	34,325	4	28	7	2	1			42	274,1	0,1252	59,6887	59,6887
101-9000	88,489	35,926	4	30	7	2	1			44	285,3	0,1259	61,7144	61,7144

- (*) débits corrigé car débit obtenu inférieur au débit aval.

Tableau IV.6. Débits des tronçons 3^{ème} variante (r =0.75 et une qualité de 60 %)

Numéro aval tronçon	S irriguer	dfc (l/s)	10 m ³ /h	20 m ³ /h	30 m ³ /h	50 m ³ /h	70 m ³ /h	90 m ³ /h	125 m ³ /h	N de prises	Débit total installé (l/s)	P	Qp(l/s)	Q corrigé
N conduites			2,8 l/s	5,6 l/s	8,4 l/s	13,9 l/s	19,5 l/s	25 l/s	34,8 l/s					
120-119	2,368	0,961		2						2	11,2		11,200	11,2*
119-901	9,298	3,775		5	1					6	36,4	0,1383	6,335	11,2*
118-901	3,877	1,573		2						2	11,2		11,200	11,2
901-902	13,175	5,349		7	1					8	47,6	0,1498	8,652	11,2*
117-902	3,845	1,561	1	2						3	14		14,000	14
902-903	17,020	6,910	1	9	1					11	61,6	0,1496	10,907	14*
116-903	4,580	1,859	1	2						3	14		14,000	14
903-115	21,599	8,769	2	11	1					14	75,6	0,1547	13,569	14*
115-114	24,778	10,060	4	12	1					17	86,8	0,1545	15,705	15,705
114-113	29,823	12,108	4	13	2					19	100,8	0,1602	18,73	18,73
113-904	35,925	14,585	4	16	2					22	117,6	0,1654	22,311	22,311
112-111	6,166	2,503			2					2	16,8		16,800	16,8
111-904	10,527	4,273			2	1				3	30,7		30,700	30,7
904-909	46,452	18,859	4	16	4	1				25	148,3	0,1696	28,125	30,7*
110-905	6,677	2,711					1			1	19,5		19,500	19,5
109-905	2,708	1,099			1					1	8,4		8,400	8,4
905-108	9,474	3,846			1		1			2	27,9		27,900	27,9
108-107	12,832	5,209		2	1		1			4	39,1		39,100	39,1
107-907	16,989	6,897		3	2		1			6	53,1	0,1732	11,544	39,1*
104-906	4,723	1,917		3						3	16,8		16,800	16,8
105-906	3,325	1,350		2						2	11,2		11,200	11,2
906-106	8,049	3,267		5						5	28	0,1556	5,492	16,8*
106-907	12,221	4,961		8						8	44,8	0,1477	8,021	16,8*
907-908	29,210	11,859		11	2		1			14	97,9	0,1615	18,520	39,1*
103-102	4,302	1,746				1				1	13,9		13,900	13,9
102-908	8,873	3,602		1	1	1				3	27,9		27,900	27,9
908-909	38,084	15,462		12	3	1	1			17	125,8	0,1639	23,770	39,1*
909-101	84,546	34,325	4	28	7	2	1			42	274,1	0,1670	50,111	51,111
101-9000	88,489	35,926	4	30	7	2	1			44	285,3	0,1679	52,317	52,317

- (*) débits corrigé car débit obtenu inférieur au débit aval.

Tableau IV.7. Débits des tronçons 4^{ème} variante (r = 1 et une qualité de 60 %)

Numéro trancom	S irriguer	dfc (l/s)	10 m ³ /h	20 m ³ /h	30 m ³ /h	50 m ³ /h	70 m ³ /h	90 m ³ /h	125 m ³ /h	N de prises	Débit total installé (l/s)	P	Qp(l/s)	Q corrigé (l/s)
N conduites			2,8 l/s	5,6 l/s	8,4 l/s	13,9 l/s	19,5 l/s	25 l/s	34,8 l/s					
120-119	2,368	0,961		2						2	11,2		11,200	11,2
119-901	9,298	3,775		5	1					6	36,4	0,1037	4,924	11,2*
118-901	3,877	1,573		2						2	11,2		11,200	11,2
901-902	13,175	5,349		7	1					8	47,6	0,1124	6,693	11,2*
117-902	3,845	1,561	1	2						3	14		14,000	14
902-903	17,02	6,91	1	9	1					11	61,6	0,1122	8,408	14*
116-903	4,58	1,859	1	2						3	14		14,000	14
903-115	21,599	8,769	2	11	1					14	75,6	0,1160	10,431	14*
115-114	24,778	10,06	4	12	1					17	86,8	0,1159	11,810	14*
114-113	29,823	12,108	4	13	2					19	100,8	0,1201	14,065	14,066
113-904	35,925	14,585	4	16	2					22	117,6	0,1240	16,725	16,725
112-111	6,166	2,503			2					2	16,8		16,800	16,8
111-904	10,527	4,273			2	1				3	30,7		30,700	30,7
904-909	46,452	18,859	4	16	4	1				25	148,3	0,1272	21,504	30,7*
110-905	6,677	2,711					1			1	19,5		19,500	19,5
109-905	2,708	1,099			1					1	8,4		8,400	8,4
905-108	9,474	3,846			1		1			2	27,9		27,900	27,9
108-107	12,832	5,209		2	1		1			4	39,1		39,100	39,1
107-907	16,989	6,897		3	2		1			6	53,1	0,1299	8,982	39,1*
104-906	4,723	1,917		3						3	16,8		16,800	16,8
105-906	3,325	1,35		2						2	11,2		11,200	11,2
906-106	8,049	3,267		5						5	28	0,1167	4,272	16,8*
106-907	12,221	4,961		8						8	44,8	0,1108	6,204	16,8*
907-908	29,21	11,859		11	2		1			14	97,9	0,1211	14,260	39,1*
103-102	4,302	1,746				1				1	13,9		13,900	13,9
102-908	8,873	3,602		1	1	1				3	27,9		27,900	27,9
908-909	38,084	15,462		12	3	1	1			17	125,8	0,1229	18,259	39,1*
909-101	84,546	34,325	4	28	7	2	1			42	274,1	0,1252	39,310	39,31
101-9000	88,489	35,926	4	30	7	2	1			44	285,3	0,1259	39,846	39,846

- (*) débits corrigés car débit obtenu inférieur au débit aval.

IV.4. Dimensionnement du réseau d'irrigation de Ain El Houtz:

Nous sommes maintenant dans la phase finale du projet, Nous avons choisi le PEHD comme type de conduite pour notre réseau, ce choix du PEHD est justifié par sa gamme assez large, sa résistance et sa étanchéité. Le calcul de dimensionnement sera effectué par simulation sur le logiciel EPANET.

Les applications des systèmes de canalisations en polyéthylène haute densité (PEHD) sont variées ; elles concernent les industries du gaz, des eaux, du drainage et de l'assainissement. Le PEHD est le plus inerte chimiquement de tous les matériaux brutes en plastique, et est par conséquent extrêmement résistant aux produits chimiques et à la corrosion. Les eaux agressives issues des sols à haute teneur en sulfate et celles à faible dureté n'attaqueront pas les tubes en PE [33].

Tableau IV.8. Les diamètres Normalisés PEHD (diamètres extérieurs) [34].

PN 6		PN 10	
Diamètres normalisés	Masse Kg/m	Diamètres normalisés	Masse Kg/m
90	0.985	90	1.470
110	1.440	110	2.190
125	1.860	125	2.790
160	3.070	160	4.570
200	4.740	200	7.150
250	7.400	250	11.100
315	11.800	315	17.700
400	18.800	400	28.4
500	29.300	500	44.2

Les coefficients de rugosité pour les conduites PEHD d'après la catalogue de groupe CHIALI sont comme suit :

$\epsilon=0.01\text{mm}$ pour $D<200\text{mm}$

$\epsilon=0.02\text{mm}$ pour $D>200\text{mm}$

IV.4.1. EPANET :

a. Présentation de logiciel EPANET :

Le logiciel EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et de simulation de la qualité de l'eau dans les réseaux d'eau potable. Un réseau d'eau potable sur un logiciel se définit par des tuyaux (tronçons sur le logiciel), des nœuds (intersection de deux tuyaux et extrémité d'une antenne) mais également d'autres organes (réservoirs, pompes, clapets, différents types de vannes,...).

Le logiciel permet de calculer le débit parcourant chaque tuyau, la pression à chacun des nœuds mais également le niveau de l'eau à n'importe quel moment de la journée et quelle que soit la période de l'année où on se situe. Le moteur de calcul hydraulique intégré permet de traiter des réseaux de taille illimitée. Il dispose de plusieurs formules de calcul de pertes de charges, il inclut les différentes pertes de charge singulières et modélise les pompes à vitesse fixe et variable. En résumé, le logiciel présente tous les outils pour remplir les objectifs suivants :

- Régulation des pressions dans le réseau
- Détection des zones de fonctionnement déficitaire
- Dimensionnement de réseaux
- Amélioration de la gestion des équipements d'eau [32].

b. Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET :

Pour modéliser un système de distribution d'eau sous EPANET les étapes sont les suivantes:

- Dessin d'un réseau représentant le système de distribution
- Saisie des propriétés des éléments du réseau
- Sélection d'un ensemble d'options de simulation
- Lancement d'une simulation hydraulique ou d'une analyse de la qualité
- Visualisation des résultats d'une simulation [25].

Chaque formule utilise un coefficient de rugosité différent qui doit être déterminé empiriquement. Le tableau IV.9 donne les intervalles généraux de ces coefficients pour différents types de matériaux de tuyaux neufs. Il est important de noter que le coefficient de rugosité d'un tuyau peut changer considérablement avec son âge.

Tableau IV.9 : Formules de perte de charge totale pour toute la longueur de la canalisation en charge (la perte de charge est exprimée en m et le débit en m³/s).

Tableau IV.9. Formules de perte de charge

Formule	Coefficient de résistance (A)	Exposant du débit (B)
Hazen-Williams	$10,674 C^{-1.852} d^{-4.871} L$	1,852
Darcy-Weisbach	$0.0827 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$10,294 n^2 d^{-5.33} L$	2

Avec :

- C : coefficient de rugosité de Hazen-Williams.
- ϵ : coefficient de rugosité de Darcy-Weisbach (m).
- f : facteur de friction (dépend de ϵ , d et q).
- n coefficient de rugosité de Manning.
- d : diamètre du tuyau (m).
- L : longueur de tuyau (m).
- q : débit (m³/s) [25].

Remarque:

Dimensionnement concernera unique la variante adopté (variante 3)

IV.4.2. Détermination des diamètres approximatifs des conduites :

Le débit de chaque conduite étant connus, son diamètre peut être déterminé par la relation suivante:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \pi}} \dots \dots \dots \text{(IV.9)}$$

Nous prendrons en première approche $V=1$ m/s, et on déterminera une première répartition des diamètres approximatifs ces diamètres seront choisis dans une gamme normalisée.

Dans les tableaux suivants sont représentés les diamètres approximatifs des différents tronçons du réseau.

Tableau IV.10. Diamètres approximatifs des tronçons 3^{ème} variante, $r=0.75$ et une qualité de 60%

N conduites	Longueur m)	Q(l/s)	D(m) calculé	D(m) Normali
120-119	412	11,2	0,119446707	0,125
119-901	223	11,2	0,119446707	0,125
118-901	79	11,2	0,119446707	0,125
901-902	102	11,2	0,119446707	0,125
117-902	126	14	0,133545479	0,125
902-903	407	14	0,133545479	0,125
116-903	55	14	0,133545479	0,125
903-115	80	14	0,133545479	0,125
115-114	218	15,705	0,141443874	0,16
114-113	298	18,73	0,154466413	0,16
113-904	390	22,311	0,168587236	0,16
112-111	120	16,8	0,146291742	0,16
111-904	134	30,7	0,197758136	0,2
904-909	68	30,7	0,197758136	0,2
110-905	266	19,5	0,157609531	0,16
109-905	48	8,4	0,103443883	0,11
905-108	87	27,9	0,188524272	0,2
108-107	286	39,1	0,223179115	0,25
107-907	111	39,1	0,223179115	0,25
104-906	178	16,8	0,146291742	0,16
105-906	395	11,2	0,119446707	0,125
906-106	136	16,8	0,146291742	0,16
106-907	125	16,8	0,146291742	0,16
907-908	200	39,1	0,223179115	0,25
103-102	285	13,9	0,133067676	0,125
102-908	240	27,9	0,188524272	0,2
908-909	73	39,1	0,223179115	0,25
909-101	115	51,111	0,255165739	0,25
101-9000	380	52,317	0,258158594	0,25

IV.4.1. Finalisation de dimensionnement du réseau de Ain El Houtz:

L'introduction du réseau et de l'ensemble de ses données (débits, longueurs, altitude, rugosité, diamètres....) dans logiciel EPANET nous permis grâce divers simulations de dimensionner nous sommes arrivé à dimensionner le réseau d'irrigation de Ain El Houtz, en satisfaisant les conditions de vitesse dans les conduites et de pression au bornes ou la pression doit suffisante pour le fonctionnement des appareils d'irrigation (goutteur, asperseur).

a) Les pressions à garantir au bornes

Dans notre réseau il peut y'avoir trois types d'arrosage; le goutte à goutte pour l'arboriculture et les culture maraichères et l'aspersion pour les céréales et les culture maraichères ou l'irrigation traditionnelle.

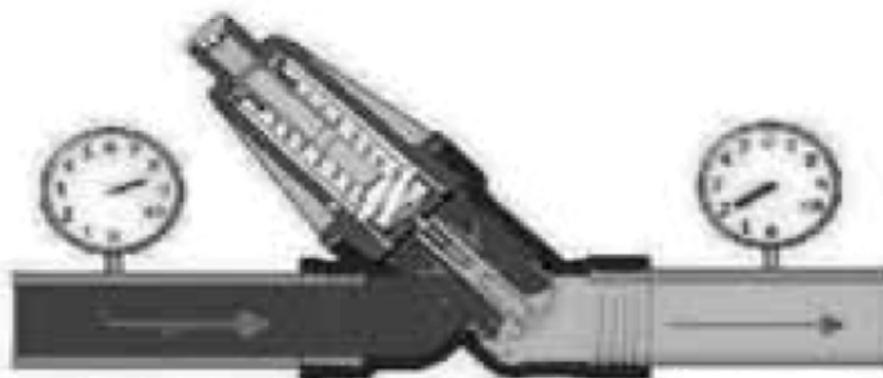
- Pour la micro irrigation (goutte à goutte), la pression à la borne doit suffisante pour compenser le 1 bar pour faire fonctionner le goutteur additionné des pertes de charge dans les portes rampes et dans certains appareils (estimé à 20% de la charge) plus celle due à appareils de filtration (0.5 bar le plus souvent) soit une pression minimale d'environ 1.8bar

- Pour l'aspersion,), la pression à la borne doit suffisante pour compenser le 2 bar pour faire fonctionner l'asperseur de taille moyenne additionné des pertes de charge dans les portes rampes et dans certains appareils (estimé à 20% de la charge) soit une pression minimal d'environ 2.5 bar (in [32]).

Dans le cas des pressions supérieur (haute pression) il faut placer des vannes de réduction de pression, pour éviter de détruire les équipements.

b) De réduction de pression

Les vannes de réglage sont soit actionnées directement, soit pilotées à distance. Les vannes de réglage de la pression sont souvent installées en tête des adducteurs pour assurer une pression de fonctionnement constante dans les conduites latérales. Ces vannes sont en laiton, bronze ou plastique et existent dans des diamètres de 1 à 3 pouces avec des raccords filetés [33].



La figure. IV.7. Vanne de réduction de pression [33].

c) Résultats des simulation sur EPANET:

à la première simulation avec les diamètres approximatifs nous avons eu des pressions très importantes (allant jusqu'à 95.66 mce c'est-à-dire 9.26 bar) dans certains tronçons (Figure IV.8). Après modification des certains diamètres et à la fin des simulations nous avons pu avoir un réseau fiable satisfaisant les conditions de vitesse et de pression, la Figure IV.9. représente les Débits des tronçons et les pressions aux nœuds et bornes obtenus et la Figure IV.9. les vitesses d'écoulements obtenus pour les tronçons et les pressions aux nœuds et bornes

le tableau IV.11 résume les diamètres des tronçons adoptés et les vitesses d'écoulement dans ce dernier, nous signalons que toutes les vitesses d'écoulement dans les divers tronçons de réseau sont dans les normes (entre 0.5 et 2.5m/s)

Le tableau IV.12 résume les pressions finales obtenues aux bornes et aux nœuds.

Des pressions importantes ont été obtenues dans certains tronçons dépassant les 6 bars, nous recommandons pour ces tronçons l'utilisation du PN10 et nous utiliserons le PN6 pour les tronçons ne dépassant pas les 6 bars.

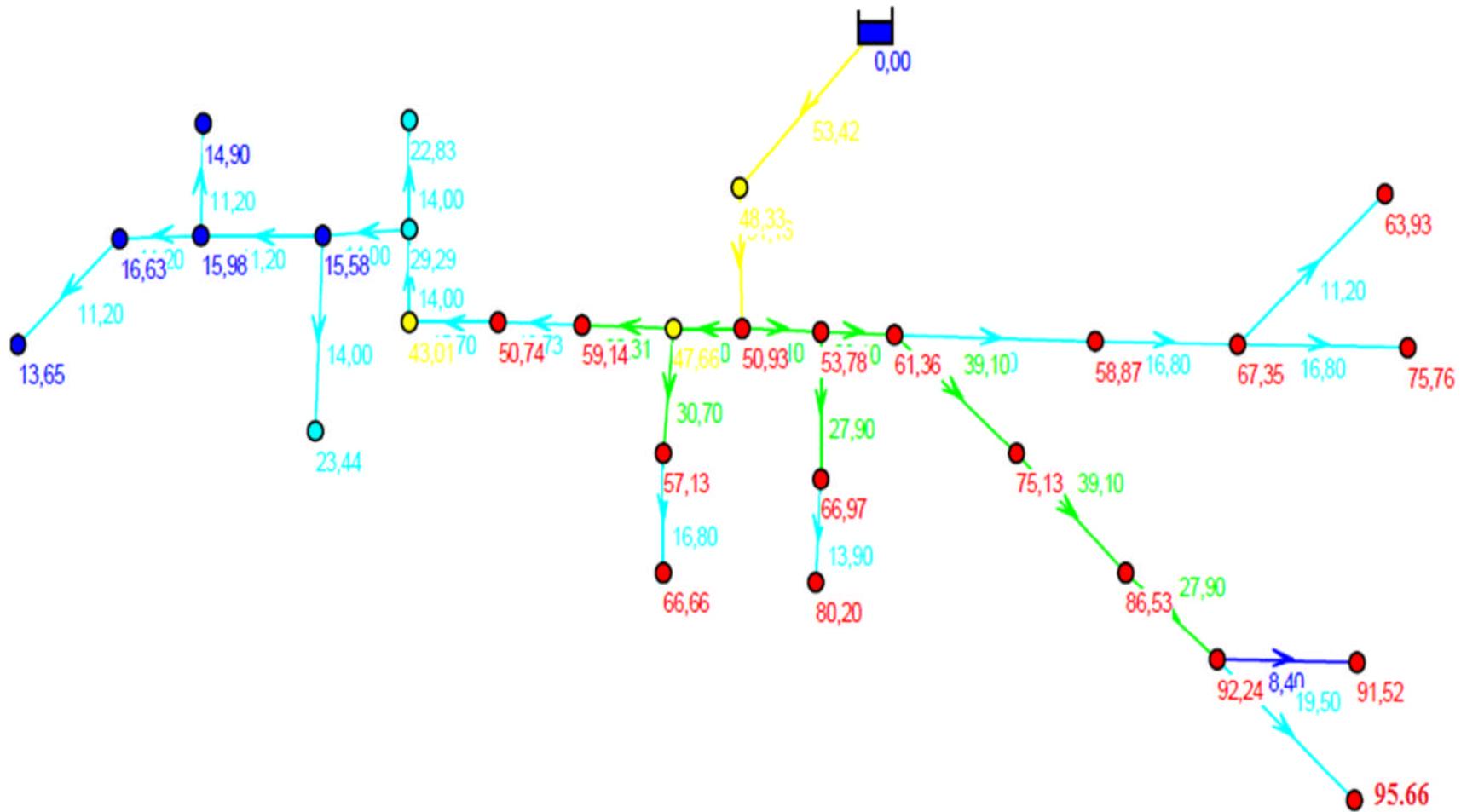


Figure IV.8. Débits des tronçons et pressions aux nœuds et bornes (Simulation avec les diamètres approximatif)

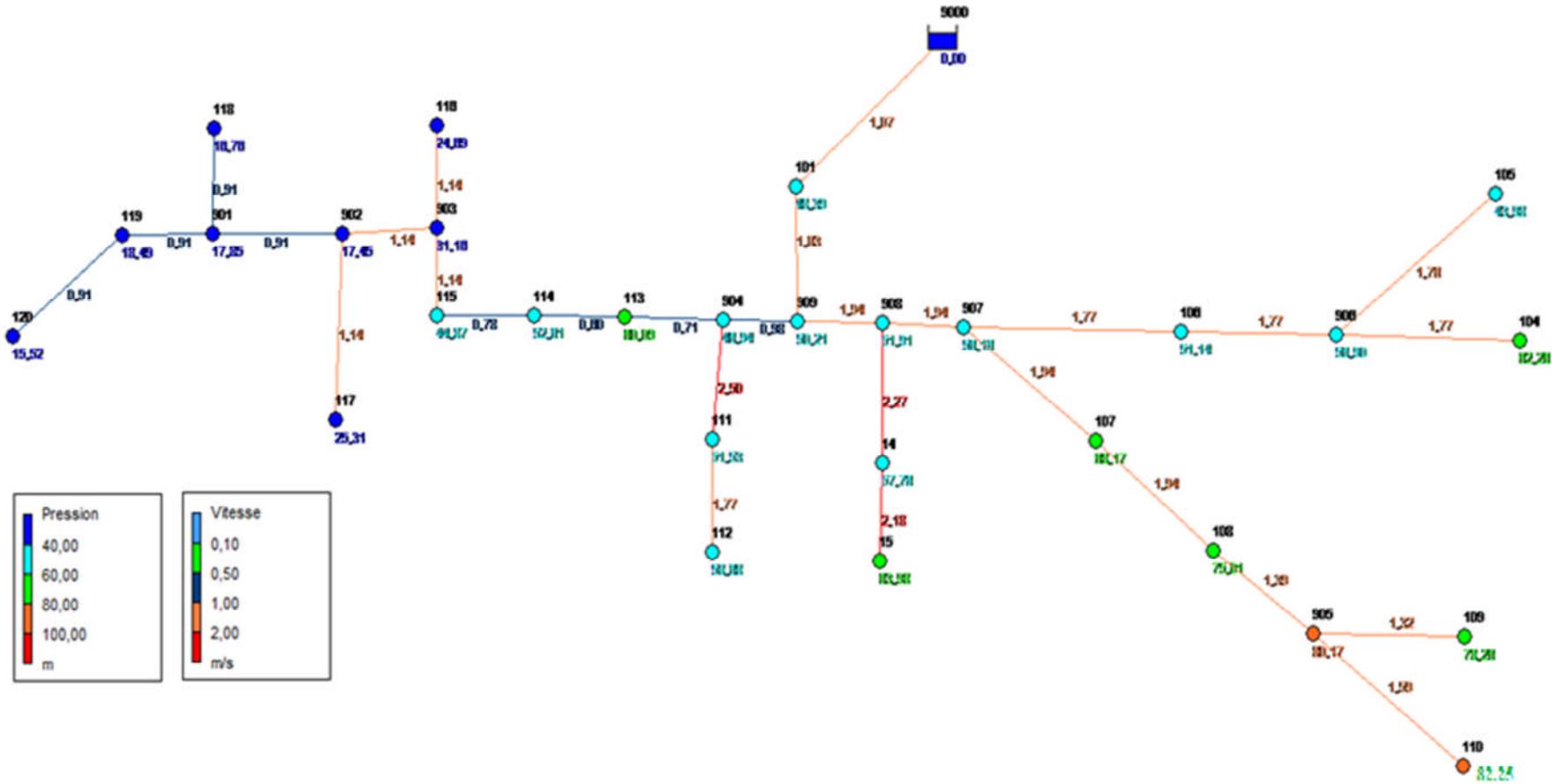


Figure IV.9. Débits des tronçons et pressions aux nœuds et bornes (Simulation finale)

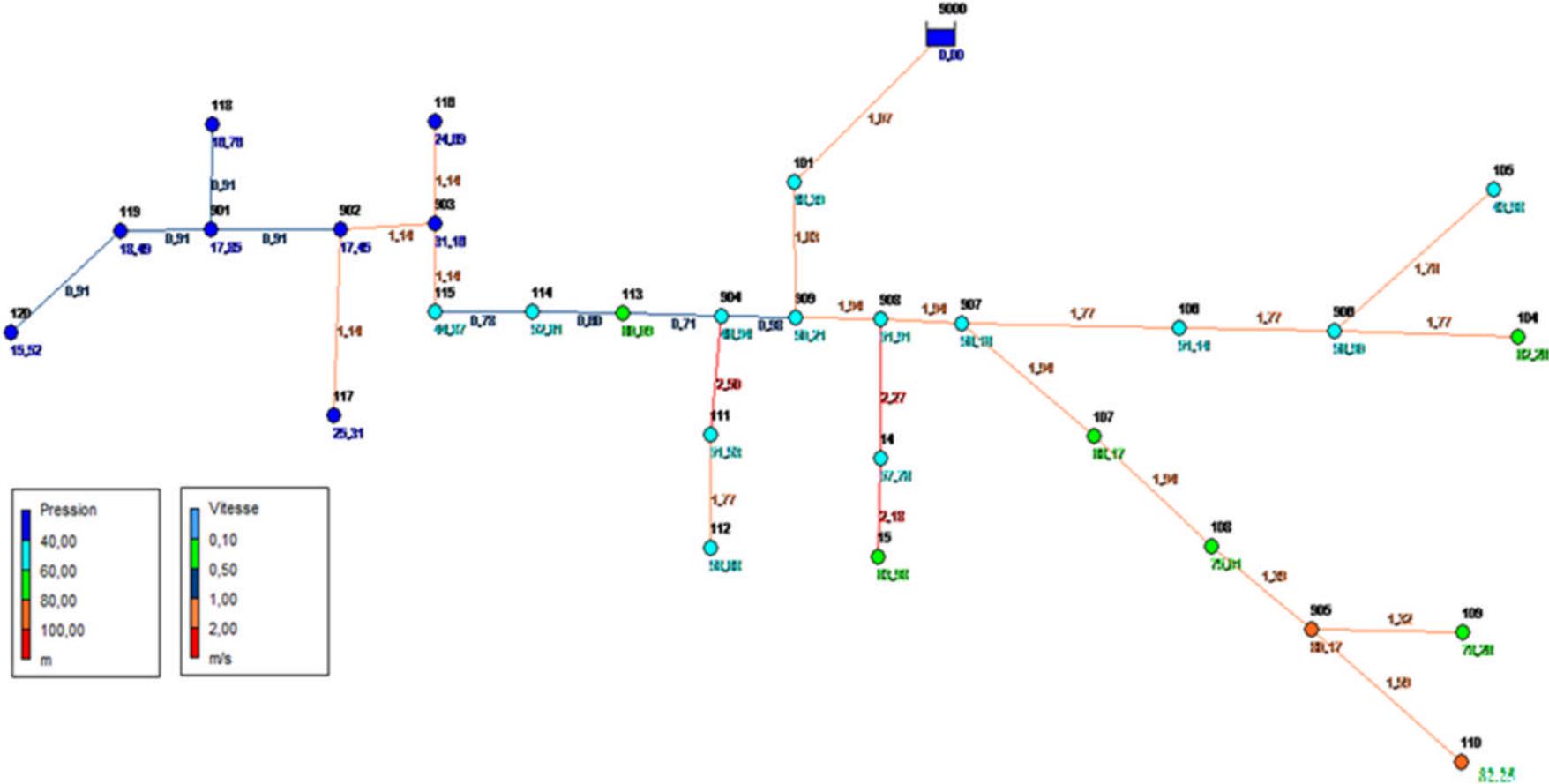


Figure IV.10. vitesses d'écoulements et pressions aux nœuds et bornes (Simulation finale)

Tableau IV.11. Diamètres retenus et vitesse d'écoulement.

N conduites	Diamètre retenu (mm)	Débit L/s	Vitesse m/s	Remarque
9000-101	250	53,32	1,07	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
101-909	200	51,11	1,63	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
909-904	200	30,7	0,98	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
904-111	125	30,7	2,5	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
111-112	110	16,8	1,77	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
904-113	200	23,31	0,71	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
113-114	200	18,73	0,6	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
114-115	160	15,7	0,78	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
115-903	125	14	1,14	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
903-116	125	14	1,14	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
903-902	125	14	1,14	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
902-117	125	14	1,14	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
902-901	125	11,2	0,91	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
901-118	125	11,2	0,91	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
901-119	125	11,2	0,91	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
119-120	125	11,2	0,91	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
909-908	160	39,1	1,94	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
908-102	125	27,9	2,27	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
102-103	90	13,9	2,18	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
908-907	160	39,1	1,94	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
907-107	160	39,1	1,94	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
107-108	160	39,1	1,94	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
108-905	160	27	1,39	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
905-110	125	19,5	1,39	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
905-109	90	8,4	1,32	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
907-106	110	16,8	1,77	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
106-906	110	16,8	1,77	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
906-104	110	16,8	1,77	0.5 m/s > V < 2.5 m/s
906-105	90	11,2	1,76	0.5 m/s > V < 2.5 m/s

Tableau. IV.12. les paramètres calculés par EPANET dans des Bornes ou Nœuds après la simulation finale.

N°	Bornes ou Nœuds	cote (m)	Charge (m)	Pression au sol (mce)	Pression au sol (bar)
9000	réservoir	560	560	0	0,00
101	Borne	510	558,39	46,39	4,49
909	Nœud	507	557,21	50,21	4,86
904	Nœud	510	556,94	46,94	4,54
111	Borne	500	551,53	51,53	4,99
112	Borne	490	548,68	58,68	5,68
113	Borne	496	556,09	60,09	5,82
114	Borne	503	555,61	52,61	5,09
115	Borne	510	554,87	44,87	4,34
903	Nœud	523	554,16	31,16	3,02
116	Borne	529	553,69	24,69	2,39
902	Nœud	533	550,45	17,45	1,69
117	Borne	524	549,31	25,31	2,45
902	Nœud	532	549,85	17,85	1,73
118	Borne	533	549,76	16,76	1,62
119	Borne	530	548,49	18,49	1,79
120	Borne	530	545,52	15,52	1,50
908	Nœud	504	555,91	51,91	5,03
102	Borne	490	547,76	57,76	5,59
103	Borne	475	538,98	63,98	6,19
907	Nœud	496	552,16	56,16	5,44
107	Borne	482	550,17	68,17	6,60
108	Borne	470	545,01	75,01	7,26
905	Nœud	464	544,17	80,17	7,76
110	Borne	460	542,25	82,25	7,96
109	Borne	464	542,26	76,26	7,38
106	Borne	498	549,14	51,14	4,95
906	Nœud	489	545,9	56,9	5,51
104	Borne	480	542,26	62,26	6,03
105	Borne	490	533,98	42,98	4,16

IV.5. Dimensionné les ouvrages de la tête morte :

IV.5.1. Dimensionné l’adduction de STEP- réservoir tampon (R 1) :

C’est une adduction de longueur 1414 m qui relie la prise de la station d’épuration Ain El Houtz à la côte 530 m jusqu’à l’entrée de réservoir tampon (R 1) de la côte 515 m, cette canalisation est gravitaire qui dérive l’eau du STEP, le débit destinés pour notre périmètre est 12 l/s (ce chiffre est donné par DSA).

Ce débit nécessite une conduite principale d’un diamètre :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \pi}} \dots \dots \dots (IV.10)$$

Nous prendrons en première approche V=1 m/s

D=0.123 m Donc : Dn=125 mm [35].

Dn : le diamètre normalisé.

Tableau IV.13. Les altitudes de la STEP et Réservoir 1.

	STEP	Réservoir 1
Altitude (m)	530	515

Tableau IV.14. Les caractéristiques de la conduite (STEP-R1).

	Longueur (m)	Rugosité	Débit (l/s)
Conduite (STEP- R1)	1414	0.01	12

Nous avons enregistré toutes les données de la situation du branchement dans l’logiciel EPANET et nous obtenu les résultats suivants.

Tableau IV.15. Les résultats de logiciel EPANET pour l’addiction (STEP-R1).

	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de charge unité (m/km)
STEP	-12	/	/
Réservoir 1	+12	/	/
Conduite (STEP- R1)	12	0.98	7.28

Des signes positifs et négatifs nous donnent une idée sur le débit (entré ou sortir).

La perte de charge singulière(m) estimée 15 % de perte de charge linéaire [36].

$$\Delta H_{total} = (Pert\ de\ charge\ unité\ (m/km) \times longueur\ (km)) \times 1.15$$

$$\Delta H_{total} = 7.28 \times 1.414 \times 1.15$$

$$= 11.838\ m$$

ΔH_{total} : La perte de charge total (linéaire +singulière)

Et pour vérifier la continuité de l’écoulement d’eau, il faut calculé la différence entre la charge et la perte de charge totale.

$$P = (z1 - z2) - \Delta H_{totale} \dots \dots \dots (IV.11)$$

$$P = (530-515)-11.838$$

$$P = 3.162$$

P : la pression (m)

La pression d'eau juste à la sortie de la conduite au réservoir R 1 est de 3.162 m ainsi, cela permet l'arrivée de l'eau au réservoir facilement.

Le diamètre de la conduite reliant le réservoir de STEP à au réservoir tampon R1 sera en diamètre 125mm de préférence en PEHD, vitesse d'écoulement dans cette conduite sera V= 0.98 m/s

Pour amélioré les conditions a la sortie de la conduite en refaire les calcules et en changé le diamètre de 125 mm a 160 mm pour diminué les pertes de charges.

Tableau IV.16. Les résultats de logiciel EPANET pour l'addiction (STEP-R1) pour le diamètre (160 mm).

	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de charge unité (m/km)
STEP	-12	/	/
Réservoir 1	+12	/	/
Conduite (STEP- R1)	12	0.60	2.10

$$\Delta H_{total} = (Pert\ de\ charge\ unité\ (m/km) \times longueur\ (km)) \times 1.15$$

$$\Delta H_{total} = 2.10 \times 1.414 \times 1.15$$

$$= 3.41481\ m$$

ΔH_{total} : La perte de charge total (linéaire +singulière)

Et pour vérifier la continuité de l'écoulement d'eau, il faut calculé la différence entre la charge et la perte de charge totale.

$$P = (z1 - z2) - \Delta H_{totale} \dots \dots \dots (IV.12)$$

$$P = (530-515)-3.41481$$

$$P = 11.58519\ m$$

IV.5.2. Dimensionné le réservoir du captage de source :

Comme nous savons que le débit que prise en compte pour la source Ain Ancor est égal à 4.4 l/s, le réservoir de captage de cette source sera dimensionné pour un remplissage de 2 heures avec ce débit, donc nous avons besoin d'un réservoir de volume :

$$V_{rés} = 4.4 \times (2 \times 60 \times 60)$$

$$V_{rés} = 31680\ litre = 31.68\ m^3$$

$V_{rés}$: le volume de réservoir

Nous prenons un minimum le volume de 50 m³ Pour laisser un espace de stockage supplémentaire.

IV.5.3. Dimensionné l'adduction de source Ain Ancor - réservoir tampon (R 1) :

C'est une conduite de longueur 1720 m qui relie la source Ain Ancor à la côte 545 m jusqu'à l'entrée de réservoir tampon (R 1) de la côte 515 m, cette canalisation est gravitaire, le débit que nous voulons passer avec cette conduite égale 4.4 l/s.

Avant de sélectionner le canal qui relie entre Ain Ancor - réservoir tampon (R 1) nous devons déterminer le volume du réservoir nécessaire pour stocker sans aucun problème.

Le débit de 4.47 l/s nécessite une conduite principale d'un diamètre :

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

Nous prendrons en première approche $V=1$ m/s

$D=0.075$ m Donc : $D_n=90$ mm [13].

D_n : le diamètre normalisé.

Tableau IV.17. Les altitudes de l'Ain Ancor et Réservoir 1.

	Ain Ancor	Réservoir 1
Altitude (m)	545	515

Tableau IV.18. Les caractéristiques de la conduite (Ain Ancor -R1).

	Longueur (m)	Rugosité	Débit (l/s)
Conduite (Ain Ancor - R1)	1720	0.01	4.4

Nous avons enregistré toutes les données de la situation de l'adduction dans l'logiciel EPANET et nous obtenu les résultats suivants.

Tableau IV.19. Les résultats de logiciel EPANET pour l'adduction (Ain Ancor -R1).

	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de charge unité (m/km)
Ain Ancor	-4.4	/	/
Réservoir 1	+4.4	/	/
Conduite(STEP- R1)	4.4	1	5.51

Des signes positifs et négatifs nous donnent une idée sur le débit (entré ou sortir).

La perte de charge singulière(m) estimée 15 % de perte de charge linéaire [36].

$$\Delta H_{\text{total}} = (\text{Pert de charge unité (m/km)} \times \text{longueur (km)}) \times 1.15$$

$$\Delta H_{\text{total}} = 5.51 \times 1.72 \times 1.15 = 10.89878\text{m}$$

ΔH_{total} : La perte de charge total (linéaire +singulière)

Et pour vérifier la continuité de l'écoulement d'eau, il faut calculé la défaisance entre la charge et la perte de charge totale.

$$P = (z1 - z2) - \Delta H_{totale}$$

$$P = (545-515)-10.89878$$

$$P = 19.10122 \text{ m}$$

P : la pression (m)

La pression d'eau juste à la sortie de la conduite au réservoir R 1 est de 19.10122 m ainsi, cela permet l'arrivée de l'eau au réservoir R1 facilement.

Le diamètre de la conduite reliant la Ain Ancor au réservoir tampon R1 sera en diamètre 90mm de préférence en PEHD, vitesse d'écoulement dans cette conduite sera V= 0.69 m/s

IV.5.4. Dimensionné le réservoir tampon R1 (captage sources – STEP) :

Le débit global de nôtres sources égal à 41.4 l/s

- la source d'Ain Houtz (25 l/s)
- la source d'Ain Ancor (4.4 l/s)
- l'affectation par la STEP (12 l/s)

Donc nous avons besoin d'un réservoir de volume :

$$V_{rés} = 41.4 \times (2 \times 60 \times 60)$$

$$V_{rés} = 298080 \text{ litre} = 298.08 \text{ m}^3$$

$V_{rés}$: le volume de réservoir

Ces dimensions ont été calculées sur la base de 2heurs de stockage. Nous proposons un volume de 300 m³ Pour laisser un espace de stockage supplémentaire.

IV.5.5. Dimensionné la conduite de refoulement et caractériser la pompe :

Nous projetons une conduite en acier enrobé sur une longueur de 295 m, une hauteur de refoulement de 45 m, et un débit de 41.4 l/s.

IV.5.5.1.Méthode de calcul de la hauteur manométrique [37]:

La méthode de calcul consiste à suivre les étapes suivantes :

- a) la relation permettant de déterminer le diamètre économique Dec

Le diamètre économique est déterminé par l'une des relations suivantes

- **Formule de VIBERT :**

$$D = A \times \left(\frac{e}{f}\right)^{0.154} \times Q^{0.46} \dots\dots\dots(IV.13)$$

Avec

A : coefficient dépendant du temps de fonctionnement de la station de pompage, il est égale à 1.456 dans le cas d'un fonctionnement de 24 h/24 h.

e : le prix de Kwh d'énergie il est égale a 3.472 DA.

f : le prix de Kg d'acier donné par l'entreprise : f = 88.40 DA/Kg

Ce qui nous donne un diamètre de 0.204398 m soit un diamètre standard D= 200 mm [17].

La vitesse est $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \dots \dots \dots (IV.14)$

Nous projetons un diamètre de 0.204 m, soit un diamètre standard D =200 mm, et une vitesse de 1.318 m/s.

- **Formule de BONIN :**

$$D = \sqrt{Q} \dots \dots \dots (IV.15)$$

Q =41.4 l/s

La vitesse est $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \dots \dots \dots (IV.16)$

Nous projetons un diamètre de 0.204 m, soit un diamètre standard D =200 mm, et une vitesse de 1.318 m/s.

- **Formule de BRESSE :**

$$D = 1.5 \times \sqrt{Q} \dots \dots \dots (IV.17)$$

Nous projetons un diamètre de 0.305 m, soit un diamètre standard D = 315 mm, et une vitesse de 0.531 m/s.

Nous retenons donc le diamètre donné par la relation de VIBERT et BONIN qui s'avère être le plus favorable en conditions hydrauliques.

- b) **la vitesse moyenne d'eau :** dans la conduite qui est déterminée

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \dots \dots \dots (IV.18)$$

- c) **Par la formule de COLEBROOK ou par NIKURADZE :**

En régime turbulent rugueux ($Re > 560 \frac{D}{\epsilon}$), le coefficient de frottement est donné par

la formule de NIKURADZE.

$$\lambda = (1.14 - 0.86 \ln \frac{\epsilon}{D})^{-2} \dots \dots \dots (IV.19)$$

En régime transitoire ($10 \frac{D}{\varepsilon} \leq Re \leq 560 \frac{D}{\varepsilon}$)

le coefficient de frottement et donné par la formule de COLEBROOK

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -0.86 \ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \dots \dots \dots (IV.20)$$

ε : rugosité en (m) (pour l'acier on prend $\varepsilon=1\text{mm}$)

Re : nombre de REYNOLDS.

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot \gamma} \dots \dots \dots (IV.21)$$

Q débit véhiculé en (m³/s).

γ :viscosité cinématique de l'eau à 20°C

$\gamma=10^{-6}(\text{m}^2/\text{s})$

d) le gradient de la perte de charge (J) [36]

Le gradient de pertes de charge est déterminé à partir de la formule de DARCY-WEIBACH :

$$j = \frac{\lambda \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D} \dots \dots \dots (IV.22)$$

e) perte charge linéaire Δh_l :

- sont déterminer par la formule suivante :

$$\Delta h_l = J \cdot L \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (IV.23)$$

f) perte charge singulière Δh_s : nous estimons les pertes de charge singulière de 15% des pertes de charge linéaire

$$\Delta h_s = 0.15 \cdot \Delta h_l \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (IV.24)$$

g) les pertes de charge totale ΔH_T :

$$\Delta H_T = \Delta h_l + \Delta h_s \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (IV.25)$$

h) la hauteur manométrique totale HMT :

La hauteur manométrique totale représente la somme de la hauteur géométrique (Hg) dans notre cas égale 45 m, des pertes de charges totales (HT).

$$HM_T = Hg + \Delta H_T$$

i) la puissance P de la station :

La puissance des pompes est proportionnelle au débit pompé (Q), à la hauteur manométrique total (H.M.T) au poids spécifique de l'eau et inversement proportionnelle au rendement (R) de la pompe. Elle est donnée par la formule suivante :

$$P = \frac{\rho \times g \times H \times Q}{R} \dots \dots \dots (IV.26)$$

- p = la puissance.
- ρ = la masse volumique de l'eau en Kg/m³.
- R= le rendement et il égale a 75%.
- H= la hauteur manométrique totale (H.M.T). (1)

j) l'énergie consommée E :

L'énergie consommée en une année est :

$$E = P \cdot T \cdot 365 \text{ (kw.h)} \dots \dots \dots (IV.27)$$

Avec

E : énergie consommée exprimée en (kw)

T : nombre d'heure de pompage (dans notre cas on prend T = 24h)

P : puissance absorbée par la pompe en kw.

Tous les résultats qui ont une relation avec le dimensionnement de la conduite de refoulement est dans le tableau suivant :

Tableau IV.20. Caractéristique de la conduite de refoulement.

	Débit (m ³ /s)	Diamètre (m)	Vitesse (m/s)	Re	λ	J (m/m)	J _{total} (m)
Conduite (R1-R2)	0.0414	0.2	1.318	263694.268	0.0308	0.0136517	4.631

Tableau IV.21. Caractéristique de la pompe de refoulement.

H géométrique	Débit (m ³ /s)	J _{total} (m)	HMT (m)	Puissance (kw)	Energie (kw/ans)
45m	0.0414	4.631	49.631	26.875	235425

- Nous optons pour une pompe ayant un débit de 41.4 l/s refoulant sur une HMT de 50m
- Nous recommandons qu'il y ait une pompe secondaire de secours en cas de panne.

Conclusion

Conclusion

Le choix le plus judicieux en manière d'irrigation en vue de minimiser les pertes d'eau, ressource qui deviennent de plus en plus rare pour une demande de plus en plus forte.

Le but principal de cette étude est la mise en valeur des terres agricoles de Ain El Houtz en rationalisant les ressources conventionnelles et non conventionnelles de proximité, par la proposition de création d'un périmètre d'irrigation sans négliger tous les facteurs essentiels intervenant dans le choix du mode d'irrigation, tel que les données climatiques, agropédologiques, hydrologiques et qualitatives.

L'étude Climatologie, montre que notre région a une période pluvieuse qui s'étend de la fin octobre au début de mai avec une moyenne de 390.75 mm/an et une température de 5.3 °C en hiver et 34 °C en été. Donc, nous sommes dans un climat Semi-aride et parfois sec.

L'analyse du sol nous a permis de déterminer la qualité du sol en place, qui sont argileux sableux, et les valeurs de ses caractéristiques physiques (l'humidité (24%), densité (1.17) ...) qui nous ont permis après étude statistique des précipitations et estimation de l'évapotranspiration par le logiciel (Cropwat) de calculer les besoins en irrigation des cultures, grâce à des bilans hydriques mensuels (mois par mois). L'étude montre que le mois nécessitant plus d'eau d'irrigation étant Septembre (35.078m³/ha/mois).

Notre périmètre sera alimenté à partir de deux sources et une partie des eaux STEP de Ain El Houtz; le débit disponible est de 41.4l/s, supposé constant. Une première confrontation entre besoins-ressources, montre que théoriquement le débit disponible peut couvrir les besoins d'irrigation de notre périmètre.

Le choix du mode de distribution proposé étant la distribution à la demande offrant à l'irrigant d'utiliser sa prise d'eau, avec des débits nettement supérieurs au débit exigé par ces cultures. Après étude de plusieurs variantes du calcul du réseau à la demande notre choix s'est arrêté sur un réseau fonctionnant 18h/24h, avec une qualité de fonctionnement de 60%. Le débit exigé par ce réseau (52.317l/s), dépasse le débit disponible; ce déficit sera comblé par un réservoir de mise en charge de 1000m³, qui se remplira durant 6 heures d'arrêt du réseau.

Le dimensionnement du réseau a nécessité la proposition de différents ouvrages (les réservoirs de mise en charge, une station de pompage, des conduites de raccordement et refoulement), pour un bon fonctionnement du réseau.

Cette étude peut constituer, un document de base pour les personnes et organismes(D.S.A, D.R.E, O.N.D....) chargées d'une éventuelle élaboration d'un réseau d'irrigation et un moyen de montrer aux agriculteurs qu'il est possible d'utiliser une quantité d'eau minime et avoir un rendement satisfaisant.

Cette étude ne peut être, elle doit être complétée par:

- Proposition de nouveaux assolements en introduisant de nouvelles cultures.
- Encouragement de l'irrigation par aspersion et goutte a goutte.
- La réalisation des profils en long .

ANNEX I

ANNEX II

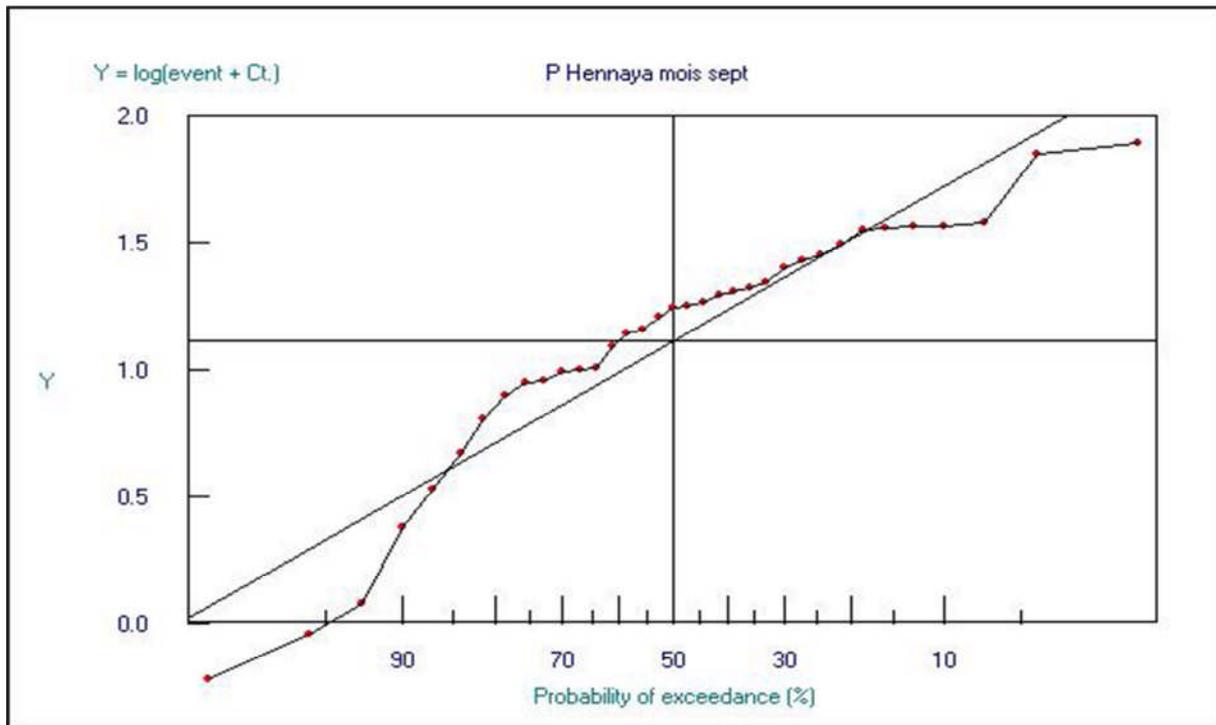


Figure.A.I.1. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Septembre.

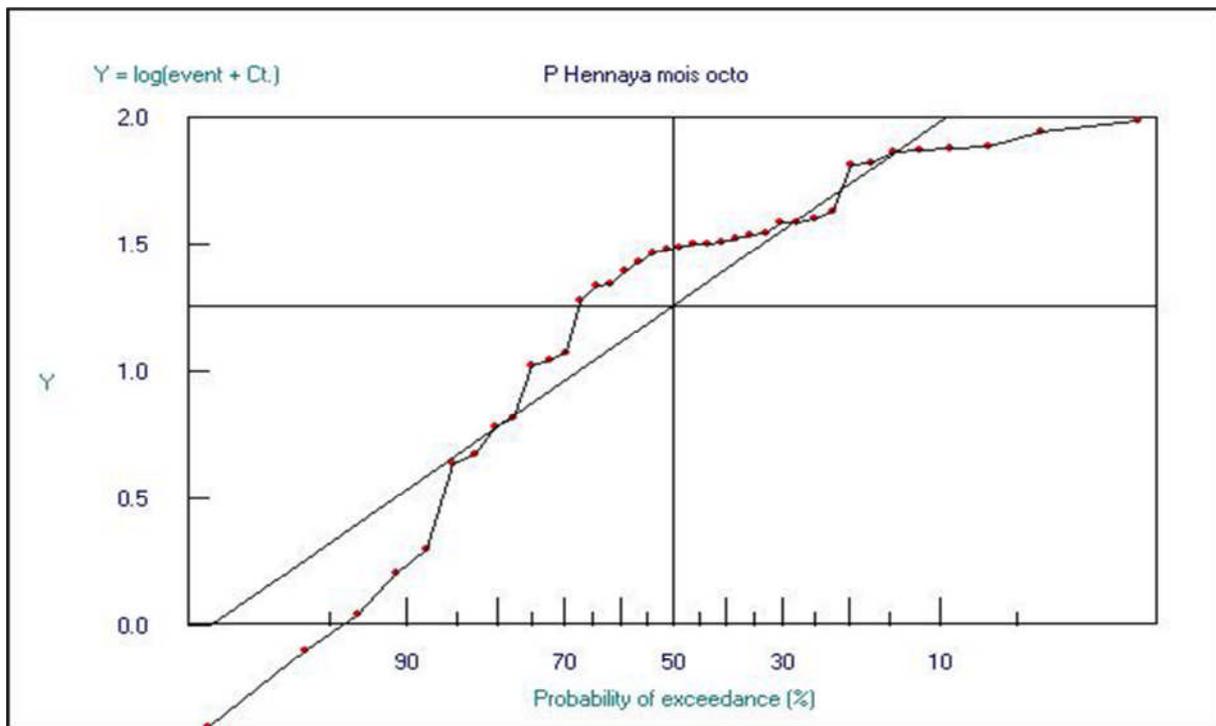


Figure.A.I.2. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois d'Octobre.

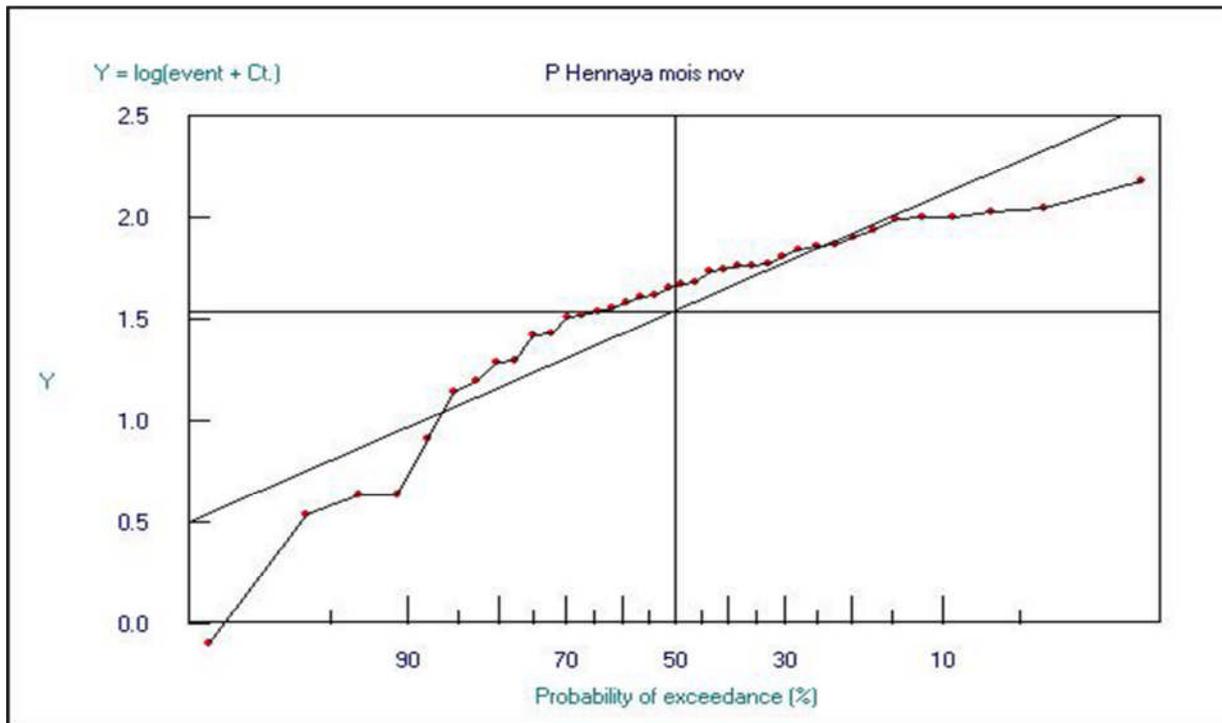


Figure.A.I.3. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Novembre.

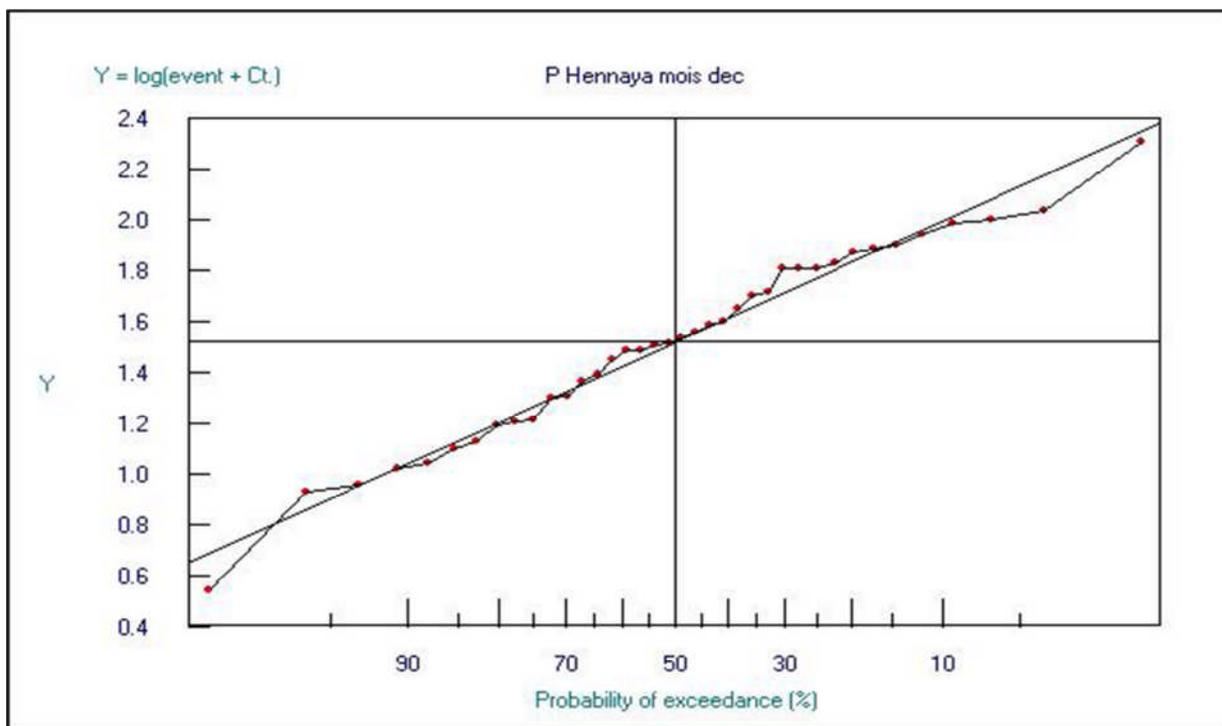


Figure.A.I.4. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Décembre.

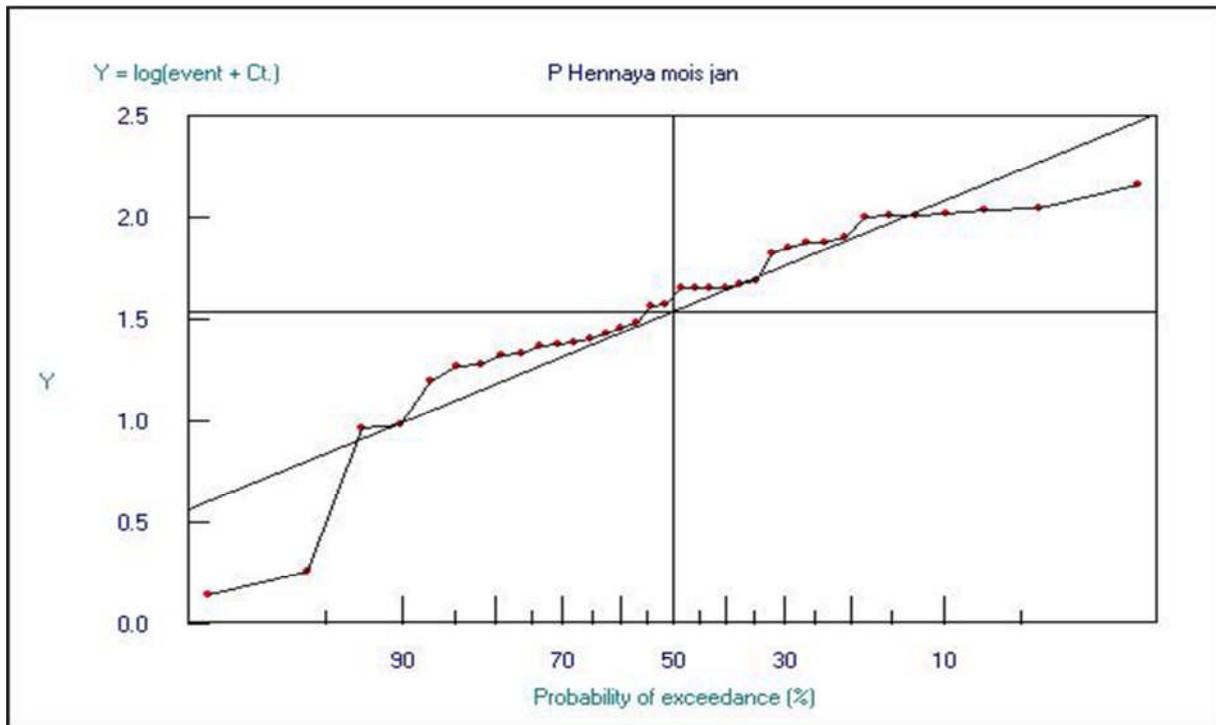


Figure.A.I.5. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Janvier.

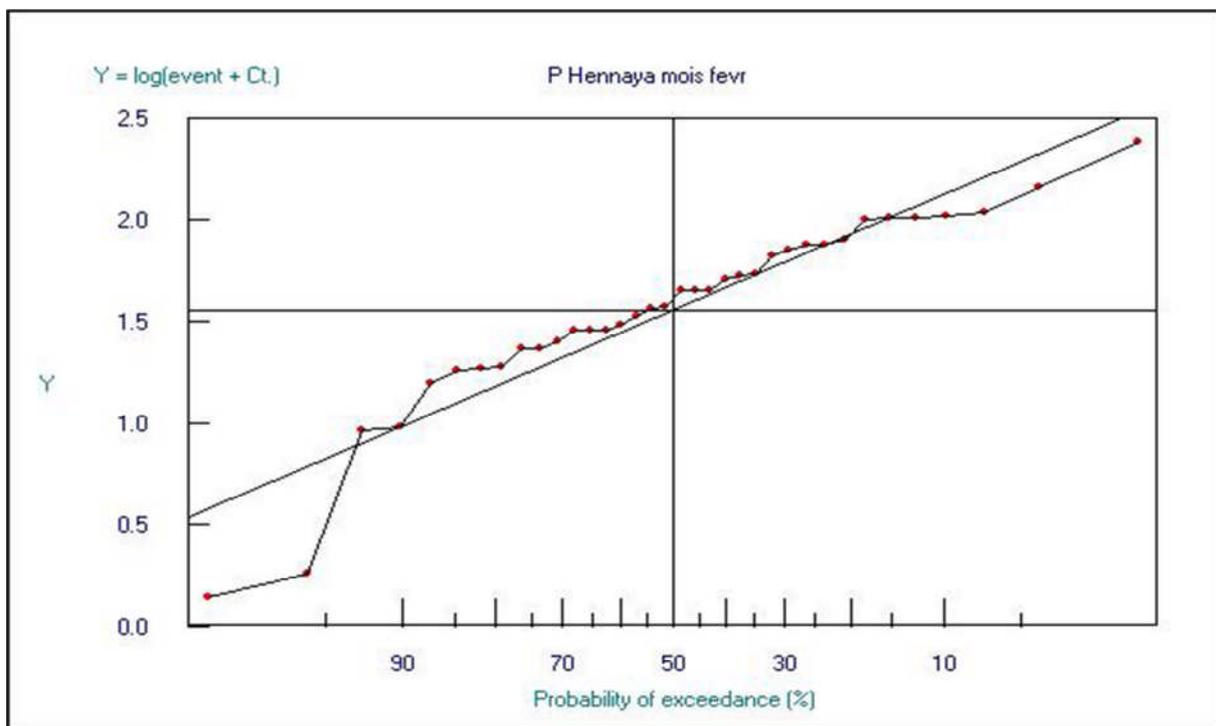


Figure.A.I.6. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Février.

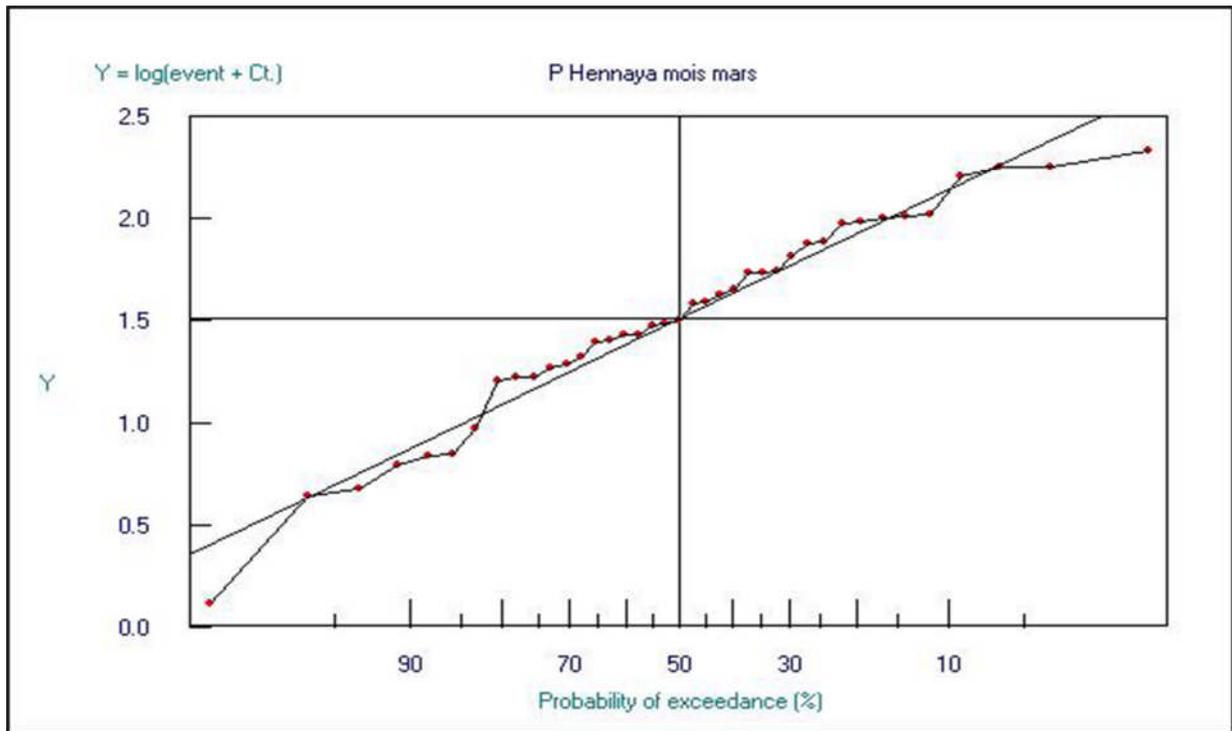


Figure.A.I.7. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Mars.

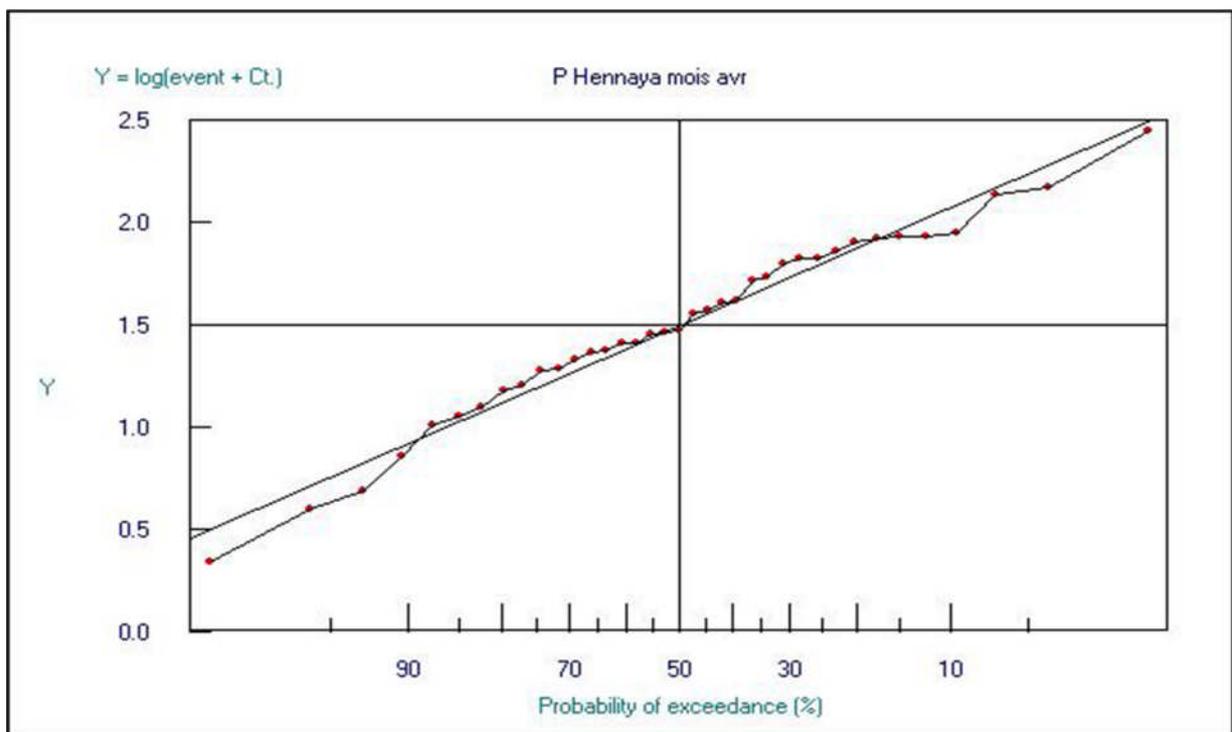


Figure.A.I.8. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois d'Avril.

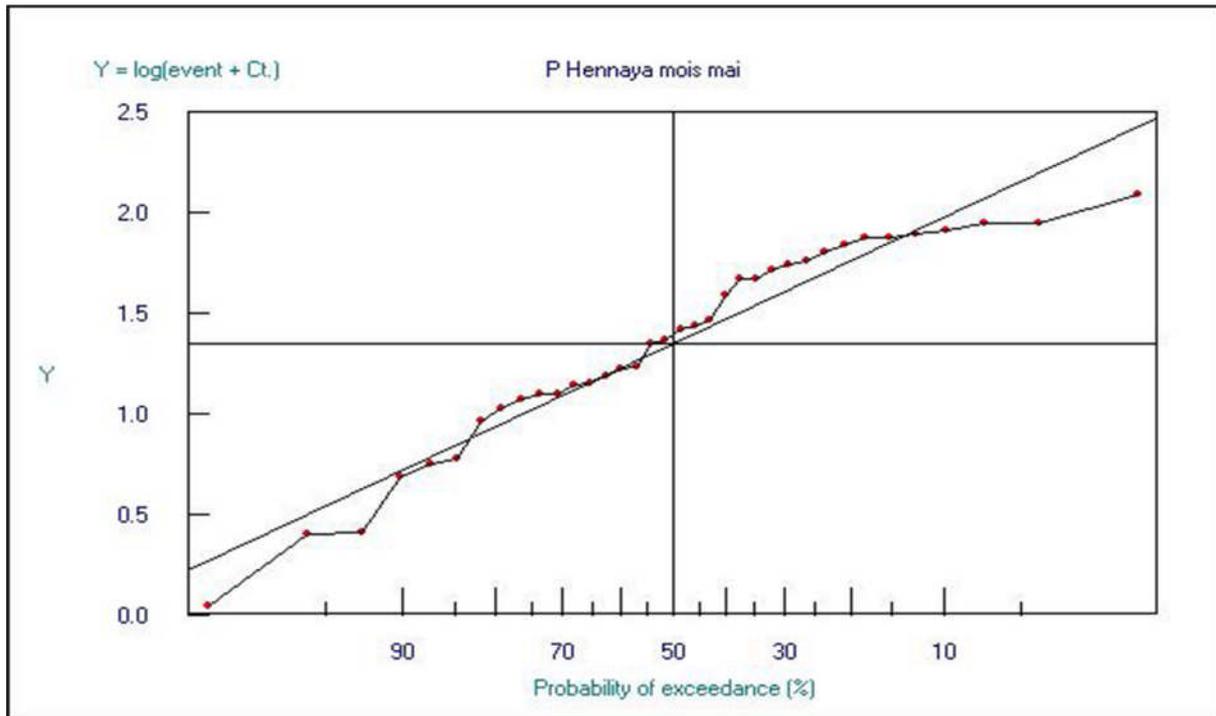


Figure.A.I.9. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Mai.

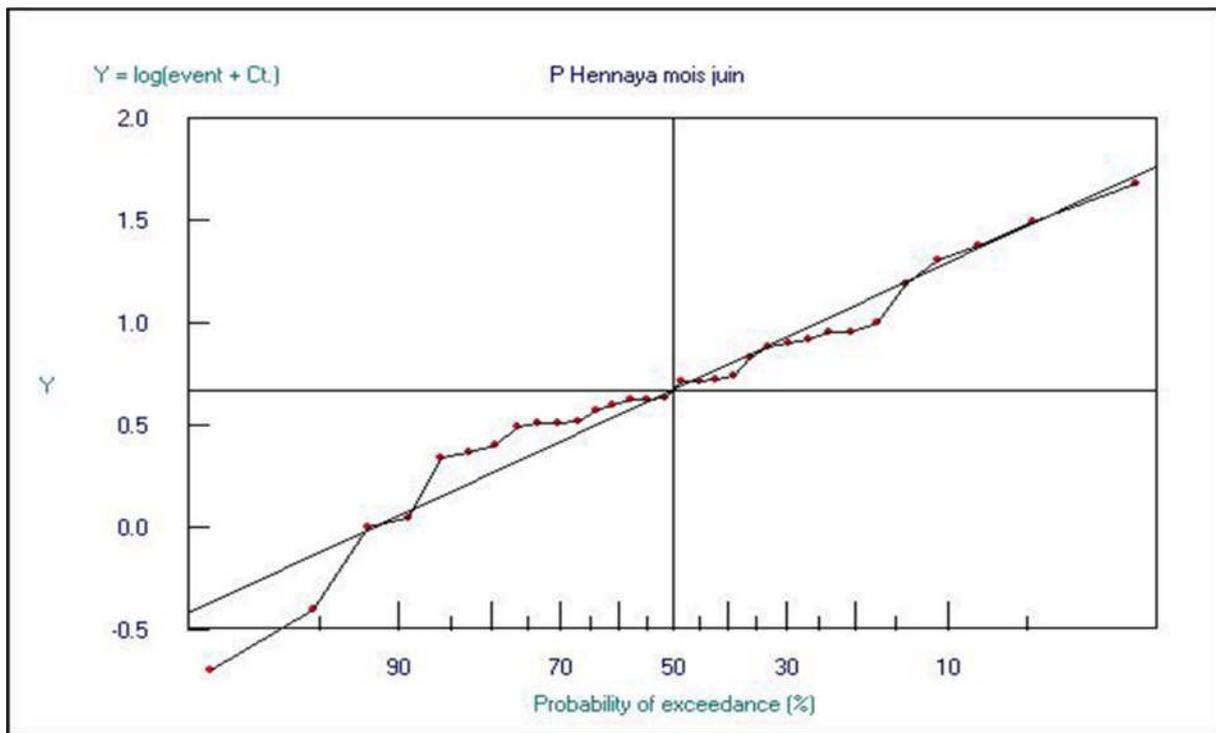


Figure.A.I.10. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Juin.

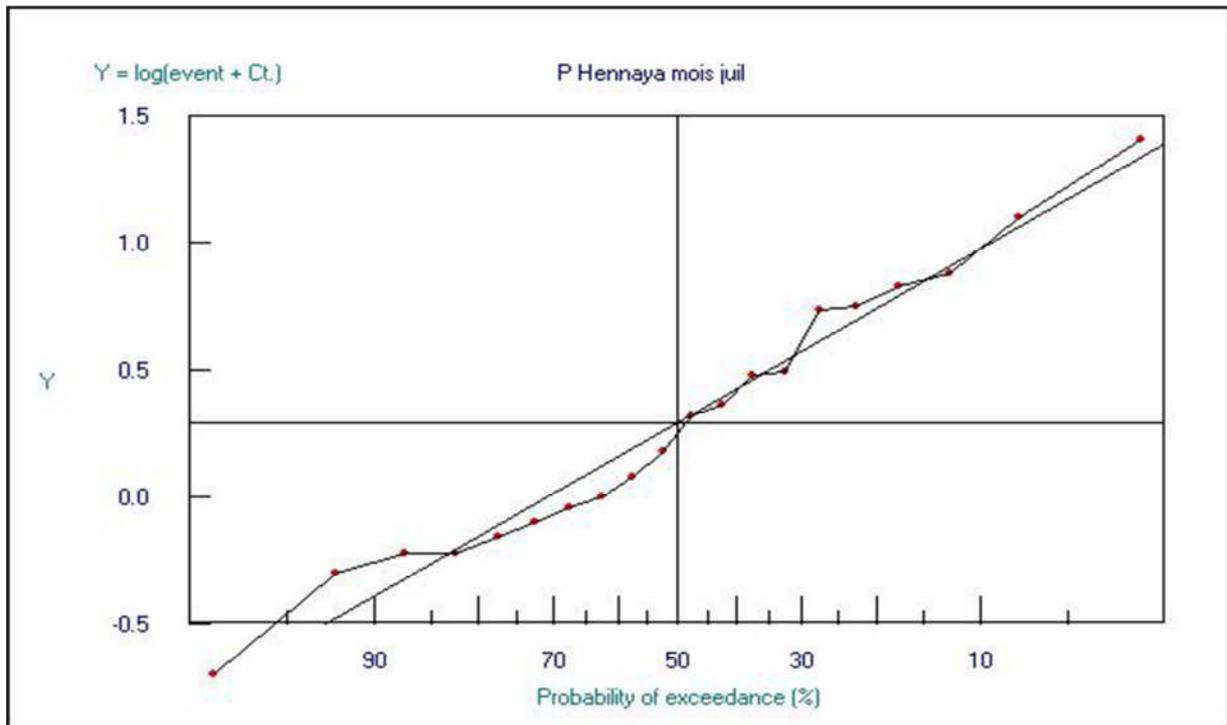


Figure.A.I.11. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de juillet.

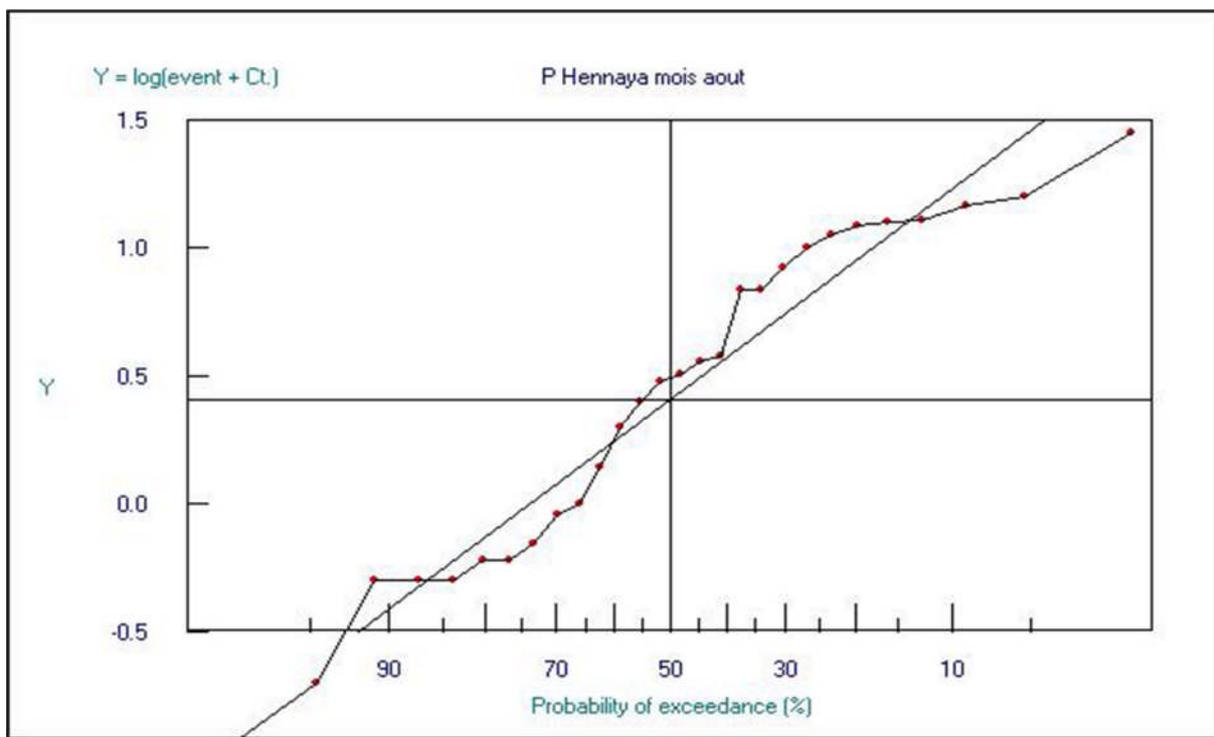


Figure.A.I.12. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois d'Aout.

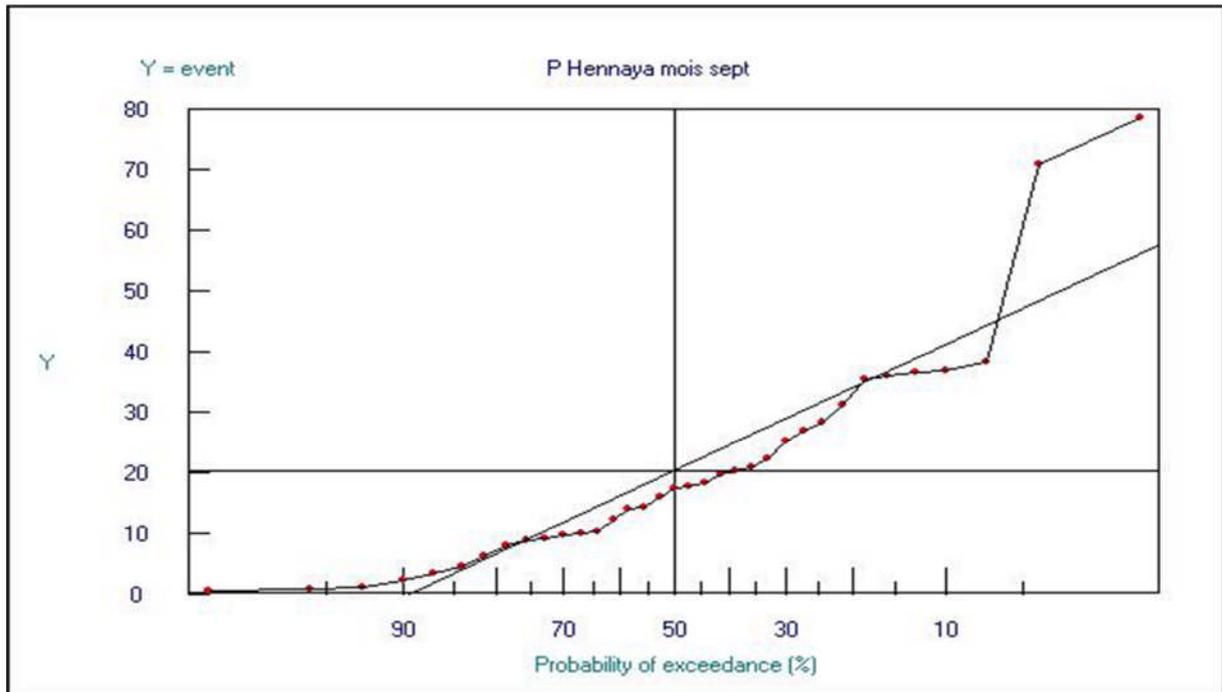


Figure.A.I.13. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Septembre.

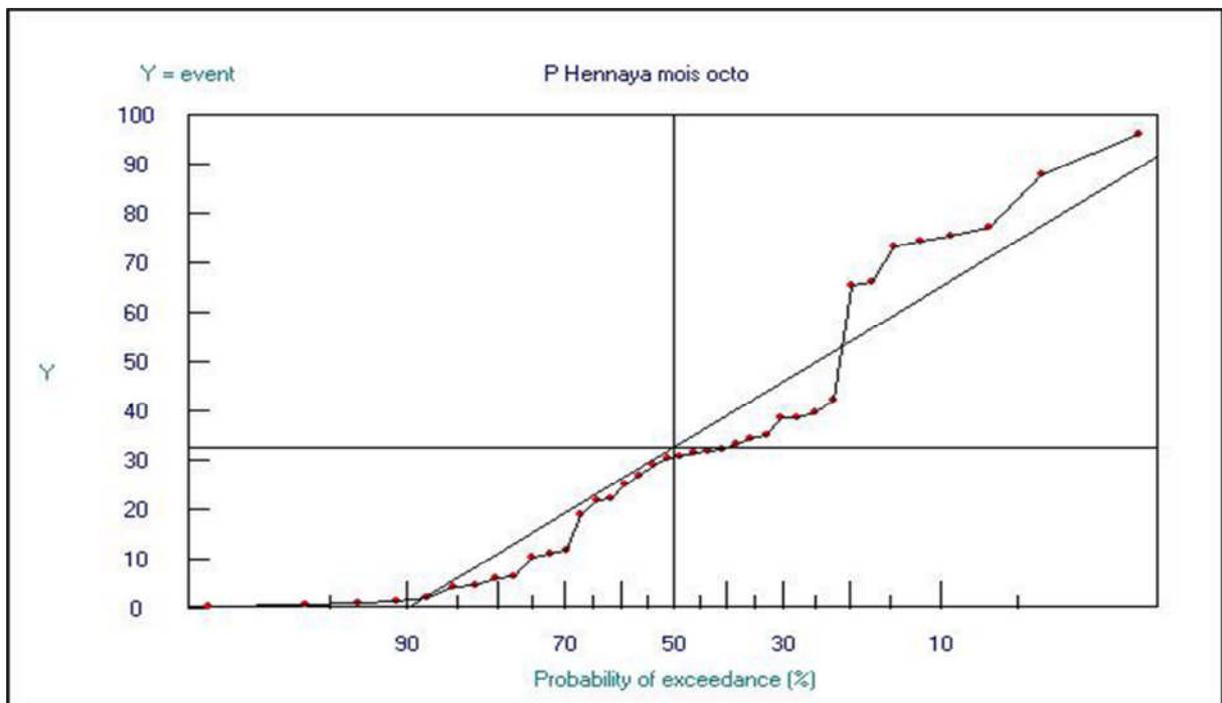


Figure.A.I.14. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois d'Octobre.

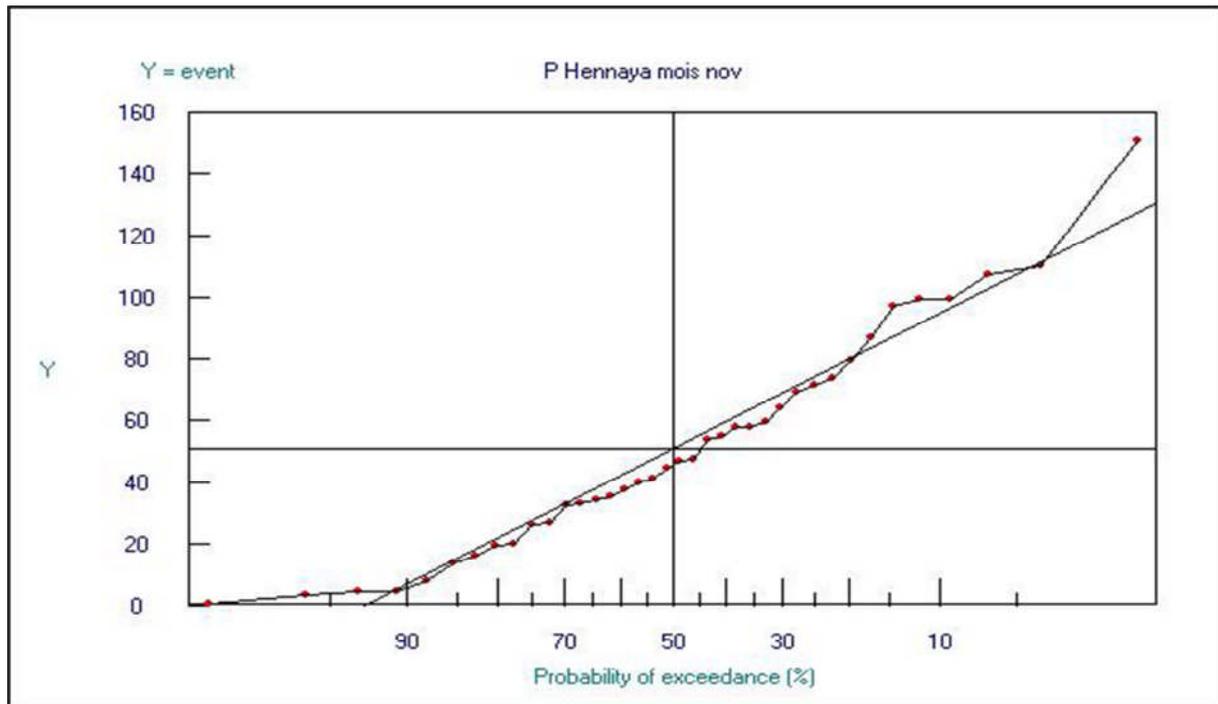


Figure.A.I.15. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Novembre.

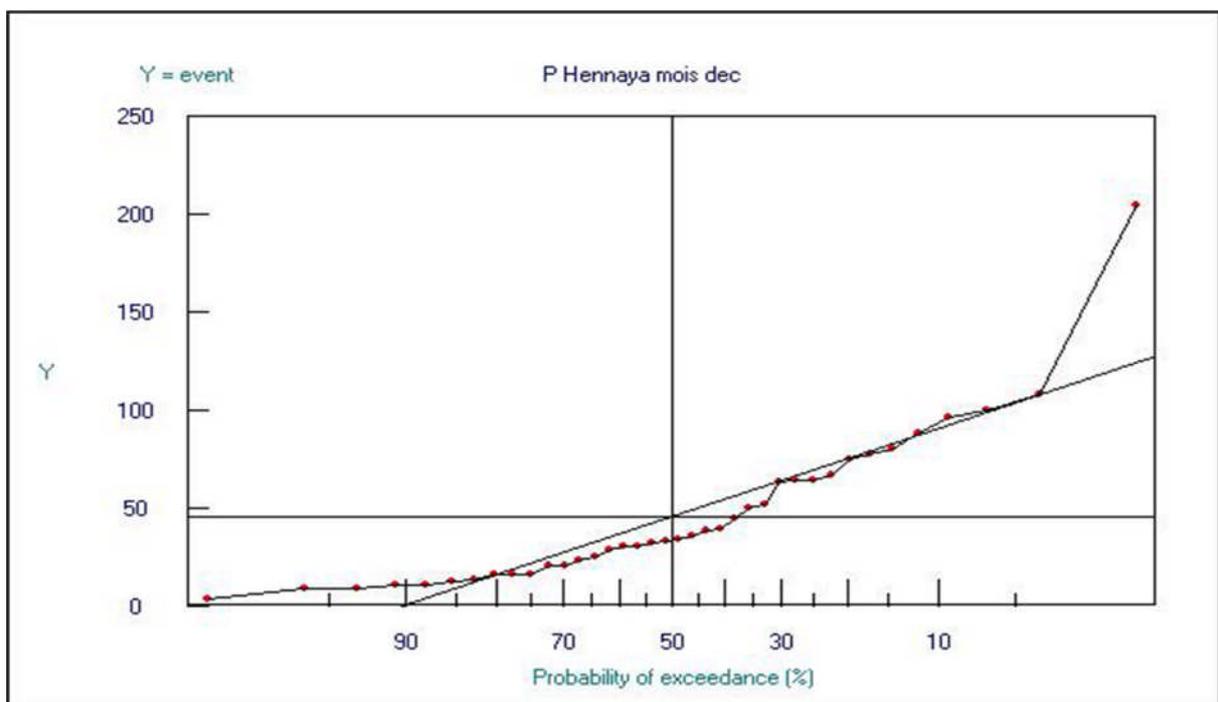


Figure.A.I.16. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Décembre.

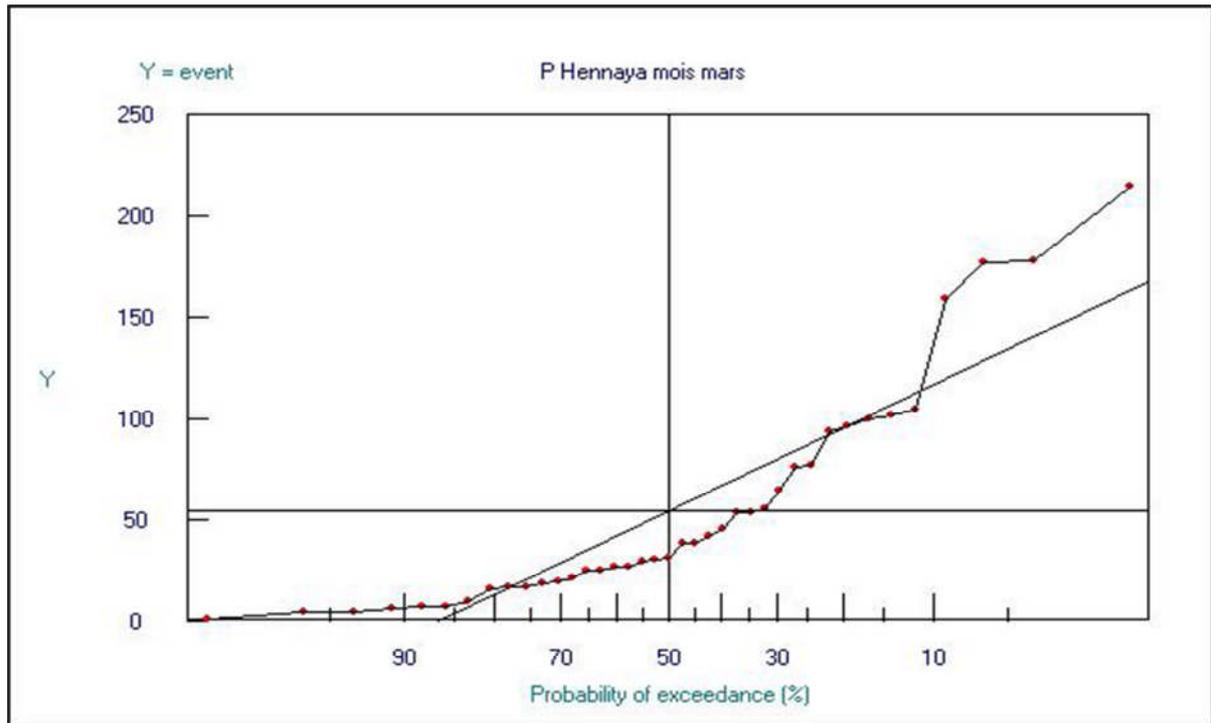


Figure.A.I.17. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Janvier.

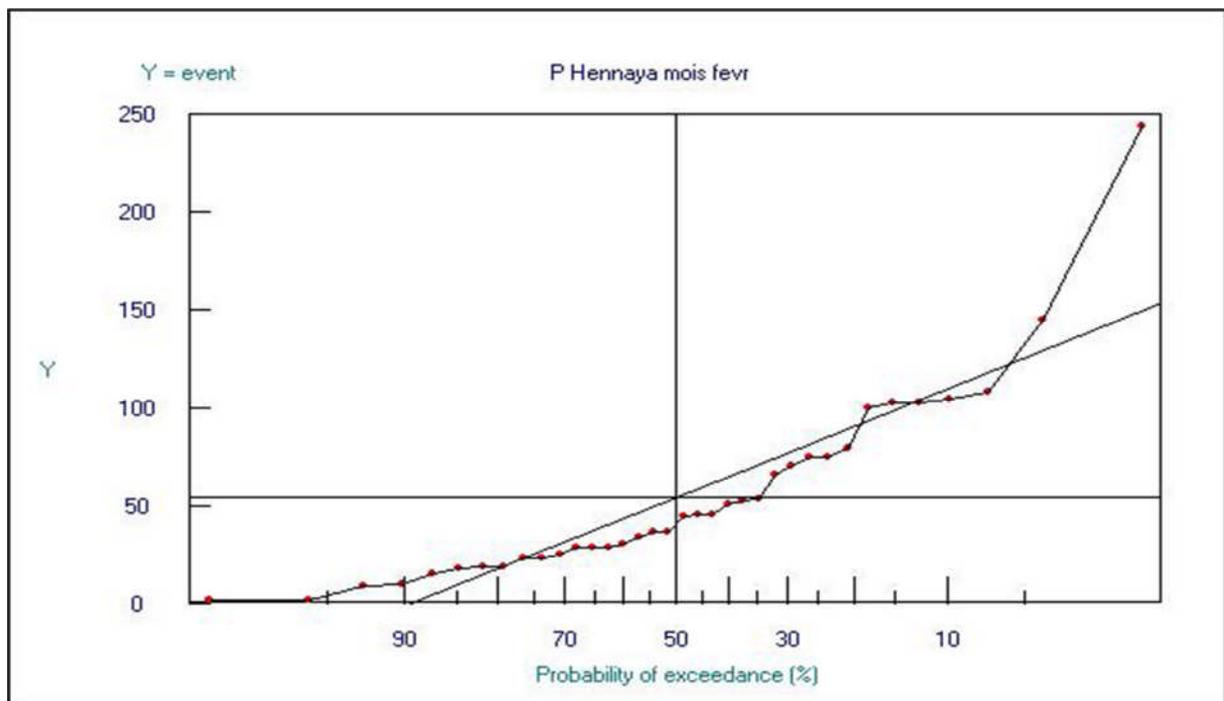


Figure.A.I.18. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Février.

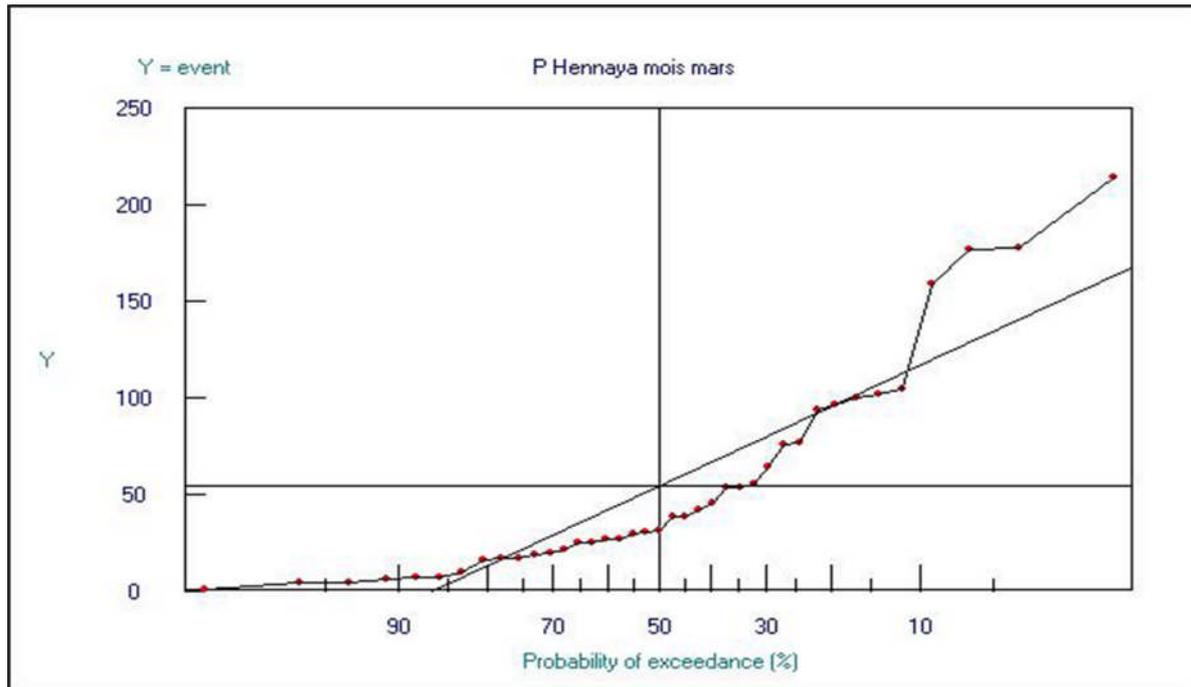


Figure.A.I.19. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Mars.

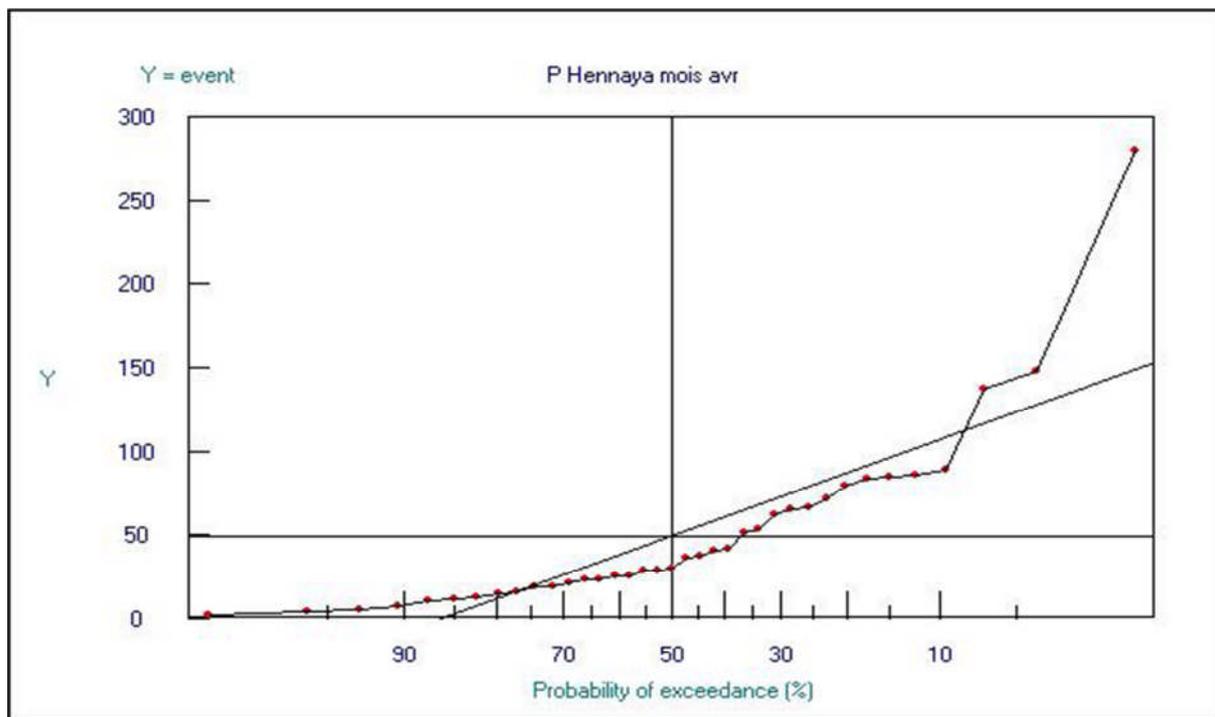


Figure.A.I.20. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois d'Avril.

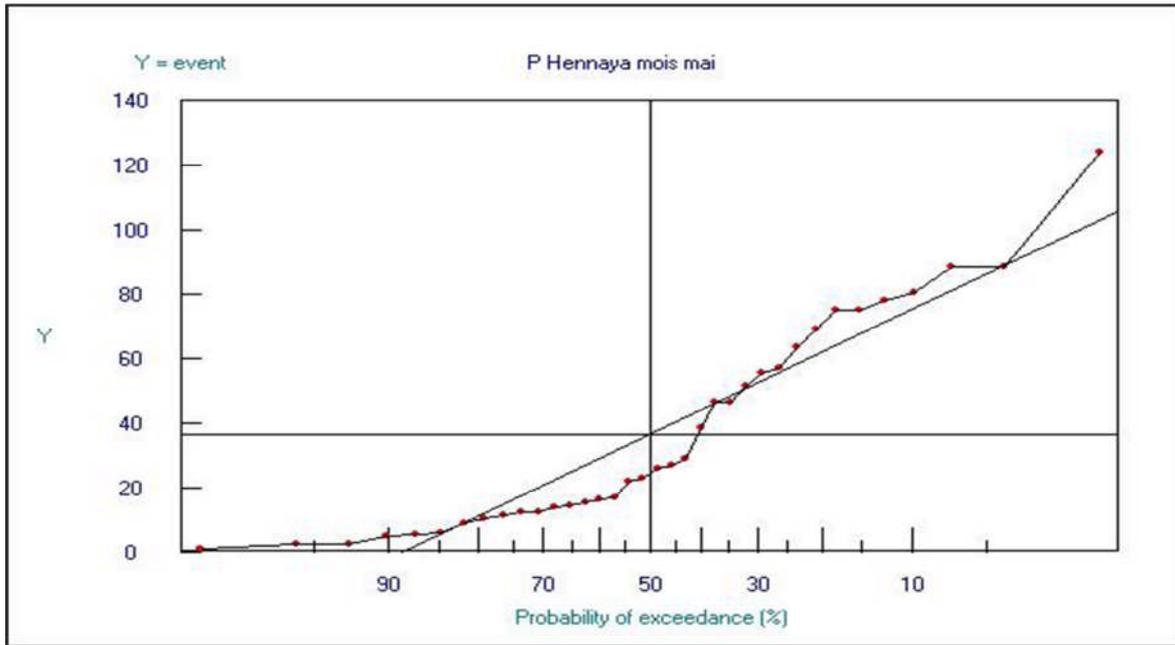


Figure.A.I.21. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Mais

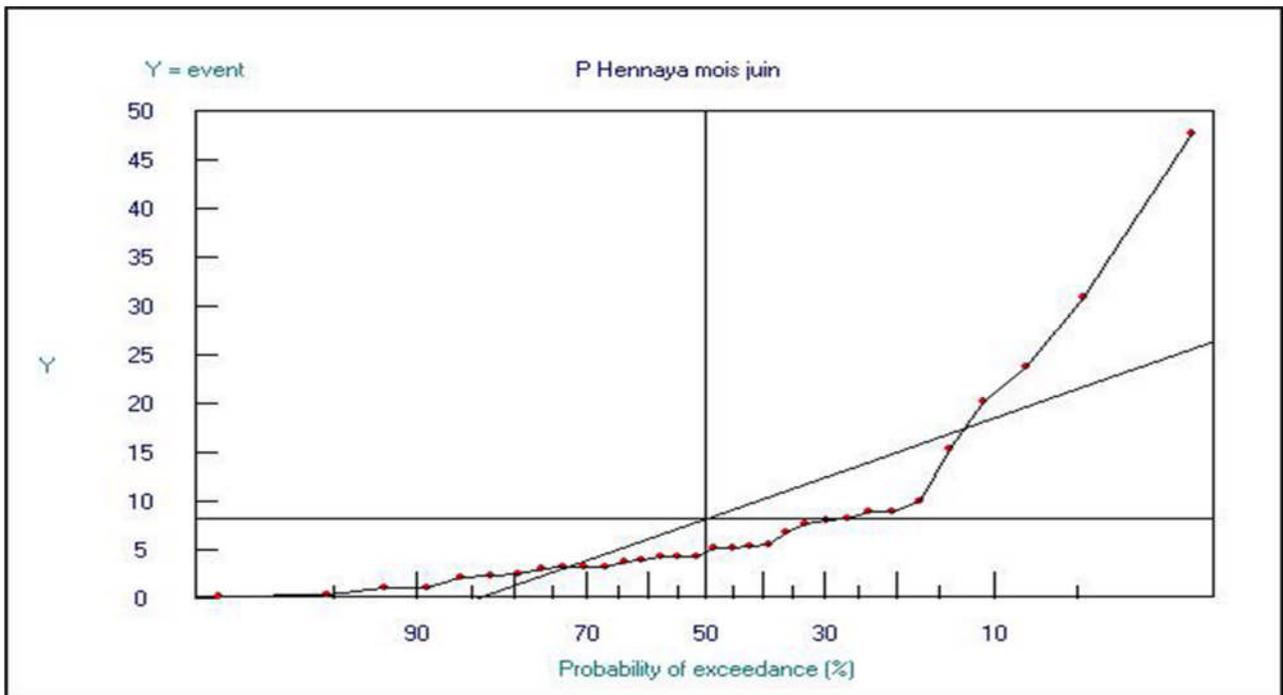


Figure.A.I.22. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Juin.

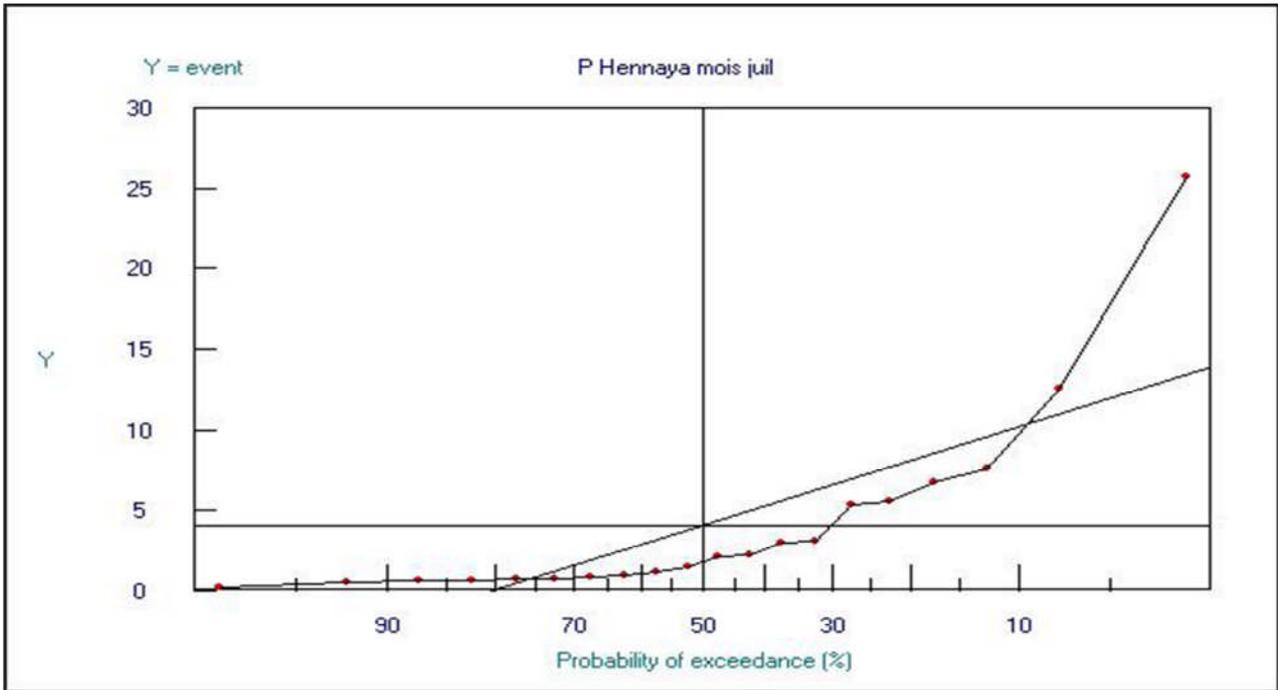


Figure.A.I.23. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois de Juillet.

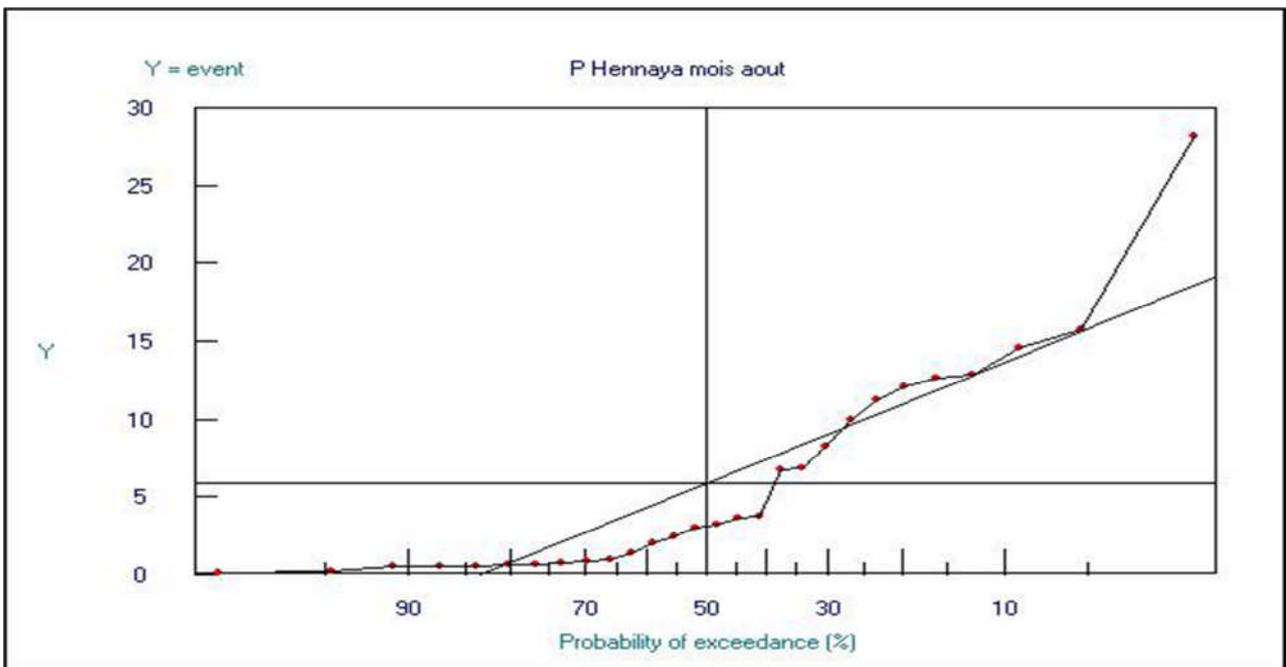


Figure.A.I.24. Courbe d'ajustement à la loi log normal du mois d'Aout.

<p style="text-align: center;">Tableau A.II.1. Résultats du tamisage pour les échantillons point 1.</p>													M sol=500g
<p style="text-align: center;">Résultats du tamisage pour pt N° 1</p>													
Masses de refus (g)			Echantillons	Masses des refus cumulés(g)			de refus cumulés %			des tamisages cumulés %			
				1			2						
0-40	40-80	80-120	TamisΦ(mm)	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	
188	205	183	2	188	205	183	37,675	41,247	36,747	62,325	58,753	63,253	
58	57	51	1,6	246	262	234	49,299	52,716	46,988	50,701	47,284	53,012	
46	46	49	1,25	292	308	283	58,517	61,972	56,827	41,483	38,028	43,173	
44	46	43	0,8	336	354	326	67,335	71,227	65,462	32,665	28,773	34,538	
29	26	31	0,63	365	380	357	73,146	76,459	71,687	26,854	23,541	28,313	
23	20	25	0,5	388	400	382	77,756	80,483	76,707	22,244	19,517	23,293	
14	12	13	0,4	402	412	395	80,561	82,897	79,317	19,439	17,103	20,683	
18	12	17	0,315	420	424	412	84,168	85,312	82,731	15,832	14,688	17,269	
7	9	12	0,25	427	433	424	85,571	87,123	85,141	14,429	12,877	14,859	
11	7	7	0,2	438	440	431	87,776	88,531	86,546	12,224	11,469	13,454	
10	7	7	0,16	448	447	438	89,780	89,940	87,952	10,220	10,060	12,048	
12	10	13	0,125	460	457	451	92,184	91,952	90,562	7,816	8,048	9,438	
13	12	14	0,08	473	469	465	94,790	94,366	93,373	5,210	5,634	6,627	
26	28	33	Reste	499	497	498	100,000	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000	

Tableau A.II.2.
Résultats du tamisage
pour les échantillons
point 2.

M
sol=500g

Résultats du
tamisage pour
pt N° 2

Masses de refus (g)			Echantillons	des refus cumulés(g)			de refus cumulées %			des tamisats cumulés %		
0-40	40-80	80-120	TamisΦ(mm)	2			2			2		
0-40	40-80	80-120	TamisΦ(mm)	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
179	185	181	2	179	185	181	35,872	37,223	36,345	64,128	62,777	63,655
46	48	44	1,6	225	233	225	45,090	46,881	45,181	54,910	53,119	54,819
41	34	43	1,25	266	267	268	53,307	53,722	53,815	46,693	46,278	46,185
53	42	32	0,8	319	309	300	63,928	62,173	60,241	36,072	37,827	39,759
30	27	25	0,63	349	336	325	69,940	67,606	65,261	30,060	32,394	34,739
24	28	25	0,5	373	364	350	74,749	73,239	70,281	25,251	26,761	29,719
16	15	14	0,4	389	379	364	77,956	76,258	73,092	22,044	23,742	26,908
20	21	14	0,315	409	400	378	81,964	80,483	75,904	18,036	19,517	24,096
10	16	11	0,25	419	416	389	83,968	83,702	78,112	16,032	16,298	21,888
11	6	9	0,2	430	422	398	86,172	84,909	79,920	13,828	15,091	20,080
8	12	35	0,16	438	434	433	87,776	87,324	86,948	12,224	12,676	13,052
15	12	19	0,125	453	446	452	90,782	89,738	90,763	9,218	10,262	9,237
17	16	16	0,08	470	462	468	94,188	92,958	93,976	5,812	7,042	6,024
29	35	30	Reste	499	497	498	100,000	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000

Tableau A.II.3.
 Résultats du tamisage
 pour les échantillons
 point 3. M sol=500g

Résultats du
 tamisage pour pt
 N°

Masses de refus (g)			Echantillons	Masses des refus cumulés(g)			de refus cumulés %			des tamisas cumulés %		
				3			3			3		
0-40	40-80	80-120	TamisΦ(mm)	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
224	232	219	2	224	232	219	44,890	46,493	43,888	55,110	53,507	56,112
44	49	47	1,6	268	281	266	53,707	56,426	53,307	46,293	43,574	46,693
39	37	35	1,25	307	318	301	61,523	63,727	60,321	38,477	36,273	39,679
40	45	39	0,8	347	363	340	69,539	72,892	68,136	30,461	27,108	31,864
23	22	25	0,63	370	385	365	74,148	77,309	73,146	25,852	22,691	26,854
22	19	22	0,5	392	404	387	78,557	81,124	77,555	21,443	18,876	22,445
12	12	13	0,4	404	416	400	80,962	83,534	80,160	19,038	16,466	19,840
16	14	16	0,315	420	430	416	84,168	86,345	83,367	15,832	13,655	16,633
7	13	8	0,25	427	443	424	85,571	88,956	84,970	14,429	11,044	15,030
6	4	9	0,2	433	447	433	86,774	89,759	86,774	13,226	10,241	13,226
11	6	7	0,16	444	453	440	88,978	90,964	88,176	11,022	9,036	11,824
9	7	15	0,125	453	460	455	90,782	92,369	91,182	9,218	7,631	8,818
17	14	13	0,08	470	474	468	94,188	95,181	93,788	5,812	4,819	6,212
29	24	31	Reste	499	498	499	100,000	100,000	100,000	0,000	0,000	0,000

Tableau A.II.4. Résultats de sédimentation pour les échantillons 1.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982	0,85			0,001003	18,57	1	2,65	1,0159
30"	30	20	0,9982	0,8			0,001003	18,76	1	2,65	0,6842
1'	60	20	0,9982	0,75			0,001003	18,95	1	2,65	0,3456
2'	120	20	0,9982	0,7			0,001003	19,14	1	2,65	0,1745
5'	300	20	0,9982	0,5			0,001003	19,9	1	2,65	0,0726
10'	600	20	0,9982	0,45			0,001003	20,09	1	2,65	0,0366
80'	4800	20	0,9982	0,25			0,001003	20,85	1	2,65	0,0048
240'	14400	20	0,9982	0,15			0,001003	21,23	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982	0,1			0,001003	21,42	1	2,65	0,0003

Tableau A.II.5. Résultats de sédimentation pour les échantillons 2.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982		0,65		0,001003	19,33	1	2,65	1,0575
30"	30	20	0,9982		0,6		0,001003	19,52	1	2,65	0,7119
1'	60	20	0,9982		0,55		0,001003	19,71	1	2,65	0,3594
2'	120	20	0,9982		0,5		0,001003	19,9	1	2,65	0,1815
5'	300	20	0,9982		0,4		0,001003	20,28	1	2,65	0,0740
10'	600	20	0,9982		0,35		0,001003	20,47	1	2,65	0,0373
80'	4800	20	0,9982		0,25		0,001003	20,85	1	2,65	0,0048
240'	14400	20	0,9982		0,2		0,001003	21,04	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982		0,15		0,001003	21,23	1	2,65	0,0003

Tableau A.II.6. Résultats de sédimentation pour les échantillons 3.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982			0,8	0,001003	18,76	1	2,65	1,0263
30"	30	20	0,9982			0,75	0,001003	18,95	1	2,65	0,6912
1'	60	20	0,9982			0,65	0,001003	19,33	1	2,65	0,3525
2'	120	20	0,9982			0,55	0,001003	19,71	1	2,65	0,1797
5'	300	20	0,9982			0,45	0,001003	20,09	1	2,65	0,0733
10'	600	20	0,9982			0,3	0,001003	20,66	1	2,65	0,0377
80'	4800	20	0,9982			0,15	0,001003	21,23	1	2,65	0,0048
240'	14400	20	0,9982			0,1	0,001003	21,42	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982			0,05	0,001003	21,61	1	2,65	0,0003

Tableau A.II.7. Résultats de sédimentation pour les échantillons 4.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982	0,85			0,001003	18,57	1	2,65	1,0159
30"	30	20	0,9982	0,75			0,001003	18,95	1	2,65	0,6912
1'	60	20	0,9982	0,65			0,001003	19,33	1	2,65	0,3525
2'	120	20	0,9982	0,55			0,001003	19,71	1	2,65	0,1797
5'	300	20	0,9982	0,5			0,001003	19,9	1	2,65	0,0726
10'	600	20	0,9982	0,35			0,001003	20,394	1	2,65	0,0372
80'	4800	20	0,9982	0,2			0,001003	21,04	1	2,65	0,0048
240'	14400	20	0,9982	0,1			0,001003	21,42	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982	0,05			0,001003	21,61	1	2,65	0,0003

Tableau A.II.8. Résultats de sédimentation pour les échantillons 5.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982		0,9		0,001003	18,38	1	2,65	1,0056
30"	30	20	0,9982		0,75		0,001003	18,95	1	2,65	0,6912
1'	60	20	0,9982		0,65		0,001003	19,33	1	2,65	0,3525
2'	120	20	0,9982		0,45		0,001003	20,09	1	2,65	0,1832
5'	300	20	0,9982		0,25		0,001003	19,9	1	2,65	0,0726
10'	600	20	0,9982		0,2		0,001003	20,47	1	2,65	0,0373
80'	4800	20	0,9982		0,15		0,001003	21,04	1	2,65	0,0048
240'	14400	20	0,9982		0,1		0,001003	21,42	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982		0,05		0,001003	21,61	1	2,65	0,0003

Tableau A.II.9. Résultats de sédimentation pour les échantillons 6.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982			0,95	0,001003	18,19	1	2,65	0,9952
30"	30	20	0,9982			0,7	0,001003	19,14	1	2,65	0,6981
1'	60	20	0,9982			0,6	0,001003	19,52	1	2,65	0,3560
2'	120	20	0,9982			0,4	0,001003	20,28	1	2,65	0,1849
5'	300	20	0,9982			0,3	0,001003	20,66	1	2,65	0,0754
10'	600	20	0,9982			0,2	0,001003	21,04	1	2,65	0,0384
80'	4800	20	0,9982			0,15	0,001003	21,23	1	2,65	0,0048
240'	14400	20	0,9982			0,1	0,001003	21,42	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982			0,05	0,001003	21,61	1	2,65	0,0003

Tableau A.II.10. Résultats de sédimentation pour les échantillons 7.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982	0,95			0,001003	18,19	1	2,65	0,9952
30"	30	20	0,9982	0,85			0,001003	18,57	1	2,65	0,6773
1'	60	20	0,9982	0,75			0,001003	18,95	1	2,65	0,3456
2'	120	20	0,9982	0,65			0,001003	19,33	1	2,65	0,1763
5'	300	20	0,9982	0,55			0,001003	19,71	1	2,65	0,0719
10'	600	20	0,9982	0,45			0,001003	20,09	1	2,65	0,0366
80'	4800	20	0,9982	0,3			0,001003	20,66	1	2,65	0,0047
240'	14400	20	0,9982	0,2			0,001003	21,04	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982	0,15			0,001003	21,23	1	2,65	0,0003

Tableau A.II.11. Résultats de sédimentation pour les échantillons 8.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982		0,9		0,001003	18,38	1	2,65	1,0056
30"	30	20	0,9982		0,85		0,001003	18,57	1	2,65	0,6773
1'	60	20	0,9982		0,7		0,001003	19,14	1	2,65	0,3490
2'	120	20	0,9982		0,65		0,001003	19,33	1	2,65	0,1763
5'	300	20	0,9982		0,55		0,001003	19,71	1	2,65	0,0719
10'	600	20	0,9982		0,45		0,001003	20,09	1	2,65	0,0366
80'	4800	20	0,9982		0,3		0,001003	20,66	1	2,65	0,0047
240'	14400	20	0,9982		0,2		0,001003	21,04	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982		0,1		0,001003	21,42	1	2,65	0,0003

Tableau A.II.12. Résultats de sédimentation pour les échantillons 9.

	Temps	Tempéra (°c)	Liquide A	Liq 1 (0-40)	Liq2 (40-80)	Liq3 (80-120)	μ	Hm	γ (eau)	γ (sol)	Diam Φ calc1
20"	20	20	0,9982			0,85	0,001003	18,57	1	2,65	1,0159
30"	30	20	0,9982			0,75	0,001003	18,95	1	2,65	0,6912
1'	60	20	0,9982			0,7	0,001003	19,14	1	2,65	0,3490
2'	120	20	0,9982			0,55	0,001003	19,71	1	2,65	0,1797
5'	300	20	0,9982			0,45	0,001003	20,09	1	2,65	0,0733
10'	600	20	0,9982			0,4	0,001003	20,28	1	2,65	0,0370
80'	4800	20	0,9982			0,35	0,001003	20,47	1	2,65	0,0047
240'	14400	20	0,9982			0,25	0,001003	20,85	1	2,65	0,0016
24h	86400	20	0,9982			0,15	0,001003	21,23	1	2,65	0,0003