

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

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI ABDELLAH »

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE.

Spécialité : Conception des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**IRRIGATION DU PERIMETRE DE SRIDJA A PARTIR
D'UNE STATION D'EPURATION (W.LAGHOUAT)**

Présenté par :
M^{lle} TADJ Meriem

Promotrice :
M^{me} W. AZIEZ

Devant le jury composé de :

President : M^r T. KHETTAL

Examineurs: M^{lle} R. CHEGGOU
M^{me} D. DJOUDAR
M^{me} N. BAHBOUH
M^r M. DJELLAB
M^{me} D.HADJ BACHIR

JUIN 2010

DÉDICACES

À travers ce modeste travail, je rends un grand hommage, en signe de respect et de reconnaissance à :

ü Mes très chers parents, qui ont cru en moi et pour tous les sacrifices et le soutien moral qu'ils m'ont apporté durant mes études, que Dieu les protège ;

ü Mes très chers frères *OMAR, MOHAMED* qui ont toujours été là pour m'encourager;

ü mes très chères sœurs *NABILA, HANANE, HADJER* qui ont toujours été là quand j'avais besoin ;

ü Mon très cher fiancé *KHALED* pour tout son aide et son soutien ;

ü *MOHAMED TAKHI* mon grand frère pour sa générosité et son aide ;

ü Ma très chère nièce *AYA* ;

ü Ma belle-mère *FATHIA*, sa fille *NADIA* et à toute la famille *HADJADJ* ;

ü Mes meilleurs amis : *NANA, SIHEM, AMEL, DJAWIDA, KHADIJA, FATIHA, HADJER*

Sachez que je ne vous oublierai jamais;

ü Sans oublier tous mes amis : *B.ABAKARE, SARA, ZAHIRA, HOUDA, IMEN, SOUHILA, NINA, SALMA, FADHILA, SALIHA...* et la liste est longue ;

ü À tous mes camarades de classe, promotion 2009/2010;

ü En un mot, à toute ma famille et mes amis qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite.

TADJ MERIEM

REMERCIEMENTS

Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer à la juste valeur ma reconnaissance à l'égard de ma promotrice, Mme W.AZIEZ, pour toute son aide, sa générosité et sa compréhension.

J'exprime mes vifs remerciements aux membres de jury qui m'ont fait l'honneur de juger ce travail :

Je tiens à remercier vivement :

- Û Mme L.S. BAHBOUH, enseignante à l'E.N.S.H, pour son aide et son orientation;
- Û M^r KOLIAID, enseignant à l'E.N.S.H, pour son aide et ses précieux conseils ;
- Û M^r TADJ MHAMED, mon Oncle pour son aide et son soutien ;
- Û M^r TADJ .M, sous directeur de l'ONA de Laghouat, pour tous ces conseils et son aide ;
- Û M^r HADJADJ.K, ingénieur d'état en Hydraulique pour sa générosité et son aide ;
- Û M^r Boufekane .A ; enseignant à l'E.N.S.H, pour ses orientations ;
- Û Les membres de la bibliothèque de l'E.N.S.H, pour leurs précieuses aides ;

Mes remerciements vont à tous les enseignants de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique et particulièrement à ceux et celles qui ont contribué à ma formation.

ملخص:

في هذه المذكرة درسنا تقنية إعادة استعمال المياه المستعملة مع وصف شامل لمحطة تصفية المياه لولاية الاغواط، وتحديد أبعاد شبكة التوزيع لمحيط الري سريجة.

وابتداء من هذه المعطيات ، عملنا على دراسة نظام يسمح لنا بالأخذ بعين الاعتبار جزء من محيط الري سريجة انطلاقا من المياه المستعملة المصفاة لمحطة تصفية المياه لولاية الاغواط .

Résumé:

Dans ce présent mémoire, nous avons présenté la technique de la réutilisation des eaux usées épurées avec une description de la station d'épuration de Laghouat, et le dimensionnement du réseau de distribution du périmètre de SRIDJA.

A partir de ces données, nous avons projeté un système qui permet de mettre en valeur une partie du périmètre d'irrigation de SRIDJA à partir des eaux usées épurées de la station d'épuration de Laghouat.

Abstract:

In this memory, we have presented the technical of reusing treated wastewater with description of the treatment plant of Laghouat, and sizing the distribution network of perimeter of SRIDJA.

From these data, we proposed a system that allows to highlight some of the irrigation perimeter of SRIDJA from treated wastewater.

TABLE DES MATIERES

Pages

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I: Origines de la Pollution et systèmes d'épurations	
Introduction	2
I Activités productrices de pollution	2
I.1 Définition de la pollution	2
I.2 Différentes qualités des eaux usées	3
II. Processus et les systèmes de traitement des eaux usées	4
II.1 Traitement primaire	4
II.2 Traitement secondaire	5
II.2.1 Traitement physico-chimique	6
II.2.2 Traitement biologique	6
II.3 Traitement tertiaire	11
III Dimensionnement d'une station d'épuration	12
III.1 Critère de choix de site de la STEP	12
III.2 Choix de procédés de traitement biologique	13
Conclusion	13
Chapitre II : Généralité sur la réutilisation des eaux usées	
Introduction	14
I. Objectifs de la réutilisation des eaux usées	14
II. Exemples de réutilisation des eaux épurées en agriculture dans le monde	15
III. Risques liés à la réutilisation agricole des eaux usées épurées	16
III.1 Risque microbiologique	16
III.2 Risque chimique	19
III.2.1 Éléments trace	19
III.2.2 Substances nutritives	21
III.2.3 Concentration saline des eaux	22
III.2.4 Eaux souterraines (nappes)	23
III.3 Stockage des eaux épurées	23
III.3.1 Recharge de nappes aquifères	23
III.3.2 Réservoirs de stabilisation	23
III.3.3 Normes actuellement en usage	24
Conclusion	25
Chapitre III : Présentation de la station d'épuration de la ville de Laghouat	
Introduction	26
I Présentation de la ville de Laghouat	26
I.1 Situation géographique	26
I.2 Données naturelles du site	28
I.3 Situation climatique	35
I.4 Situation Agricoles	40
I.5 Situation démographique	41
I.6 Situation Hydraulique	42
II. Présentation de la station d'épuration de la ville de Laghouat	45
II.1 Situation géographique	45
II.2 Capacité de la station d'épuration	45
II.3 Généralité sur les étapes d'épuration	45
II.4 Procèdes de traitements	47
II.5 Description des différents ouvrages de la station d'épuration	47
Conclusion	50

Chapitre IV : Techniques d'irrigation

Introduction	51
I. Systèmes d'irrigation par aspersion	51
I.1 Principaux types d'installation individuelle d'arrosage par aspersion	51
I.2 Eléments d'une couverture intégrale	51
I.3 Différentes installations des systèmes aspersion	52
I.4 principaux agencements des éléments d'une installation d'arrosage par aspersion	53
I.5 Arroseurs et leurs dispositions	53
I.6 Arroseurs rotatifs	53
II. Goutte à goutte	54
II.1 Organes de distribution	54
III. Techniques d'irrigation à la parcelle	55
III.1 Techniques d'irrigation de surface	56
III.2 L'irrigation par submersion	62
III.3 Irrigation mixte	63
III.4 Techniques d'irrigation par sub-irrigation	65
Conclusion	66

Chapitre V : Etude Hydrologique

Introduction	67
I. Etude des précipitations maximales journalières	67
I.1 Les caractéristiques empiriques	69
I.2 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gumbel	69
I.3 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Galton	74
Conclusion	78

Chapitre VI : Calcul des besoins en eaux

Introduction	79
I. Présentation du périmètre de SRIDJA	79
II. Etude agro-pédologique	80
II.1 Pédologie	80
II.2 Assolement	81
III. Calcul de l'évapotranspiration	81
IV. Calcul du besoin en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement	82
V. Calcul du débit spécifique	84
VI. Lessivage	84
VI.1 Relation entre salinité de l'eau d'irrigation et salinité du sol	84
VI.2 Sensibilité des plantes à la salinité de l'eau	85
VI.3 Qualité des sols et de l'eau d'irrigation du site	86
VI.4 Lessivage continu	86
VI.5 Lessivage initial	86
Conclusion	87

Chapitre VII : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Introduction	88
I. Dimensionnement de la Station de pompage	88
I.1 Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station	88
I.2 Détermination de la hauteur d'élévation	89
I.3 Détermination du nombre des pompes	90
I.4 Critères du choix du type de pompes	90
I.5 Courbes caractéristiques de la pompe choisie	91
I.6 Choix du moteur électrique	91
I.7 Calcul de la puissance fournie par le moteur électrique	92
I.8 Détermination du diamètre économique de refoulement	92

I.9 Rendement de la station de pompage	93
I.10 Calcul des pertes de charges	94
II. Dimensionnement du réservoir	96
III. Dimensionnement du réseau de distribution	97
IV. Projection d'un système d'irrigation localisée sur une parcelle de tomate	103
IV.1 Besoins en eau de la parcelle	103
IV.2 Nombre de goutteurs par position	104
IV.3 Nombre de rampes	105
IV.4 Débit moyen par rampe	105
IV.5 Débit de la porte rampe	105
V. Calcul hydraulique	105
V.1 Calcul des diamètres des portes rampes, rampes et de la conduite principale	105
Conclusion	108

CONCLUSION GENERALE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Avantages et inconvénients du traitement physico–chimique	6
Tableau I.2 : Avantages et inconvénients du procédé à boues activées	11
Tableau II.1 : formes de réutilisation des eaux usées.	15
Tableau II.2 : Les virus dans les eaux usées	17
Tableau II.3 : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées	18
Tableau II.4 : Les parasites pathogènes dans les eaux usées	18
Tableau II.5 : Facteurs environnementaux modifiant la survie des microorganismes	19
Tableau II.6 : Concentration maximale d'éléments à l'état de trace les eaux d'irrigations	20
Tableau II.7 : Normes concernant les nitrates dans l'eau potable	21
Tableau II.8 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées	24
Tableau II.9 : Les normes microbiologiques révisées de l'OMS (2000 et 2006) pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture.	25
Tableau III.1 : Formations aquifères de la région	32
Tableau III.2 : Températures moyennes mensuelles	35
Tableau III.3 : Températures Moyennes annuelles	35
Tableau III.4 : Vitesse moyennes mensuelles des vents	35
Tableau III.5 : Vitesses maximales des vents avec leurs directions	36
Tableau III.6 : Humidité-Evaporation.	36
Tableau III.7 : Précipitations maximales journalières (mm) 1969-2005 (060403)	37
Tableau III.8 : Pluies mensuelles et Pluies efficaces (mm)	37
Tableau III.9 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne	39
Tableau III.10 : Distribution des cultures et élevages existant dans la région	41
Tableau III.11 : Évolution de la population entre 1966/2006	41
Tableau III.12 : Estimation du nombre d'habitants	42
Tableau III.13 : Alimentation en eau potable de la ville de Laghouat	43
Tableau III.14 : Résultat des analyses physico-chimique des eaux usées de la ville de Laghouat (Jeudi 18.11.2004)	44
Tableau V.1 : Identification de la station de KSAR EL HIRANE.	67
Tableau V.2 : Précipitations mensuelles (mm) 1984-2005 (060403)	68
Tableau V.3 : Caractéristique de la série pluviométrique	69
Tableau V.4 : Ajustement à la loi de Gumbel	71
Tableau V.5 : Précipitations mensuelles sèches par la méthode de Gumbel	72
Tableau V.6 : Ajustement à la loi de Galton	75
Tableau V.7 : Précipitations mensuelles sèches par la méthode de Galton	77
Tableau V.8 : Les caractéristiques des deux lois	77
Tableau VI.1 : Profile pédologique de la zone a texture fine	80
Tableau VI.2 : Profile pédologique de la zone a texture moyenne	81
Tableau VI.3 : Assolement et période de végétation des cultures	81
Tableau VI.4 : Evapotranspiration en mm/mois	82
Tableau VI.5 : Besoins mensuelles en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement	83
Tableau VI.6 : Taux de rendements des cultures en fonct de la salinité l'eau d'irrigation	85
Tableau VII.1 : Caractéristique des pompes	90
Tableau VII.2 : Caractéristique du moteur électrique	92
Tableau VII.3 : Variation du coefficient K en fonction de la puissance P	92
Tableau VII.4 : Détermination du diamètre économique de la conduite de refoulement	95
Tableau VII.5 : Caractéristiques des nœuds et bornes d'irrigation	98
Tableau VII.6 : Caractéristiques des conduites de distribution	99
Tableau VII.7 : caractéristiques des rampes	106
Tableau VII.8 : caractéristiques de la porte rampe	106

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Schéma de principe de l'épuration par boues activée	7
Figure I.2 : Différents types d'aérateurs	8
Figure II.1 : Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux usées urbaines.	15
Figure III.1 : Plan de situation de la ville de Laghouat	27
Figure III.2 : Carte de Situation Géographique et Géologique de la région d'étude	31
Figure III.3 : Zones sismiques et degré de vulnérabilité des territoires en Algérie	34
Figure III.4 : Climogramme de GAUSSEN	38
Figure III.5 : Climogramme pluviométrique d'EMERGER	40
Figure III.6 : diagrammes des étapes d'épuration	46
Figure IV.1 : Schéma de l'irrigation par planches	57
Figure IV.2 : Schéma de l'irrigation par rigole de niveau.	58
Figure IV.3 : Schéma de l'arrosage par rases	59
Figure IV.4 : Schéma de l'irrigation par plans inclinés	60
Figure IV.5 : Schéma de l'irrigation par ados.	61
Figure IV.6 : Schéma de l'irrigation par épandage de crue avec circulation en chicanes.	63
Figure IV.7 : Schéma de l'arrosage a la raie par sillon.	64
Figure V.1 : Ajustement à la droite de Gumbel	73
Figure V.2 : Ajustement à la droite de Galton	76
Figure VI.1 : Plan de Situation du périmètre de SRIDJA	79
Figure VII.1 : Diamètre économique	96
Figure VII.2 : Représentation du réseau de distribution avec pressions et vitesses pour une hauteur minimale dans le réservoir	101
Figure VII.3 : représentation du réseau de distribution avec pressions et vitesses pour une hauteur maximale dans le réservoir	102
Figure VII.4 : Représentation du réseau d'irrigation par goutte à goutte de la parcelle N°19, ilot N°3.	107

LISTE DES ANNEXES

- Annexe I :**
1. Caractéristique hydrique de quelque sol
 2. Valeurs minimale et maximale de la Profondeurs d'enracinement des cultures
 3. Guide d'estimation du pourcentage en sol humidifié

Annexe II : Dimensions et caractéristiques de la pompe choisie.

Abréviations

Abréviations	Significations
STEP	Station d'épuration
DBO ₅	Demande biologique en oxygène au bout de 5 jours
OMS	Organisation mondiale de la santé
FAO	Food Agriculture Organisation (Organisation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture)
MRE	Ministère des ressources en eaux
MVS	Matières Volatiles Sèches
C _m	Charge Massique
MES	Matières en Suspension
CE	Conductivité Electrique
ANRH	Agence Nationale des réserves Hydrique
DCO	Demande Chimique en Oxygène
PVC	polychlorure de vinyle
D.H.W	Direction de l'hydraulique de la wilaya

INTRODUCTION GENERALE

L'eau a toujours été synonyme de vie et de croissance. Cet 'or bleu' est tout d'abord essentiel à la survie de l'être humain, dont le corps en est lui-même constitué à plus de 70%. L'eau est également indispensable à l'agriculture et à l'élevage qui représente la principale source de nourriture pour toute société. L'eau douce naturelle et potable se trouve en grande partie contenue dans les icebergs et les glaciers, le reste se trouvant dans les lacs, les fleuves et réserves souterraines. Ces sources d'eaux douces cumulées ne représentent à peine que 2.5% des eaux terrestre. Pendant longtemps, nul ne s'est guère préoccupé de la manière de l'approvisionnement en eau de qualité, la nature ayant toujours suffi à fournir cette précieuse ressource.

La démographie sans cesse croissante des pays en développement, l'effet de la pollution sur les eaux de surface et souterraines, la distribution inégale des ressources en eau et les graves sécheresses ont forcé les responsables de l'eau à rechercher de nouvelles sources innovatrices d'approvisionnement. Les eaux usées deviennent une autre manière de répondre à la demande en eau, associant l'approvisionnement en eau au développement de systèmes d'égouts et aux questions d'urbanisation.

Étant donné que plus de 70% de l'eau est utilisée par l'agriculture et les autres 30% partagés pour les besoins de consommation humaine, commerciale et industrielle, les autorités locales reconnaissent le grand potentiel de la réutilisation des eaux usées en agriculture, en particulier dans les zones de pénurie.

Si elle est effectuée de façon inappropriée, la réutilisation des eaux usées peut avoir des effets négatifs sur l'environnement et par conséquent menacer la santé humaine et animale. C'est la raison pour laquelle l'OMS et la FAO ont élaboré des recommandations relatives à la qualité sanitaire des eaux usées pouvant être réutilisées pour l'irrigation agricole.

Suivant leur degré de pollution et le type de réutilisation que l'on désire en faire, les eaux usées vont devoir subir des traitements plus au moins poussés.

De nombreux travaux ont été menés sur ce sujet et l'on dispose aujourd'hui de plusieurs retours d'expériences significatives.

Actuellement, la réutilisation des eaux usées connaît un développement variable selon les pays en fonction de leurs ressources en eau et de leurs conditions socio-économiques.

La valorisation des eaux usées en irrigation est considérée non seulement comme la création d'une nouvelle ressource, mais aussi, et surtout comme un traitement complémentaire qui permet d'éviter tout rejet direct dans le milieu naturel.

En plus du traitement additionnel et de la protection de l'environnement qui en découle, une utilisation de plus en plus efficace s'impose dans les régions où « l'index de pénurie » est relativement faible, efficacité fondée à la fois sur la performance du matériel d'irrigation et sur l'optimisation de l'application de l'eau à la parcelle.

Ainsi dans ce présent mémoire, intitulé irrigation du périmètre de SRIDJA à partir de la station d'épuration de ville de Laghouat, on a fait un travail qu'on espère répondre à ces préoccupations. Ce travail consiste au dimensionnement du réseau de distribution des eaux épurées de la station de la ville de Laghouat afin d'irriguer le périmètre de SRIDJA.

Chapitre I : Origines de la Pollution et systèmes d'épurations

Introduction :

Les systèmes d'épuration dans un pays semi- aride comme l'Algérie, où l'eau constitue un élément précieux et rare ; est indispensable afin de :

- Protéger le peu des eaux souterraines qui existent encore, contre toutes contaminations surtout par les eaux usées.
- Traiter les eaux usées épurées avant leur rejet au milieu récepteur.
- Procéder à la réutilisation des eaux épurées.

De ce fait, il existe plusieurs procédés de traitement des eaux usées.

Tous les types de traitement requièrent un prétraitement de dégrillage, dessablage et éventuellement déshuilage.

En général, il existe de grandes modes de traitement, physico-chimique et biologique.

I. Activités productrices de pollution

I.1 Définition de la pollution :

La présence d'une ou plusieurs substances modifiant la composition ou l'état d'une eau, constitue une pollution, dans la mesure où :

- la vie aquatique est perturbée, voire impossible,
- les utilisations envisagées de l'eau sont restreintes ou même interdites.

Ces substances ou polluants sont nombreux et d'origine très variée. On peut les différencier en fonction de leur :

a) Aspect physique

- matières en suspension
- matières dissoutes

b) Composition chimique

- matières organiques
- matières minérales

c) Evolution dans la nature

- matières rapidement biodégradables
- matières difficilement biodégradables
- matières non biodégradables

d) Impact sur les espèces vivantes

- matières toxiques
- matières non toxiques

I.2 Différentes qualités des eaux usées :

Quatre types de pollution sont généralement définis contre lesquels des moyens de lutte doivent être mis en œuvre :

- la pollution traditionnelle des eaux usées domestiques ;
- la pollution drainée par les eaux pluviales ;
- la pollution des industries implantées dans la commune ;
- la pollution des matières de vidange issues de l'assainissement autonome des habitations non raccordées au réseau d'assainissement collectif.

a) Eaux usées domestiques :

Constituant généralement l'essentiel de la pollution, elles se composent :

- des eaux vannes d'évacuation des toilettes,
- des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain.
- Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension.

b) Eaux pluviales :

Les eaux de ruissellement peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie :

- lessivage des sols, des surfaces imperméabilisées,
- remise en suspension des dépôts des collecteurs,...
- Les eaux pluviales sont de même nature que les eaux domestiques et peuvent contenir en plus, des métaux lourds et des toxiques : plomb, zinc, hydrocarbures, ...

Suivant le contexte local, des dispositions devront être prises pour en limiter l'impact : bassins d'orage, bassins d'étalement, chaussées filtrantes, ...

c) Eaux usées industrielles :

Les caractéristiques des eaux usées d'origine industrielle sont bien évidemment directement liées aux types d'industries implantées sur la commune.

La pollution de ces eaux peut être organique, minérale, toxique.

Le branchement des établissements commerciaux, industriels ou artisanaux au réseau public n'est pas obligatoire. Toutefois ceux-ci pourront être autorisés à déverser leurs eaux industrielles dans le réseau public pour qu'elles soient épurées avec les eaux usées domestiques, à condition qu'elles soient compatibles avec les techniques d'épuration traditionnelle.

d) Matières de vidange :

Dans toutes les communes, il existe des habitants non raccordés ou non raccordables à l'égout public. Or, toute fosse septique (ou appareil équivalent) produit obligatoirement des matières de vidange. L'évacuation et le traitement de ces matières domestiques font partie intégrante de l'assainissement.

II. Processus et les systèmes de traitement des eaux usées

II.1 Traitement primaire :

Les procédés du traitement primaire sont physiques, Ils sont réalisés souvent en deux parties : le prétraitement et une décantation primaire.

II.1.1 Le prétraitement :

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et endommager les équipements. Il comporte :

- Le dégrillage,
- La dilacération,
- Le tamisage,
- Le dessablage,
- Le déshuilage, dégraissage,

a. Dégrillage :

Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille, dont les barreaux plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers.

L'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent.

Le dégrillage est classé en trois catégories selon l'écartement entre les barreaux de la grille:

- un dégrillage : espacement de 30 à 100mm,

- un dégrillage moyen : espacement de 10 à 25mm,
- un dégrillage fin : espacement de 3 à 10mm,

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants et la nature de l'effluent à traiter. On distingue :

b. Tamisage :

Le tamisage est en fait un dégrillage poussé et consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions (0,1 à 4mm).

Trois principales fonctions du tamisage peuvent être mentionnées

- la récupération de déchets recyclables ;
- la protection de canalisations et des pompes ;
- la limitation des risques de dépôts et de fermentation ;

c. Dilacération :

Pour éviter d'avoir à éliminer la fraction fermentescible des résidus de dégrillage, il est possible de les broyer assez finement pour qu'ils puissent suivre le sort des matières décantables fines. Enfin, les produits dilacérés risquent d'obstruer les canalisations, d'engorger les pompes de refoulement, surtout si des matériaux fibreux sont associés à des graisses. Pour toutes ces raisons, la pratique de la dilacération est en très net recul.

d. Dessablage :

L'élimination des sables présents dans l'effluent brut est indispensable si on veut protéger les conduites et les pompes contre l'abrasion et aussi éviter le colmatage des canalisations par une sédimentation au cours du traitement, et éviter de perturber les autres stades de traitement en particulier le réacteur biologique.

Le dessablage porte généralement sur des particules de granulométrie égale ou supérieure à 200 μm .

II.2 Traitement secondaire :

A ce niveau, le traitement permet de se débarrasser des impuretés présentes sous forme solubles ou lorsque leur taille ne permet pas d'être piégée dans le traitement primaire.

On distingue deux types de traitement :

- Le traitement physico – chimique ;
- Le traitement biologique ;

II.2.1 Traitement physico-chimique :

Le traitement physico-chimique est le procédé le mieux adapté aux variations saisonnières de la charge polluante ou à l'existence des matières toxiques.

Le traitement physico-chimique passe par trois opérations principales :

- Une coagulation ;
- Une floculation ;
- Une décantation ou une flottation.

Le tableau qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement physico-chimique.

Tableau I.1 : Avantages et inconvénients du traitement physico-chimique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Réponse immédiate aux variations de charge ;- Capacité des installations, meilleure intégration au site ;- Bonne élimination de la pollution toxique ;- Déphosphoration simultanée	<ul style="list-style-type: none">- Plus grande quantité de boues produites ;- Le coût élevé occasionné par les réactifs ;- Rendement d'épuration inférieur à l'épuration biologique ;- Risque de coloration (sels de fer sur eaux septiques).

II.2.2 Traitement biologique :

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobique, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est à dire nécessitant un apport oxygène. Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés par boues activées.

- **Epuration biologique par boues activées :**

Le procédé de traitement des eaux usées appelé "boues activées" est un procédé biologique aérobie intensif par cultures libres.

i. Historique :

A la fin du dix-neuvième siècle, grâce aux travaux de Pasteur, les connaissances en microbiologie se développent. Le rôle des micro-organismes dans la dégradation de la matière organique est mis en évidence.

En 1914, deux anglais Adern et Locket mettent au point le premier procédé "Intensif" d'épuration, un système de bassin où les boues issues de la biodégradation des effluents sont aérées. L'oxygène permet à la fois d'activer le travail des bactéries responsable de la destruction de la pollution et de favoriser leur multiplication.

Le principe des boues activées est né. Des brevets sont déposés et mis en œuvre aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne.

ii. Bassin d'aération :

Une zone de contact peut être placée à l'amont immédiat du bassin d'aération. Son principe est de réaliser un mélange des boues (recirculées en général) et de l'effluent à traiter dans une zone de faible volume.

Les bassins d'aération sont les réacteurs biologiques dans lequel s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies. La pollution dissoute est transformée en gaz et biomasse.

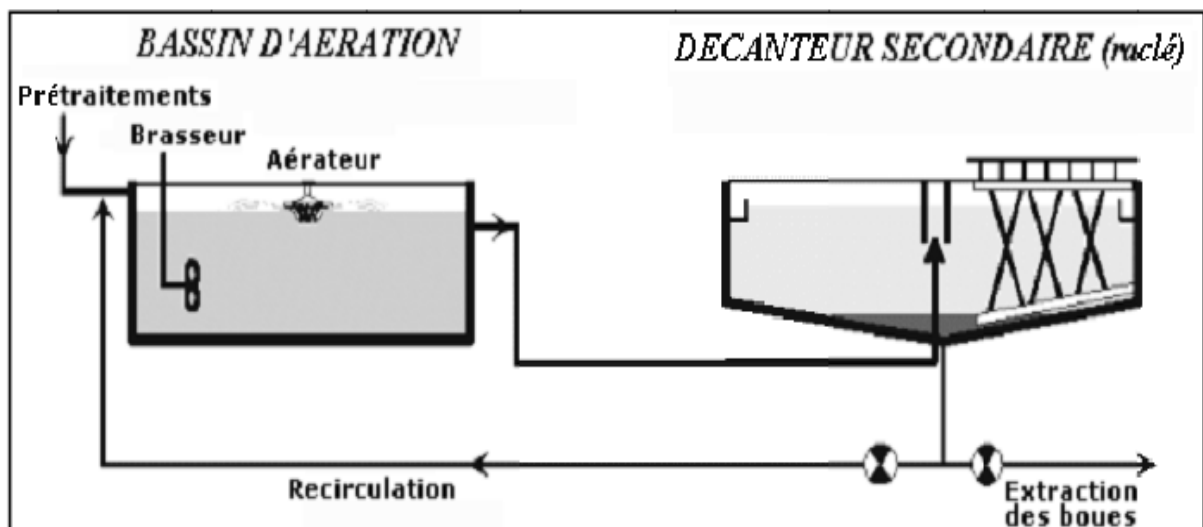


Figure I.1 : Schéma de principe de l'épuration par boues activées

Ces bassins sont équipés de dispositif d'oxygénation et de brassage permettant :

- D'introduire une quantité d'oxygène déterminée dans l'eau, nécessaire à la satisfaction des besoins correspondant à l'oxydation de la pollution organique et à l'autodestruction de la masse bactérienne lors de la phase de respiration endogène,
- De brasser la suspension de boues activées pour en assurer l'homogénéité et éviter les dépôts.

Les principaux dispositifs d'oxygénation utilisés sont les aérateurs de surface : turbines et brosses ainsi que les systèmes d'injection d'air sur-pressé en profondeur qui délivre des grosses, moyennes ou fines bulles selon le besoin.

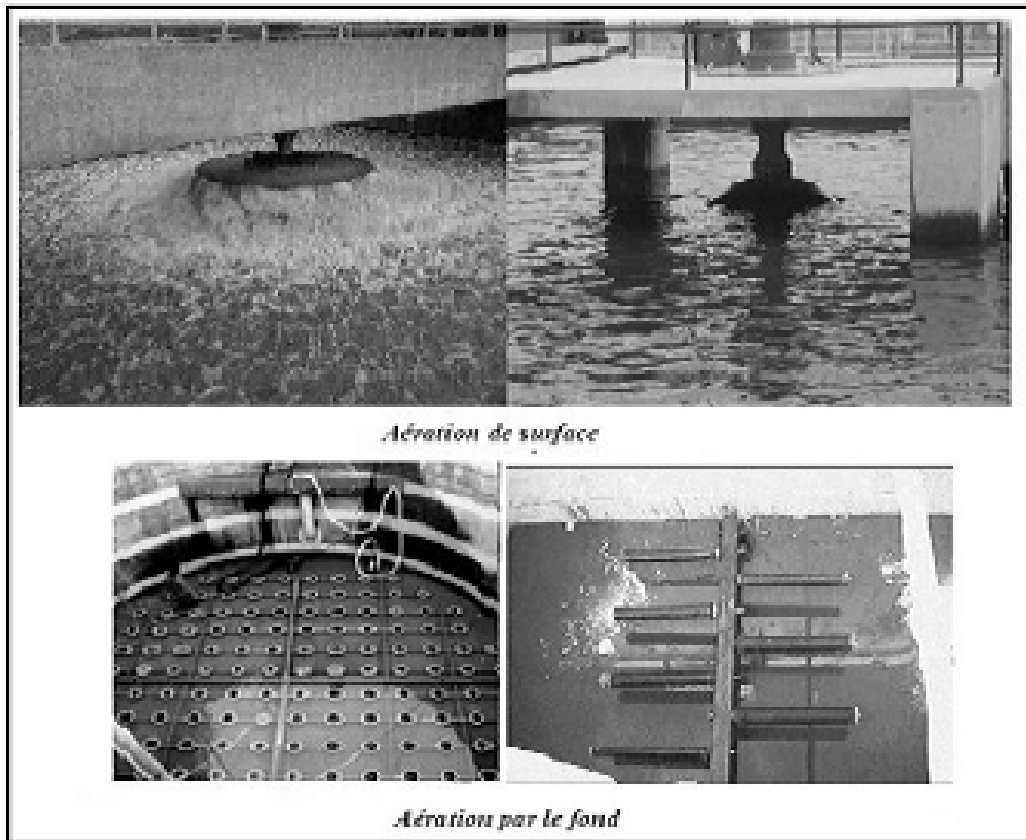


Figure I.2 : Différents types d'aérateurs

iii. Clarificateur :

le clarificateur a une fonction de séparation de phase (boue, eau traitée) et une fonction d'épaississement afin de ramener la boue activée la plus concentrée dans le bassin d'aération.

Il existe deux systèmes de reprises des boues : raclage des zones annulaires centrales et périphériques, succécion dynamique de zones annulaires centrales et périphériques. Ces boues sont reprises par des pompes de recirculation et d'extraction. La recirculation permet :

- De maintenir une concentration en MES constante et correcte dans le bassin d'aération,
- D'éviter l'accumulation des boues dans le clarificateur et le débordement du lit de boues,
- De limité le temps de séjours dans le clarificateur pour garantir une bonne qualité de boue,

- Ramener des boues aérées en tête de la station.

iv. Elimination de l'azote

a. Problème de l'azote dans les effluents urbains :

L'azote présent dans les eaux résiduaires urbaines provient essentiellement des déjections humaines. Les urines contribuent largement à cet apport, essentiellement sous forme d'urée, d'acide urique et d'ammoniaque. Par ailleurs, les eaux de cuisine véhiculent des protéines comportant des acides aminés et certains agents de surface (des assouplissant) qui incluent dans leurs molécules des radicaux azotés.

Lors du transport des effluents jusqu'à la station d'épuration, des réactions d'ammonification ont lieu, transformant cet azote organique en ammonium, forme particulièrement nuisible pour les ressources d'eau de surface. En effet, la demande en oxygène exercée par l'ammonium est très élevée et peut conduire à l'eutrophisation des lacs et des rivières; Pour cette raison, les stations d'épuration doivent prévoir l'élimination de la pollution azotée.

b. Processus d'élimination de l'azote :

L'élimination de l'azote ammoniacal est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques de "nitrification". Le principe de la nitrification consiste en l'oxydation, par des bactéries aérobies, de l'azote ammoniacal en nitrites puis nitrates. Les espèces dites "nitrifiantes" sont des bactéries autotrophes qui tirent leur énergie de l'oxydation et qui utilisent les sources de carbone minéral (CO₂) pour synthétiser la matière vivante. Les bactéries responsables de la nitrification sont les Nitrosomonas et les Nitrobacter.

La nitrification s'effectue en 2 étapes:

- la nitrification, oxydation des ions ammonium en nitrites,
- la nitrification, oxydation des nitrites en nitrates,

v. Elimination du phosphore

a. Problème du phosphore dans les effluents urbains :

L'origine du phosphore dans les eaux usées est multiple. Il provient :

- Du métabolisme humain : un homme excrète entre 1 et 2g de P par jour,
- Des produits lessiviels et de nettoyage : 1 à 2 g de P par jour et par habitation

- Des rejets industriels : effluents industriels agro-alimentaires, d'abattoirs, de laveries industriels, d'industries de traitement de surface.

La présence de phosphore dans les cours d'eau et les lacs est responsable de leur eutrophisation, provoquant la prolifération anarchique d'algues et une surconsommation de l'oxygène dissous dans l'eau. Celui-ci est alors moins disponible pour les autres espèces vivantes, et notamment pour les poissons. Les stations d'épuration doivent donc traiter le phosphore.

b. Traitement biologique du phosphore :

La déphosphoration biologique repose sur l'accumulation du phosphore à l'intérieur des bactéries qui sont évacuées avec les boues en excès.

La biomasse est exposée à une alternance de conditions anaérobies et aérobie.

En condition anaérobie, les bactéries déphosphorantes synthétisent un produit de réserve, les poly- β -alcanoates (PHA), à partir du substrat facilement biodégradable des eaux usées et de l'énergie libéré par l'hydrolyse intracellulaire de polyphosphate. Il en résulte un relargage de phosphate dans le milieu externe.

En condition aérobie, les PHA et la matière organique contenue dans les eaux usées sont oxydés par les bactéries. La respiration produit l'énergie nécessaire aux bactéries qui régénèrent leur stock de polyphosphate et croissent.

vi. Charge d'une installation :

On définit la charge massique comme étant le rapport de la pollution entrante par unité de masse de population bactérienne chargée de son élimination, la masse bactérienne étant évaluée par le poids de MVS.

$C_m = \text{DBO5 (entrée (kg/j))} / \text{kg MVS dans l'aérateur.}$

On distingue les systèmes :

- Aération prolongée ; $0,05 < C_m < 0,1$
- à faible charge (kgDBO5/kg boues .j) $0,1 < C_m < 0,2$
- à moyenne charge (kgDBO5/kg boues .j) $0,2 < C_m < 0,5$
- à forte charge (kgDBO5/kg boues .j) $0,5 < C_m < 1$
- à très forte charge (kgDBO5/kg boues .j) $1 < C_m < 5$

Ces limites sont évidemment approximatives et variable avec les auteurs.

Tableau I.2 : Avantages et inconvénients du procédé à boues activées

Avantages	Inconvénients
Le procédé à boues activées permet de : - réduire le temps de séjour de la pollution ainsi que les surfaces du terrain utilisé - Il offre l'avantage d'une recirculation de la culture bactérienne ce qui conduit à un enrichissement du bassin par les micro-organismes épurateurs.	- Les installations à boues activées sont très coûteuses en raison de l'équipement qu'elles comportent (ouvrages en béton, ouvrages métalliques, appareillages, électromécaniques) - L'exploitation de ce type de station exige un personnel qualifié et une vigilance permanente, le bon rendement repose sur le bon fonctionnement des aérateurs.

II.3 Traitement tertiaire :

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables qui échappent à la meilleure décantation. Ainsi même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants.

La principale méthode utilisée est la désinfection par le chlore, la désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone ou le brome. Il y a aussi le lagunage naturel tertiaire qui assure l'exposition des microorganismes pathogènes aux rayonnements solaires ou la désinfection par Ultraviolets.

L'eau à désinfecter transite dans un chenal ouvert dans lequel sont placées des lampes émettant un rayonnement ultraviolet qui a la propriété d'agir directement sur les chaînes moléculaires (ADN-ARN) des cellules des micro-organismes, ce qui interrompt le processus de vie et de reproduction de ces pathogènes.

L'eau désinfectée peut ainsi rejoindre le milieu naturel sans risque pour la santé des individus.

Le coût excessif du traitement tertiaire explique pourquoi dans la majorité des stations d'épuration ce type de traitement est inexistant. Ce coût ne représente pas seulement le prix des réactifs ou des équipements mais aussi celui d'un personnel hautement qualifié.

III. Dimensionnement d'une station d'épuration

III.1 Critère de choix de site de la STEP :

Le choix d'un éventuel site pour l'implantation d'une station d'épuration doit tenir compte de divers critères parmi lesquels les plus importants sont :

1. Réseau de la collecte existant :

Pour optimiser économiquement le projet d'épuration, il est important d'éviter le relevage des eaux usées afin de réduire les investissements supplémentaires relatifs à l'installation de pompage et les frais de fonctionnement.

2. Caractéristique du site :

- Hauteur de la nappe phréatique.
- Pente.

Ces caractéristiques conditionnent le choix des techniques de construction lors de la réalisation du projet (stabilité des berges latérales des bassins) avoir une pente générale convenable pour assurer un écoulement normale entre différents bassins.

Il est souhaitable que le site d'implantation de la station présente un profil permettant de limiter les travaux du terrassement et de génie civil, il faut tenir en compte aussi de la nature du sol.

3. Protection du site contre les inondations :

C'est un critère auquel il faut donner beaucoup d'intérêt, afin d'éviter son envasement au cours d'une éventuelle inondation.

4. Choix d'un milieu récepteur pour les eaux épurées :

Même si une réutilisation des eaux usées traitées est effectivement possible, cette solution ne permet pas une réutilisation totale des eaux traitées pendant toute l'année.

De ce fait, il faut que soit l'exutoire acceptera une dilution conforme aux normes, soit procéder à une épuration complémentaire, si la nature du sol et la profondeur de la nappe l'exige, en vue de garantir la préservation de l'environnement et la qualité du milieu récepteur.

Le niveau d'acceptabilité du milieu conditionnera le choix du procédé d'épuration à retenir.

III.2 Choix de procédés de traitement biologique :

La liste des critères qui devraient intervenir dans le choix de la filière de traitement (eau et boue) est :

- le niveau de traitement requis (rendement, concentration)
- la capacité d'installation

- la destination des boues
- la surface au sol disponible
- la variation saisonnière de la charge polluante
- les contraintes environnementales
- le coût d'investissement
- le coût d'exploitation
- la qualité du terrain (lagune notamment)
- la fiabilité de la filière (sensibilité du milieu et traitement tertiaire spécifique)

Conclusion :

Pour déterminer les caractéristiques d'une eau usées et connaître son degré de pollution, il est impératif de déterminer ses différentes composantes et les paramètres qui sont mise en jeu.

Cependant, selon le besoin, nous sommes souvent amenés à déterminer les paramètres essentiels qui entre directement dans la composition d'un procédé d'épuration.

Chapitre II : Généralité sur la réutilisation des eaux usées

Introduction :

La réutilisation des eaux usées consiste à récupérer les eaux usées après plusieurs traitements destinés à en éliminer les impuretés, afin de stocker et d'employer cette eau à nouveau.

La réutilisation remplit donc un double objectif d'économie de la ressource : il permet à la fois d'économiser les ressources en amont en les réutilisant, mais aussi de diminuer le volume des rejets pollués

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel,
- La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

La réutilisation des eaux sert à des usagers nouveaux par rapport aux usagers initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé.

I. Objectifs de la réutilisation des eaux usées :

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

- Les usages domestiques qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel.
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriels et urbains.

En effet, les volumes d'eau issus des traitements sont en grande partie destinés dans le domaine agricole (plus de 70 %), vu sa demande en eau élevée. Les besoins industriels (centrales nucléaires, centrale hydroélectrique les usines de fabrication d'acier...) pour le refroidissement de moteurs des machines peuvent être couverts (20 %), et le pourcentage restant (soit près de 10 %) couvre les besoins domestiques.

Tableau II.1 : formes de réutilisation des eaux usées.

Formes de réutilisation	Application
Production de l'eau potable	- Production indirecte d'eau potable - Production directe d'eau potable
Irrigation en agriculture	- Culture maraichère - Arbres fruitiers - Cultures industrielles - Aquaculture
Activités récréatives	- Augmentation des cours d'eau pour la pêche, natation.

Utilisation industrielle	- Eau de refroidissement
L'utilisation urbaine	- Irrigation de parcs, écoles - Golfs, résidences - Protection incendie - Recyclage en immeuble

II. Exemples de réutilisation des eaux épurées en agriculture dans le monde :

La figure suivante résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine :

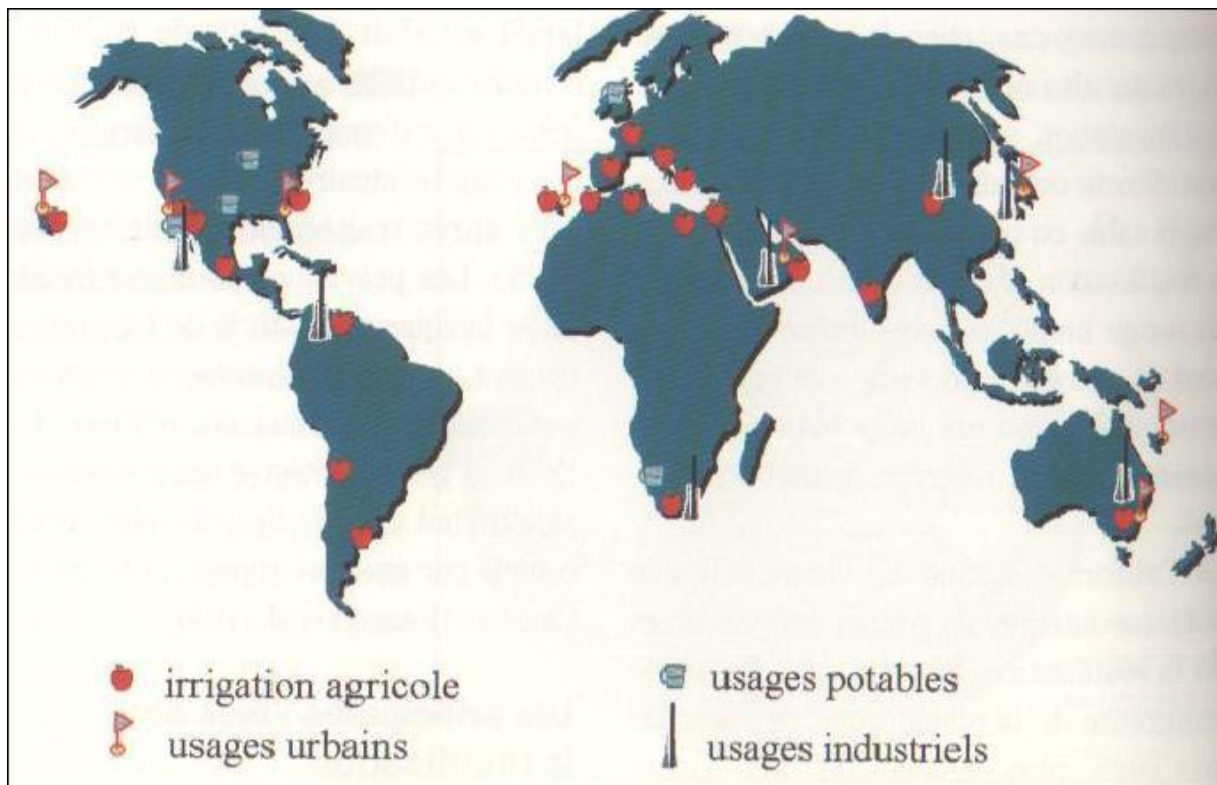


Figure II.1 : Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux usées urbaines.

Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles, mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le sud des États-Unis.

Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des États unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud

Les projets se concentrent autour du bassin méditerranéen et en Europe, aux États-Unis ou encore en Australie. Certains pays comme la Tunisie ont une véritable politique nationale de réutilisation des eaux usées épurées.

- La Tunisie a développé un programme de réutilisation des eaux usées épurées dès les années soixante. La première utilisation d’eaux épurées a eu lieu aux alentours de Tunis, pour irriguer 600 ha de citronniers. La nappe qui alimentait autrefois les circuits d’irrigation avait été surexploitée et commençait à être envahie par l’eau de mer. Il a donc fallu trouver une solution alternative. À partir des années quatre-vingt, une politique de réutilisation a été mise en place. En 1993, 6.400 ha de terres agricoles étaient irrigués avec des eaux épurées, et ce chiffre devait atteindre 20.000 à 30.000 ha dans les années suivantes.

Le traitement préconisé est le bassin de maturation, le plus adapté aux conditions techniques et économiques locales. Les restrictions d’utilisation ne concernent que les légumes destinés à être consommés crus ou cuits, selon la réglementation tunisienne établie en 1989.

- États-Unis, 34 états disposent de réglementations concernant l’usage agricole des eaux usées. La Californie fait office de précurseur. Sa réglementation sur la qualité des eaux et leur utilisation, dénommée «Title 22 », est une référence au niveau international. Respectivement, 63 % (570.000 m3/j) et 34 % (340.000 m3/j) des eaux usées épurées des états de Californie et de Floride sont réutilisées pour l’agriculture. 70 % des effluents sont réutilisés pour l’irrigation agricole après un traitement type Titre 22 (filtration tertiaire et désinfection).

III. Risques liés à la réutilisation agricole des eaux usées épurées :

III.1 Risque microbiologique :

Dans le cas de l’agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les micro-organismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l’intérieur des plantes. Les micro-organismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un environnement frais, humide (évaporation) et à l’abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou la récolte.

Les trois voies de contamination que l’on retrouve classiquement sont :

- la contamination par ingestion :

C’est la plus commune. D’une part, il y a l’ingestion directe, lorsqu’il y a consommation d’eau. Celle-ci peut être volontaire lors de la consommation d’eau potable, ou involontaire, par exemple « boire la tasse » en natation. D’autre part, il y a l’ingestion indirecte, par exemple quand les eaux épurées sont utilisées pour irriguer des cultures dont les produits sont ensuite consommés ;

- La contamination par inhalation :

Elle est moins importante et n’est pas possible pour tous les polluants. Elle se produit lors de la formation d’aérosols, dans le cas de l’irrigation par aspersion ou de l’utilisation d’un karcher ;

- la contamination par voie cutanée :

Un simple contact peut entraîner une contamination, souvent grâce à des microcoupures sur la peau. Seule la bactérie *Leptospire* est vraiment concernée par ce mode de transmission.

Tableau II.2 : Les virus dans les eaux usées

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nbre pr 1L d'eau usée	Voies de contamination
-----------------	--------------------	-----------------------	------------------------

			principales
Virus de l'hépatite A	Hépatite A		Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E		Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400 à 85 000	Ingestion
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Adénovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, vomissement, diarrhée		Ingestion
Astrovirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion/ inhalation
Réovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée		Ingestion
Entérovirus :			
Poliovirus	Paralyse, méningite, fièvre	182 à 492 000	Ingestion
Coxsackie A	Méningite, fièvre, pharyngite, maladie respiratoire		Ingestion
Coxsackie B	Myocardite, anomalie congénitale du cœur (si contamination pendant la grossesse), éruption cutanée, fièvre, méningite, maladie respiratoire		Ingestion
Echovirus	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, rash, diarrhée, fièvre		Ingestion
Entérovirus 68-71	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, conjonctivite hémorragique aiguë, fièvre		Ingestion

Source : Site Internet du ministère de la Santé du Canada (www.hc-sc.gc.ca)

Tableau II.3 : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nbre dans 1L d'eau usée	Voies de contamination principales
Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	10 à 10000	Ingestion
E. coli	Gastro-entérite		Ingestion
Yersinia	Gastro-entérite		Ingestion
Campylobacter	Gastro-entérite	37 000	Ingestion
Vibrio	Choléra	100 à 100 000	Ingestion
Leptospira	Leptospirose		Cutanée Inhalation Ingestion
Legionella	Légionellose		Inhalation

Mycobacterium	Tuberculose		Inhalation
---------------	-------------	--	------------

Source : Site Internet du ministère de la Santé du Canada (www.hc-sc.gc.ca)

Tableau II.4 : Les parasites pathogènes dans les eaux usées

Organisme	Symptômes, maladie	Nbre dans 1l d'eau usée	Voies de contamination principales
Protozoaires			
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia	Diarrhée, malabsorption	125 à 100 000	Ingestion
Balantidium coli	Diarrhée bénigne, ulcère du colon	28-52	Ingestion
Cryptosporidium	Diarrhée	3 à 122	Ingestion
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre		Inhalation/Ingestion
Cyclospora	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids		Ingestion
Microsporidium	Diarrhée		Ingestion
Helminthes			
Ascaris	Ascariase : diarrhée, troubles nerveux	5 à 111	Ingestion
Ancylostoma	Anémie	6 à 188	Ingestion/cutanée
Necator	Anémie		Cutanée
Tœnia	Diarrhée, douleurs musculaires		Ingestion de viande mal cuite
Trichuris	Diarrhée, douleur abdominale	10 à 41	Ingestion
Toxocora	Fièvre, douleur abdominale		Ingestion
Strongyloïdes	Diarrhée, douleur abdominale, nausée		Cutanée
Hymenolepis	Nervosité, troubles digestifs, anorexie		Ingestion

Source : Site Internet du ministère de la Santé du Canada (www.hc-sc.gc.ca)

Tableau II.5 : Facteurs environnementaux modifiant la survie des microorganismes

Facteur	Diminution de la survie
Température	Quand elle augmente
Eau	Quand l'humidité diminue
pH	Aux pH extrêmes (> 12 ou < 3)
Ensoleillement	Quand la luminosité augmente
Oxygène	Effet variable selon le type respiratoire des bactéries ; effet négatif sur les Virus
Matière organique (nutriments)	Quand la quantité de nutriments diminue

Organismes vivants	Quand l'activité biologique augmente. L'activité biologique du milieu (présence d'organisme saprophyte tel que certains champignons) diminue la résistance des organismes par compétition pour les nutriments et sans doute par prédation.
--------------------	--

Source : Site Internet du ministère de la Santé du Canada (www.hc-sc.gc.ca)

III.2 Risque chimique

III.2.1 Éléments trace :

Les éléments traces sont, en général, immobilisés dans les couches supérieures du sol, par adsorption et échange d'ions. Cette accumulation peut avoir pour conséquence à terme des risques pour le développement des plantes, la santé humaine et animale; les métaux qui présentent les risques les plus notables sont:

- Le cadmium et molybdène, peuvent être toxiques pour les animaux et les humains, à des concentrations bien inférieures au seuil de phytotoxicité;
- Le nickel, zinc et cuivre sont d'abord phytotoxiques.

Tableau II.6: Concentration maximale d'éléments à l'état de trace pour les eaux d'irrigations.

Élément	Concentration maximale recommandée (mg/l)	Observations
Al (aluminium)	5,0	Peut provoquer la stérilité des sols acides (pH <5,5), mais les sols sodiques précipiteront l'ion et élimineront la toxicité à pH > 7,0.
As (arsenic)	0,10	La toxicité à l'égard des plantes varie fortement, à moins de 0,05 mg/l pour le riz.
Be (béryllium)	0,10	La toxicité vis-à-vis des cultures varie fortement de 5 mg/l pour le chou à 0,5 mg/l pour les haricots blancs.

Cd (cadmium)	0,01	Toxique pour les haricots, les betteraves et les navets à de faibles concentrations (0,1 mg/l dans la solution nutritive). Des limites prudentes sont recommandées en raison des possibilités de former des concentrations dangereuses dans les végétaux et les sols pour l'homme.
Co (cobalt)	0,05	Toxique pour la tomate à 0,1 mg/l dans la solution nutritive. A tendance à être neutralisé par les sols à pH > 7.
Cr (Chrome)	0,10	N'est en général pas considérée comme un élément essentiel de la croissance. En raison d'un manque d'information sur ses effets toxiques, on recommande des limites prudentes.
Cu (cuivre)	0.20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations comprises entre 0,1 et 1,0 mg/l, dans la solution nutritive.
F (fluor)	1,0	Neutralisé par les sols à ph > 7.
Fe(Fer)	5,0	Pas toxique pour les plantes dans les sols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et à la baisse de la disponibilité du phosphore et du molybdène essentiels. Peu provoquer, en aspersion "haute", des dépôts peu esthétiques sur les plantes, l'équipement et les bâtiments.
Li (Lithium)	2,5	Toléré par la plupart des cultures jusqu'à 5mg/l, mobile dans le sol. Toxique pour les agrumes à des concentrations faibles (<0,075 mg/l). Agis comme le bore.
Mn (manganèse)	0.20	Toxique pour un certain nombre de plantes, à partir de quelques dixièmes de mg/l à quelques mg/l, mais en général seulement dans les sols acides.
Mo (molybdène)	0,01	Non toxique pour les cultures à des concentrations normales dans le sol et l'eau. Peut-être toxique pour le bétail lorsque le fourrage pousse sur des sols à forte concentration en molybdène disponible.
Ni (nickel)	0.20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations variant de 0,5 mg/l à 1,0 mg/l, toxicité réduite avec un pH neutre ou alcalin.
Pb (plomb)	5,0	Peut inhiber la croissance des cellules végétales à des concentrations très élevées
Se (sélénium)	0,02	Toxique pour les cultures à des concentrations aussi faibles que 0,025 mg/l et toxique pour le bétail si le fourrage est cultivé sur des sols avec un niveau relativement élevé de sélénium apporté. Essentiel aux animaux, mais à des concentrations très basses.
Sn (étain)	•••	Exclu efficacement par les plantes; tolérance spécifique inconnue.
V (vanadium)	0,10	Toxique vis-à-vis de nombreux végétaux à des concentrations relativement faibles.
Zn (zinc) 2	2,0	Toxique pour de nombreuses plantes à des concentrations très variables, toxicité réduite à pH > 6,0 et dans les sols à texture fine ou organiques.

Source : Site Internet du ministère de la Santé du Canada (www.hc-sc.gc.ca)

III.2.2 Substances nutritives :

Ces impacts sont d'importance particulière puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement des terres.

- L'azote

En quantité excessive peut :

- Perturber certaines productions,
 - Retarder la maturation de certaines cultures, abricots, agrumes;
 - Altérer leur qualité, comme par exemple réduire la teneur en sucres des fruits ;
 - Accentuer la sensibilité des cultures aux maladies, la tendance à la verse pour les céréales,
 - limiter le développement des jeunes racines.
- Les nitrates

L'origine des nitrates dans l'eau souterraine est principalement due aux engrais et les eaux d'épuration. L'azote n'est pas absorbé par les plantes, volatilisé, ou emporté par le nettoyage des surfaces dans les eaux souterraines sous forme de nitrate.

Ceci rend l'azote non disponible pour les plantes, et peut également augmenter la concentration dans les eaux souterraines au-dessus des niveaux admissibles pour la qualité de l'eau potable. Les systèmes septiques éliminent seulement la moitié de l'azote des eaux usées, laissant l'autre moitié dans les eaux souterraines, ceci conduit à une augmentation des concentrations en nitrate.

Tableau II.7 : Normes concernant les nitrates dans l'eau potable

Substance	Nature du trouble qui peut se produire	Niveau approximatif au-dessus duquel des troubles peuvent apparaître
Nitrate (entant que NO ₃)	Danger de méthémoglobinémie infantile si l'eau est consommée par des nouveaux nés.	- Recommandé: moins de 50 mg/l. - Acceptable: 50 à 100 mg/l. - Non recommandé: plus de 100 mg/l

Une exposition à court terme à l'eau potable avec un niveau de nitrate supérieur à la norme est potentiellement dangereuse pour la santé, notamment pour les bébés.

Les bébés boivent de fortes quantités d'eau comparativement à leur poids, spécialement si l'eau est utilisée pour mélanger les poudres ou les recettes ou les jus concentrés. De plus, leur système digestif est immature, et ainsi plus propice à la réduction des nitrates en nitrites. Les nitrites dans les appareils digestifs des bébés peuvent entraîner une méthémoglobinémie (maladie du sang bleu) [OMS].

ü Méthémoglobinémie: une maladie causée par un excès en nitrate

La condition clinique se produisant à partir de la conversion de l'hémoglobine en méthémoglobine, qui est incapable de relier ou de transporter l'oxygène. La méthémoglobine est formée lorsque le fer de la molécule d'hémoglobine est oxydé de Fe²⁺ en Fe³⁺. [OMS]

- Le potassium

La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l. Un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium et une augmentation des pertes par drainage en sols légers [FAO].

- Le phosphore

Le principal problème causé par le phosphore est l'eutrophisation des milieux aquatiques, notamment des lacs. L'eutrophisation est "l'asphyxie des eaux d'un lac ou d'une rivière" due à un apport exagéré de substances nutritives - notamment le phosphore – qui augmente la production d'algues et de plantes aquatiques.

La décomposition et la minéralisation de ces algues, lorsqu'elles meurent, consomment de l'oxygène dissous. Autrement dit, plus il y a d'algues, moins il y a d'oxygène, particulièrement dans les eaux du fond. En dessous d'un certain seuil, on parle généralement de 4 mg d'oxygène par litre, les conditions de vie deviennent difficiles pour la faune et la flore.

III.2.3 Concentration saline des eaux :

Au cours des irrigations successives, la plante prélève l'eau qui lui est nécessaire et abandonne dans le sol une large fraction des sels apportés. Ces résidus s'accumuleront et la salinité propre du sol s'élèvera en même temps que les volumes d'eau appliqués. Les eaux d'irrigation doivent, donc renfermer des quantités de sel notable inférieures au niveau de salinité de la solution de sol considéré comme dangereux. Dans le cas contraire, il faut pratiquer des irrigations supérieures aux besoins de la culture de manière que l'eau en excès entraîne en profondeur hors de portée des racines les éléments solubles.

Les risques de salinisation peuvent être minorés de 10 à 30 % si la fraction de lessivage correspond à celle d'une irrigation bien réalisée (10 à 20 % de lessivage).

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca²⁺), de magnésium (Mg²⁺), de sodium (Na⁺), les chlorures (Cl⁻), les sulfates (SO₄²⁻) et les bicarbonates (HCO₃⁻).

- Le Sodium

C'est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation; le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui conduit à une structure compacte lorsque cette dernière est sèche et excessivement imperméable à l'eau.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'adsorption du sodium (SAR). Le SAR décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

Le SAR (le sodium, le calcium, et le magnésium sont exprimés en méq/L) :

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

III.2.4 Eaux souterraines (nappes) :

Elle se compose de deux principaux types de nappe

- Les nappes libres (nappes qui ne possèdent pas de couche imperméable au-dessus permettant leur protection) sont les plus exposées à la contamination par l'infiltration des eaux usées épurées après irrigation, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes.
- Les nappes captives (nappes qui ont une couche imperméable au-dessus qui empêche l'eau et donc les polluants de s'infiltrer) sont plus protégées, mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou une autre mise en communication avec la surface ou un autre aquifère pollué.

III.3 Stockage des eaux épurées

III.3.1 Recharge de nappes aquifères :

Il y a deux possibilités de recharger des nappes aquifères :

- Déversement direct des eaux épurées après un haut degré de traitement par forage.
- l'infiltration-percolation: cette technique utilise les capacités épuratrices des sols en combinant l'épuration complémentaire et recharge de nappes.

III.3.2 Réservoirs de stabilisation :

Ce sont des réservoirs de profondeur variable de 5,5 à 15 mètres, le stockage des eaux usées dans ces réservoirs sur de longues durées (de quelques jours à quelques semaines voire des mois) constitue un véritable traitement complémentaire; il permet la diminution des matières en suspension, l'azote (nitrates) et les micro-organismes.

Ces diminutions sont très variables selon la qualité de l'eau d'entrée et la conception du réservoir (en particulier sa profondeur).

III.3.3 Normes actuellement en usage :

- Normes et critères OMS et FAO

Les paramètres minimaux de qualité bactériologique des Eaux usées à la sortie de la STEP permettant d'assurer la protection sanitaire des agriculteurs et des consommateurs sont ceux de l'OMS (1989, 2000 et 2006). Les paramètres de qualité physico-chimique des Eaux usées admissibles pour un usage agricole adéquat sont ceux de la FAO (1985).

Tableau II.8 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées.

Paramètres	unité	Normes	
		FAO * (1985)	OMS** (1989)
pH		6,5-8,4 *	
Turbidité	NTU		
		<0,7 * Aucune restriction	

CE	dS/m	0,7 - 3,0 * restrictions légères à modérée >3.0 * Forte restriction
MES	mg/l	<70**
DCO	mgO ₂ /l	<40**
DBO ₅	mgO ₂ /l	<10**
NO ³⁻	mg/l	50**
NO ₂ ⁻	mg/l	<1 **
NH ₄ ⁺	mg/l	< 2 **
PO ₄ ⁻³	mg/l	< 0,94 **
HCO ₃ ⁻	mg/l	500*
Cl ⁻	mg/l	1065 *
Ca ²⁺	mg/l	400*
Mg ²⁺	mg/l	60,75 *
K ⁺	mg/l	50*
Na ⁺	mg/l	920*
Chlore résiduel	mg/l	-
SAR	meq/l	- <3* aucune restriction - 3-9* restriction légère à modérée - >9* Forte restriction
Coliformes totaux	UFC/100ml	/
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000 **
Salmonelles	UFC/1L	Absence **

Source: [MRE]

Tableau II.9 : Les normes microbiologiques révisées de l'OMS (2000 et 2006) pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture.

Catégorie	Condition de réutilisation	Groupes exposés	Nématode intestinaux	Coliforme fécaux	Traitement recommandé pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation sans restriction A1 pour les cultures maraichères consommées crues, les terrains de sports, les parcs publics.	Travailleurs, consommateurs, publics	≤ 0,1	≤ 10	Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement équivalent (ex. Traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire. Soit d'une filtration et d'une désinfection)
B	Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, fourragères, pâturage et	B1 : Travailleurs (mais pas les enfants < 15	≤ 1	≤ 105	Série de bassins de rétention, dont un bassin de maturation ou un bassin

	forêt	ans), population alentour			séquentiel ou un traitement équivalent (ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration)
		B2 : comme B1	≤ 1	≤ 103	Comme pour la catégorie A
		B3 travailleurs dont les enfants < 15 ans. Population alentour	$\leq 0,1$	≤ 103	Comme pour la catégorie A
C	Irrigation localisée sur des cultures de la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Pas de norme.	Pas de norme.	Prés traitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire

Conclusion :

Les conséquences immédiates ou différées d'un rejet d'eaux usées sur le milieu récepteur sont nombreuses. Elles sont dues à la présence d'éléments polluants contenus dans l'eau sous forme dissoute ou particulaire, parmi ces polluants les métaux lourds qui sont très toxiques rendant les rendements agricoles non satisfaisants et perturbent l'équilibre de l'écosystème.

Chapitre III : Présentation de la station d'épuration de la ville de Laghouat

Introduction :

Avant d'entamer n'importe quel projet, l'étude du site est nécessaire pour connaître les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs qui influent sur l'élaboration de ce projet, pour cela nous devons disposer de certaines données, notamment les données :

- naturelles du site.
- relatives à l'agglomération.
- relatives au développement futur de l'agglomération.
- relative a la station d'épuration.

- propres à l'assainissement.

I. Présentation de la ville de Laghouat :

I.1 Situation géographique:

La commune de Laghouat est située sur l'axe de la Route Nationale N°1 reliant Alger au Sud du pays, elle est limitée au nord par la wilaya de Djelfa, au sud par Ghardaïa, à l'est ElBayadh et à l'ouest par Tiaret.

La commune de Laghouat, dans son contexte national est chef-lieu de wilaya, elle est structurée en :

- un Centre - Urbain (Laghouat)
- Une zone agricole (Bordj Senouci-seridja)
- une vaste zone steppique (au nord de Laghouat)

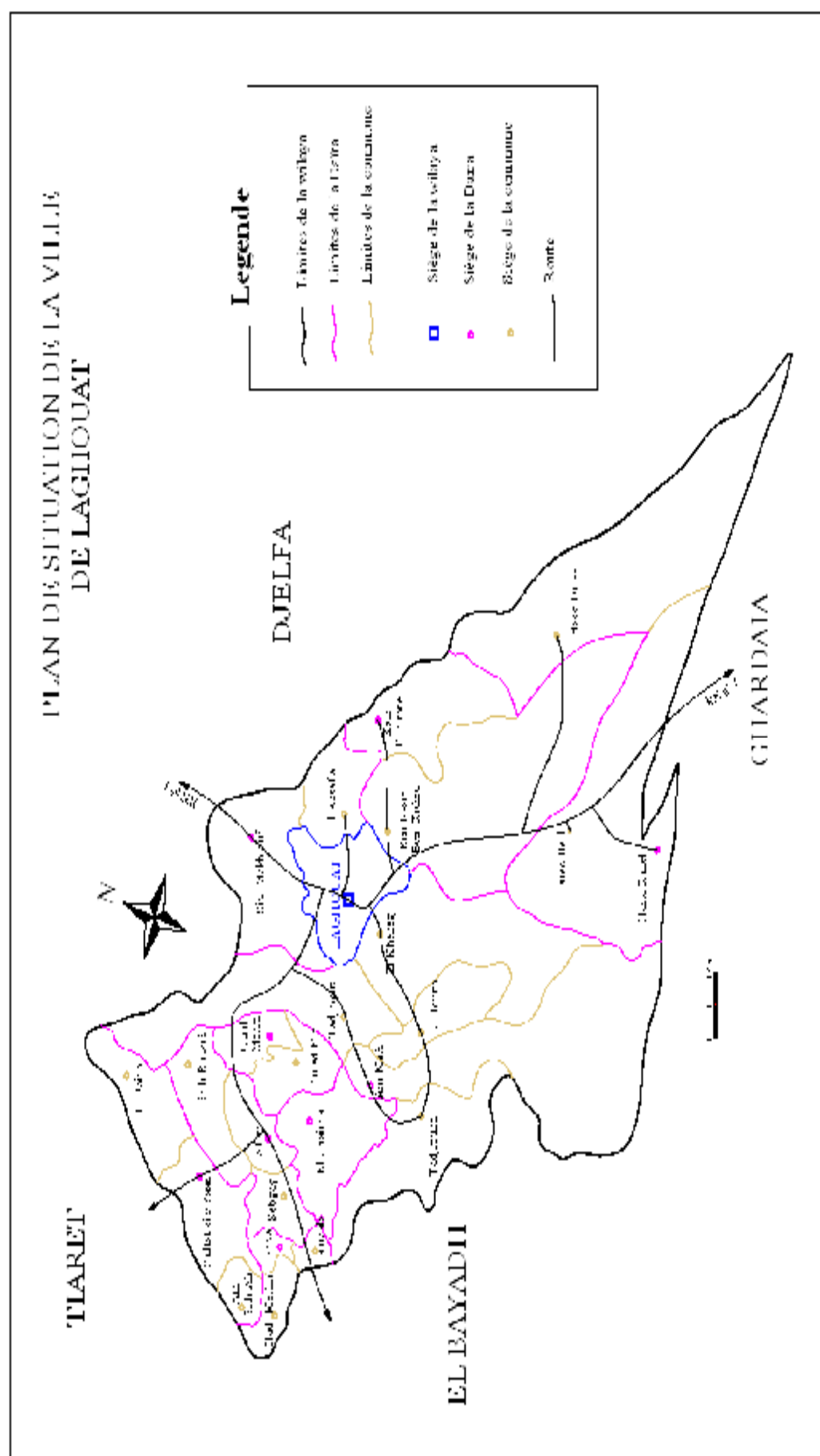


Figure III.1 : Plan de situation de la ville de Laghouat

I.2 Données naturelles du site

- **topographique et relief:**

La commune de LAGHOUAT accuse deux profils topographiques distincts :

- Au nord, la commune conserve une topographie générale caractérisée par le pied de contre fort du DJEBEL AMOUR, maillon de l'Atlas Saharien (altitude de 1000 à 1700m avec une pente de 12.5 à 25%).

Ce sont en général de hautes terres du genre steppique, habillées d'une couverture végétale essentiellement constituée de plantes d'alfa et de pâturage.

- Au Sud, partie des terres parcourues par le lit de Oued-M'zi, en pente douce (altitude de 700 à 1000 m, et d'une pente de 0 à 3%) jusqu'à l'extrémité sud de la wilaya prenant Contact avec le Sahara, elle est caractérisée par une partie désertique plate, recouverte en grande majorité par des sables.

La ville de Laghouat se situe à une altitude de 760 mètres, Latitude : 33° 47' 59 N et Longitude : 2° 52' 59 E, entourée par des chaînes de montagnes aussi bien du côté Nord que du Sud créant le chemin de parcours ou nids de deux oued « M'zi et M'Saad », ce qui partage le site en deux types de sol, les parties longeant les pentes des chaînes de montagnes et les terrains bas des jardins.

- **Géologie :**

Le Nord-Ouest est occupé par les dernières pentes du djbel –Lahmar. Les régions sud-est et nord-ouest sont constituées par des formations marno-calcaires appartenant au système crétacé supérieur (Secondaire).

La ville se compose de deux parties coupées par un massif calcaire de direction Sud-Ouest et Nord- Est, elle est bâtie sur des accumulations et des dépôts quaternaires (marne).

Laghouat est érigée entre le KEF TEZZIGRARINE (820 mètres d'altitude) à l'Ouest et le Kef SERIDJA (790 mètres d'altitude) au sud.

La zone d'étude s'intègre dans la partie septentrionale de la plate forme saharienne. Le manque de données géologiques et hydrogéologiques sur ce secteur ne nous permet pas de donner beaucoup de détails.

Les formations géologiques en place sont exclusivement sédimentaires d'âge crétacé supérieur. Par endroits, ces terrains disparaissent sous une couverture de dépôts Mio-pliocène.

Ces formations ont été affectées par des phases tectoniques de type compressif qui sont à l'origine des structures géologiques.

1. Le barrémien :

Ce type de formation représenté par des grès barrémiens se trouve à des profondeurs de l'Ouest (400 m) vers l'Est (plus de 900 m) et du Sud (400 m) au Nord (plus de 700m).

2. l'Albien :

Il est représenté par des grès argileux, des sables et des Silistones. Son épaisseur varie de 250 à plus de 400m. Les grès albiens présentent un intérêt hydrogéologique certain. Ils constituent la nappe aquifère la plus importante du continental intercalaire.

3. Le Cénomaniens:

D'épaisseur oscillant entre 60 et 200 m, le Cénomaniens est à dominance argileuse et se présente de bas en haut comme suit:

- des argiles versicolores silteuses
- une alternance de rares bancs de marne et de gypse
- des argiles gypseuses vertes et rouges
- des calcaires dolomitiques et de dolomies
- des dolomies massives en falaises (corniches) plus ou moins fissurées et cavernueuses vers le sommet.

Les argiles de base du cénomaniens maintiennent souvent en charge la nappe albienne. De même, elles constituent le substratum imperméable des dolomies et calcaires du sommet du Cénomaniens qui sont en relation avec la nappe du Turonien.

4. Le Turonien:

Le turonien est entièrement carbonaté. Il forme les falaises et l'ossature des monts de l'Atlas saharien et même de la plate forme saharienne (chebka du M'Zab). Il est constitué, à la base de calcaires dolomitiques massifs surmontés par des calcaires crayeux blancs et des dolomies à patine foncée en petits bancs et en plaquettes.

Son épaisseur varie de 50 à 120 m. A l'affleurement il est plus ou moins érodé. Ces sédiments sont fortement fissurés et les figures de dissolution (typiques du karst) sont nombreuses.

5. Le Sénonien:

Son épaisseur varie de 15 à 120 m. Il est fortement érodé et est constitué en gros de:

- ensemble 1:

Une série argileuse plus ou moins riche en évaporites (Anhydrite, sel,...) avec des bancs de dolomies et de calcaires. Dans certains secteurs, cette série n'a pas été reconnue (pas de dépôt). Quand elle existe et qu'elle n'est pas érodée, elle forme le toit de la nappe aquifère turonienne et contribue localement à sa mise en charge.

- ensemble 2:

Une série dolomitique blanchâtre.

- ensemble 3:

Une série carbonatée (calcaires et dolomies). Les bancs de calcaires et de dolomies peuvent constituer des aquifères de moindre importance que les réservoirs du turonien et de l'albien.

Là où la série argileuse de base est inexistante et là où le sénonien constitue un aquifère celui-ci est en continuité hydraulique avec la nappe du turonien.

6. L'Eocène:

Il est représenté par des calcaires blancs à silex à passées d'argilites. Son épaisseur ne dépasse pas les 30m dans la zone de Hassi R'mel.

7. Le Mio-pliocène:

Quand il existe, il est discordant sur les formations antérieures sous-jacentes. Il est hétérogène et constitué d'argiles, de niveaux de calcaires, de grès et de calcaires gréseux. Localement, le Mio-pliocène est aquifère mais ses eaux sont de qualité médiocre.

8. Le quaternaire :

Cette formation de quaternaire correspond au dépôt de comblement des vallées et des terrasses d'oueds formant des plaines plus ou moins étendues. Ces dépôts sont représentés par des alluvions et des terrasses surmontées par des sables dunaires. On les retrouve notamment où l'on note une présence importante de dunes de sable.

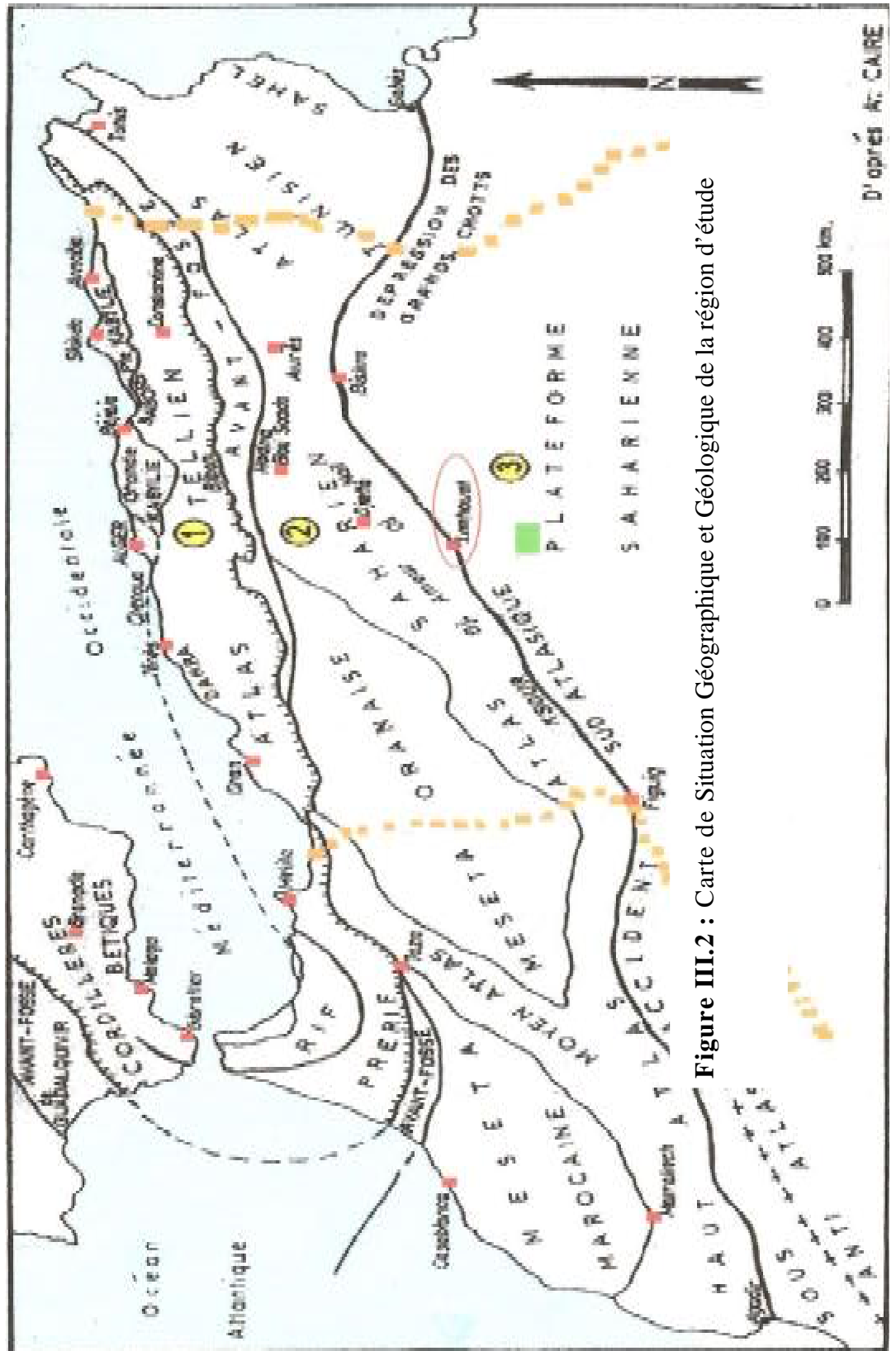


Figure III.2 : Carte de Situation Géographique et Géologique de la région d'étude

- Hydrogéologie :

La région de Laghouat est caractérisée par une faible pluviométrie marquée notamment par une diminution Nord-Sud. L'évaporation est intense et représente près de 95% des précipitations.

Le ruissellement moyen annuel caractérisant Oued M'Zi (talweg principal du bassin le plus important de la wilaya de par: sa superficie, sa position centrale et ses ressources) provient pour une part importante des crues. Il est compris entre 9 et 13.10 m3 soit seulement 1 à 1,5% des précipitations.

- Les ressources en eaux superficielles sont localisées dans l'Atlas saharien. Leur faible importance est liée à l'irrégularité du régime pluviométrique et à la forte évaporation.
- Les ressources en eaux souterraines sont nettement plus importantes. Elles sont contenues dans les aquifères figurants dans le tableau ci-après:
 - Du point de vue hydrogéologique, les formations susceptibles de constituer des nappes aquifères potentielles pourraient être attribuées aux calcaires et calcaires dolomitiques du Turonien ou aux grès de l'Albien.

Tableau III.1: Formations aquifères de la région

Région physique	Formations		Réservoir aquifère
Hauts Plateaux	Alluvions plio-quaternaires Alluvions quaternaires		Nappes alluviales
Atlas Saharien	Calcaires Turoniens		Nappes des calcaires turoniens, localisées dans les synclinaux perchés
	Grés	Albien	Nappes de grés albien
		Barrémien	Nappes de grés barrémiens
		Kimméridgien	Nappes de grés Kimméridgien
Plateau Saharien (zone du projet)	Alluvions du mio-plio quaternaire Sables et grés mio pliocène		Nappe alluviale de l'Oued M'Zi
	Calcaires de l'Eocène inférieur, du Sénonien supérieur et du Turonien		Aquifère multicouche du complexe terminal
	Grés de l'Albien		Aquifère du continental intercalaire
	Grés du barrémien		Nappe de grés barrémiens

Source : D.S.A Laghouat

• **Hydrographie :**

Contrairement aux villes des grands espaces sahariens. Laghouat compte un important potentiel hydraulique, émanant des écoulements de deux oueds, le premier « Oued M'zi » qui

coule sur des Kilomètres à travers la Wilaya. Son influence touche la quasi-totalité du nord-est de la ville. Ce passage permet une excellente alimentation des puits de la palmeraie ainsi que de la nappe souterraine.

Le deuxième Oued « M'Saad » coule quant à lui du côté sud de la ville, ce qui permet d'alimenter les puits des jardins situés dans cette partie de l'Agglomération. Pendant les fortes crues, ces deux Oueds provoquent des inondations dans les Zones habitées.

- **Sismicité:**

Après le séisme survenu dans les wilayas d'Alger et Boumerdes le 21 mai 2003, des modifications et compléments ont été apportées aux règles parasismiques Algériennes élaborées en 1999 (R.P.A 99) par le Centre National de Recherches Appliquées en Génie Parasismique d'Alger.

Le zonage des régions sismiques de l'Algérie, classe la région de Laghouat dans la zone (I) (Zone de faible intensité). Néanmoins, la vulnérabilité au risque sismique est classée moyenne.

La construction future doit donc prendre en considération les valeurs mentionnées dans le Règlement Parasismique Algérien, élaboré par le Centre National de Recherches Appliquées en Génie Parasismique d'Alger.

Ce règlement désigne les coefficients à appliquer dans les calculs des structures dans la zone de réalisation.

Carte 04

Zones sismiques et degré de vulnérabilité des territoires en Algérie

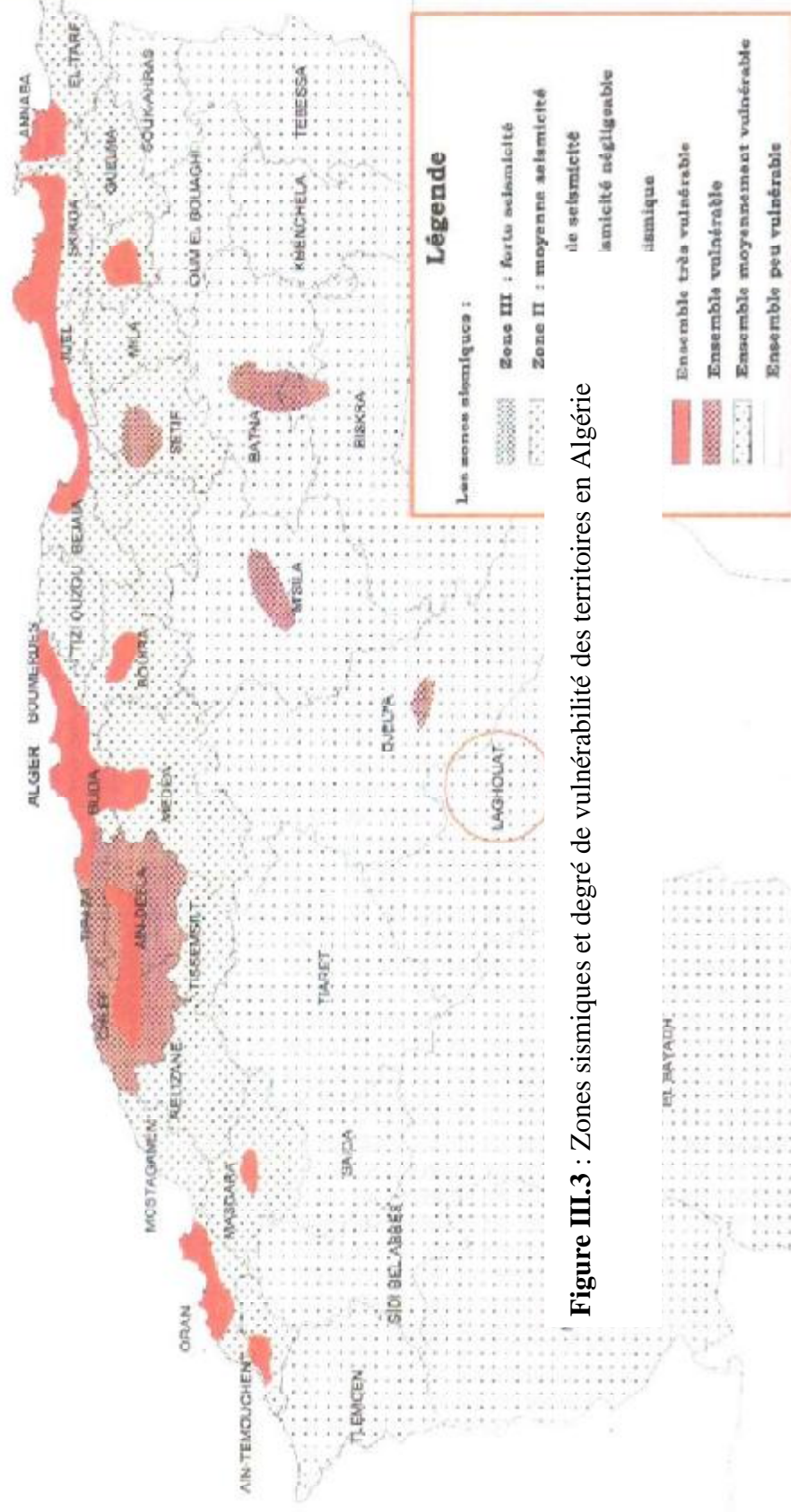


Figure III.3 : Zones sismiques et degré de vulnérabilité des territoires en Algérie

I.3 Situation climatique :

- **Climat :**

Le climat de Laghouat est du type saharien, marqué par un été très chaud d'une moyenne de 37°C et un Hiver froid avec une température minimale atteignant parfois -6°C. L'aridité s'accroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne en direction du Sud.

- **Température :**

La variation de température est assez sensible au voisinage des hautes terres de l'atlas saharien. Voir tableau III.2 et III.3

Tableau III.2 : Températures moyennes mensuelles

Paramètres	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
Températures min (°c)	2.4	3.9	6.3	9.7	14.3	18.6	22.2	21.9	17.5	11.8	6.6	2.7	11.49
Températures max(°c)	14.3	16.8	19.3	22.6	28.3	32.6	37.4	37.1	31.2	24.8	18.8	14.2	24.78

Source : Station météorologique Laghouat (2006)

Tableau III.3 : Températures Moyennes annuelles

Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
T _{moy} (c°)	18.2	19.2	18.6	19.6	18.6	19.9	18.9	19.4	18.9

Source : Station météorologique Laghouat

- **Vents :**

Pour une année d'observation, nous recueillons une généralité des fréquences moyennes des vents exprimée en heures pour toutes les directions.

Tableau III.4 : direction et fréquence des vents

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
Vitesse des vents (m/s)	2.3	2.4	2.2	2.6	2.6	2.5	2.2	2.1	2.3	2.4	2.2	2.2

Source : Station météorologique Laghouat

Les vents dominants sont de Direction OUEST et SUD OUEST.

Le SIROCO souffle 65 à 70 jours par an, il est fréquent du côté nord et ouest, généralement en juillet sur les hautes terres du Nord et de l'Ouest, ainsi que les mois de juin et juillet sur les

basses terres.

Le CHEHILI venant du Sud provoque certains dégâts, dessèchements, déshydratation ...etc. Ces vents sont souvent violents et leur vitesse varie de 15 à 30 m/s soit 58 à 108 km/h, et de direction sud-ouest (fréquence 687 heures/mois). Ce sont des Vents fréquents et cycliques.

Tableau III.5 : Vitesses maximales des vents avec leurs directions.

Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
V _{max} (m/s)	NNW 29	N 30	NW 28	WNW 28	W 25	NNW 36	NW 24	NW 25	WNW 35

Source : Station météorologique Laghouat

L'absence de la couverture végétale conduit à la désertification de la région ainsi que la création des vents de sable. Ces derniers ont des effets nuisibles sur le réseau d'assainissement qui se traduisent par le colmatage des conduites.

- **Humidité :**

La région de Laghouat, à climat saharien, a un degré hygrométrique moyen faible. Mais une simple averse peut rapidement relever le taux hygrométrique et si les précipitations durent, l'humidité de l'air peut arriver à la saturation, même en été. Par contre, les années de sécheresse, l'hygromètre affiche alors, un peu au-dessous de 20% d'humidité en hivers et dépasse légèrement les 10% en été. (Tableau III.6)

Tableau III.6 : Humidité-Evaporation.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Humidité Moy. Mens. An en %	59	54	48	44	40	36	31	35	46	57	61	62	47.8
Évaporation au Pichet (mm)	73	84	168	179	229	285	351	294	190	145	76	67	178

Source : Station météorologique Laghouat (2006)

- **Pluviométrie :**

Les précipitations de la région de Laghouat sont de types irréguliers et insuffisants, la région a connue une grande période de sécheresse durant la décennie écoulée.

L'analyse statistique de la station de KSAR EL HIRANE code 060403 et d'altitude 710 m sur une période allant de 1969 à 2005 (37) ans dont 35 ans entiers donnent une moyenne interannuelle de l'ordre de 137.91 mm. (Tableau III.7)

Tableau III.7 : Précipitations mensuelles (mm) 1984-2005 (060403)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aou	P_{annuel}
1984	13,00	16,00	6,00	1,00	21,20	3,20	5,50	0,00	20,40	0,00	0,00	1,00	87,30
1985	4,50	4,00	32,80	5,00	3,00	2,00	19,80	1,50	25,10	0,00	2,00	0,00	99,70
1986	6,00	16,40	6,00	0,50	16,40	3,00	8,20	3,00	8,20	16,40	0,00	4,50	88,60
1987	0,00	12,20	1,00	4,50	6,00	2,50	1,50	4,20	19,40	22,60	4,40	0,00	78,30
1988	3,00	12,70	3,50	2,50	9,70	1,00	12,70	8,70	0,80	19,40	0,00	4,60	78,60
1989	1,00	3,70	1,50	1,00	18,80	0,00	4,00	36,80	31,40	2,80	6,00	2,00	109,00
1990	8,70	0,00	13,20	3,50	9,90	11,70	16,40	4,00	9,20	0,00	0,00	1,90	78,50
1991	12,20	2,50	18,60	13,20	0,00	2,00	0,50	15,40	2,30	12,70	0,00	0,00	79,40
1992	24,20	0,00	1,30	1,40	1,20	4,50	0,00	0,50	17,10	2,70	11,50	0,00	64,40
1993	2,70	6,50	2,80	1,50	5,50	3,50	15,40	0,00	0,00	1,80	0,00	1,90	41,60
1994	22,90	16,20	5,30	0,00	0,00	1,50	5,30	1,90	0,00	13,00	0,00	1,80	67,90
1995	10,20	8,20	3,50	24,60	16,50	4,50	24,30	49,60	5,00	26,80	5,50	0,00	178,70
1996	9,50	11,70	0,00	3,00	0,90	6,00	0,80	14,80	19,30	3,20	0,00	4,00	73,20
1997	24,60	16,50	8,20	20,40	4,30	1,00	11,20	3,80	5,90	0,00	0,00	0,00	95,90
1998	17,40	1,80	0,00	1,40	38,30	20,60	16,40	2,60	3,00	18,00	3,50	4,00	127,00
1999	10,20	7,00	9,80	41,00	0,00	0,00	1,30	0,90	11,00	9,50	0,50	1,00	92,20
2000	24,60	2,20	0,60	0,50	1,80	2,40	0,00	1,00	1,10	0,00	0,00	3,00	37,20
2001	41,00	2,80	4,30	10,20	4,40	0,00	0,00	18,40	0,00	9,00	0,50	11,20	101,80
2002	11,70	8,20	6,10	0,00	12,20	13,20	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	1,00	55,90
2003	1,50	30,10	5,60	16,40	0,00	5,00	10,20	16,40	16,40	9,20	0,00	9,50	120,30
2004	3,50	9,00	8,20	30,60	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	10,70	12,20	0,00	92,20
2005	65,60	6,00	2,00	18,00	16,40	6,00	3,00	9,20	16,50	0,00	2,50	8,20	153,40
P_{i moy}	14,45	8,80	6,38	9,10	8,48	4,53	7,11	9,19	9,91	8,08	2,21	2,71	90,96

Tableau III.8 : pluies moyennes mensuelles et pluies efficaces (mm)

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déce
------	------	-----	------	-------	-----	------	------	------	------	------	-----	------

Pluie (mm)	8,48	4,53	7,11	9,19	9,91	8,08	2,21	2,71	14,45	8,80	6,38	9,10
Pluie eff (mm)	6,784	3,62	5,68	7,352	7,92	6,46	1,768	2,16	11,56	7,04	5,104	7,28

- **Climogramme de GAUSSEN :**

Il permet de définir les mois secs de l'année. Les précipitations sont exprimées en mm. Lorsque celles-ci sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degrés centigrades ($P \leq 2T$).

Le diagramme de GAUSSEN nous permet de déterminer l'étendue de la période sèche pour notre cas on remarque que cette période s'étale sur toute l'année. (Figure III.4)

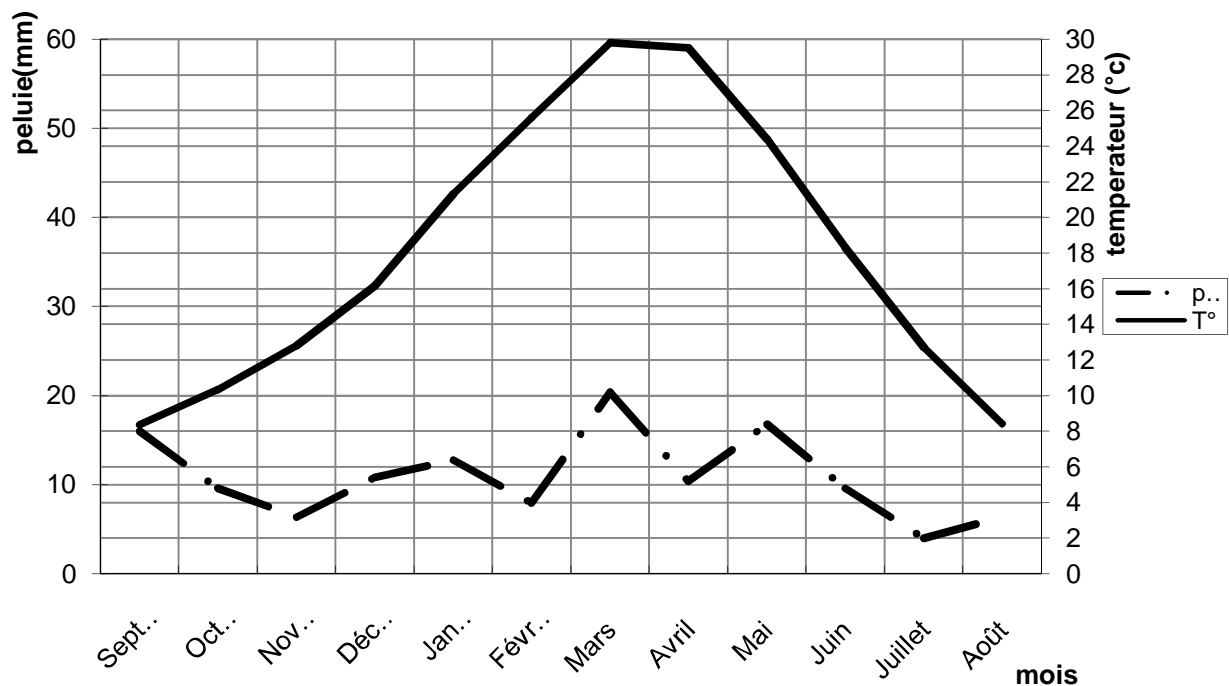


figure III.4 : Climogramme de GAUSSEN

- **Les indices climatiques :**

- a) **Indice d'aridité de Martonne :**

Il permet de connaître le degré de sécheresse de la région.

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

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

$$I_A = \frac{153}{17.95 + 10} = 5.47$$

$$I_A = 5.47$$

Tableau III.9: Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.

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

$I_A = 5.47$ donc $I_A < 20$ D'où notre climat est très sec, donc l'irrigation est indispensable.

b) Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER exprime la sécheresse globale d'un climat en faisant la comparaison entre la consommation en eau et l'apport par le rapport $\frac{P}{E}$.

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

Avec : P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

$$M = 37.4 + 273 = 310.4 \text{ K}$$

$$m = 2.4 + 273 = 275.4 \text{ K}$$

$$\text{A.N : } Q = \frac{153 \times 2000}{(310.4)^2 - (275.4)^2} = 29.54$$

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, on peut dire que le climat de notre région est un climat aride. Voir Figure (III-5)

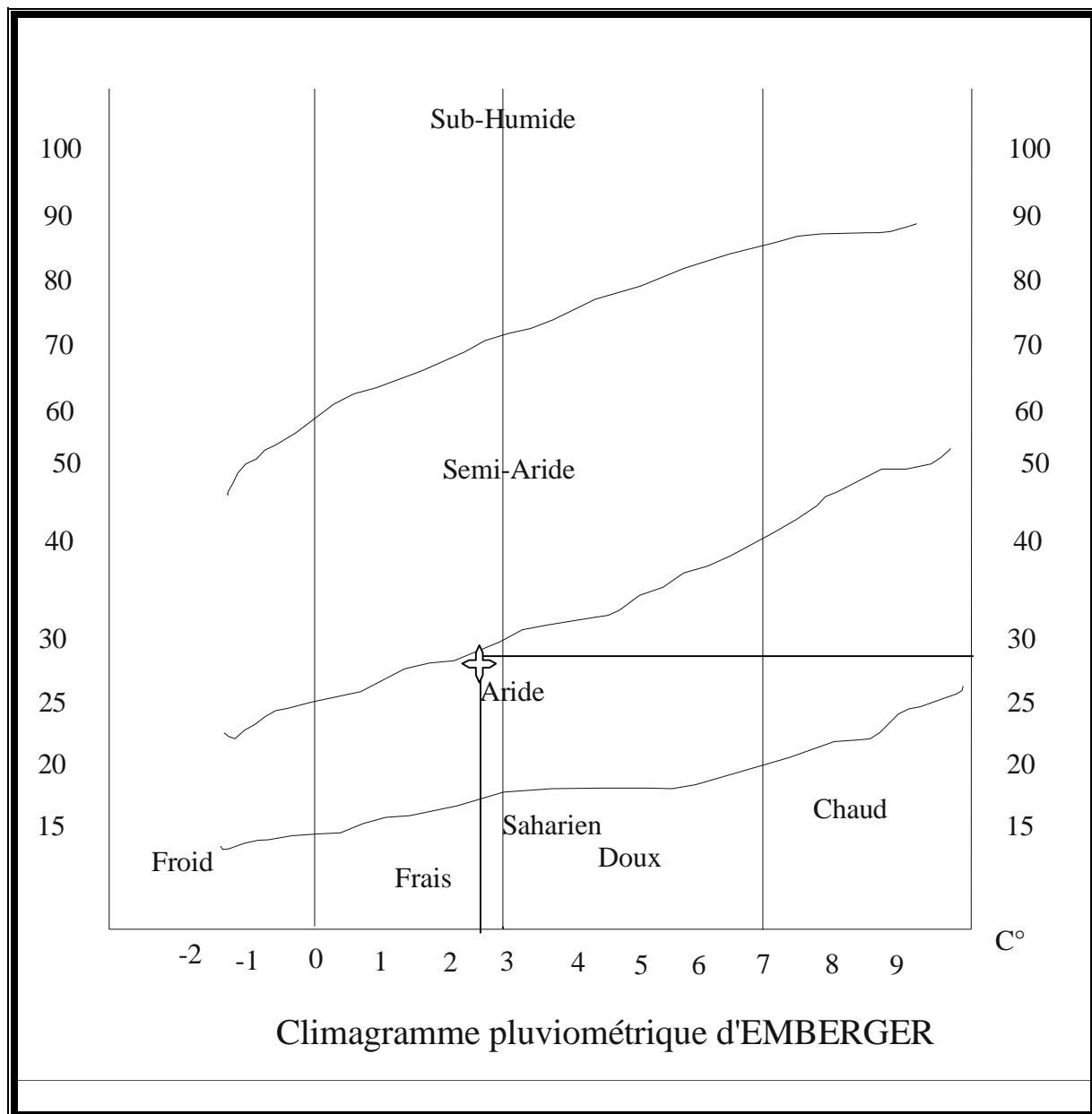


Figure III.5 : Climogramme pluviométrique d'EMBERGER

I.4 Situation Agricoles:

La wilaya de Laghouat a une vocation pastorale de par l'importance des parcours, du cheptel et surtout de la population nomade qui représentait en 1977 plus de 35 % de la population totale de la wilaya.

La zone d'étude dispose d'une surface agricole utile (S.A.U) estimée à 73 013 ha. La surface menée en irriguée représente les 30 797 ha.

L'arboriculture, les cultures maraîchères et les fourrages constituent les principales spéculations dans la commune; suivies de terres au repos puis de cultures céréalières, etc...

L'élevage est essentiellement de l'Ovin.

Tableau III.10 : Distribution des cultures et élevages existant dans la région

Désignation	Descriptif	Superficie
Inventaire des terrains	SAU : En sec	42 216 ha
	En irriguée	30 797 ha
	Total SAU	73 013 ha
Cultures existantes	Céréalières	8 160 ha
	Maraîchers	6 706 ha
	Arboriculture	1 027 ha
	Fourragères	6 760 ha
	autres	3 036 ha
Elevage existant	Bovins	3 426 têtes
	Ovins	47 893 têtes
	Caprins	25 605 têtes
	Camelin	54 têtes
	Aviculture	87 824 têtes

(Source: D.S.A, Laghouat)

I.5 Situation démographique :

La population communale accuse une évolution continue par un accroissement très rapide au niveau de naissances qui sont généralisées chaque année par plus de 2525 nouveaux-nés.

Cette croissance est en majeure partie due à l'évolution du nouveau de vie des populations engendrées par une mutation des traditions rurales aux traditions citadine et urbaine ainsi que le développement du secteur sanitaire et du niveau de vie.

La population à la fin de l'année 2005 représentait un chiffre de l'ordre de 126.295 habitants. Le rythme d'une évolution rapide se poursuivra pendant cette décennie, ainsi que le facteur de l'exode rural nourrissant une évolution par solde migratoire, qui constitue un élément d'accroissement important dans la population communale de Laghouat.

Cette dernière a été estimée à 128.821 habitants entre 2006 et 2007. (Tableau III.10)

Tableau III.11: Évolution de la population entre 1966/2006

Années	1966	1977	1987	1998	2004	2005	2006
Population	38021	54571	69435	104630	122701	126295	128821
Taux d'accroissement(%)	3.03	3.34	2.66	3.07	2.92	2.01	2.87

L'évolution de la population suit la loi des accroissements finis basée sur un taux d'accroissement moyen annuel $t=2.87\%$. Il est donné par la formule ci-dessous : $P_n=P_0(1+t)^n$

Avec: P_n : Population future à estimer ;
 P_0 : Population de l'année de référence ;
 t : Taux d'accroissement ;
 n : Nombre d'années entre les deux horizons.

L'évolution de la population selon les différents horizons est estimée comme suit :

Tableau III.12: Estimation du nombre d'habitants

Horizon	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Population	144258	166182	191438	220532	254048	292657

I.6 Situation Hydraulique

I.6.1 Alimentation en eau potable :

La ville de Laghouat est divisée en deux zones :

- Zone haute : alimenter en eau par les principaux réservoirs de Djbel Lahmar et Tennet-R'mel d'une capacité de stockage de 6000m³. Pour l'extension de la ville, nous avons :

La zone de M'HAFIR alimentée en eau par le réservoir d'une capacité de 2000m³ et un réservoir de 1000 m³ existant situé au pied du mont de Djbel Mokrane.

La zone de BONLIEU est alimentée en eau par 04 réservoirs situés au sud ouest de la ville de 2000 m³ de capacités chacun.

- Zone basse : alimentée par le champ captant de Sidi Hakoum par l'intermédiaire de la station sud refoulant dans les réservoirs : fort Boscarene 2x1000 m³ , réservoir Safah de 180m³ et le réservoir Sidi Elhadj Aissa de 1500m³. [Source D.H.W Laghouat]

Actuellement, la ville de Laghouat est alimentée par six champs de captages :

- Forages de Djbel Lahmar (6 forages)
- Forages de l'Oasis Nord (5 forages)
- Forages de Sidi Hakoum (4 forages)
- Forage de Djbel Mokrane(2 forages)
- Forage de chapeau Gendarme.
- Forage de l'abattoir.

Tableau III.13: Alimentation en eau potable de la ville de Laghouat

Nombre de forage		Débit (l/s)		Heures de pompage	Production (m3/j)	Nombre de réservoir	Capacité de Stockage (m3)	Total Linéaire (ml)
Total	Exploité	mobilisé	Exploité					
21	19	510	500,8	18	32452	9	20200	195217

Source : D.H.W Laghouat

I.6.2 Assainissement :

Avant 1976, l'assainissement de l'agglomération de Laghouat s'est fait par des collecteurs posés anarchiquement effectuant des rejets dans le milieu naturel ou aux puits perdus situés dans les jardins des palmeraies nord et sud. L'évolution de plan de l'urbanisme après cette année a donné le premier coup d'amarçage à des projets d'assainissement, actuellement la ville de Laghouat à un taux de raccordement de 98%.

La ville de Laghouat dispose principalement d'un réseau d'assainissement type séparatif soutenu par un réseau sous pression constitué de deux stations de refoulement et trois stations de relevage pour les eaux usées et deux stations de relevage pour les eaux pluviales.

Le rejet de la ville de Laghouat est constitué essentiellement d'eaux usées d'origines domestiques du fait que la zone industrielle est située en dehors de la zone urbanisée donc la présence de métaux lourds dans le rejet est de faible concentration ; voir Tableau III.14.

Tableau III.14 : Résultat des analyses physico-chimique des eaux usées de la ville de Laghouat (Jeudi 18.11.2004)

Paramètres physico-chimiques examinés	Unités	9h 30	12h 55
Température de l'air	°C	8.50	11
Température de l'eau brute	°C	20	21
PH	--	7,5	7,5
Oxygène dissous	mg O ₂ /l	0,00	0,00
Conductivité C25°C	uS/cm	2.19	2.53
Carbone organique total (COT)	mg/l	107.03	132.78
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mgO ₂ /l	135	197
Demande chimique en oxygène (DCO)	//	317	509
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	130	182
Ortho-phosphates (PO ₄)	//	20.85	27.95
P/totaux	//	21.14	31.11
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	//	148	255
Azote Kjeldahl	mg/l'd'N	149	201
Matières décantables	ml/l	0.4	2.00
Matières organiques	mg/l	62	88.00
Huiles et graisses	mg/l	91.4	174.20
Rapport (DCO/DBOs)		2.34	2.58
Métaux lourds			
Pb	mg/l	<0.1	<0.1
Zn	mg/l	0.04	<0.02
Cd	mg/l	<0.04	<0.04
Cu	mg/l	<0.03	<0.03
Fe	mg/l	<0.02	<0.02
Mn	mg/l	<0.02	<0.02
Cr	mg/l	<0.1	<0.1
Ni	mg/l	<0.05	<0.05

Source : O.N.A ,Laghouat

II. Présentation de la station d'épuration de la ville de Laghouat

II.1 Situation géographique :

Le site de la station d'épuration se situe au nord-est de l'agglomération sur la rive gauche d'oued M' ZI :

- Kef Seridja constitue la limite Nord;
- Les terres de Takhi constituent la limite Sud
- Les terres de Hmani constituent la limite Ouest
- Un terrain domaniale constitue la limite Est.

II.2 Capacité de la station d'épuration :

La station d'épuration de la ville de Laghouat est en cours de réalisation, elle a une superficie de 17 ha, elle est conçue pour 208 768eq/hab. actuellement cette dernière est en phase de finalisation c'est pour ce la qu'on va supposer que la qualité des eaux épurées est dans les normes pour l'irrigation.

- **Débit à traiter :**
 - .Equivalent habitants : **208 768**
 - .Débit d'eaux usées par jour : **33 403m³**
 - .débit d'eaux de pointe : **2 171m³/h**
- **Charge organique**
 - .charge DBO₅ : **7 749 kg/j**
 - .charge DCO : **19 974kg/j**
 - .charge MES : **11 624 kg/j**

II.3 Généralité sur les étapes d'épuration :

Les eaux brutes qui arrivent à la station subissent, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement comportant certain opération physique et mécanique.

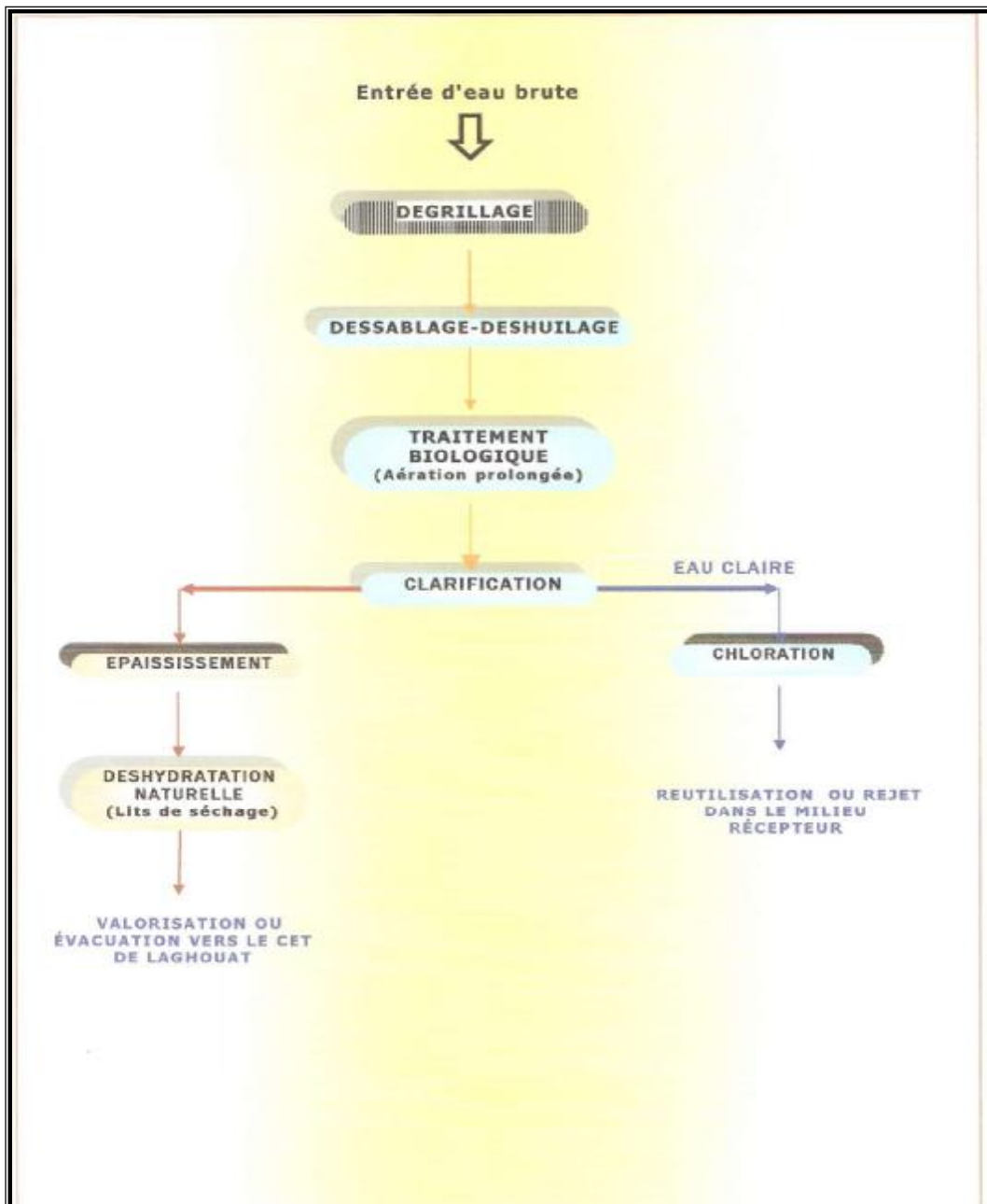


Figure III.6 : Diagrammes des étapes d'épuration

Le but de ce prétraitement est d'extraire ; des eaux usées, les plus grandes quantités possibles d'éléments qui peuvent provoquer une gêne pour le traitement ultérieur. Les opérations de prétraitement sont les suivantes :

- Le dégrillage.
- Le dessablage, déshuilage.

Le traitement proprement dit s'effectue par des opérations biologiques, physique. Ces opérations sont les suivantes :

- Traitement biologique (Aération prolongée)

- Clarification (Décantation)
- Désinfection (chloration)

Il existe aussi un traitement des boues résiduelles qui résultants des différents étapes du traitement que subissent les eaux usées. Leur évacuation devrait satisfaire le respect de l'hygiène publique et de l'environnement.

Le choix de destination des boues va permettre de déterminer les traitements complémentaires à mettre en œuvre, tels que :

- Epaissement
- Déshydratation

II.4 Procèdes de traitements :

La station d'épuration de la vile de Laghouat est une station à boue activées charge avec digestion anaérobie des boues produites ou aération prolongée.

L'épuration biologique aérobie mise en jeu est un phénomène de dégradation très complexe, générateur de l'énergie nécessaire à la vie des micro-organismes.

Ces derniers ont la faculté de métaboliser de nombreux composé organique et aussi des composés minéraux non oxydés (H_2S , NH_3 , NO_2).

Après un contact suffisamment long, le mélange est envoyé dans un clarificateur ou une séparation solide-liquide s'effectue par gravité.

L'eau épurée est séparée des boues. Ces dernières sont ensuite recyclées dans le bassin d'oxydation, de manière à maintenir une concentration adéquate en bactéries épuratrices.

Les boues en excès venant du décanteur secondaire sont évacuées de l'ouvrage et dirigées vers le traitement des boues

II.5 Description des différents ouvrages de la station d'épuration :

- **dégrillage:**

Le dégrillage permet :

- De protéger la station contre l'arrivée des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou compliquer l'exécution en fonction de l'écartement des barreaux

La station d'épuration dispose d'une grille grossière inclinée de 60° de 1.2m de largeur. Le nettoyage quotidien de l'appareil est effectué à l'aide d'un râteau (nettoyage manuel).

Les eaux qui arrivent de la grille grossière sont acheminées par un canal vers le dégrillage fin de 0.8m de largeur. Les résidus de ce dernier sont repoussés par balayage vers le haut de la grille droite par une bande transporteuse à commande électrique (grille mécanique automatique).

- **Dessablage, déshuilage :**

Le dessableur doit permettre de retenir les graviers, le sable et les matières minérales de dimensions > 0.2 mm , en laissant passer les matières organiques en suspension.

L'opération de dessablage est assurée par un dessableur de type aérés longitudinale possèdent les caractéristique suivant :

- Longueur = 10 m
- largeur = 3m
- hauteur = 4.8 m

- **bassin d'aération :**

Le bassin d'aération à boue activées est un réacteur biologique alimenté en continu, dans le quel la biomasse est brassée et aérée en même temps que l'eau usée. La biomasse est séparée de l'eau usée dans le décanteur secondaire.

La station d'épuration de Laghouat est dotée de quatre bassins d'aération, chacune des bassins est équipé de Cinque aérations de surface mécanique qui assurent l'oxygénation de la liqueur mixte. Ces bassins sont caractérisé par :

- Volume = 5535 m³ ;
- Hauteur d'eau = 4m ;
- Diamètre = 42m
- 5 turbines d'aération : $p = 75$ kw.

- **décanteur secondaire :**

La liqueur mixte (eau +boues actives) arrive de l'aération biologique au décanteur secondaire par l'intermédiaire des conduites. Les boues actives décantent et l'eau déborde.

Les boues en excès sont recirculé ou envoyées vers un traitement des boues.

La station d'épuration de Laghouat est dotée de deux décanteurs secondaires, chaque décanteur est équipé d'un racleur circulaire. Ces décanteurs sont caractérisés par :

- forme circulaire
- Diamètre = 30.5 m ;
- Hauteur d'eau := 4m ;
- Volume = 5 789,33 m³
- Deux racleurs : p = 0.25 kw

- **Chloration :**

La désinfection est l'opération par laquelle on détruit les germes pathogènes grâce à l'action d'agents chimiques ou de tous autres moyens.

La station d'épuration de la ville de Laghouat est constituée d'un bassin de chloration qui est caractérisé par :

- Longueur = 26m
- Largeur = 14m
- Hauteur = 3m
- Volume = 1 085.5 m³
- pour le dosage : on fait introduire 8 à 10 mg de Cl₂/l

- **Traitement de boues :**

La quantité et les caractéristiques des boues produites de la chaîne du traitement, dépendent non seulement des caractéristiques de l'effluent à traiter mais encore du procédé de traitement choisi.

Les problèmes que posent les boues sont essentiellement:

- Celui de leur fermentescibilité;
- Celui de leur volume;
- Celui des nuisances qui résultent de la nature même de ces boues

La réduction de volume de boues est généralement réalisée par deux procédés :

L'épaississement, et la déshydratation

- **L'épaississement :**

La station d'épuration de la ville de Laghouat est dotée d'un épaisseur de boues de forme circulaire. L'épaisseur est caractérisée par :

- diamètre = 23 m

- volume = 1661 m³
- hauteur = 4 m
- puissance = 0.15 kW.

- **La déshydratation :**

La station d'épuration de la ville de Laghouat utilise pour la déshydratation un lit de séchage ; la déshydratation sur lits de séchage est plus utilisée du point de vue économique et sa facilité de gestion. Néanmoins, quelques impératifs doivent être respectés, tel que:

- Les sables doivent avoir une granulométrie à peu près homogène;
- Les eaux de drainage doivent être renvoyées en tête de la station;
- Les lits sont à recharger périodiquement en sable qui est enlevé en partie avec des boues desséchées;
- Les lits de séchage doivent être remplis en une seule fois, et il est formellement déconseillé d'admettre de nouvelles boues sur un lit de boues en cours de déshydratation.

La station d'épuration contient 23 lits de séchage dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Longueur = 30 m
- Largeur = 8 m
- Epaisseur de boue = 0.4m

Conclusion :

D'après les analyses des conditions naturelles, nous pouvons conclure que :

Le climat est aride selon la méthode d'Emberger, l'irrigation est indispensable sur toute l'année, les mois les plus secs sont Juillet et Août.

Les différents procédés d'épuration des eaux usées permettent d'obtenir une eau débarrassée d'une grande partie de ces polluants et des boues constituant un sous-produit de l'épuration.

D'après le tableau des résultats d'analyse du rejet de la ville de Laghouat, la valeur de la conductivité électrique est de 2.53 uS/cm, d'où le problème de salinité ne se pose pas, et pour les autres paramètres on suppose que la qualité des eaux épurées est dans les normes pour l'irrigation.

Chapitre IV : Techniques d'irrigation

Introduction :

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de rafraîchir ce dernier 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, conduits 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.

I. Systèmes d'irrigation par aspersion :

I.1 Principaux types d'installation individuelle d'arrosage par aspersion :

a) Un groupe de pompage :

Fournissant un certain débit sous pression donnée.

b) Une canalisation primaire:

Transportant la totalité de l'eau pompée.

c) Une ou plusieurs canalisations secondaires :

Transporte la totalité ou une partie de l'eau de la canalisation primaire.

d) Une ou plusieurs canalisations tertiaires :

Ou rampe de distribution, conduisant l'eau à des arroseurs ou un canon d'arrosage.

I.2 Eléments d'une couverture intégrale

a) Les portes rampes :

C'est la canalisation qui relie le point d'alimentation en eau de la aux rampes disposées sur celle-ci

Les éléments de tubes ont une longueur de 3 ,6 ,9 mètres

Ils peuvent être en :

En alliage d'aluminium de 3`` ,4`` ou 6``. De diamètre

En acier galvanisé de 80 mm, 100 mm, 125 mm, 150 mm de diamètres

b) Les rampes :

Sont constitués élément de tubes à raccords rapides ou de tuyaux souples, enroulables.

Les éléments de tubes ont une longueur de 3,6 ,9 mètres sont en général

En alliage d'aluminium de 2 `` de diamètre

En polythène (PE) de haute densité de 50 mm de diamètre

En polychlorure de vinyle (PVC) rigide de 50 mm de diamètre

c) L'aspersion :

Il existe des aspersion équipées d'une seule buse (mono buse) et des asperseurs munis de deux buses (doubles buses) de diamètre différent ce qui améliore l'homogénéité de la répartition pluviométrique sur la surface arrosée.

I.3 Différentes installations des systèmes aspersion :

a) Une installation est mobile :

Quand on doit déplace entre chaque position des arroseurs et la rampe de distribution.

b) Une installation est semi – mobile :

Quand on ne déplace que les arroseurs entre chaque position et par intermittence la rampe de distribution.

c) Une installation est semi-fixe :

- à arroseurs sur rampes
- à arroseurs sur tuyaux flexibles

Quand on ne déplace que les arroseurs entre chaque position, les rampes étant fixes

d) Une installation est fixe :

Quand aucun déplacement, ni des arroseurs ni des rampes de distribution n'est nécessaire entre chaque position.

e) installation mobile, automotrice :

Quand les arroseurs sont portés sur une rampe mobile courant soit un rectangle soit un grand cercle (tourniquet géant).

I.4 principaux agencements des éléments d'une installation d'arrosage par aspersion :

a) Disposition en peigne :

- système mobile à une rampe
- système mobile à deux rampes
- système semi-mobile à une rampe.

b) Disposition en ``L`` :

- système mobile à une rampe
- système mobile à une rampe
- système semi- mobile à deux rampes.

c) Disposition en `` H`` :

Cette disposition est utilisé surtout pour les grandes surfaces

- a/ système mobile à deux rampes
- b/ système semi-fixe
- c/ système semi-fixe à tuyaux flexible

I.5 Arroseurs et leurs dispositions :

a) En carré :

Les plus souvent montés en carré

b) En triangle :

Assure théoriquement le meilleur recouvrement, mais parfois d'implantation plus difficile.

c) En rectangle :

Elle convient aux régions soumises à des vents dominants

I.6 Arroseurs rotatifs :

a) Arroseurs à bars axillants ou `` sprinklers`` :

Il existe des sprinklers a 1 ou a 2 jets, fonctionne sous basse ou moyennes pressions, ces jets ont une portée de (10à25kg /cm²) leur débit varie de (0,5à 7,5 m³/h) et leur pluviométrie de 2à15mm/h pour un cercle, ils sont peu sensibles à des vents de moins de 4m/s car leur angle de départ et leur portée sont faible.

b) Canaux d'arrosage :

Exigent des pressions de (4,5à8kg/cm²) du fait de leur langue portée jusqu'à 65m et de leur angle de départ élevé, ils sont sensibles à des vents de moins de 2,5à3 m/s leur débit varie de 8à son m³/h, pour des pluviométries de 8à25mm/h

Les arroseurs mobiles automoteurs à 2tourniquets sont utilisés en culture maraichère.

c) L'asperseur :

l'asperseur peut être monté directement sur une rampe , par l'intermédiaire d'une allonge rigide de 0,5 m à 2 m que l'on emboîte dans un té à clapet fixé sur une plaque stabilisatrice , ou monte sur bipied ou un trépied de 1m à 2,5 m reliés au té porte asperseur par un tube souple

La pression de fonctionnement des asperseurs doit être proche de la pression nominale indiquée par les fabricant ; celle-ci est en général de 3,5 bars pour les asperseurs les plus utilisés en couverture intégrale.

Lorsque la pression est supérieure à la pression nominale, on monte sur la rallonge ou sur le pied porte asperseur, juste à l'amont de l'asperseur, un régulateur de pression.

II. Goutte à goutte :

Le but de l'irrigation goutte à goutte est de fournir à chaque plante un approvisionnement en eau facilement utilisable, suffisant pour satisfaire les besoins en eau de transpiration à cet égard, l'irrigation en goutte à goutte est unique pour ce qui concerne utilisation optimale de l'eau.

II.1 Organes de distribution :

On distingue deux cas selon que les deux fonctions, transport et distribution, sont assurées par deux éléments différents ou par le même élément :

Premier cas :

Le transport est assuré par des canalisations en plastique (polyéthylène en général) appelé rampes et la distribution par les appareils spéciaux appelés débiteurs, insérés dans les rampes à des intervalles généralement constants.

Deuxième cas :

Le transport et la distribution sont assurés par le même organe

On pale alors de gaines ou de tubes poreux

Les distributeurs se divisent en :

Goutteurs - mini -diffuseurs -ajutages calibré

a) Les goutteurs :

Les goutteurs apportent l'eau à la surface du sol de manière ponctuelle.

b) Les mini -diffuseurs :

Ils fonctionnent comme des petits asperseurs statiques placés à environ 0,30 à 0,50 m au-dessus du sol qui pulvérisent l'eau sous forme de tache sur une partie de la surface du sol au voisinage des cultures

c) Les ajutages calibrés :

Ils sont constitués d'orifice calibré (1,2 à 2,1 mm de diamètre) fixé en dérivation sur la rampe à intervalles réguliers (2,5 à 6,5 m) et recouvert d'un manchon brise-jets.

L'eau distribuée par les ajutages ne s'infiltré pas ponctuellement, elle s'écoule dans une rigole cloisonnée constituant une série de petit bassin au fond de laquelle est placée la rampe.

Selon le diamètre de l'ajutage, le débit varie de 35 à 100 l/h, sous une pression de 1 bar.

d) Gains et tube poreux :

- **Les gains :**

Les gaines sont constituées de tuyaux en plastique qui assure à la fois le transport et distribution de l'eau aplatie au repos ; elles se gonflent sous l'effet de la pression la section prend alors une forme plus en moins elliptique.

Le débit des gaines est généralement compris entre 1 et 8 l/h par mètre linéaire, suivant écartement des sorties (20 à 120 cm) et la pression (0,15 à 1 bar)

Il y a des gaines perforées à double paroi et des gaines à cheminement long et des gaines autorégulatrices

- **Les tubes poreux :**

Sont constitués par des tuyaux d'un diamètre de 20 à 30 mm, ces tuyaux sont généralement enterrés entre 20 à 50 cm de profondeur ils sont actuellement peut utiliser en agriculture à cause de la variabilité des débits liés à des problèmes technologiques, qui font l'objet de recherches.

III. Techniques d'irrigation à la parcelle :

Les différentes techniques d'irrigation à la parcelle, ou techniques d'arrosage relèvent de trois types principaux d'irrigation :

- Irrigation gravitaire ou irrigation de surface
- Irrigation sous pression (par aspiration ou par micro irrigation)
- Irrigation de subsurface

III.1 Techniques d'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 distribution entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou techniques mixtes.

a) Irrigation par ruissellement :

Deux cas se présentent :

Premier cas :

L'eau distribuée par rigoles ruisselle sur le sol et s'y infiltre verticalement, il s'agit d'un ruissellement en nappe ou déversement.

On recense dans cette catégorie un ensemble de techniques telles que :

- a/ l'arrosage à la planche
- b/l'arrosage par rigoles de niveau
- c/ l'arrosage par rigole en pente ou rases
- d/ l'arrosage par plans inclinés
- e/ l'arrosage par ados

Deuxième cas :

L'eau ruisselle sur l'ensemble de la surface du sol, mais coule dans des fosses, rigoles ou raies et pénètre par infiltration latérale et verticale jusqu'aux racines des plantes.

Par ailleurs et sauf exception signalée, la mise en place d'un réseau de colature est indispensable pour évacuer les eaux excédentaires, en irrigation par ruissellement

b) Planches de ruissellement sur terrain nivelé

On divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires de longueur L, prise dans le sens de la plus grande pente, et de largeur l.

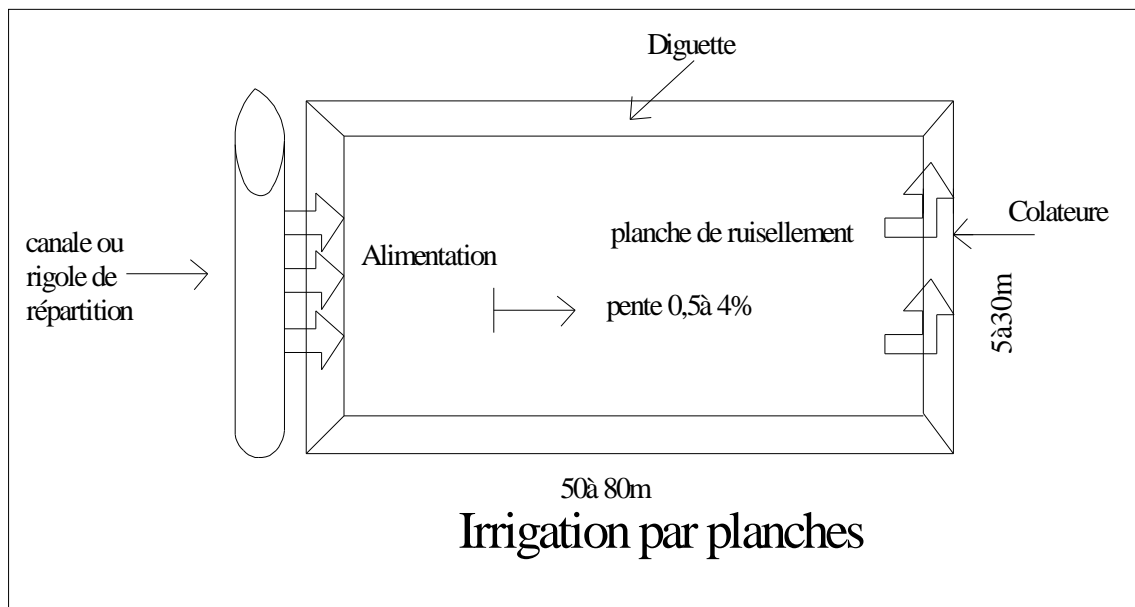


Figure IV.1 : Schéma de l'irrigation par planches

La largeur maximale est limitée de 5 à 30 cm et leur longueur de 50 à 80 m ; mais souvent la longueur maximale est limitée généralement environ de 400 m

Cette irrigation convient mieux aux pentes inférieures à 0,50 % cependant la pente longitudinale maximale des planches doivent être pour atteindre 4% à 5% la pente

transversale des planches doivent être nulle pour atteindre une meilleure uniformité de l'arrosage

L'eau est déversée en tête de la planche limitée latéralement par des petites diguettes ou bourrelets de terre qui sont destinées à délimiter la zone d'arrosage avec (hauteur de 15 à 20 cm) et en bas par une colature

Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants, cette irrigation s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales les verges.

c) Les rigoles de niveau :

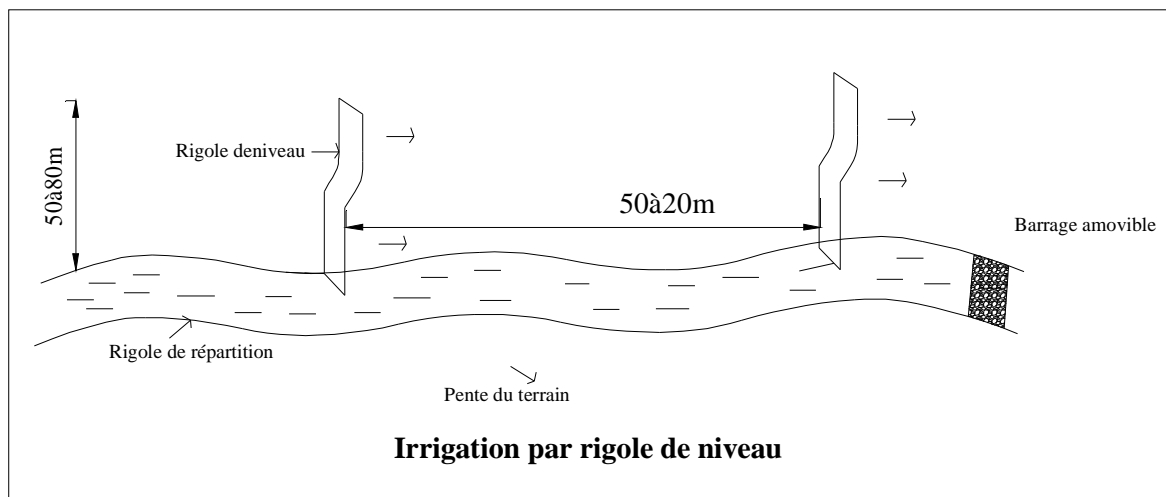


Figure IV.2 : Schéma de l'irrigation par rigole de niveau.

L'alimentation de la parcelle est faite par rigoles se rapprochant des courbes de niveau et qui fonctionnent par débordement.

La surface à irriguer est divisée en unités parcelaires par des rigoles de répartition tracées suivant la ligne de la plus grande pente, puis en petites surfaces larges et courtes par rigoles de niveau dont l'arrêt inférieur permet le déversement de l'eau en nappe mince ; cette technique convient pour des pentes comprises entre 3 et 10% et aussi des pentes de 20 à 30% (irrigation en montagnes) .

Les rigoles de répartition sont perpendiculaires à la rigole d'amenée et sont espacées en général d'environ 50 à 80 mètres

Cette irrigation est adaptée aux prairies et aux céréales à condition de semer selon des courbes de niveau.

Les sols qui conviennent sont des sols à texture moyenne ne se fissurant pas à sec.

d) Arrosage par rigole en pente ou rases :

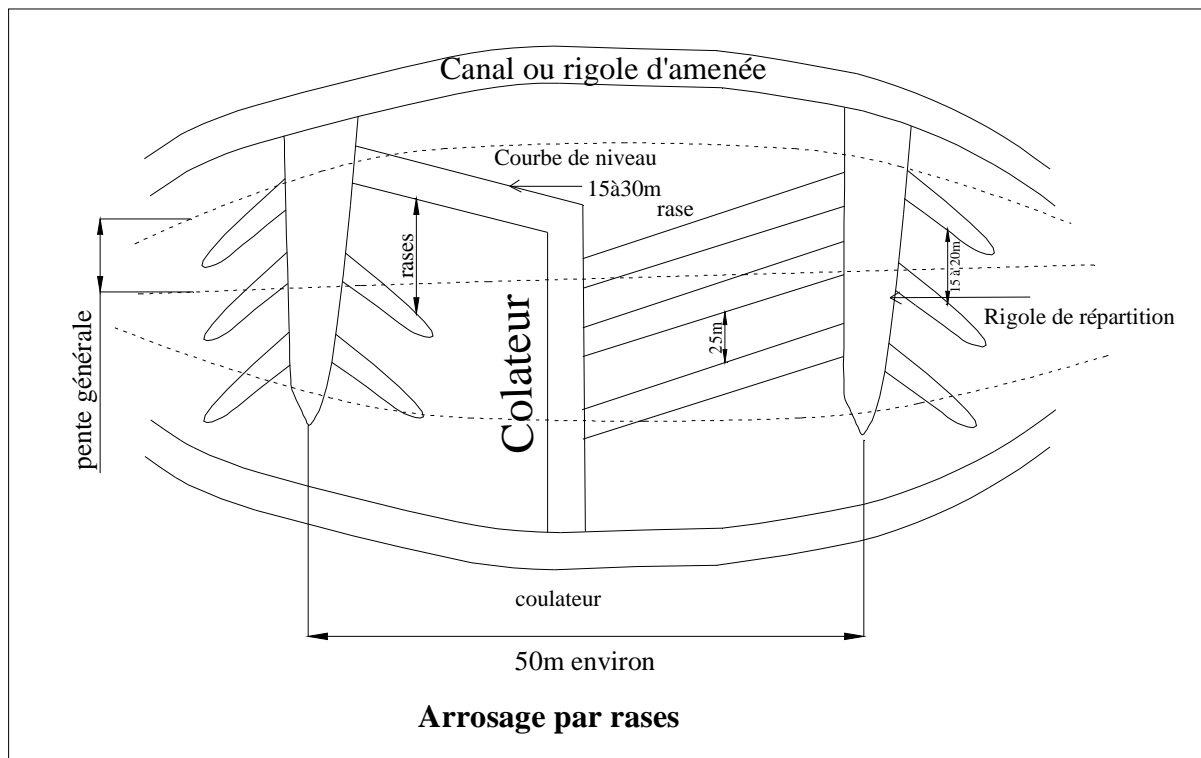


Figure IV.3 : Schéma de l'arrosage par rases

L'arrosage par rases diffère de l'arrosage par rigole de niveau par disposition oblique des rigoles de déversement par rapport aux rigoles de répartition. Cette technique est adoptée en lieu et place des rigoles de niveau lorsque la pente du terrain devient faible ou lorsque le relief est difficile à suivre avec des rigoles de niveau, la pente d'application reste de l'ordre de 0,3 à 6% pour force l'eau à se déverser, on diminue la largeur et la profondeur des masses qu'on s'éloigne de la rigole de la répartition.

L'écartement des rigoles de répartition est de l'ordre de 50m et la longueur des rases est de 25 m environ, leur espacement étant de 5 à 20 m selon la pente et la nature de la sole

L'arrosage par rases est utilisé pour l'irrigation des prairies (fourrages) des céréales ou verges.

e) les plans inclinés :

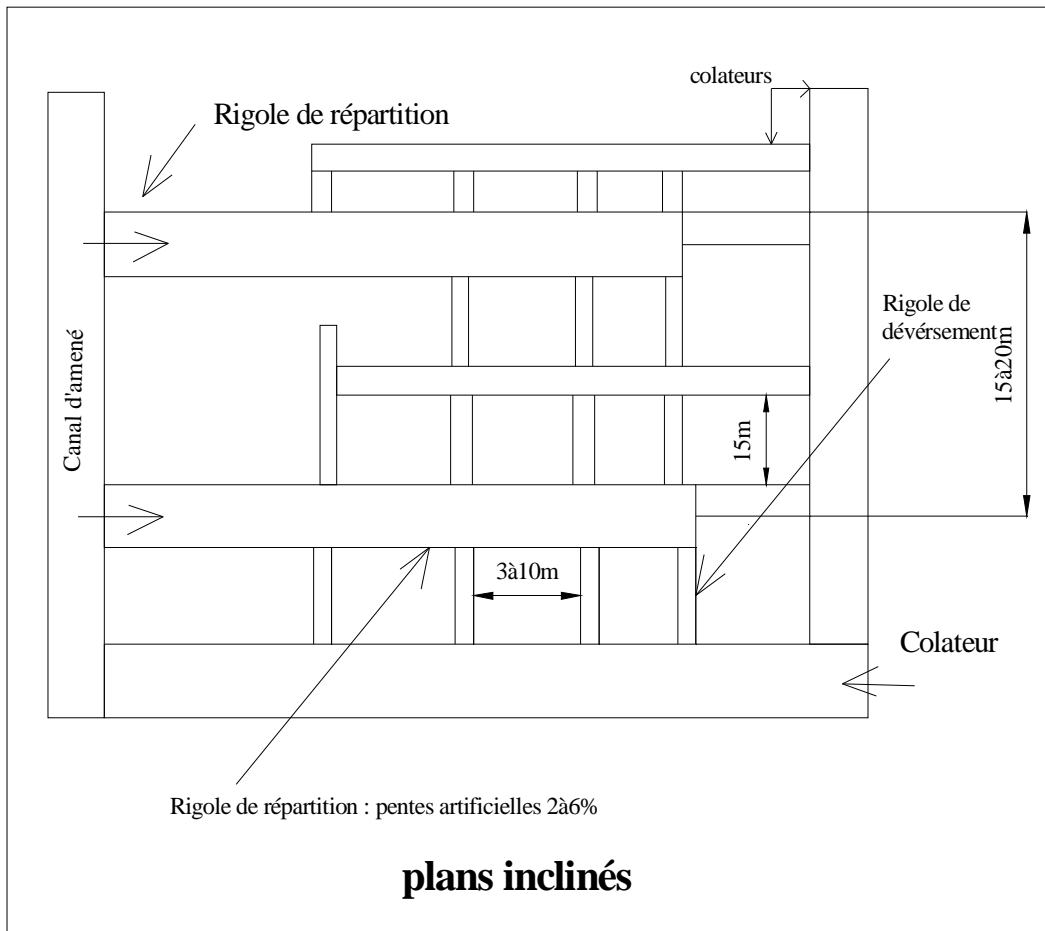


Figure IV.4 : Schéma de l'irrigation par plans inclinés

L'arrosage par plans inclinés ressemble globalement à l'arrosage par rases et à l'arrosage par rigoles de niveau à ceci presque les pentes des planches sont rigoureusement réglées artificielles, et les parcelles géométriquement bien dessinées (rectangulaire, en général).

Les pentes d'application sont de l'ordre de 4 à 6%, les espacements entre canaux de distribution (répartition) peuvent varier en général de 15 à 20 m, et l'écartement entre rigole de déversement de 3 à 10 m suivant la pente.

Ce système ne nécessite pas de réseau de colature, le réseau d'irrigation remplissant ce rôle la distribution de l'eau se fait au tour d'eau sur les canaux de distribution ; l'irrigation par plans inclinés est destinée à des cultures spécialisées à fortes valeurs ajoutées.

f) Les ados :

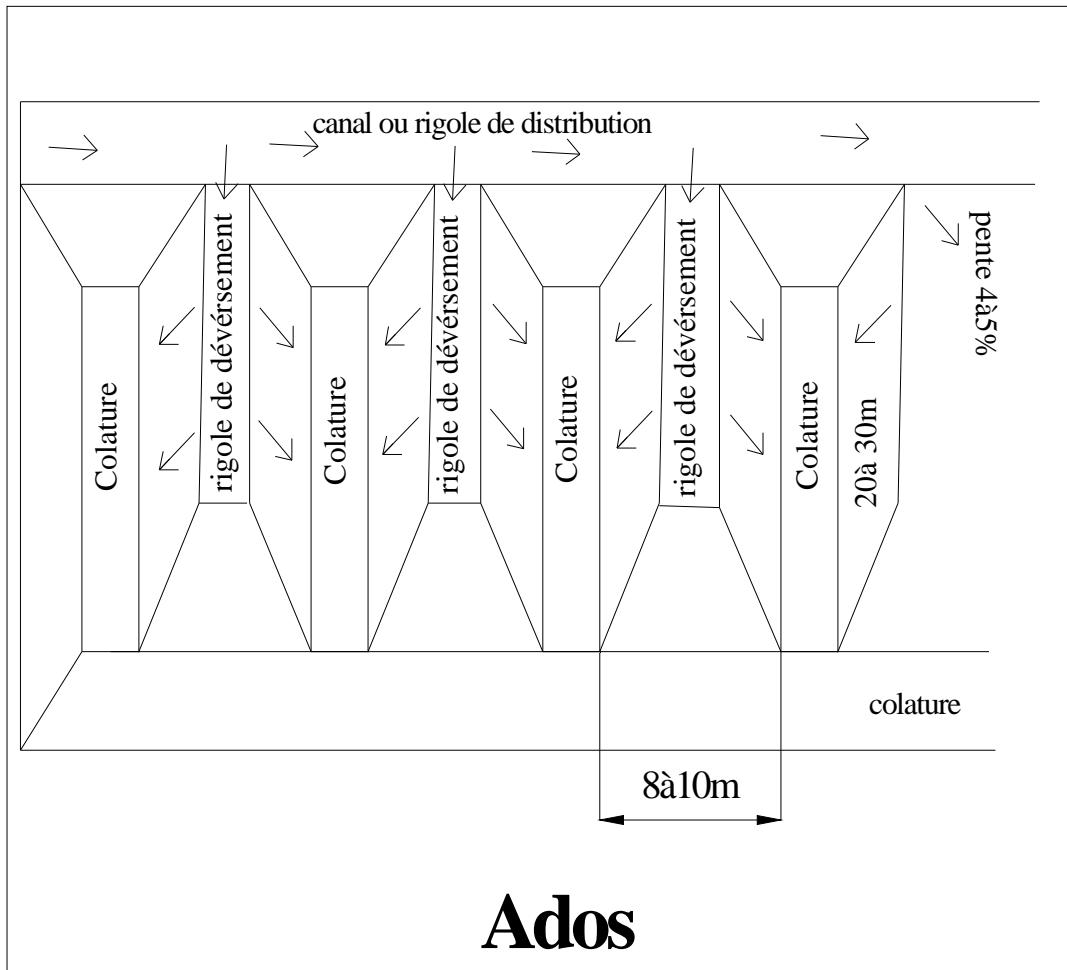


Figure IV.5 : Schéma de l'irrigation par ados.

Les ados sont une variante très élaborée des plans inclinés, les ados comportent de plans inclinés ou ailes de part et d'autre de la rigole de déversement ; elle –même perpendiculaire au canal de distribution, entre deux ados les eaux excédentaires sont reprises par colature.

Les ados ont en général 8m de large sur 20 à 30 m de longueur ; cette méthode qui nécessite d'assez gros terrassements ne peut convenir que pour des cultures riches ou des régions où le

drainage naturel est difficile, cette méthode est employée en maraichage sur des terrains très plats.

g) l'arrosage à la raie par sillon :

L'arrosage à la raie consiste à amener l'eau à la plante par une série plus ou moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m) de petites fosses à ciel ouvert à pente faible mais régulière ; l'eau s'infiltré à tous les sens (verticalement et latéralement).

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour de pente inférieur 2% les raies sont obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente ; la forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdal ou parabolique avec une largeur de 25 à 30 cm.

L'arrosage à la raie se pratique sur des terrains d'environ 0,5 à 4% de pente et convient à toutes les cultures et des plantes sarclées (maïs, coton, pomme de terre) ; il est nécessaire un réseau de colature, la technique la plus ancienne répandant à ce principe est l'arrosage à deux débits de l'arrosage s'effectue avec un « débit d'attaque » Q et lorsque la raie est entièrement mouillée, avec un « débit d'entretien » $Q/2$.

III.2 L'irrigation par submersion :

L'eau submerge le terrain et s'y infiltre ; il peut arriver que l'on maintienne une lame d'eau (submersion continue) suivant l'exigence de certaines cultures tel que le riz.

Elle exige des sols peu perméables pour éviter les pertes par infiltration et l'entraînement des minéraux et engrais.

La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassin de submersion, aussi la parcelle à irriguer est elle bordée de diguette de 30 à 40 cm de hauteur ; cette irrigation appliquée de préférence en terrain presque plat moins de 0,1 de pente, mais peu également se mettre en pratique sur des terrains naturellement en forte en réalisant des banquettes ou terrasses .

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois facteurs :

a) Faible perméabilité, terrain très peu ou moyennement perméable

b) Fort débit d'apport : la riziculture nécessite à peu près deux fois plus d'eau que les autres cultures

c) Qualité de nivellement : la bonne qualité de nivellement doit être maintenue par entretien régulier

On distingue plusieurs techniques d'arrosage par submersion dont :

- Les planches de submersion à nivellement horizontal ou bassin à fond plat
- Les planches de submersion en pente à diguettes en courbes de niveau
- Les terrasses ou banquettes
- Les sillons ou raies à pente nulle
- Les cuvettes en arboriculture
- Les bassins billons
- Les microbassins

III.3 Irrigation mixte :

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion, quelques techniques possibles employées en irrigation mixte sont :

a) L'épandage de crue

b) La raie court

a) L'épandage de crue :

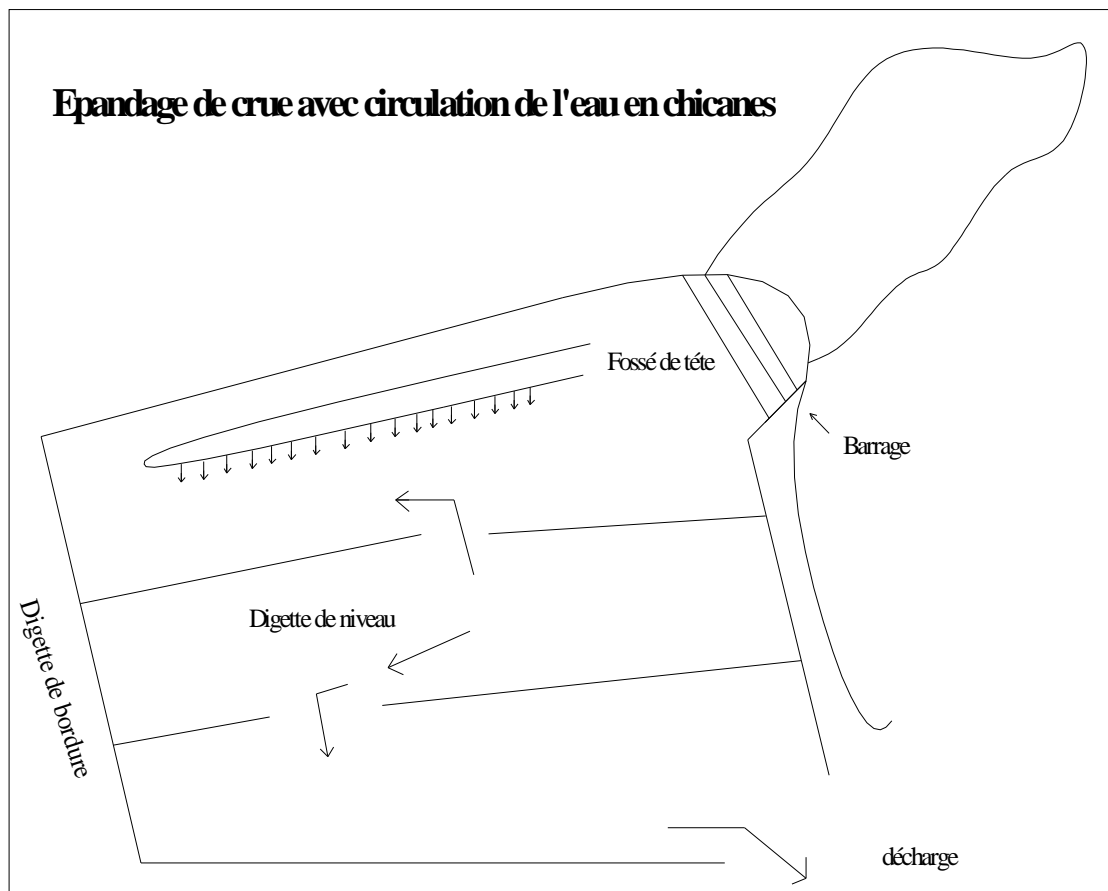


Figure IV.6 : Schéma de l'irrigation par épandage de crue avec circulation de l'eau en chicanes.

Cette méthode consiste à améliorer ou à reproduire artificiellement les inondations naturelles provoquées par les crues des rivières ou par le déversement des eaux de ruissellement.

La technique d'irrigation par épandage de crue diffère des autres techniques, principalement par le fait qu'elle est conçue pour tirer parti du ruissellement en vue d'irriguer des parcelles cultivées, alors que les autres techniques d'irrigation sont conçues pour distribuer l'eau en fonction des besoins des plantes.

Réseaux sommaires :

Dans les réseaux sommaires, les aménagements se composent d'un barrage de dérivation en terre de cailloux et d'un canal d'amenée vers le périmètre.

Dans celui-ci, l'eau est ralentie et répartie grâce aux diguettes parallèles aux courbes de niveau

b) Irrigation par raies courtes :

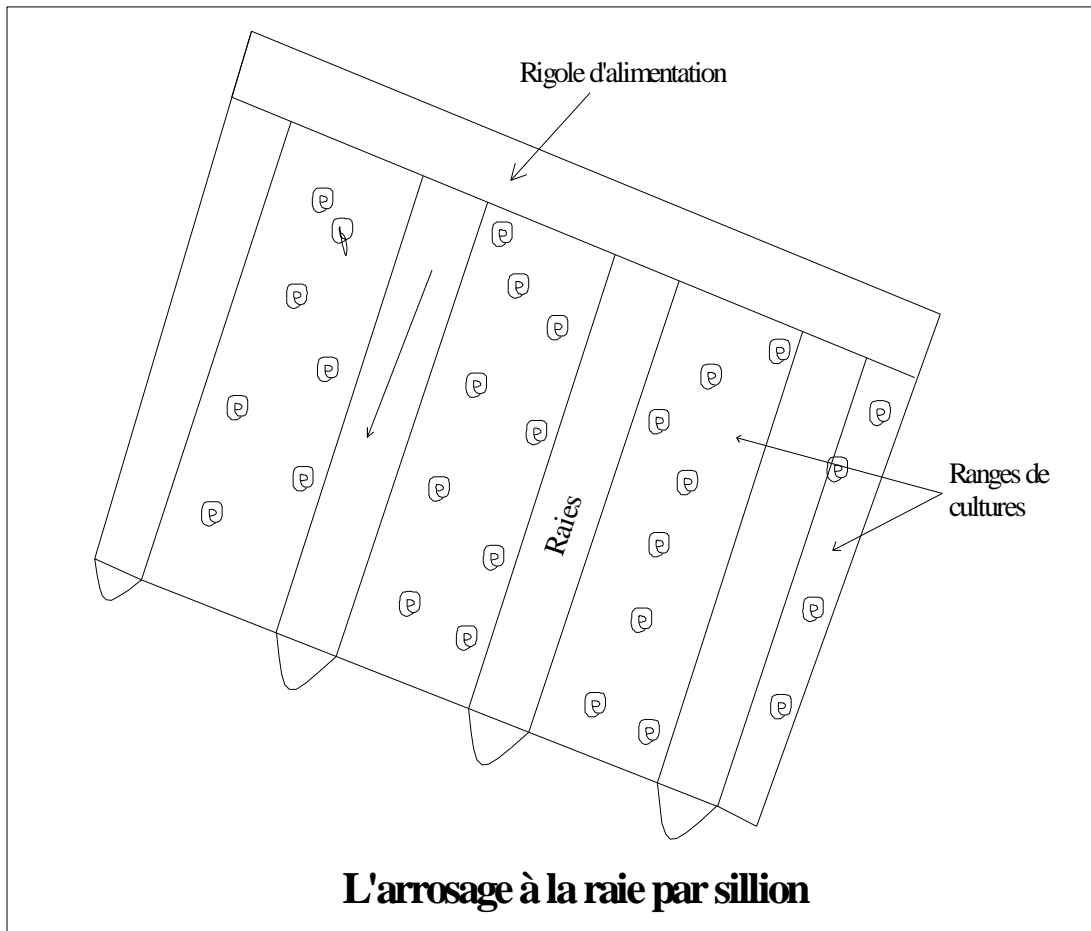


Figure IV.7 : Schéma de l'arrosage a la raie par sillon.

Les raies courtes sont surtout destinées à l'irrigation des cultures maraichères elles sont de préférence utilisées en terrain peu pentu, sinon à défaut on opère par une disposition en courbe de niveau.

La rigole d'alimentation dessert simultanément un certain nombre de raies courtes séparées par des billons et bouchées à leur extrémité. L'eau ruisselle d'abord dans les raies puis les remplit.

On règle le débit d'amenée pour éviter le débordement, la longueur des raies varie de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Cette faible longueur assure une répartition assez homogène de l'infiltration le long de la raie.

Pour réduire les pertes par débordement, on peut mettre en communication deux raies voisines au lieu de boucher deux extrémités ; on obtient alors des raies courtes bouclées ou communications ; la culture peut se trouver sur billon, à flanc de billon ou dans la raie.

III.4 Techniques d'irrigation par sub-irrigation :

En irrigation de la sub-surface, l'application de l'eau se fait sous la surface du sol, elle peut consister en :

Un contrôle de nappe au moyen d'un réseau d'assainissement qui peut fonctionner à l'envers par l'admission d'eau d'irrigation ce réseau peut-être constitué par des fosses profondes ou drains enterrés ; cette technique, qui intéresse de terrains humides et relativement plats.

La mise en place de dispositifs permettant l'humectation souterraine d'un volume de sol proche des drains des plantes le matériel destiné à opérer la diffusion de l'eau est constitué par des diffuseurs ,récipient poreux dont une forme traditionnelle est constituée par le (canari) en terre cuite cette technique est surtout employée en cultures maraichères sur des petites surfaces.

Conclusion :

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur un ensemble de critères et de contraintes qui ont été étudiées :

- La topographie (pente du terrain, relief, géométrie de la parcelle)
- Ressources en eau (quantité, quantité débit dont on dispose)
- Nature du sol (perméabilité)
- Nature des cultures
- Facteurs sociologiques culturels
- Facteurs économiques
- Rentabilité de l'opération

On ne pas considérer chacun de ces critères de manière isolée ; au contraire, il faut en voir une vision globale afin de mieux évaluer les potentialités d'irrigation d'un site ou une région donnée.

Chapitre V : Etude Hydrologique

Introduction :

L'hydrologie est définie comme la science qui étudie le cycle de l'eau dans la nature et l'évolution de celle-ci à la surface de la terre.

Le choix de ce dernier résulte d'un compromis entre les besoins en eaux, l'irrigation et la protection de ce dernier contre les risques auxquels il est exposé et ceux qu'il risque de provoquer en cas d'insuffisance, Pour les projets d'irrigation, nous optons généralement pour une pluie décennale.

I. Etude des précipitations de l'année sèche :

L'analyse des pluies est basée sur les relevés pluviométriques effectués dans un certain nombre de stations sur une surface topographique considérée. Elle est basée sur l'hypothèse que la pluie tombée à une station est représentative de celle tombée tout autour de cette station sur une étendue plus ou moins large selon la densité du réseau que l'on appelle zone d'influence du pluviomètre.

L'année sèche est représenté par une probabilité de retour de 10ans c'est-à-dire une fréquence de 10%

La station de KSAR EL HIRANE est prise comme station de référence, son identification est présentée dans le tableau V.1.

Tableau V.1 : Identification de la station de KSAR EL HIRANE.

Station	Code	X (Km)	Y (Km)	Z (m)	Nombre d'observations	Période d'observations
KSAR EL HIRANE	060403	540	355	710	21	1984 à 2005

Source ANRH (Alger)

Le traitement statistique des données pluviométriques consiste à déterminer non seulement les caractéristiques empiriques de la série de précipitations mensuelles et annuelles, mais aussi son quantile de période de retour de 10ans.

La série des précipitations mensuelles est donnée dans le tableau V.2.

Tableau V.2 : Précipitations mensuelles (mm) 1984-2005 (060403)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aou	P_{annuel}
1984	13,00	16,00	6,00	1,00	21,20	3,20	5,50	0,00	20,40	0,00	0,00	1,00	87,30
1985	4,50	4,00	32,80	5,00	3,00	2,00	19,80	1,50	25,10	0,00	2,00	0,00	99,70
1986	6,00	16,40	6,00	0,50	16,40	3,00	8,20	3,00	8,20	16,40	0,00	4,50	88,60
1987	0,00	12,20	1,00	4,50	6,00	2,50	1,50	4,20	19,40	22,60	4,40	0,00	78,30
1988	3,00	12,70	3,50	2,50	9,70	1,00	12,70	8,70	0,80	19,40	0,00	4,60	78,60
1989	1,00	3,70	1,50	1,00	18,80	0,00	4,00	36,80	31,40	2,80	6,00	2,00	109,00
1990	8,70	0,00	13,20	3,50	9,90	11,70	16,40	4,00	9,20	0,00	0,00	1,90	78,50
1991	12,20	2,50	18,60	13,20	0,00	2,00	0,50	15,40	2,30	12,70	0,00	0,00	79,40
1992	24,20	0,00	1,30	1,40	1,20	4,50	0,00	0,50	17,10	2,70	11,50	0,00	64,40
1993	2,70	6,50	2,80	1,50	5,50	3,50	15,40	0,00	0,00	1,80	0,00	1,90	41,60
1994	22,90	16,20	5,30	0,00	0,00	1,50	5,30	1,90	0,00	13,00	0,00	1,80	67,90
1995	10,20	8,20	3,50	24,60	16,50	4,50	24,30	49,60	5,00	26,80	5,50	0,00	178,70
1996	9,50	11,70	0,00	3,00	0,90	6,00	0,80	14,80	19,30	3,20	0,00	4,00	73,20
1997	24,60	16,50	8,20	20,40	4,30	1,00	11,20	3,80	5,90	0,00	0,00	0,00	95,90
1998	17,40	1,80	0,00	1,40	38,30	20,60	16,40	2,60	3,00	18,00	3,50	4,00	127,00
1999	10,20	7,00	9,80	41,00	0,00	0,00	1,30	0,90	11,00	9,50	0,50	1,00	92,20
2000	24,60	2,20	0,60	0,50	1,80	2,40	0,00	1,00	1,10	0,00	0,00	3,00	37,20
2001	41,00	2,80	4,30	10,20	4,40	0,00	0,00	18,40	0,00	9,00	0,50	11,20	101,80
2002	11,70	8,20	6,10	0,00	12,20	13,20	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	1,00	55,90
2003	1,50	30,10	5,60	16,40	0,00	5,00	10,20	16,40	16,40	9,20	0,00	9,50	120,30
2004	3,50	9,00	8,20	30,60	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	10,70	12,20	0,00	92,20
2005	65,60	6,00	2,00	18,00	16,40	6,00	3,00	9,20	16,50	0,00	2,50	8,20	153,40
P_{i moy}	14,45	8,80	6,38	9,10	8,48	4,53	7,11	9,19	9,91	8,08	2,21	2,71	90,96

I.1 Les caractéristiques empiriques :

Ø La moyenne interannuelle des précipitations mensuelles est $P_{i \text{ moy}}$
 Les caractéristiques de la série des précipitations annuelles P_{annuelle} sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau V.3 : Caractéristique de la série pluviométrique

Minimum (mm)	37.2
Maximum (mm)	178.7
Moyenne (mm)	90.5
Ecart-type (mm)	33.1
Médiane (mm)	87.5
Coefficient de variation (Cv)	0.366
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.911
Coefficient d'aplatissement (Ck)	3.52

Le calcul des valeurs extrêmes ou quantiles nécessite un ajustement à une loi de probabilité. Après avoir calculé les caractéristiques empiriques, il faut choisir une loi de probabilité susceptible de s'ajuster d'une manière adéquate à la série d'observation.

Cette pratique revient donc à ajuster une loi théorique de répartition des fréquences à un échantillon.

Les critères de choix sont liés d'abord à un ajustement graphique. L'allure des points sur du papier à probabilité permet d'accepter ou de rejeter la loi.

Les deux lois généralement utilisées pour les valeurs extrêmes sont :

- la loi doublement exponentielle ou loi de Gumbel ;
- la loi log normale ou loi de Galton.

I.2 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gumbel

La fonction de répartition de la loi de Gumbel $F(x)$ est donnée par l'expression:

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

Avec :

$$y = \frac{x - x_0}{a} : \text{Variable réduite de Gumbel}$$

Avec :

α et x_0 : coefficient d'ajustement (méthode des moindres carrés)

x_0 : Paramètre de position (Ordonnée à l'origine)

α : Paramètre d'échelle différent de zéro et positif appelé aussi « gradex »

$\frac{1}{a}$: Pente de la droite

x : Variable étudiée “ **P_{annuelle}** “

Cette variable x, exprimée en fonction de la variable réduite y, est l'équation de la droite de Gumbel sur papier à probabilité GUMBEL formule :

$$x = a y + x_0 ; \quad \text{soit : } P_{p\%} = a y + x_0$$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs des précipitations par ordre croissant avec attribution d'un rang 1, 2, 3,n.
- Calculer pour chaque valeur de précipitation la fréquence expérimentale F(x) par la formule de Hazen

$$F(x) = \frac{m - 0.5}{n}$$

m : rang de précipitation

n : nombre d'observations

- calculer la variable réduite de Gumbel donnée par la formule:

$$y = - \left[\ln -\ln F(x) \right]$$

- reporter les valeurs observées sur papier Gumbel.
- représenter graphiquement les couples (xi, yi) sur papier Gumbel

Les résultats sont résumés dans le tableau récapitulatif V.4 et la représentation graphique par la figure V.1.

L'équation de la droite de Gumbel est donnée par l'expression :

$$P_{P\%} = 25.83 y_{p\%} + 76,05$$

Tableau V.4 : Ajustement à la loi de Gumbel

Taille n=22 $x_0 = 76,05$

I.C. à (en%)=95

$$\alpha=25.83$$

$$u \text{ Gauss}=1.96$$

P _{annuelle} classée (mm)	m	F(x)	y	Valeurs théorique (mm)	Borne inférieur (mm)	Borne supérieur (mm)
37,20	1	0,023	-1,331	41,68	11,30	56,74
41,60	2	0,068	-0,988	50,53	25,74	64,24
55,90	3	0,114	-0,777	55,98	34,30	69,17
64,40	4	0,159	-0,609	60,33	40,88	73,34
67,90	5	0,205	-0,462	64,12	46,42	77,21
73,20	6	0,250	-0,327	67,62	51,30	80,98
78,30	7	0,295	-0,198	70,93	55,72	84,77
78,50	8	0,341	-0,073	74,16	59,80	88,67
78,60	9	0,386	0,050	77,35	63,64	92,74
79,40	10	0,432	0,175	80,57	67,30	97,04
87,30	11	0,477	0,302	83,84	70,83	101,63
88,60	12	0,523	0,433	87,23	74,29	106,56
92,20	13	0,568	0,570	90,79	77,74	111,91
92,20	14	0,614	0,717	94,57	81,24	117,77
95,90	15	0,659	0,875	98,66	84,87	124,27
99,70	16	0,705	1,049	103,16	88,70	131,58
101,80	17	0,750	1,246	108,24	92,88	139,99
109,00	18	0,795	1,475	114,15	97,58	149,92
120,30	19	0,841	1,753	121,33	103,14	162,15
127,00	20	0,886	2,115	130,69	110,20	178,26
153,40	21	0,932	2,650	144,52	120,40	202,31
178,70	22	0,977	3,773	173,51	141,27	253,22

Fréquence	U	Val.théo.(mm)	Borne inf.(mm)	Borne sup.(mm)
0,1	-0,834	54,509	32,014	67,803

Pour l'année sèche on prend la fréquence au non dépassement une fréquence de 90% qui est égale à une fréquence de 10% au dépassement. Donc :

Donc : $P_{\text{sec}} = 54,51 \text{ mm}$

Son intervalle de confiance est :

$$P_{\text{sec}} [32,014 < 54,51 < 67,803] = 95\%$$

On a $P_{i \text{ sec}} = P_{i \text{ moy}} \times P_{\text{sec}} / P_{\text{moy anuelle}}$

Avec : $P_{i \text{ sec}}$: précipitations mensuelles sèches (mm)

$P_{i \text{ moy}}$: précipitations moyennes mensuelle. (mm)

P_{sec} : pluie de probabilité 90% tel que : $P_{\text{sec}} = 54,51 \text{ mm}$

$P_{\text{moy anuelle}}$: Précipitation moyenne annuelle tel que : $P_{\text{moy anuelle}} = 90,96 \text{ mm}$

Tableau V.5 : Précipitations mensuelles sèches par la méthode de Gumbel

mois	sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	anuelle
$P_{i \text{ moy}}$ (mm)	14,45	8,80	6,38	9,10	8,48	4,53	7,11	9,19	9,91	8,08	2,21	2,71	28,39
$P_{i \text{ sec}}$ (mm)	8,67	5,28	3,83	5,46	5,09	2,72	4,27	5,51	5,95	4,85	1,33	1,63	54,57

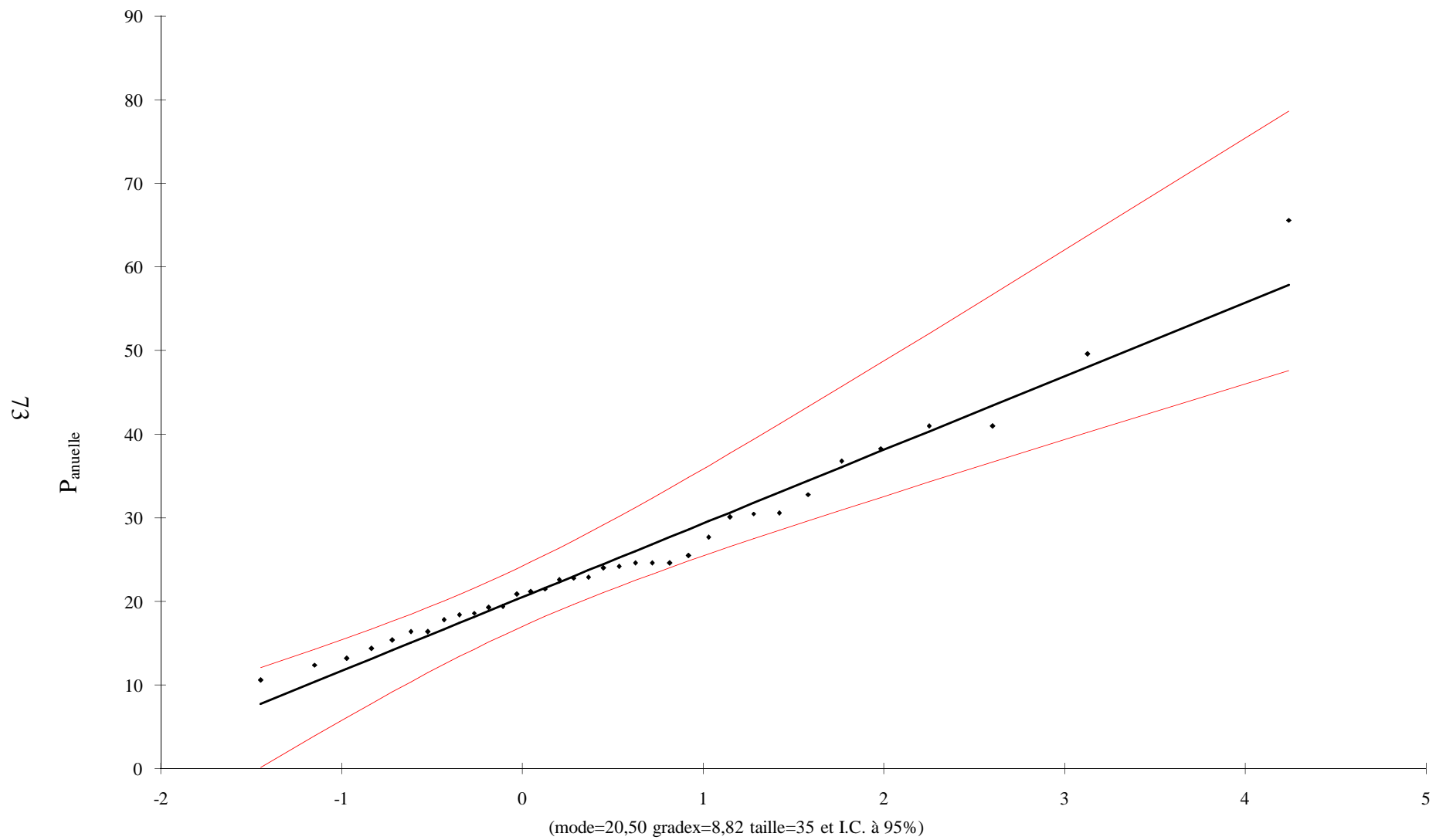


Figure V.1 : Ajustement à la droite de Gumbel

1.3 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Galton :

La fonction de répartition de la loi de Galton est donnée par la formule suivante :

$$U = \frac{\log(x - x_0) - a}{b}$$

L'équation de la droite de Galton est la suivante :

$$\ln x = \overline{\ln x} + u S_{\ln x}$$

Les paramètres de la série sont représentés dans le tableau V.6

L'ajustement graphique des données permet de lire le quantile de période de retour 10ans, directement sur la droite de Galton, figure V.2.

Tableau V.6 : Ajustement à la loi de Galton

Taille n=22 Moy.log(x-xo)= 1,9314 I.C. à (en%)=95
 E.T.log(x-xo)=0,1607 U Gauss=1.960

P _{anuelle} classée	m	F(x)	y	Valeurs théorique (mm)	Borne inférieur (mm)	Borne supérieur (mm)
37,20	1	0,023	-1,331	40,73	28,29	50,89
41,60	2	0,068	-0,988	49,21	36,50	59,71
55,90	3	0,114	-0,777	54,63	41,89	65,40
64,40	4	0,159	-0,609	59,03	46,31	70,11
67,90	5	0,205	-0,462	62,93	50,23	74,36
73,20	6	0,250	-0,327	66,54	53,85	78,39
78,30	7	0,295	-0,198	70,01	57,30	82,34
78,50	8	0,341	-0,073	73,39	60,64	86,29
78,60	9	0,386	0,050	76,76	63,91	90,32
79,40	10	0,432	0,175	80,15	67,16	94,49
87,30	11	0,477	0,302	83,62	70,44	98,87
88,60	12	0,523	0,433	87,21	73,76	103,54
92,20	13	0,568	0,570	90,99	77,18	108,58
92,20	14	0,614	0,717	95,01	80,75	114,11
95,90	15	0,659	0,875	99,37	84,52	120,27
99,70	16	0,705	1,049	104,17	88,57	127,27
101,80	17	0,750	1,246	109,59	93,03	135,42
109,00	18	0,795	1,475	115,89	98,07	145,20
120,30	19	0,841	1,753	123,55	104,02	157,49
127,00	20	0,886	2,115	133,50	111,50	174,11
153,40	21	0,932	2,650	148,19	122,14	199,81
178,70	22	0,977	3,773	179,04	143,30	257,76

Fréquence	U	Valeur théo(mm)	Borne inf.(mm)	Borne sup.(mm)
0,1	-1,282	53,15	40,41	63,84

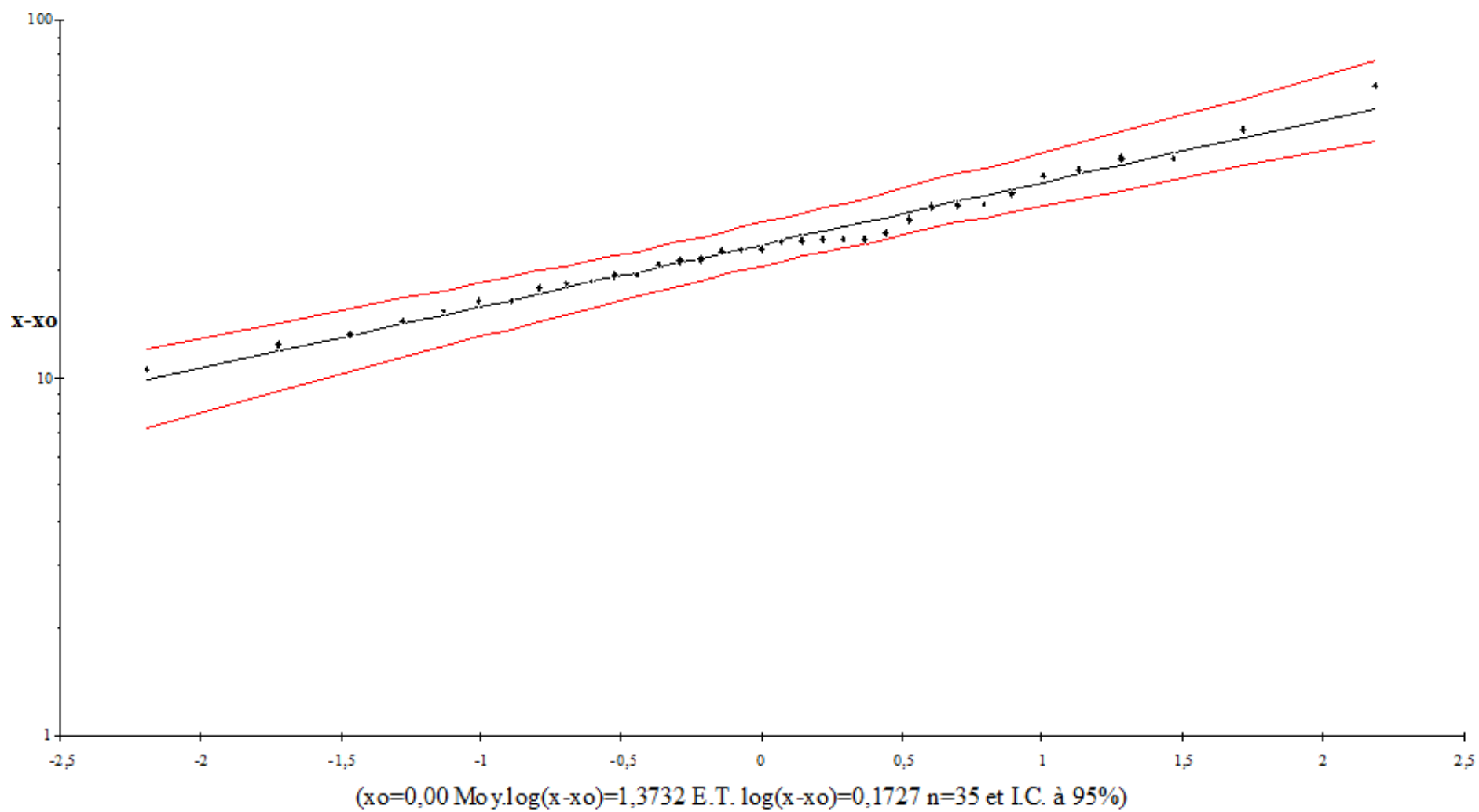


Figure V.2 : Ajustement à la droite de Galton

Donc : $P_{sec} = 53,15 \text{ mm}$

Son intervalle de confiance est :

$$P_{sec} [40,41 < 53,15 < 63,84] = 95\%$$

On a $P_{i sec} = P_{i moy} \times P_{sec} / P_{moy anuelle}$

Avec : $P_{i sec}$: précipitations mensuelles sèches (mm)

$P_{i moy}$: précipitations moyennes mensuelle. (mm)

P_{sec} : pluie de probabilité 90% tel que : $P_{sec} = 53,15 \text{ mm}$

$P_{moy anuelle}$: Précipitation moyenne annuelle tel que : $P_{moy anuelle} = 90,96 \text{ mm}$

Tableau V.7 : Précipitations mensuelles sèches par la méthode de Galton

mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	anuelle
$P_{i moy}$ (mm)	14,45	8,80	6,38	9,10	8,48	4,53	7,11	9,19	9,91	8,08	2,21	2,71	90,96
$P_{i sec}$ (mm)	8,45	5,14	3,73	5,32	4,95	2,65	4,16	5,37	5,79	4,72	1,29	1,58	53,15

Les caractéristiques de ces deux lois sont résumées dans le tableau V-8

Tableau V.8 : Les caractéristiques des deux lois

Lois	Moyenne (mm)	Coefficient de Corrélation	Ajustement	P_{sec} (mm)
Loi de Gumbel	$\bar{X} = 76,05$	0,98	s'ajuste	54,51
Loi de Galton	$\overline{\log x} = 1.45$	0,99	S'ajuste mieux	53,15

Conclusion :

L'étude hydrologique nous a permis de déterminer la pluie sèche mensuelle d'une fréquence de 10% et cela d'après les résultats obtenue par l'ajustement de la série pluviométrique par la

loi de Galton, on a : $P_{sec}=53,15\text{mm}$, donc les précipitations mensuelles sont résumé dans le tableau V.7

Chapitre VI: Calcul des besoins en eaux

Introduction :

Il paraît indispensable de rappeler quelques connaissances essentielles, la plante respire, transpire et se nourrit, ces phénomènes fondamentaux chez la plante, conditionnent la notion de besoin. Les besoins en eau des cultures varient en fonction des cultures, leurs stades végétatifs et en fonction des conditions climatiques (précipitation, température).

Il suffit de mentionner que l'eau constitue 80 de la plante pour estimer la valeur réelle de besoin des plantes.

I. Présentation du périmètre de SRIDJA :

Le périmètre de SRIDJA est situé au nord-est de l'agglomération sur la rive gauche d'oued M' ZI soit au nord de la station d'épuration, elle est limitée au sud par Kef SRIDJA au nord par Kef ZEBBACH (ou El Moudjahidine) à l'ouest par oued M'ZI et à l'est elle s'étend jusqu'à l'agglomération d'EL ASSAFIA.

La superficie totale de ce périmètre est d'environ 1300 ha et qui se compose de deux étages, l'étage haut ne peut être irrigué par la station d'épuration du fait qu'il est situé à plus de 780m d'altitude et l'étage bas qui a une superficie de 487.5ha et qui représente la zone irriguée par les eaux de la station d'épuration et qui constitue la zone de notre étude.

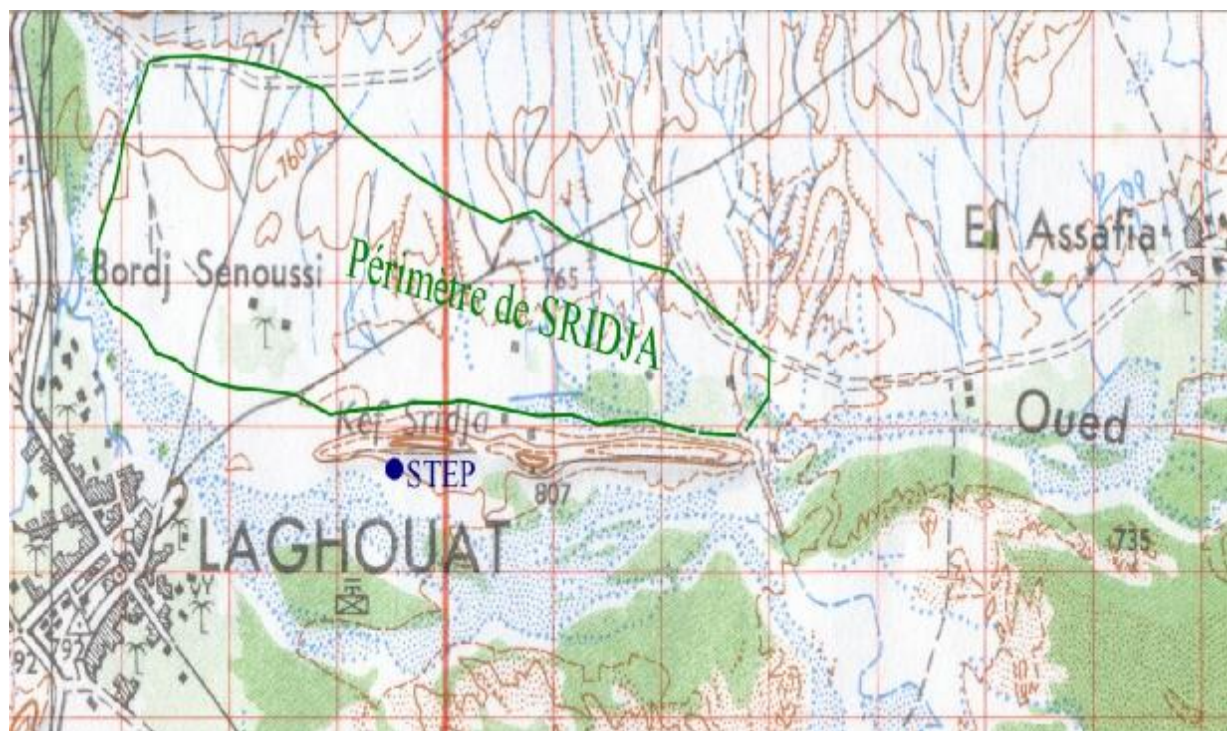


Figure VI.1 : Plan de Situation du périmètre de SRIDJA

II. Etude agro-pédologique

II.1 Pédologie :

L'étude pédologique effectuée par l'ANRH a recensé un seul type de sol qui occupe tout le périmètre de SERIDJA.

- **Les sols calcimagnésiques :**

Ces sols occupent tout le périmètre soit 100% de la superficie totale, ils sont formés sur des alluvions calcaires, ce type de sol est divisé en deux catégories :

a) Type de sol à texture fine :

Ce type de sol occupe la majeure partie et se situe dans la partie centre et nord de la zone.

Tableau VI.1 : profile pédologique de la zone a texture fine

Horizons	0-25 cm	25-52 cm	52-120 cm	>120
Texture	Limono-argileuse	argileuse	Limono-argileuse	limoneuse
Structure	Polyédrique fine	Polyédrique fine	Polyédrique fine à moyenne	polyédrique
Porosité	importante	Assez bonne		
Humidité	moyenne	humide	humide	Humide
Couleur	Marron-brun claire	Brun claire	Brun jaunâtre	Brun jaunâtre
Calcaire	Présence de calcaire	Présence de calcaire	Tache blanchâtre	Étroitement gypse-calcaire

Se sont de sols profonds de texture limoneux-argileuse à argilo-limoneuse à structure polyédrique fine, riche en calcaire ils sont basiques très peu salés les horizons de surfaces et légèrement salés en profondeur

En constate aussi :

- Une perméabilité moyenne
- Une capacité de rétention moyenne à bonne
- Un faible taux de matière organique
- Pauvre en azote et en phosphore, mais riche en potassium

b) Texture moyenne :

Tableau VI.2 : Profile pédologique de la zone a texture moyenne

Horizons	0-25 cm	25-52 cm	52-120 cm	>120
Texture	Sablo-argileuse	Sablo-argileuse	argileuse	-
Structure	Grenue à particulaire	Polyédrique fine	Polyédrique moyenne	-
Porosité	Importante	Importante	Moyenne	-
Couleur	Brun clair	Brun	Brune foncé	Jaunâtre
Humidité	Nul (sec)	Nul (sec)	Nul (sec)	-
calcaire	Présence de calcaire	Présence de calcaire	Tache blanchâtre	Ecroutement gypso-calcaire

Se sont des sols à horizon de surface généralement de texture moyenne de type argilo-sableux, On constate :

- Une perméabilité moyenne

- Une faible capacité de rétention
- Faible taux de matériaux organique en profondeur et peu élevé en surface

II.2 Assolement :

L'assolement choisi est constitué par céréales telles que l'orge et la vesce-avoine pour l'alimentation du bétail ; les légumineuses telles que la luzerne et de la tomate comme culture industrielle et en fin les carottes.

L'assolement et les périodes de végétation sont représentés dans le tableau VI.3

Tableau VI.3 : Assolement et période de végétation des cultures

	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	
I	Luzerne												
II	Vesce-avoine / Orge								Poivron				
III	Carotte						Tomate						

III. Calcul de l'évapotranspiration :

Le calcul de l'évapotranspiration à été réalisé selon la méthode Pen Man Monteith (le calcul se fait par le Logiciel cropwat).

Le résultat de ce calcul est donné dans le tableau VI.4

Tableau VI.4 : Evapotranspiration en mm/mois

Mois	Temp min c°	Temp max c°	Humidité %	Vent m/s	Ensoleillement heures	Radiation M/J/m/j	ET0 mm/mois
Janvier	2,4	14,3	59	2,3	7,7	12,2	62,93
Février	3,9	16,8	54	2,4	9,4	16,5	82,65
Mars	6,3	19,3	48	2,2	9,6	19,9	115,63
Avril	9,7	22,6	44	2,6	9,9	23,1	150,6
Mai	14,3	28,3	40	2,6	10,7	25,6	199,33

Juin	18,6	32,6	36	2,5	11,5	27,2	222,3
Juillet	22,2	37,4	31	2,2	12,2	28	247,07
Août	21,9	37,1	35	2,1	11,8	26	226,61
Sept	17,5	31,2	46	2,3	10,5	22,1	199,5
Octobre	11,8	24,8	57	2,4	8,6	16,5	116,25
Novem	6,6	18,8	61	2,2	6,6	11,7	73,5
Decem	2,7	14,2	62	2,2	7,5	11,3	57,04
moyen	12,3	24,3	46	2,3	9,7	20	146.11

IV. Calcul du besoin en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement :

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

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

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

ETM = ETP x KC (mm/mois)

RFU : réserve facilement utilisable

Dans notre cas la RFU est nulle car la zone est aride donc : **B = ETM - P_{eff}**

P_{eff} : Pluie efficace

P_{eff} = A x pluie ; ou A=0,8 à 0,9 (pour notre cas on va prendre A=0,8)

L'irrigation se fait lorsque B>0,

Les résultats de calcul pour les différentes cultures sont résumés dans le tableau suivant :

Chapitre VI: Calcul des besoins en eaux

2009/2010

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETP (mm/mois)	luzerne (mm/mois)	vesce- avoine (mm/mois)	orge (mm/mois)	poivron (mm/mois)	Carotte (mm/mois)	Tomate (mm/mois)	Totale (mm/mois)
Septembre	8,45	6,76	169,5	166,13	-	-	160,37	-	188,16	699,37
Octobre	5,14	4,11	116,25	107,49	-	-	-	31,9	113,3	378,2
Novembre	3,73	2,98	73,5	67,58	20,54	19,8	-	31,5	63,17	282,8
Décembre	5,32	4,26	57,04	48,787	12,55	24,83	-	33,39	-	186,18
Janvier	4,95	3,96	62,93	21,841	24,35	32,54	-	43,2	-	193,77
Février	2,65	2,12	82,65	31,766	43,33	55,73	-	54,08	-	272,33
Mars	4,16	3,33	115,63	44,078	85,7	118,08	-	70,67	-	441,65
Avril	5,37	4,3	150,6	57,45	138,77	168,9	-	-	-	525,39
Mai	5,79	4,63	199,33	77,095	164,8	174,76	75,1	-	-	701,5
Juin	4,72	3,78	222,3	154,05	-	-	129,6	-	129,6	644,05
Juillet	1,29	1,03	247,07	228,75	-	-	218,86	-	199,1	896,1

Chapitre VI: Calcul des besoins en eaux

2009/2010

Août	1,58	1,26	226,61	230,11	-	-	129,8	-	227,62	816,98
-------------	------	------	--------	---------------	---	---	-------	---	--------	--------

Tableau VI.5 : Besoins mensuelles en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement

V. Calcul du débit spécifique :

Le débit spécifique est donné par la formule suivante :

$$Q_{sp} = \frac{B_{pointe} \cdot 0,00386}{K}$$

Avec : B_{pointe} : les besoins de pointe

Q_{sp} : Débit spécifique.

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

$$Q_{sp} = 896,1 \cdot 0,00386 / 0,75 = 4,61 > 1,5$$

Le débit est trop important, il convient, de prendre en compte uniquement les besoins en eau de la culture la plus exigeante qui est la Luzerne pendant le mois d'aout.

Pour notre projet nous prendrons comme débit spécifique :

$$Q_{sp} = 230,1 \cdot 0,00386 / 0,75 = 1,18 \text{ l / s / ha} < 1,5$$

$Q_{sp}=1,18 \text{ l/s/ha}$ qui est une Valeur compatible aux conditions de notre zone d'étude

VI. Lessivage :

La méthodologie d'approche développée ci dessous résulte des recommandations des directives de la FAO (bulletin n°29) en matière de qualité de l'eau d'irrigation pour évaluer l'incidence de cette dernière sur les sols et prendre les dispositions nécessaires pour éviter d'accentuer la salinisation des sols.

VI.1 Relation entre salinité de l'eau d'irrigation et salinité du sol :

Les sels contenus dans l'eau d'irrigation peuvent être accumulés dans les sols après irrigation.

L'équation définissant la conductivité électrique du sol en fonction de celle de l'eau d'irrigation est : $EC_e = EC_w \cdot X$

Tel que : EC_e : Conductivité électrique du sol (mmhos/cm)

EC_w : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation (mmhos/cm)

X : Facteur de concentration

Le facteur X est défini après conversion de la salinité du sol en salinité comparable de l'eau, en supposant que la fraction de lessivage est comprise dans la gamme de 15 à 20 %, la salinité de l'eau d'irrigation est trois fois plus grande quant elle devient l'eau du sol et que la salinité du sol exprimé en tant qu'extrait de pâte de sol saturé est la moitié de la salinité de l'eau du sol en fonction de la fraction de lessivage. Ainsi, l'équation précédente devient :

$$ECe = 1,5.EC_w \text{ (Pour LR (fraction de lessivage)= (15 à 20 \%))}$$

VI.2 Sensibilité des plantes à la salinité de l'eau :

La tolérance des cultures en fonction des niveaux de rendement et de la conductivité électrique des sols donnée par le tableau ci-dessous.

Tableau VI.6:Taux de rendements des cultures en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation

Cultures	Niveau de rendement en fonction de ECe (mmhos/cm)				
	100	90	75	50	0
Blé	6	6,7	8,7	12	20
Orge	8	10	13	18	28
Avoine	8	10	13	18	28
Orge-Berssim	6	7,4	9,5	13	20
Vesce-avoine	3	3,9	5,3	7,6	12
Févérole	1,6	2,6	4,2	6,8	12
Maïs	1,8	3,2	5,2	8,6	15,5
Sorgho	4	5,1	7,2	11	18

Tournesol	5	5,5	6,2	7,5	10
Tabac	1,6	2,6	4,2	6,8	12
Pêcher	1,7	2,5	3,8	5,9	10
Prunier	3	3,9	5,3	7,6	12
Abricotier	1,6	2	2,6	3,7	6
Amandier	1,5	2	2,8	4,1	7
Olivier	2,7	3,9	5,5	8,4	14
Pommier	1,7	2,3	3,3	4,8	8
Figuier	2,7	3,8	5,5	8,4	14

Source : bulletin n°29 de la F.A.O

VI.3 Qualité des sols et de l'eau d'irrigation du site :

Les sols de la zone d'étude ont une conductivité électrique faible, elle ne dépasse les 2mmhos/cm. La conductivité électrique EC_w est évaluée à 2,2mmhos/cm.

VI.4 Lessivage continu :

La fraction de lessivage LR est définie par l'équation suivante :

$$LR = EC_w / (5ECe - EC_w) \quad (\%)$$

Tel que :

EC_w : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation $EC_w = 2,2$ mmhos/cm

ECe : Seuil de conductivité électrique du sol pour différents niveau de rendements.

Les besoins en eau de lessivage sont évalués pour les différentes cultures représentatives et pour différents niveaux de rendement .la fraction de lessivage se situe entre 20 et 30 pour les rendements de 90à100.

VI.5 Lessivage initial :

Il a pour objet de faire chuter la salinité du sol à un niveau qu'on considère comme acceptable. Cette opération consiste à apporter en une seule fois une grosse quantité d'eau sur une parcelle. L'appréciation des volumes à apporter est représentée par la formule e VOLOBUEV exprimée par :

$$H = -\alpha \cdot q \cdot \Delta \cdot \ln \frac{S - S_i}{S_0 - S_i}$$

Tel que : H : hauteur d'eau à apporter (m)

Δ : Epaisseur du sol à lessiver (m)

θ : Humidité du sol saturé(%)

S : Salinité moyenne à atteindre après lessivage (EC_e en mmhos/cm).

S_i : Salinité de l'eau d'irrigation (EC_w en mmhos/cm).

S_0 : Salinité moyenne avant lessivage (mmhos/cm).

α : Coefficient dépendant de la nature du sol (texture essentiellement).

Ce coefficient est calé par des essais de lessivage.

Ce lessivage initial est préconiser sur les sols présentant une salinité >2 mmhos/cm. D'après l'étude pédologique, les sols du périmètre ont des valeurs de salinité inférieure 2mmhos/cm et nécessitent de ce fait pas de lessivage initial.

Conclusion :

L'étude qui a été faite au niveau de ce chapitre a pour but de déterminer l'évapotranspiration ; les besoins en eau des plantes et de déterminer les besoins en eau d'irrigation pour les cultures que nous avons proposées précédemment. D'après ces résultats en a obtenu le débit spécifique, qui est égale à : $Q_{sp}=1,18$ l/s/ha

Chapitre VII : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons dimensionner le réseau d'irrigation en dimensionnant les diamètres ainsi que les longueurs et les débits qui passent par ces conduits, et avant de faire l'adduction il est indispensable de dimensionner la station de pompage qui sert à amener l'eau de la station d'épuration de la ville de Laghouat vers le bassin d'irrigation qui va alimenter le périmètre de SERIDJA.

I. Dimensionnement de la Station de pompage :

La station de pompage permettra l'alimentation du réservoir qui desservira le périmètre de SRIDJA.

Elle sera implantée à proximité de la station d'épuration de la ville de Laghouat à partir duquel elle aspire les eaux épurées pour ensuite les refouler vers le bassin d'irrigation.

I.1 Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station de pompage :

Un projet d'irrigation est constitué d'une prise d'eau (source), une station de pompage et un bassin d'irrigation.

Ces constructions se font suivant des schémas types, des dispositions adéquates et pour des conditions d'exploitation optimale, la construction dépend aussi du relief, de l'environnement. Et pour ces raisons on prend en considération certains paramètres essentiels.

- Il ne faut jamais construire la station de pompage, dans les zones non stables ou inondables.
- Les lignes d'électricité doivent être placées le long de champs d'isolement des routes et des quartiers d'habitation;

- Il faut prendre en considération la distance entre la station de pompage et les différents ouvrages urbains, une distance qui assure l'élimination des dangers provoqués par l'un vers l'autre;
- Choisir le cheminement le plus court pour la conduite de refoulement pour réduire les pertes de charges ainsi que les travaux de terrassement.
- Construire la station de pompage en prenant en considération les normes internationales dans ce domaine.

La station de pompage doit être équipée de :

- L'accès à tous les ouvrages
- Plate forme avec une très bonne qualité de béton
- Prévoir des moyens de dérivation des eaux pluviales, drainage par des caniveaux.
- Faire un profil en long de l'emplacement de la prise d'eau et la conduite de refoulement.

I.2 Détermination de la hauteur d'élévation :

A partir du calcul des besoins en eau on peut tirer le débit caractéristique pour les mois de pointe. On a le débit de pointe de la step est de $Q_{\text{point}} = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, d'où le débit de pointe journalier est de $Q_{\text{point j}} = 51840 \text{ m}^3/\text{j}$

Données de base :

1. Cote PHE bâche d'aspiration :	765 m
2. Cote PBE bâche d'aspiration	761 m
3. Cote PHE réservoir tampon :	785 m
4. Cote PBE réservoir tampon	780 m
5. Débit pompé	600 l/s
6. Longueur Conduite de refoulement	500 m

La hauteur géométrique maximale est ainsi de $785 - 761 = 24 \text{ m}$

La hauteur géométrique minimale est de $785 - 765 = 20 \text{ m}$

La HMT est donnée par la formule suivante :

$$\text{HMT} = \text{Hgéo} + \Sigma \text{Pdc} + \text{Pexh}$$

Avec :

Hgéo = Hauteur géométrique

ΣPdc = somme des pertes de charge linéaires et singulières.

Pexh : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur)

$P_{exh} = (1, 0 \div 1,5) \text{ m}$; On prend $P_{exh} = 1 \text{ m}$

Nb	produit	courbe	Débit	HMT	diamètre roue	puiss mot	puiss abs	NPSH RE	Rend HYD	Ren dGL O
		N°	L/S	m	mm	KW	KW	m	%	%
4R	3300	181-HT-53-480-00-2080	618,1	25,7	344	54	226,5	6,7	74,7	68,8
4C	3300	181-HT-53-462-00-2060	612,9	25,7	365	54	230,1	14,3	72,8	67

$$\Sigma P_{dc} = (1,15 \div 1,3) \Sigma hp(ref)_{lin} \quad (\text{pour } Q < 3 \text{ m}^3/\text{s})$$

Pour $L_{ref} = 1000 \text{ m}$ on a $\Sigma hp(ref)_{lin} = 4 \text{ m}$

Notre conduite de refoulement à une longueur de 500 m.

D'où:

$$hp(ref)_{lin} = \frac{500}{1000} * 4 = 2 \text{ m}$$

Tableau VII.1 : Caractéristique des pompes

$$\Sigma hp(ref)_{lin} = 2 \text{ m}$$

$$\Sigma P_{dc} = 1,15 * 2 = 2.3 \text{ m}$$

La somme des pertes de charge est donc de $\Sigma P_{dc} = 2.3 \text{ mce}$ arrondie à 2.5 mce.

La HMT maximale : $HMT = 22 + 2.5 + 1 = 25,5 \text{ mce}$.

I.3 Détermination du nombre des pompes:

Les critères à respecter dans le choix de la variante du nombre de pompes sont :

- Nombre de pompes minimales
- Meilleur rendement
- NPSH requis minimum.
- Puissance absorbée minimale
- Le nombre de tours par min plus important

D'après le logiciel de FLYPS2.0 les caractéristiques des pompes disponibles sont récapitulées dans les tableaux suivants :

$$n=1 \quad Q_{cal} = \frac{Q_f}{n} = \frac{600}{1} = 600 \text{ l/S} \quad \text{Et ; } H_{cal} = 25,5 \text{ m}$$

Il n'existe pas une pompe avec ces caractéristiques

$$n=4$$

Cas des pompes en parallèles :

$$Q_{cal} = \frac{Q_{cal}}{n} = \frac{600}{4} = 150 \text{ l/s} \quad H_{cal} = 25,5 \text{ m}$$

I.4 Critères du choix du type de pompes:

Les critères à pour le choix du type de pompes sont :

- assurer H cal et QCAL
- le meilleur rendement
- anti-cavitationnelle
- encombrement faible et poids faible
- vitesse de rotation élevée
- répondre à la construction la plus économique du bâtiment
- puissance absorbée minimale
- être fabriqué en série.

D'après analyse les critères du choix du type du nombre des pompes nous optons pour (n=4) donc une deux pompes de secours.

La pompe choisie est de 4RP-3300-181-HT-53-480-00-2080 et ces caractéristiques sont les suivantes :

- Nombre de tours N = 1475 tr/min ;
- Rendement hydraulique $\eta = 74,7 \%$;
- Rendement global $\eta = 68,8 \%$;
- Puissance absorbée P abs = 226,5 KWh ;
- (NPSH) r = 6,7 m

I.5 Courbes caractéristiques de la pompe choisie :

La courbe caractéristique de la pompe est tirée à partir du catalogue de logiciel FLYPS 2.0 des pompes, sachant que les courbes caractéristiques, nous donne toutes les informations nécessaires pour la bonne installation et calage, et meilleur rendement ainsi qu'une longue durée de vie.

Les différentes courbes caractéristiques sont :

- Courbe de la hauteur en fonction du débit : $H = f(Q)$
- Le rendement en fonction de débit Q : $\eta = f(Q)$

- La courbe de la puissance en fonction de débit : $P = f(Q)$
- la courbe de NPSH en fonction de débit : $NPSH = f(Q)$
- La courbe de la conduite en fonction de débit : $H_c = f(Q)$

Voir annexe II

I.6 Choix du moteur électrique :

Ce choix dépend de plusieurs critères tel que :

- Position de l'arbre du moteur (vertical, horizontale) ;
- Respecter la gamme de vitesse de rotation moteur pompe (± 200 tr/min) ;
- la tension d'alimentation (220 ; 380 ; 500 volt)
- la puissance absorbée ;

Toujours, D'après le logiciel de FLYPS 2.0 les caractéristiques de moteur correspond a la pompe choisi sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau VII.2 : Caractéristique du moteur électrique

PRODUITS	POLE	P _{mot}	N TOUR	poids
N°		KW	Tr/mn	KG
3300-181-35-28-4AA	4	54	1475	790

I.7 Calcul de la puissance fournie par le moteur électrique :

La puissance du moteur électrique est calculée par la formule suivante

$$P_{abs} = \frac{\varpi \cdot Q_{max} \cdot H_{c_{min}} \cdot K}{\eta_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m}$$

$\eta_{tr} = 1$ Accouplement direct

η_m : Rendement du moteur (0,92 – 0,95)

η_p : Rendement de la pompe (0,80)

K : Coefficient de correction, il est déterminé en fonction de la puissance du moteur, les valeurs du coefficient K sont données dans le tableau VII.3 :

Tableau VII.3 : Variation du coefficient K en fonction de la puissance P

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

Pour $P = 54\text{KW}$; $K=1,2$;

$$P_{abs} = \frac{9810 * 0.6 * 25,5 * 1,2}{0,80 * 1 * 0,93} = 242085.48w = 242.08 \text{ kW}$$

$$P_{ab} = 242.08 \text{ KW}$$

I.8 Détermination du diamètre économique de refoulement :

On choisi le tracé des conduites de refoulement en fonction des conditions locales, la distance la plus courte possible.

Les conduites de refoulement seront équipées des vannes ventouses, joints, clapet anti-retour, dispositif de vidange, vannes de sectionnement.

La vitesse d'écoulement doit être comprise entre 1 et 1,5 m/s.

Pour la détermination des collecteurs en charge en doit avoir les données suivantes :

- Graphique de pompage des eaux en fonction de la demande en eau
- En fonction de nombre de pompes principales et le schéma de raccordement des pompes
- Le volume d'eau de pompage doit être supérieur ou égal au volume demandé.

On a le débit demandé, $Q_d = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ par journée d'où $V_d = 51840 \text{ m}^3$

I.9 Rendement de la station de pompage :

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

$$\eta_{sp} = \eta_p \cdot \eta_{mot} \cdot \eta_{ac} \cdot \eta_{res}$$

Avec :

η_{sp} : Rendement de la station de pompage

η_p : Rendement de la pompe choisie = 0.75

η_{mot} : Rendement du moteur électrique = 0,95

η_{ac} : Rendement du mode de raccordement = 1 (Accouplement direct)

η_{res} : Rendement du réseau électrique = 0,99

$$\eta_{sp} = 0,75 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 99 = 0.70$$

$$\eta_{sp} = 70\%$$

Pour le choix du diamètre économique des collecteurs en charge plusieurs paramètres peuvent rentrer en jeu. Dans notre projet on utiliser la formule suivante :

$$K_{ri} = C_i + T_{int} * K_i$$

K_{ri} : Dépenses réduite annuelle en DA de variante i.

K_i : L'investissement pour la conduite de refoulement.

T_{int} : Taux d'intérêt en hydraulique (10 – 12,5) %

C_i : Charge annuelle d'exploitation et amortissement et renouvellement en DA

$$C_i = PE + aK_i$$

P : Prix d'énergie électrique d'un KW heure.

E : Valeur des pertes d'énergie annuelles, due aux pertes de charge

a : Taux d'amortissement du capital 3 % et les dépenses d'entretien $a = 4,7$ %

$$E = \frac{\omega \cdot q_c \cdot \sum hp \cdot T \cdot 24}{\eta_{sp}} \quad (\text{KW heure})$$

Avec :

q_c : Débit moyen donné en m³/s déterminé d'après le graphique de pompage et le type de raccordement de pompes.

I.10 Calcul des pertes de charges dans al conduite de refoulement :

$$\sum hp^{ref} = (1,05 - 1,1) \cdot \sum hp_{lin}^{ref}$$

Les pertes de charge linéaires sont déterminées à partir de la formule de DARCY-WEISBACH :

$$\Delta H_L = \frac{LIV^2}{2gD}$$

Où V : est la vitesse moyenne de l'eau dans la section (m/s).

g : l'accélération de la pesanteur. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

L : longueur de la conduite (m)

D : diamètre intérieur de la conduite (m).

I : Coefficient de frottement linéaire (coefficient de perte de charge).donné par la formule de COLEBROOK

$$I = f \left(Re, \frac{e}{D} \right)$$

Re : nombre de REYNOLDS

e : coefficient de rugosité équivalente de la paroi

Donc le tableau suivant nous permet de déterminer le diamètre économique pour notre réseau. Prenant en considération plusieurs critères.

Tableau VII.4 : Détermination du diamètre économique de la conduite de refoulement

Diam	Vitesse	$\sum hp$	Ki	Ei	P,Ei	aKi	Ci	Kri = Ki.T.Ci
(mm)	(m/s)	(m)	(Da)	(KWh)	(DA)	(Da)	(Da)	
400	4,78	23,37	570	9603,10	15364,96	26,79	15391,75	2109,18
500	3,06	7,31	720	3005,68	4809,09	33,84	4842,93	1204,29
600	2,12	2,83	860	1164,38	1863,01	40,42	1903,43	1050,34
700	1,56	1,27	1050	522,52	836,04	49,35	885,39	1138,54
800	1,19	0,64	1180	261,11	417,78	55,46	473,24	1227,32
900	0,94	0,34	1280	141,64	226,63	60,16	286,79	1308,68
1000	0,76	0,20	1600	81,98	131,16	75,20	206,36	1620,64
1050	0,69	0,15	1720	63,64	101,82	80,84	182,66	1738,27
1100	0,63	0,12	1820	49,99	79,99	85,54	165,53	1836,55

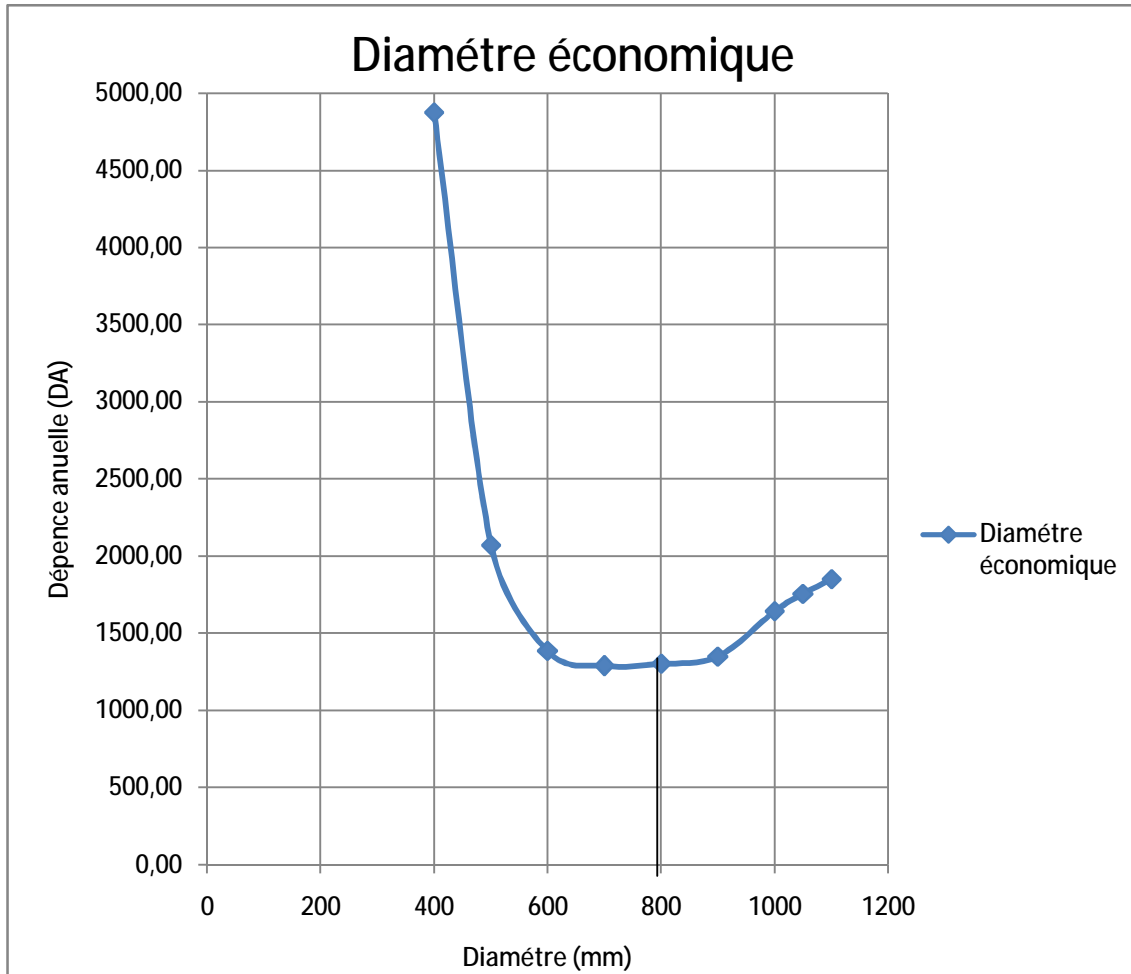


Figure VII.1 : Diamètre économique

II. Dimensionnement du réservoir :

Le volume du réservoir dépend des heures d'arrêt de la station de pompage. La station fonctionne 20 heures sans arrêt.

$$V_r = Q_p \times 1.1 \times 3600 \times 20 \text{ (m}^3\text{)}$$

V_r : volume du réservoir en m^3 .

Q_p : débit de pointe (m^3/sec).

Donc

$$V_r = 0.6 \times 1.1 \times 3600 \times 20 = 47520 \text{ m}^3$$

Le bassin est rectangulaire à ciel ouvert. On fixe une hauteur entre 2 à 5m

Pour notre cas nous prenons la hauteur égale à 5 m. La surface du bassin d'irrigation est donnée par :

$$V = S \times h \text{ et } S = L \times B$$

B : la largeur du bassin

L : la longueur du bassin

La largeur est déterminée par :

$$B = \sqrt{\frac{S}{2}}$$

La longueur est donnée par : $L = S/B$

On a $h = 5\text{m}$ donc $S = 9540 \text{ m}^2$

$$B = \sqrt{\frac{9540}{2}} = 68.63 \text{ m} \text{ En prend : } B = 69 \text{ m}$$

$$L = \frac{9540}{69} = 138.5 \text{ m} \text{ En prend } L = 138,5 \text{ m}$$

III. Dimensionnement du réseau de distribution :

L'acheminement des eaux épurées vers les différentes parcelles s'effectue par gravité à l'aide de conduite en PVC, le périmètre se compose de 29 parcelles avec des surfaces variant de 6.77ha à 25.95ha, voir planche N°2.

On a doté chaque parcelle d'une borne d'irrigation qui est caractérisée par un débit propre à chaque parcelle suivant sa superficie, les caractéristiques de chaque borne est représenté dans le tableau VII.5, ainsi que les caractéristiques des tronçons qui sont représentés dans le tableau VII.6. Le Calcul a été fait à l'aide des logiciels Watercad et Epanet dont la figure VII.3 représente la distribution des vitesses et des pressions dans le réseau.

Tableau VII.5 : Caractéristiques des nœuds et bornes d'irrigation

Numéro des Nœuds	Côte (m)	Débit a la borne (l/s)	Pression (mce)	Numéro des Nœuds	Côte (m)	Débit (l/s)	Pression (mce)
N-1	760	0	24.7	N-31	768.5	0	18.5
B-2	760.5	18.61	22.9	B-32	768.6	16.57	16.1
N-3	760	0	24.5	B-33	769	18.82	16.9
B-4	761.1	17.07	20.4	N-34	768	0	17.8
B-5	759.9	25.31	22.8	B-35	768.5	17.12	15
N-6	761	0	23.3	B-36	767.5	17.55	15.3
B-7	761.1	19.57	22.5	N-37	760	0	23.9
N-8	761.5	0	22.3	N-38	760	0	23.5
N-9	761.7	0	21.8	B-39	759.1	27.36	22
B-10	762	23.94	19.2	N-40	760	0	22.5
N-11	762.5	0	20.5	N-41	759.9	0	22.1
B-12	762	26.25	17.0	B-42	757.7	14.94	22.4
N-13	762.7	0	19.9	N-43	758	0	23.4
B-14	762.2	20.00	19.1	B-44	756.7	18.50	23.4
N-15	763.2	0	19.2	B-45	760	22.94	20
B-16	764.7	30.62	14.3	N-46	758	000	23.1
N-17	763.7	0	18.2	N-47	758.3	000	22.6
B-18	764.2	22.81	15.6	B-48	757	13.39	226
N-19	765.3	0	15.7	B-49	760.4	14.97	18.7
B-20	765.2	19.98	14.3	N-50	759.8	0	19.3
B-21	766.2	12.80	13.5	B-51	758.2	20.39	19.7
N-22	766.5	0	12.4	N-52	761.8	8	15.6
B-23	766.9	16.86	19.5	N-53	760.5	0	18
N-24	766.2	0	11.5	B-54	759.3	24.30	17.1
N-25	766.6	0	19.1	N-55	763	0	14.8
B-26	766	26.11	17.2	N-56	762.6	0	14.5
N-27	766.6	0	12.1	N-57	761.2	0	14.8
N-28	767.5	0	10.7	N-58	759	0	16.4
B-29	767.7	10.95	17.3	B-59	756.1	26.55	16.9
N-30	767.8	0	19.9	B-60	757.4	23.12	16

Tableau VII.6 : Caractéristiques des conduites de distribution

Nœud de départ	Nœud d'arrivé	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Matériaux	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
"R"	"N-1"	235.27	800	PVC	575.40	1.14
"N-1"	"B-2"	215.45	150	PVC	18.61	1.05
"N-1"	"N-3"	234.46	800	PVC	556.79	1.11
"N-3"	"B-4"	236.62	125	PVC	17.07	1.39
"N-3"	"B-5"	170.57	150	PVC	25.31	1.43
"N-3"	"N-6"	238.79	800	PVC	514.41	1.02
"N-6"	"B-7"	107.01	150	PVC	19.57	1.11
"N-6"	"N-8"	197.28	500	PVC	280.38	1.43
"N-6"	"N-37"	232.25	500	PVC	214.46	1.09
"N-8"	"N-9"	137.05	500	PVC	280.38	1.43
"N-9"	"N-11"	204.60	500	PVC	256.44	1.31
"N-9"	"B-10"	230.37	150	PVC	23.94	1.35
"N-11"	"B-12"	351.19	150	PVC	26.25	1.49
"N-11"	"N-13"	202.65	500	PVC	230.19	1.17
"N-13"	"B-14"	195.92	150	PVC	20.00	1.13
"N-13"	"N-15"	174.96	500	PVC	210.19	1.07
"N-15"	"B-16"	225.11	150	PVC	30.62	1.73
"N-15"	"N-17"	152.53	400	PVC	179.57	1.43
"N-17"	"B-18"	232.77	150	PVC	22.81	1.29
"N-17"	"N-19"	337.04	400	PVC	156.76	1.25
"N-19"	"B-21"	167.84	125	PVC	12.80	1.04
"N-19"	"B-20"	215.15	150	PVC	19.98	1.13
"N-19"	"N-22"	313.59	300	PVC	123.98	1.75
"N-22"	"B-23"	198.65	125	PVC	16.86	1.37
"N-22"	"N-24"	100.10	150	PVC	26.11	1.48
"N-22"	"N-27"	495.2	300	PVC	81.01	1.15
"N-24"	"N-25"	183.13	150	PVC	26.11	1.48
"N-25"	"B-26"	215.27	150	PVC	26.11	1.48
"N-27"	"N-28"	157.48	300	PVC	81.01	1.15
"N-28"	"N-30"	917.2	250	PVC	70.06	1.43
"N-28"	"B-29"	193.96	100	PVC	10.95	1.39
"N-30"	"N-34"	393.59	200	PVC	34.67	1.10
"N-30"	"N-31"	146.54	200	PVC	35.39	1.13
"N-34"	"B-35"	179.19	125	PVC	17.12	1.40
"N-34"	"B-36"	224.20	125	PVC	17.55	1.43
"N-31"	"B-32"	189.65	125	PVC	16.57	1.35
"N-31"	"B-33"	164.48	150	PVC	18.82	1.06
"N-37"	"N-38"	311.31	500	PVC	214.46	1.09
"N-38"	"B-39"	193.30	150	PVC	27.36	1.55
"N-38"	"N-40"	275.50	400	PVC	187.10	1.49

Suite tableau VII.6 :

Nœud de départ	Nœud d'arrivé	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Matériaux	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
"N-40"	"N-41"	130.47	400	PVC	187.10	1.49
"N-41"	"B-42"	190.31	125	PVC	14.94	1.22
"N-41"	"N-43"	185.02	400	PVC	172.16	1.37
"N-43"	"B-44"	217.26	150	PVC	18.50	1.05
"N-43"	"N-46"	152.42	400	PVC	130.72	1.04
"N-43"	"B-45"	161.75	150	PVC	22.94	1.30
"N-46"	"N-47"	141.81	400	PVC	130.72	1.04
"N-47"	"B-48"	154.09	125	PVC	13.39	1.09
"N-47"	"B-49"	178.98	125	PVC	14.97	1.22
"N-47"	"N-50"	376.49	300	PVC	102.36	1.45
"N-50"	"N-52"	170	100	PVC	8.00	1.02
"N-50"	"B-51"	165.33	150	PVC	20.39	1.15
"N-50"	"N-53"	219.24	300	PVC	73.97	1.05
"N-53"	"B-54"	207.66	150	PVC	24.30	1.38
"N-53"	"N-55"	228.10	250	PVC	49.67	1.01
"N-55"	"N-56"	232.19	250	PVC	49.67	1.01
"N-56"	"N-57"	347.88	250	PVC	49.67	1.01
"N-57"	"N-58"	183.02	250	PVC	49.67	1.01
"N-58"	"B-59"	204.08	150	PVC	26.55	1.50
"N-58"	"B-60"	214.25	150	PVC	23.12	1.31

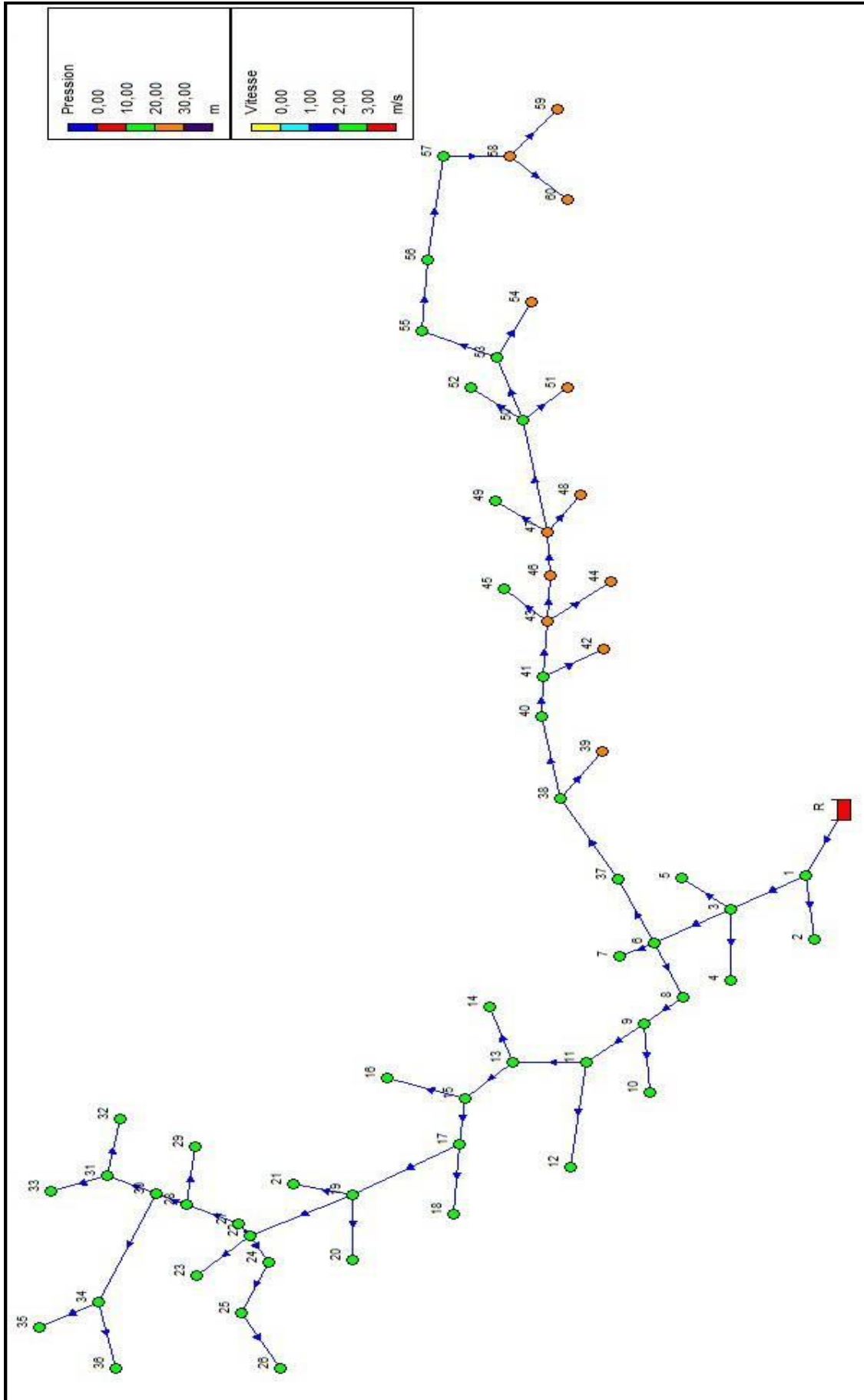


Figure VII.2 : Représentation du réseau de distribution avec pressions et vitesses pour une hauteur minimale dans le réservoir

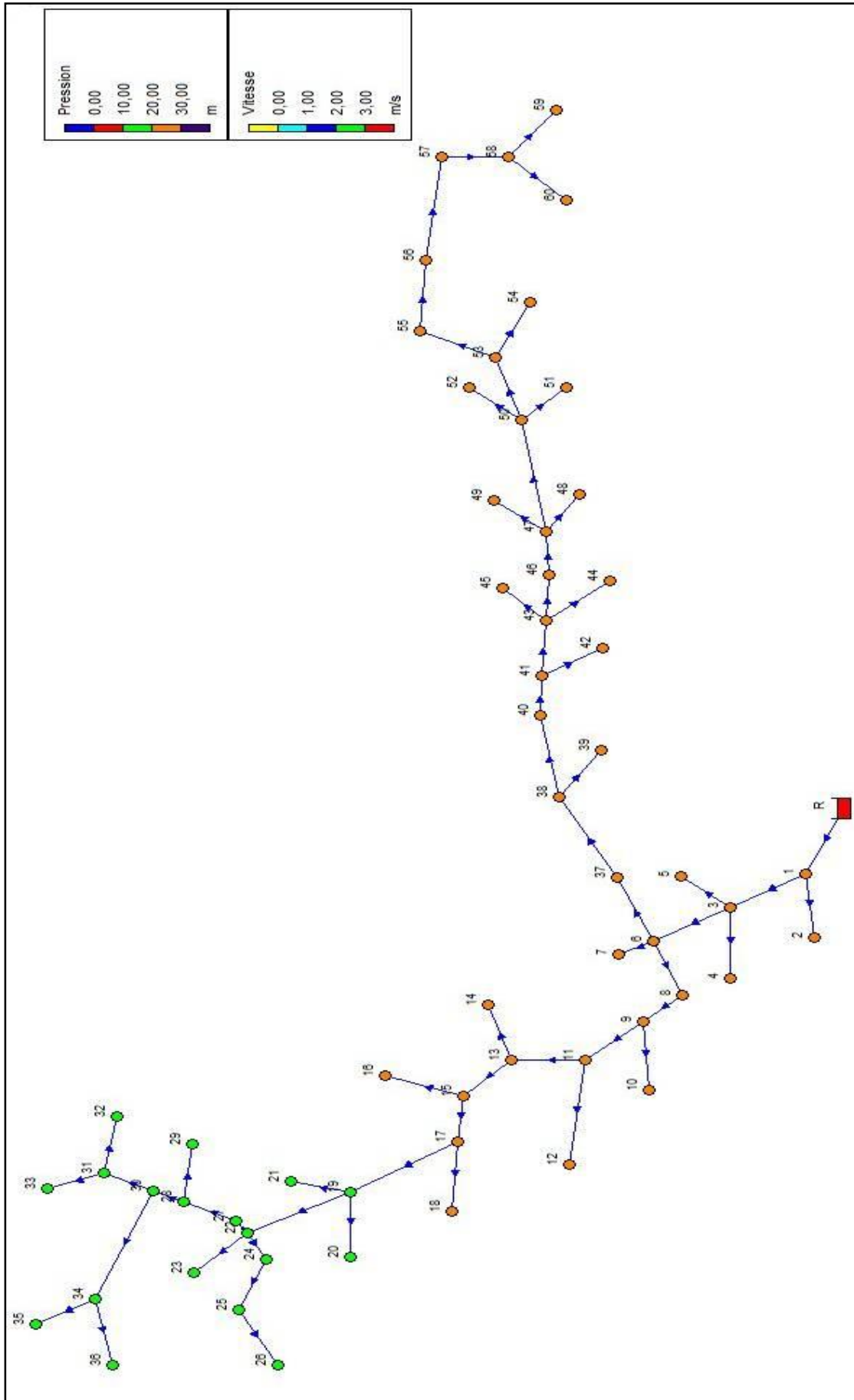


Figure VII.3 : représentation du réseau de distribution avec pressions et vitesses pour une hauteur maximale dans le réservoir

IV. Projection d'un système d'irrigation localisée :

On prend la parcelle III de l'îlot numéro 19 ; (voir tableau VII.6)

- Cette parcelle comporte de la tomate;
- C'est une culture alignée et dont l'espacement entre les plants est de 0.8m

Dans notre étude nous allons prendre l'îlot N°19 (voire Figure VII.4) toute Les zones de la parcelle sont homogènes, ils sont apte à toutes cultures.

Nous allons partager la parcelle en trois :

- Zone I : 10.2 ha
- Zone II : 6.4 ha
- Zone III : 6.6 ha

IV.1 Besoins en eau de la parcelle :

On rappelle que les besoins nets de pointe pour cet îlot, en aout, sont de 227.62 mm.

D'où les besoins journaliers 7.58 mm/j

Calcul du K_r :

$$K_r = C_s / 0,85 = 0,6 / 0,85 \text{ donc } K_r = 0,7$$

K_r : coefficient de réduction.

C_s : pourcentage du sol qui est couvert par la culture.

$$\text{En a } B_{\text{net}} = 230,1.0,7 = 161,07 \text{ mm/jours}$$

Les besoins seront réduite par le coefficient K_r , donc : $B_{\text{net}} = 5,2 \text{ mm}$

• Calcul des besoins bruts :

$$B_{\text{brut}} = B_{\text{net}} \times R_p + L_r$$

$$R_p = E \times C_u \quad \text{si } R_p > 1 \text{ donc } B_{\text{brut}} = B_{\text{net}} \times R_p + L_r \text{ est applicable}$$

$$\text{Si } R_p < 1 \text{ donc } B_{\text{brut}} = B_{\text{net}} / R_p + L_r$$

Avec : B_{net} : la dose net (mm)

C_u : l'efficience du système d'irrigation localisé. $C_u = 0,9$, avec $E = 1$, et $L_r = 0$ car on suppose que la conductivité électrique es inférieur a 2,2 mmhos/cm

$$\text{Donc } B_{\text{brut}} = \frac{5,2}{0,9} = 5,77 \text{ mm} / j$$

• Pourcentage du sol humidifié :

D'après l'abaque de guide d'estimation (voir Annexe I.3)

P = 80 % avec Q = 2 l/h et de texture moyenne

• **Fréquence des arrosages :**

La réserve utile est égale a : $RU = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Z \cdot d_a$

H_{cc} : Humidité a la capacité au champ

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement

Z : Profondeur d'enracinement de la tomate est de 0,8 m voir (Annexe I.2)

D_a : densité apparente

Pour un sol sableux limoneux, on a (voir Annexe I.1)

- H_{cc} = 14

- H_{pf} = 6

- Z = 0.5m

RU = 120 x 0.5 donc on obtient : RU = 96 mm

$RFU = \frac{2}{3} RU$: degré de tarissement admis

$RFU = \frac{2}{3} 96 = 64$ mm

• **La dose nette :**

$D_{nette} = RFU \cdot P = 60 \cdot 0.80 = 48 \text{ mm}$

D'après l'annexe (I.3) : P = 80%

La dose Brute : $D_{brut} = 48 / 0,9 = 53,33$ mm

La valeur de la fréquence d'arrosage sera :

$f = \frac{D_{nette}}{B_{net}} = \frac{48}{5,77} = 8,3 \text{ jours}$ (3 Irrigations)

Donc la dose réelle sa sera : $D_r = B_{net} \cdot f$

On obtient : $D_r = 6.22 \cdot 8 = 55.98$ mm

• **La durée d'arrosage :**

$t = \frac{D_r \cdot E_g \cdot E_r}{q_g} = \frac{0,048 \cdot 1 \cdot 0,8}{2 \cdot 10^{-3}} = 19.2 \text{ h}$ donc t = 19h, 12min

IV.2 Nombre de goutteurs par position :

On divise la parcelle par 8 postes (voir figure VII.4)

Le nombre de goutteurs par disposition sera calculé comme suit : $N = L_r / E_r$

Tel que L_r : longueur de la porte rampe L_r = 61,62 m

E_r : espacement entre ponts de distribution

$$N = \frac{L_r}{E_r} = \frac{61,62}{0,8} = 77 \text{ goutteurs}$$

IV.3 Nombre de rampes :

L_{pr} = longueur de la porte rampe avec $L_{pr}=134$ m

E_r : distance entre deux rampes $E_r=1$ m

$$N_{rampe} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{134}{1} = 134 \text{ rampes}$$

IV.4 débit moyen par rampe :

$$Q_r = N_g \cdot q_g$$

$$Q_r = 77 \cdot 2 = 154 \text{ l/h}$$

Tel que : N_g = nombre de goûteurs

Q_g = Débit d'un goûteur

IV.5 Débit de la porte rampe :

Le débit demandé pour le fonctionnement simultanée des 706 rampes est de :

$$Q_{porte}^{rampe} = Q^{rampe} \times N^{rampe}$$

$$Q = 134 \times 154 = 20636 \text{ l/h}$$

V. Calcul hydraulique :

V.1 Calcul des diamètres des portes rampes, rampes :

D'après l'hypothèse suivante qui dit que la variation du débit dans un réseau goutte à goutte est de 10% c'est-à-dire $\frac{\Delta q}{q} = 10\%$ le débit de goutteur est écrit sous la forme $q = k \cdot h^x$

avec K, x des coefficients liés aux goutteurs donc :

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{kxH^{x-1}dh}{kH^x} = 10\%$$

Si on prend $x=0.5$ on aura alors : $\frac{\Delta q}{q} = 0.5 \frac{\Delta H}{H}$ et on sait que $H=10$ m.c.e donc la perte de charge sera : $\Delta H = 2 \text{ m.c.e}$ les pertes de charge singulières symbolise 10% de la perte de charge totale, et les pertes de charge linéaires des portes rampes sont 1/3 des pertes de charges

linéaires et les pertes de charge linéaires des rampes sont 2/3 des pertes de charge linéaires totales, après application numérique on trouve :

- Pertes de charge singulières =10% $\Delta H=0.2$ m
- Pertes de charge linéaires des portes rampes = 0.6m
- Pertes de charge linéaires des rampes= 1.2 m

• **Diamètres des Rampes :**

Le diamètre d'une rampe est calculé comme suit :

$$\Phi_{caluclé} = \left(\frac{pdc\ rampe \times 2.75}{0.478 \times (Q_r)^{1.75} L_r} \right)^{-1/4.75}$$

Si on revient à la formule pour calculer le diamètre des rampes

On trouve : $D_{cal}=10$ mm donc soit bien sur il nous faudra normaliser ce diamètre ; telle que

• **Diamètres des Portes Rampes :**

Le débit des portes rampes est de :

$$Q_{rampe}^{porte} = 0.079 \times 706 = 55.77 \text{ l/s}$$

$$\Phi_{caluclé} = \left(\frac{pdc\ porte\ rampe \times 2.75}{0.478 \times (Q_{pr})^{1.75} L_{pr}} \right)^{-1/4.75}$$

On trouve que $D_{rampe}^{porte}=90$ mm

Tableau VII.7 : caractéristiques des rampes

Cultures	L_r (m)	N_g	Q_r (l/h)	ph_l (m)	D_{cal} (mm)	Phl(m)
Tomate	61,62	77	154	1.2	10	0,1

Tableau VII.8 : caractéristiques de la porte rampe

Cultures	L_{pr} (m)	N_r	q_{pr} (l/h)	ph_l (m)	D_{Cal} (mm)	Phl(m)
Tomate	134	134	20636	0.6	60	1,1

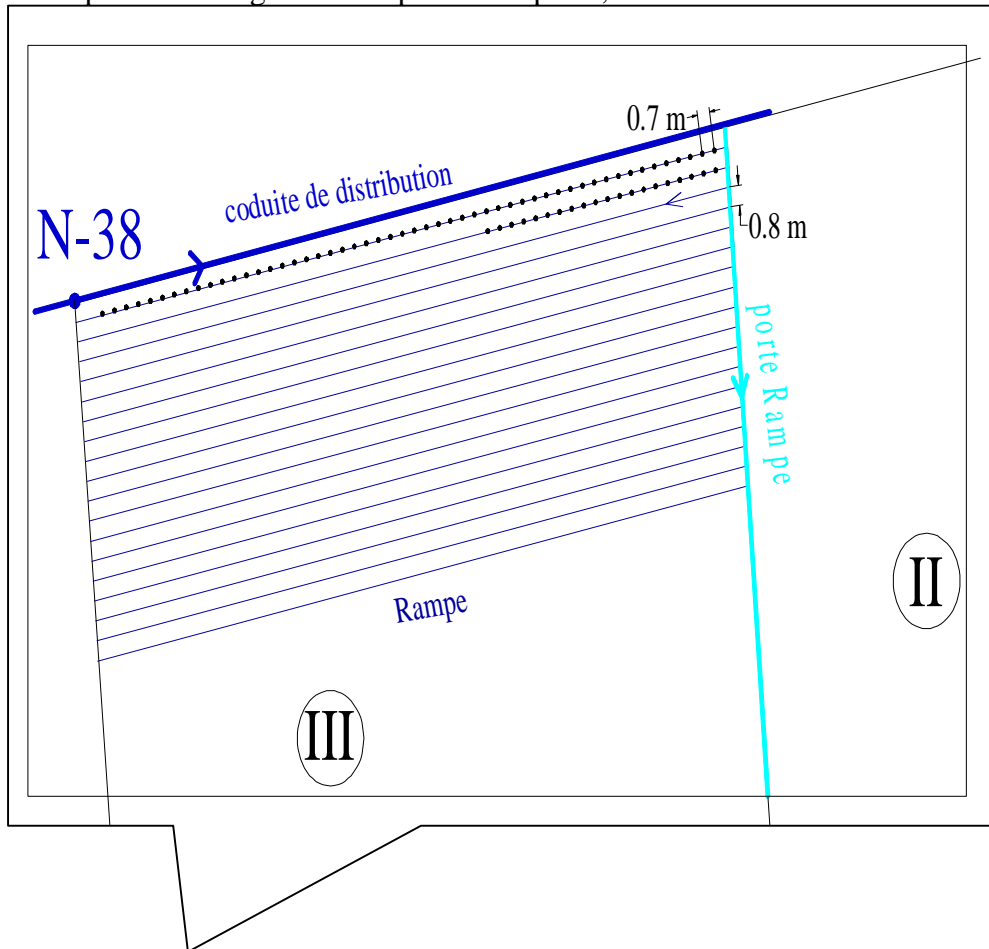
La valeur de la perte charge dans les portes rampes est supérieur a 0,6 est cela va etre ciorrige par la pression de la borne.

On recalcule la perte de charge :

$$j_{PVC} = \frac{0,452 \cdot D^{-4,76} \cdot Q^{1,75} L}{2,75}$$

On trouve : la perte de charge dans les rampes est de 0,1 m

La perte de charge dans les portes rampes 1,1 m



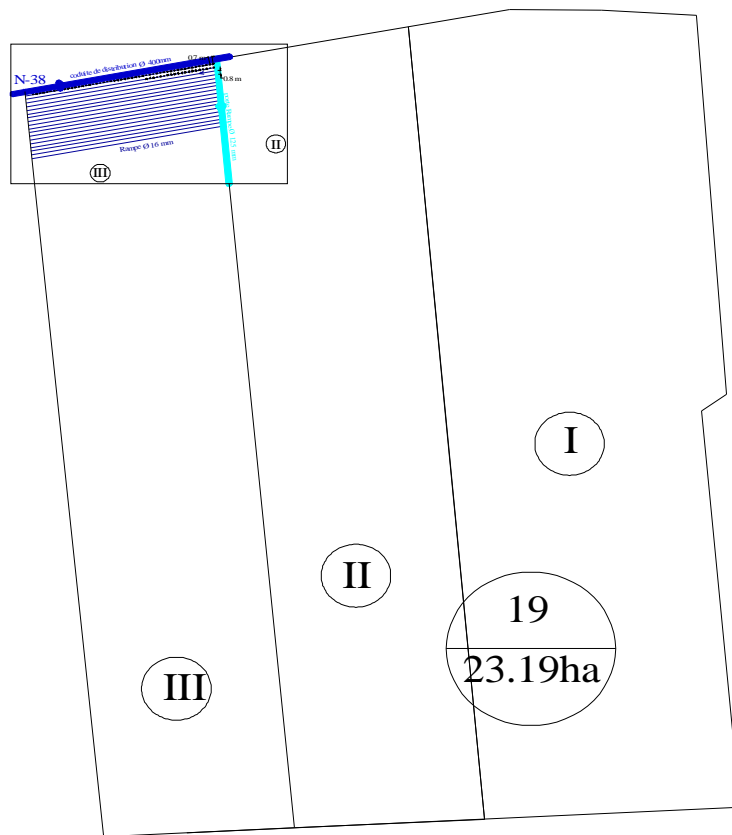


Figure VII.4 : Représentation du réseau d'irrigation par goutte à goutte de la parcelle N°19, ilot N°3

VI. Projection du réseau d'irrigation :

Pour la projection de notre réseau d'irrigation gravitaire on prend en considération les données suivantes :

- Dose pratique d'arrosage $D_r = m = 64 \text{ mm}$
- La pente I telle que la pente admissible (0.001 : 0.02) et la pente optimale (0.004 0.008).
- Vitesse d'absorption K (m/s) (voir Annexe N°I)
- Coefficient de rugosité, la formule de bassin avec $\gamma=3$
- a : distance entre les rigoles $0.45 < a < 1\text{m}$
- H_r : profondeur de la rigole $H_r(0.12-0.25) \text{ m}$
- H_e : profondeur d'eau dans la rigole $H_e= (0.5-0.25) H_r$
- ϕ : Fruit de talus=1
- b : largeur de la rigole = (0.05-0.1) m

On doit calculer :

q_r : débit des rigoles m^3/s

V : vitesse d'écoulement dans les rigoles m/s

L_r : la longueur des rigoles m

t : temps (heure)

Donc à partir de ces données on prend :

$$i = 0.005, k = 6.5 \text{ mm/h}, a = 0.5m, H_r = 0.2m, H_e = 0.1m, b = 0.1m$$

$$q_r = V \times S \quad \text{Et on sait que } V = C\sqrt{Ri}$$

$$C = \frac{87\sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma} \quad \text{coefficient de chezy}$$

$$R = \frac{S}{\chi} : \text{le rayon hydraulique}$$

$$S = (b + \varphi h_e)h_e \quad \text{La surface mouillée}$$

$$\chi = b + 2h_e\sqrt{1 + \varphi^2} \quad \text{le périmètre mouillé}$$

On doit trouver que $V_{réelle} < V_{adm}$

VI.1 Débit et vitesse dans la rigole :

$$S = (0.1 + 1 \times 0.1)0.1 = 0.02 \text{ m}^2$$

$$\chi = 0.1 + 0.2\sqrt{1 + 1^2} = 0.383 \text{ m} \quad R = \frac{0.02}{0.383} = 0.052 \text{ m}$$

$$C = \frac{87\sqrt{0.052}}{\sqrt{0.052} + 3} = 6.15 \text{ m}^{0.5}/s$$

$$V = 6.15\sqrt{0.052 \times 0.005} = 0.1 \text{ m/s}$$

$0.1 < 0.2 = V_{adm}$ Donc le choix du $H_e = 0,1m$ est un bon choix.

$$q_r = 0.1 \times 0.02 = 2 \text{ l/s}$$

VI.2 la longueur des rigoles L_r :

$$q_r = L_r \cdot \chi \cdot k$$

$$L_r = \frac{q_r}{\chi \cdot k}$$

$$k: 6,5 \frac{mm}{h} = 1.81 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

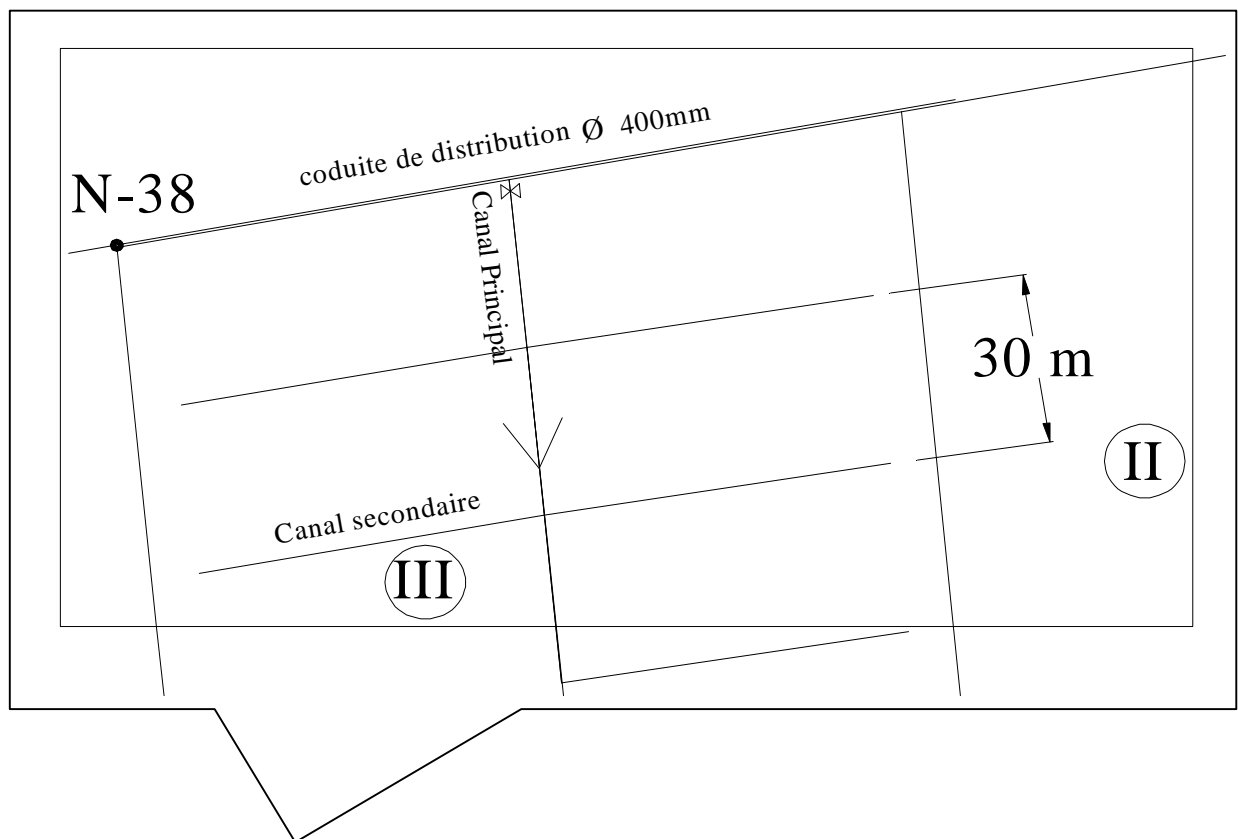
$$L_r = 0,002 / 0,383 * 5.10^{-6} \text{ donc } L_r = 1044,4 \text{ m}$$

VI.3 temps d'irrigation :

$$V = L_r \cdot a \cdot D_r$$

$$V = q.t.3600$$

$$t = 37,8 \text{ min}$$



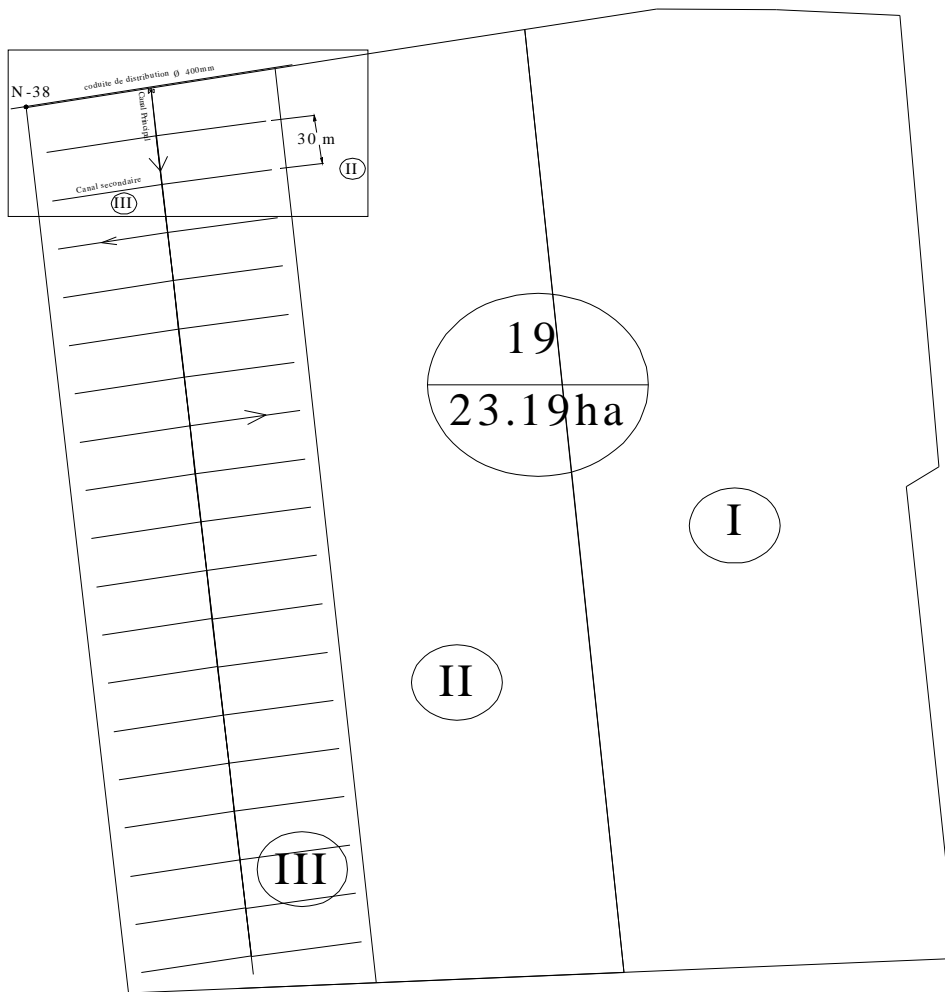


Figure VII.4 : schéma du réseau gravitaire de la parcelle N°19 ilot N°III

Conclusion :

D'après les tableaux précédents, on remarque que le diamètre économique est de 800mm. Avec une vitesse d'écoulement qui est égale à 1,19 m/s.

Et d'après le tableau VII.6 que les vitesses dans les conduites sont toutes entre 1m/s et 2m/s donc admissibles, et que les pressions dans les bornes d'irrigation sont supérieures à 10mce donc admissible aussi, et on remarque que la pression dans les bornes diminue en s'approchant de l'étage haut du périmètre de SRIDJA.

CONCLUSION GENERALE

La réutilisation des eaux usées permettra un gain en ressource naturelle, une protection de l'environnement et l'équilibre écologique, ainsi qu'une prévention des maladies à transmission hydrique, vu que l'eau usée subit une épuration poussée avant sa réutilisation.

Si le traitement de l'eau est considéré comme un excellent moyen de la protection de l'environnement, la réutilisation des eaux usées traitées peut constituer, d'un autre côté, comme une solution alternative d'approvisionnement ne serait ce que pour un certain nombre de secteurs grands consommateurs d'eau comme l'agriculture.

Cependant, l'exploitation de ces eaux en agriculture doit obéir à des critères définis et arrêtés par les organisations mondiales de Santé ou de l'Alimentation, parce que sa teneur en métaux lourds et en certains agents pathogènes peut conduire à des risques de contamination des sols, des nappes et des problèmes d'infections pour l'homme et les animaux.

Sur le plan technique, le schéma du travail était le suivant :

- Généralité sur la réutilisation.
- Techniques de la réutilisation des eaux usées.
- Besoin en eau du périmètre.
- Dimensionnement du réseau de distribution.

Pour conclure, nous attirons l'attention sur le fait que la réutilisation des eaux usées épurées devra s'étendre sur tout le reste du pays pour protéger l'environnement et économiser les ressources en eaux qui se raréfie de plus en plus.

Bibliographie

1. **N.AMARACHE et Y.BENAISSA** : Traitement biologique d'un effluent urbain par une plante épuratrice. Thèse PFE, USTHB, Alger 1999.
2. **P. BECHAC, P. BOUTIN, B. MERCIER, P. NUER** : Traitement des eaux usées. Eyrolles, Paris 1984.
3. **Boutin et Mercier, PN** : Traitement des eaux usées ;1984.
4. **Bulletin FAO N° 29** : la qualité de l'eau en agriculture.
5. **W.W. ECHENFELDER** : Gestion des eaux urbaines et industrielles ; Paris1982.
6. **A.GAID** : Epuration biologique des eaux usées urbaines .Tome1, Edition OPU, Alger 1984.
7. **Gommella, C et Guerree H** : Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales Paris. 1983.
8. **J.RODIER** : Analyse de l'eau, 7^{ème} édition. Paris1984.
9. **JEAN ROBERT TIERCELIN** : Traité d'irrigation ; 1998.
10. **F.VALIRON** : Manuel d'assainissement spécifique pour les pays à faible revenu 1991.

Les sites internet :

- <http://www.inra.fr/>
- <http://www.fao.org/>

