

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

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE

«ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN
HYDRAULIQUE**

OPTION: Conception des systèmes d'irrigation et de Drainage

THEME

**Conception du système d'irrigation du périmètre de Kasr
Sbahi à partir d'un petit barrage
(Foum el khanga,W.Oum El Bouaghi)**

Présenté par :

Mr. ABABSA HAIDER

Promoteur :

Mr: BOUKHLIFA.M

Devant le jury composé de :

Président : M^r T.KHETTAL

Examineurs : M^{me} S. LEULMI

M^{me} L.S. BAHBOUH

M^{lle} H.BOUCHAMA

Mr M. MESSAHEL

Octobre 2011.

❧ Remerciement ❧

Au terme de ce travail, Je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à toutes celles et tous ceux qui m'ont aidé dans la préparation de cette thèse.

J'adresse ma profonde reconnaissance à mon promoteur, Monsieur MOSTAPHA BOUKHLIFA qui m'a accueilli au sein de son service, et a toujours su me soutenir et m'épauler dans tous les moments. Je la remercie pour les nombreuses discussions, scientifiques ou non, que nous avons partagées tout au long de mon séjour à Blida.

A tout le corps enseignants et le personnel de l'ENSH qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.

Aux membres de jury qui me font l'honneur d'apprécier et de juger ce travail.

- *Une mention spéciale à ma famille et à mes amis pour m'avoir aéré l'esprit et pour la motivation qu'ils m'ont apportée tout au long de ce travail*

ABABSA HAIDER

∞ Dédicaces ∞

Je dédie ce modeste travail :

- *A mes chers parents, essayant ainsi de vous exprimer toute ma gratitude pour tout ce que vous m'avait apporté.*
- *A ma sœur.*
- *A mon frère.*
- *A toute la famille : ABABSA*
- *A mes amis et collègues de l'école nationale supérieure de l'hydraulique*

RAFIK, BAHHA, MOHAMED, ZOUBIR,

- *Toute ma promotion, en générale et tous les étudiants de l'option irrigation et drainage en particulier*

ABABSA HAIDER

ملخص:

لقد قمنا في هذا العمل بدراسة عامة (مناخ، التربة و الماء...) حول المنطقة التي سننجز فيها مشروعنا.

هذا العمل يندرج في إطار دراسة و متابعة استغلال مساحة مسقية، تقع ببلدية قصر سباحي، ولاية أم البواقي، و هذا باستعمال أحسن تقنيات السقي للحصول على مردود جيد و كذا المحافظة على الثروات المائية، نوعية التربة و الماء.

نستعمل أحسن الطرق لحساب حاجة المزروعات من الماء مع الحفاظ على مردودية جيدة في التوزيع من أجل الحصول على محصول زراعي و فير بأقل التكاليف

Résumé

A travers ce mémoire de fin d'études, on va faire une étude générale (climat, sol, eau.....) sur la région où on va réaliser notre projet.

Donc; le but consiste à projeter un réseau d'irrigation sur une parcelle située au secteur de la commune de Kasr Sbahi wilaya d'OUM EL BOUAGHI ; pour cela il faut déterminer l'évapotranspiration ETP, les besoins en eau d'irrigation pour chaque culture de cette région.

Abstract

A through this memory of end of studies, one will make a study general (climate, ground, water ...) on the area where one goes carries out our project.

Thus; the goal consists in projecting a network of irrigation a piece located at the sector of Kasr Sbahi city (W- OUM EL BOUAGHI); for that it is necessary to determine evaporation ;the requirements out of water for irrigation for each culture which is already established.

Sommaire

Chapitre I-1- Choix de technique d'irrigation	1
Chapitre I-2- Les différentes techniques d'irrigation à la parcelle.....	1
Chapitre I-2-1 Les techniques d'irrigation de surface	1
Chapitre I-2-1-1 Irrigation par ruissellement	2
Fig I-1- Irrigation par planche de ruissellement	2
Chapitre I-2-1-2 Avantages de l'irrigation par gravité :.....	3
Chapitre I-2-1-3 Inconvénients de l'irrigation par gravité :.....	3
Chapitre I-2-2-1 Les technique d'irrigation sous pression	3
Chapitre I-2-2-2 l'irrigation par aspersion.....	4
Fig I-2-Partie essentielle d'une installation en aspersion	5
Chapitre I-2-2-2-1 Avantage de l'irrigation par aspersion.....	6
Chapitre I-2-2-2-2 Inconvénients de l'irrigation par aspersion	6
Fig I-3- Partie essentielle d'une installation localisée	7
Chapitre I-2-2-3-2 Inconvénient de l'irrigation localisée	8
Chapitre I-2-3 technique d'irrigation de sub-surface.....	8
Chapitre I-2-3-1 Avantage d'irrigation de sub-surface.....	8
Chapitre I-3-2-2 Selon la réalisation.....	9
Chapitre I-3-2-3 Selon la distribution de l'eau sur le périmètre	9
Chapitre I-3-3 Choix du type de réseau	10
Chapitre I-3-3-2 Assemblage de tuyaux	11
Chapitre I-3-3-3 Raccord	11
Chapitre I-3-3-4 Matériels de contrôle des débits.....	11
Chapitre I-1-3-5 Matériels de contrôle de pression	11
Chapitre II.I- Description de la zone de Ksar Sebahi :	12
Chapitre II.II-Situation géographique	14
Chapitre II .III-Voies de communication.....	14
Chapitre II .IV-Réseau hydrographique.....	14

Chapitre II .V-Conditions climatiques	14
Chapitre II .V-1.Température :.....	14
Chapitre II .V-2.Humidité de l'air.....	15
Chapitre II .V-3.Insolation.....	15
Chapitre II .V-4.Evaporation	16
Chapitre II .V-5.Vent.....	17
Chapitre II .V-5.Précipitations.....	17
Chapitre II .VI-Etude foncière	19
Chapitre II .VI- Les indices climatiques:	21
Chapitre II .VI-1. L'indice d'aridité de MARTONE :	21
Chapitre II.VI-2-Quotient pluviométrique d'EMBERGER :	22
ChapitreII.VI-3- Climmogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :	23
Chapitre II .VIII-Ressource en eau	24
Chapitre II. IX-Conclusion	26
Chapitre II.X-Ressource en sol.....	27
Chapitre II.X-1.Introduction.....	27
Chapitre II.X-2.La classe des sols du périmètre.....	27
Chapitre II.X-3.Localisation :	28
Chapitre II.X-4.Classification des sols :	28
Chapitre II.X-4.1.La profondeur du sol et les niveaux limitant :.....	28
Chapitre II.X-4.2.Texture et structure du sol.....	28
Chapitre II.X-4.3.Calcaire actif.....	28
Chapitre II.X-4.4.Aptitudes culturales.....	28
Chapitre II.X-4.5.Végétation	29
Chapitre II.X-4.6.Maquis.....	29
Chapitre II.X-4.7.Sol de couverture	30
Chapitre II.X-4.8.Classification des sols :	30
Chapitre II.X-4.8.1. Caractéristiques morphologiques :.....	30
Chapitre II.X-4.8.2. Caractéristiques physico-chimiques :.....	30
Chapitre II.X-4.9. Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage :	30
Chapitre II .X-5.Conclusion.....	35

Chapitre III-1.Introduction.....	36
Chapitre III-2. Choix de la station représentative de la Zone d'étude	37
Chapitre III-3. Homogénéité de la série pluviométrique :.....	38
Chapitre III-4. Etude de l'échantillon et choix du type de loi :	39
Chapitre III-4-1.Traitement des données	40
Chapitre III-4-2.Ajustement de la série pluviométrique	41
Chapitre III-4-2-1.Ajustement à la loi Normale (GAUSS)	42
Chapitre III-4-2-2.Ajustement à la loi Log-Normale (GALTON).....	43
Chapitre III-4-2-3.Ajustement à la loi GUMBEL	45
Chapitre III-4-3.Test d'adéquation d'un ajustement :	48
Chapitre III-4-3-1.Test d'adéquation de l'ajustement à la loi Normale :	49
Chapitre III-4-3-2) Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale :.....	49
Chapitre III-4-3-3) Test de validité de l'ajustement à la loi Gumbel:.....	50
Chapitre III-5. Détermination de l'année de calcul :	50
Chapitre III-6.Conclusion	51
Chapitre IV. I-Introduction	52
Chapitre IV. II-Le besoins en eau d'une culture:	52
Chapitre IV. III- L'évapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC) :	52
Chapitre IV. IV-Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence :	53
Tableau IV-1: Evapotranspiration de référence ET0 calculée à l'aide du logicielCROPWAT 8.0.....	54
Chapitre IV. VI- Les besoins eau des cultures suivant le calendrier cultural : ..	55
Chapitre IV. VI-1. L'Evaporation maximale de la culture :	56
Chapitre IV. VI-3. Besoin en eau d'irrigation :	56
Chapitre IV. VI-3-1. Le besoin d'irrigation net, Bnet :	56
Chapitre IV. VI-3.2. Le besoin d'irrigation brut, Bbrut :	56

Chapitre IV.VII-Debits spécifique:	65
Chapitre IV.VIII- Débits caractéristiques:	65
Chapitre IV.IX-Conclusion:	66
Chapitre V-1.introduction	67
Chapitre V-2.Calcul du débit maximum journalier :	67
Chapitre V-3.Débit caractéristique :	67
Chapitre V-4.Adduction gravitaire:	68
Chapitre V-4-1. Calcul de diamètre le plus avantageux de la conduite gravitaire (barrage-bâche de reprise-sp-):	68
Chapitre V-5.Détermination du diamètre économique de conduite refoulement	70
Chapitre V-5-1.Adduction à partir de la station de pompage vers réservoir de distribution:	70
Chapitre V-5-1-1.Calcul du débit d'équipement :	70
Chapitre V-5-1-2. Calcul des pertes de charge	71
Chapitre V-5-1-3. Calcul de la hauteur manométrique totale :	72
Chapitre V-5-1-4. Puissance absorbée par la pompe :	72
Chapitre V-5-1-6. Energie consommée par la pompe :	73
Chapitre V-5-1-6.Frais d'exploitation :	73
Chapitre V-5-1-6.Frais d'amortissement :	73
Chapitre V-5-1-6. Calcul des diamètres économiques de la conduite de refoulement :	73
Chapitre V-5-2. Dimensionnement du réservoir de distribution	75
Chapitre V-5-2-1.Forme de réservoir :	75
Chapitre V-5-2-2.Le diamètre de la cuve :	76
Chapitre V-5-2-3.Le volume du réservoir sera égal :	77
Chapitre V-5-3.Conclusion :	78
Chapitre VI. INTROUCTION :	79
Chapitre VI-1. Modalités de distribution	79
Chapitre VI-1-1 .L'irrigation à la demande :	79
Chapitre VI-1-2.L'irrigation au tour d'eau :	79
Chapitre VI- 1-2-1.Tour d'arrosage à la borne :	79
Chapitre VI-1-2-2.Tour d'arrosage à l'antenne :	80
Chapitre VI-2. Calcul des débits des tronçons:	80
Chapitre VI-2-1.la méthode :	80
Chapitre VI-3.Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution :	80

Chapitre VI- 4-1.Calcul Des Diamètres:.....	81
Chapitre VI-4-2.La vitesse admissible :.....	81
Chapitre VI-4-3.Calcul des pertes de charges	82
Chapitre VI-5.Les équipements du réseau de distribution.....	83
Chapitre VI-5-1. Les équipements de contrôle des conduites.....	83
Chapitre VI-5-1-1. Les vannes :.....	83
Chapitre 5.1.2- Les ventouses :.....	83
Chapitre VI-5-1-3. Les bornes d'irrigation :.....	84
Chapitre VI-5-1-4. vidange :	84
Chapitre VI-5-1-5. Soupapes de décharge anti-bélier :	84
Chapitre VI-5-2. Schémas des différents équipements :.....	85
Chapitre VI-6. Protection anti- bélier :	86
Chapitre VI-6-1. Protection de la conduite gravitaire contre le coup de bélier...87	87
Chapitre VI-6-1-1. Calcul de la célérité d'ondes :.....	87
Chapitre VI-6-1-2. Valeur numérique du coup de bélier :	87
Chapitre VI-6-2. Protection de la conduite du refoulement contre le coup de bélier	88
Chapitre VI-6-2-1. Calcul simplifié d'un réservoir d'air:	88
Chapitre 6.2.2- Installation du réservoir d'air :.....	89
Chapitre VI.Conclusion :.....	90

Liste des planches :

Planche N° 01 : PÉRIMETRE DE KASR SBAHI (W.OUM EL BOUAGHI).

Planche N° 02 : PROFIL EN LONG DE LA CONDUITE PRINCIPALE

- ASPIRATION BARRAGE - STATION DE POMPAGE
- REFOULEMENT STATION DE POMPAGE-RESERVOIR DE DISTRUBITION.

Planche N° 03: PROFIL EN LONG DE LA CONDUITE GRAVITAIRE

- RESERVOIR DE DISTRUBITION-RESEAU DE DISTRUBITION.

Introduction

L'eau est une source de vie et de prospérité la garantir et la mettre a disposition de l'homme a la demande est un confort, et une richesse inégalé, mais la plus grande des pertes c'est son gaspillage, comme toute richesse elle doit régir à une politique de gestion raisonnable, et s'engages à tout mettre en œuvre pour la préserve.

Dans le domaine agricole l'eau est indispensable pour garantir une sécurité socio-économique à moyen et long terme. La conception d'un système d'irrigation ne s'improvise pas, Une série d'éléments Sont à prendre en considération, depuis la conception du projet jusqu'au processus De gestion à long terme des installations.

Mon travail a pour but de baliser de manière succincte les différentes démarches à entreprendre.

Il s'agira de revaloriser le périmètre de Kasr Sbahi en faisant la conception d'un réseau d'irrigation alimenté à partir des eaux du barrage de Foum El khanga (wilaya de souk ahras).

Lors de la mise en place de notre système d'irrigation, l'ordre logique des démarches à Suivre est le suivant:

- détermination du type de climat ;
- étude hydrologique sur la région d'étude ;
- évaluation des besoins en eau des plantes cultivées;
- les bilans besoin-ressource ;
- dimensionnement des différents ouvrages de transfert et de distribution.
- projection et dimensionnement du réseau collectif ramifié d'irrigation sous pression.

Un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation a été mis au point par la FAO.

Ce Logiciel permet le calcul des besoins en eau et des quantités d'eau d'irrigation nécessaires aux cultures. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, d'évaluer les effets du manque d'eau sur les cultures et l'efficience de différentes pratiques d'irrigation.

Chapitre I-1- Choix de technique d'irrigation

Pour le choix d'une technique d'irrigation on ne doit pas considérer chacun des critères de manière isolée, mais plutôt avoir une vision globale afin de mieux évaluer les potentialités d'irrigation de notre site, cette évaluation s'opère en ayant bien vue les caractéristiques clés des différentes techniques d'irrigation, l'ensemble de critères et de contraintes, qui ont été étudiés par Halvek (1992) :

- Topographie (pente du terrain, relief, géométrie de la parcelle) ;
- Nature des cultures ;
- Nature du sol (perméabilité) ;
- Facteur sociologiques et culturels ;
- Facteur économique ;
- Rentabilité de l'opération.

Pour mieux aider à conduire le choix, il est proposé ci après un examen, qui se veut exhaustif, des avantages et des inconvénients de chacun des grands types de technique d'irrigation.

Chapitre I-2- Les différentes techniques d'irrigation à la parcelle

-irrigation gravitaire (irrigation de surface) ;

-irrigation sous pression (par aspersion ou par micro-irrigation) ;

-irrigation de sub-surface.

Chapitre I-2-1 Les techniques d'irrigation de surface

C'est une technique traditionnelle du fait qu'elle est utilisée par l'homme depuis l'antiquité ; elle se fait entièrement à l'air libre, l'écoulement est assuré par la pente du terrain, la répartition de l'eau est faite par la topographie et aux propriétés hydriques du sol.

De nos jours ces techniques ont beaucoup évolué grâce aux progrès scientifiques et technologiques, par l'introduction de nouveau matériel industriel.

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

Chapitre I-2-1-1 Irrigation par ruissellement

Deux possibilités se présentent :

1^{er} possibilité : 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 toute une panoplie de techniques telle que :

- l'arrosage à la planche ;
- l'arrosage par rigole de niveau ;
- l'arrosage par rigole en pente ou rases ;
- l'arrosage par plans inclinés ;
- l'arrosage par ados.

2^{ème} possibilité : l'eau ne ruisselle pas sur l'ensemble de la surface du sol mais coule dans des fossés, rigoles ou raies et pénètre par infiltration latérale et verticale jusqu'aux racines des plantes.

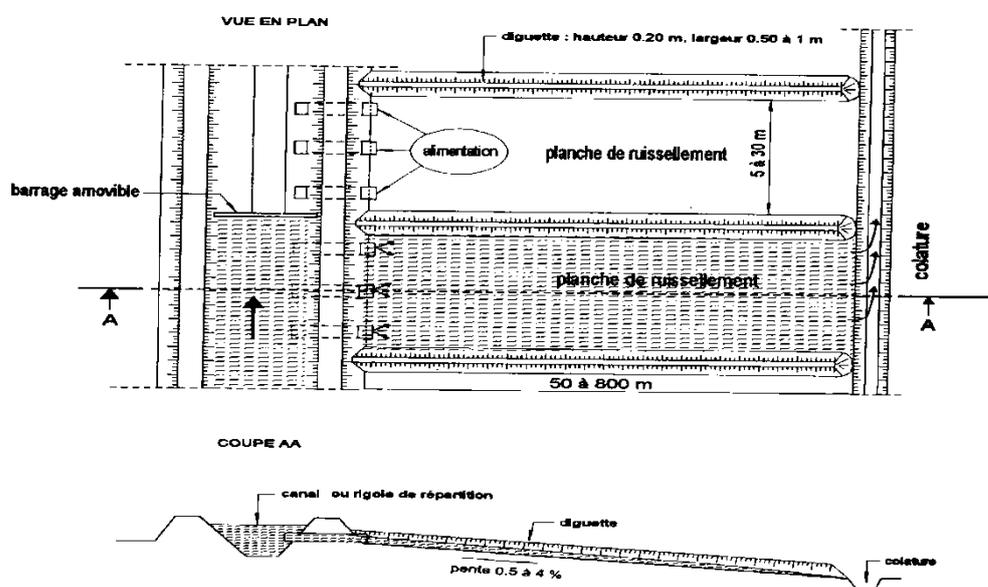


Fig I-1- Irrigation par planche de ruissellement

Chapitre I-2-1-2 Avantages de l'irrigation par gravité :

- cout d'investissement relativement faible ;
- besoin en énergie faible ou nuls ;
- technique éprouvées ;
- insensibilité au vent ;
- bonne adaptation à l'épandage d'eau usée ;
- possibilité d'utilisation d'eau salées(en pratique le lessivage du sol) ;
- les végétaux ne sont pas mouillés, ce qui favorable sur le plans phytosanitaire.

Chapitre I-2-1-3 Inconvénients de l'irrigation par gravité :

- besoin important en main d'œuvre (sauf systèmes modernes) ;
- efficience d'arrosage a la parcelle généralement faible ;
- inadaptation aux sols très filtrant ;
- planage nécessaire des parcelles
- surface consommée par les canaux et rigoles.

Chapitre I-2-2-1 Les technique d'irrigation sous pression

Ce sont des techniques qui requièrent obligatoirement une mise en pression préalable de l'eau.

Chapitre I-2-2-1-1 Avantages des techniques d'irrigation sous pression :

- besoin en main d'œuvre faible ;
- absence de nivellement préalable ;
- bonne adaptation à tous les types de sols ;
- possibilité de contrôle précis des doses appliquées, ce qui permet une bonne efficience des arrosages ;
- excellente efficience du réseau de canalisation qui, avec une bonne efficience d'arrosage à la parcelle, réduit les consommations en eau par rapport à l'irrigation de surface ;
- automatisation très poussée permise par le réseau sous pression ;
- facilité de mesure des consommations d'eau, permettant la facturation au volume ;

- possibilité de mélange facilement des engrais et pesticides a l'eau d'irrigation ;
- suppression des infrastructures aérienne venant cloisonner et figer le parcellaire ;
- suppression de surfaces perdues en canaux et rigoles ;
- le matériel gêne rarement les façons culturales et est constitué de structures souples, mobile, adaptable à tous les cas particuliers.

Chapitre I-2-2-1-2 inconvénients des techniques d'irrigation sous pression :

- couts d'investissement élevés ;
- exige un certain niveau de compétence de la part de l'irrigant ;
- exige un environnement technique permettant de garantir la maintenance des équipements.

Chapitre I-2-2-2 l'irrigation par aspersion

Le principe est très simple, c'est de reproduire artificiellement la chute naturelle de la pluie grâce a l'utilisation de divers appareils de projection alimenté sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition la plus uniforme possible de la pluviométrie.

Cette technique a vu le jour vers les années1900 puis elle s'est répandu véritablement en grandes culture après les années 1930. De nos jours, l'irrigation par aspersion a atteint le stade des machine d'irrigation a déplacement entièrement automatique.

L'aspersion a une excellente efficience, les chiffres observés dans la pratique se situent entre 55% et 80% en fonction de la maitrise technique des irrigants.

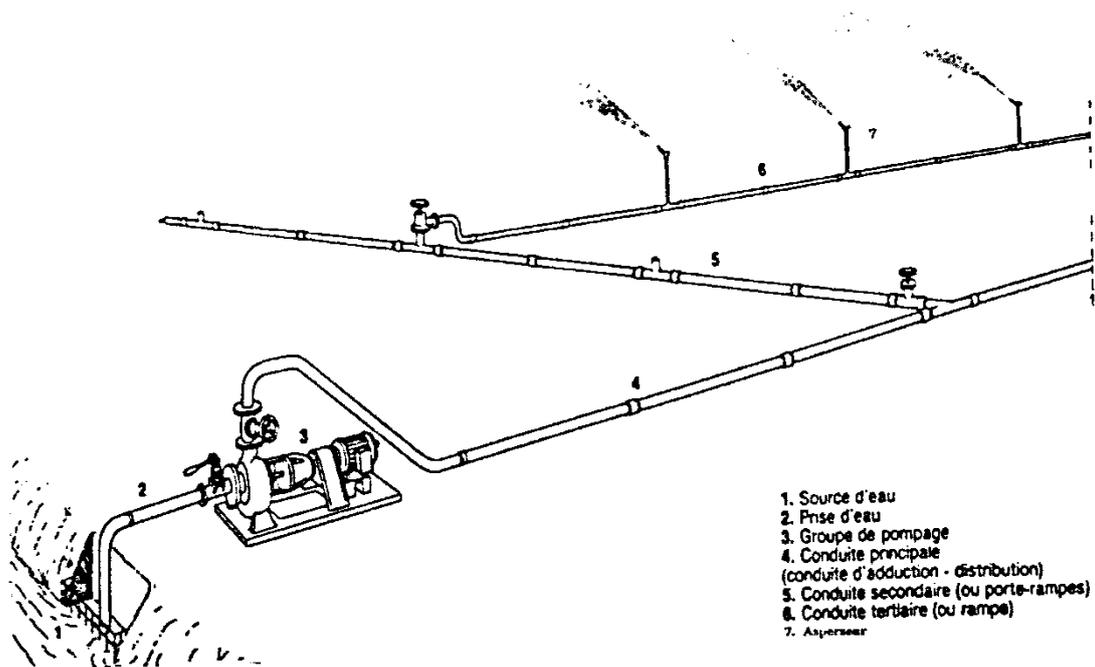


Fig I-2-Partie essentielle d'une installation en aspersion

Les techniques d'arrosages appliquées en irrigation par aspersion découlent directement du matériel utilisé. On distingue :

- **Rampes perforées fixe ou oscillante**

Les rampe perforées sont constituées de tuyaux en acier galvanisée, en aluminium, ou en PVC munis de petites perforations de 1 mm de diamètre ou de gicleur répartie sur la génératrice supérieure. Sur les rampes oscillantes, un mouvement d'oscillation est imprimé à la rampe par un vérin hydraulique, si bien que l'on arrose un rectangle dont l'axe est le tuyau. La largeur de la bande varie de 4 à 15m. Le fonctionnement se fait à basse pression 30 à 150kpa, et la pluviométrie est de l'ordre 15 à 50 mm/h.

- **Arroseurs rotatifs**

Les arroseurs rotatifs sont largement utilisés en aspersion simple. Ils arrosent des cercles dont le rayon correspond à la portée du jet. Pour que la surface arrosée reçoive une pluviométrie relativement uniforme, les appareils sont positionnés suivant une trame géométrique régulière de façon à ne pas laisser une partie de la surface sans arrosage.

Les arroseurs rotatifs sont caractérisés par leur vitesse de rotation et le couple buse-pression qui déterminent la pluviométrie, la portée du jet, et la grosseur des gouttes. La qualité de l'arroseur dépend de la disposition des appareils sur le terrain.

Chapitre I-2-2-2-1 Avantage de l'irrigation par aspersion

- possibilité d'arroser tous les types de sol, des plus sableux aux plus argileux ;
- possibilité de réaliser des installations mobile, susceptibles d'être déplacées suivant la nature de la culture, ce qui facilite la rotation culturales ; cette mobilité permet aussi une mise en place rapide en temps et lieu voulus sur une aire de culture menacé par la sécheresse ;
- possibilité de réalisé des arrosages à faible dose et à cadence rapide ;
- possibilité de réalisé des installations de protection contre les gelées radiatives de printemps ;
- oxygénation de l'eau projetée en pluie, favorable dans le cas d'utilisation d'eaux résiduaires réductrices.

Chapitre I-2-2-2-2 Inconvénients de l'irrigation par aspersion

- dépense énergétique élevé ;
- difficultés d'utilisation et efficience réduite en région ventées ;
- obligation de multiplier les traitements phytosanitaires en raison du lavage des appareils foliaire ;
- mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamique chez certaines espèces végétales ;
- mauvaise adaptation aux sols battants, susceptible de tassement superficiel sous l'impacte des gouttes d'eau ;
- possibilité réduite pour l'arrosage avec des eaux résiduaire ;
- déplacement du matériel difficile dans les zones à culture hautes.

Chapitre I-2-2-3 L'irrigation localisée

C'est une méthode qui consiste à ramené la dose d'eau directement au voisinage de la plante, sa mise en place nécessite un réseau dense de canalisation couvrant totalement la surface a irriguer ;

L'efficacité de l'irrigation localisée est théoriquement excellente. En pratique les valeurs observées se situent entre 70% à 95%.

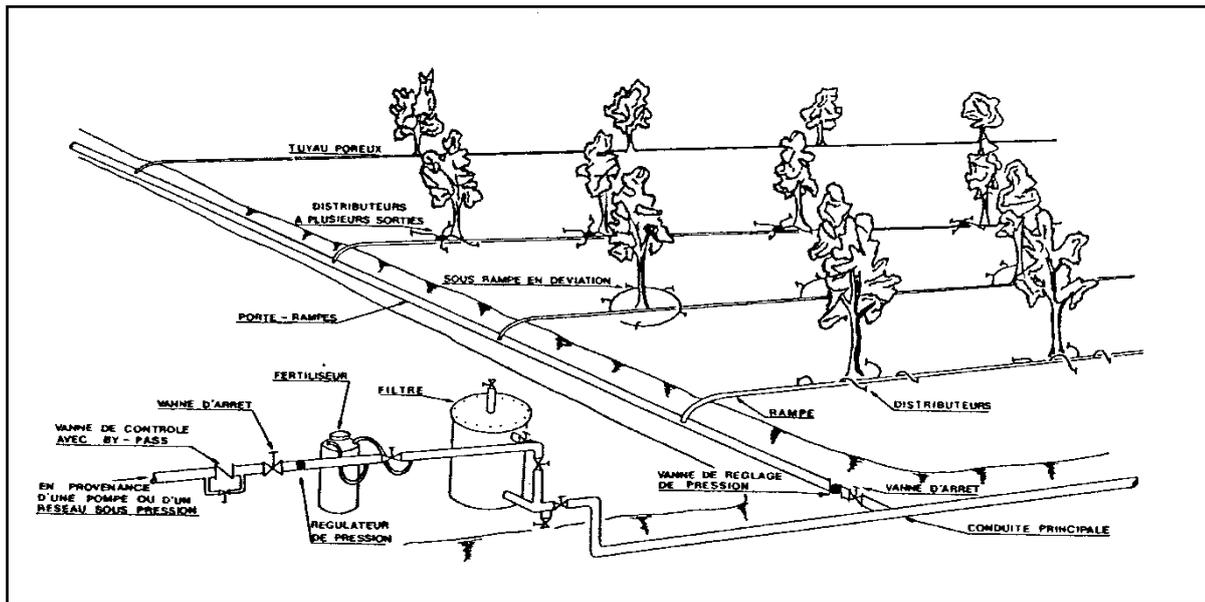


Fig I-3- Partie essentielle d'une installation localisée

Chapitre I-2-2-3-1 Avantage de l'irrigation localisé

- excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;
- excellente rendement des cultures ;
- bonne adaptation à l'utilisation des eaux salées ;
- très faible besoins de main d'œuvre ;
- coûts d'entretien réduits ;
- insensibilité au vent ;
- ne mouille pas le feuillage ;
- ne mouille le sol que très partiellement ce qui favorable aux façons culturales ;
- raccourcit le cycle végétatif de la culture.

Chapitre I-2-2-3-2 Inconvénient de l'irrigation localisée

- coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à fort valeur ajoutée ;
- exige un haut degré de compétence de la part de l'irrigant ;

-nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à une éventuelle interruption des arrosages ;

-nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;

-fonctionne avec du matériel délicat a durée de vie relativement faible.

Chapitre I-2-3 technique d'irrigation de sub-surface

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

-un contrôle de la 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 fossés profonds ou des drains enterrés ; cette technique qui intéresse des terrains humides.

-la mise en place de dispositif permettant l'humectation souterraine d'un volume de sol proche des racines des plantes ; le matériel destiné a opérer la diffusion de l'eau est constitué par des diffuseurs, récipients poreux dont une forme traditionnelle est constituée par le canari en terre cuite.

Chapitre I-2-3-1 Avantage d'irrigation de sub-surface

-très faible couts d'investissement et de fonctionnement, sur des parcelles préalablement équipées en drainage souterrain ;

-besoin en main-d'œuvre insignifiants ;

-absence de matériel en surface, d'ou aucune gêne pour l'exploitant ;

-ne mouille pas le feuillage, ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire ;

-ne mouille pas le sol, ce qui est favorable aux façons culturales.

Chapitre I-2-3-2 Inconvénient d'irrigation de sub-surface

-maitrise incomplète et aléatoire de l'alimentation hydrique des cultures, qui fait réserver cette technique aux productions à faible valeur ajoutés ;

-technique utilisable seulement dans certaine condition pédologique, sur des parcelles justiciables d'un drainage souterrain.

Chapitre I-3 Le réseau d'irrigation

Chapitre I-3-1 Définition

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

Chapitre I-3-2 Classification des réseaux d'irrigation

Chapitre I -3-2-1 Selon la construction

- **Réseau classique**

Dans ce type de réseau, le transport de l'eau est assuré gravitairement dans des canaux à ciel ouvert.

- **Réseau fermé**

Dans ce réseau, l'eau est transportée dans des conduites en charge.

- **Réseau mixte**

Dans ce réseau l'eau est transportée dans des canaux à ciel ouvert jusqu'aux parcelles alors que la distribution de cette eau se fait par des conduites sous pression.

Chapitre I-3-2-2 Selon la réalisation

- Réseau permanent : à longue durée.
- Réseau temporaire : comme les réseaux à ciel ouvert ou en terre.
- Réseau stationnaire.
- Réseau mobile : le matériel est déplaçable d'une exploitation à une autre.
- Réseau semi-mobile : une partie du matériel est déplaçable.

Chapitre I-3-2-3 Selon la distribution de l'eau sur le périmètre

- Soit par gravité (gravitaire).
- Soit par élévation mécanique (aspersion).

Chapitre I-3-2-4 Selon le fonctionnement durant la période d'irrigation

- Réseau à service continu.
- Réseau à service discontinu.

Chapitre I-3-3 Choix du type de réseau

Le choix du type de réseau d'irrigation est conditionné par le relief et la technique d'arrosage adoptée le réseau actuel est de type classique, alors que notre choix se porte sur le réseau fermé sous pression, car celui-ci représente les avantages suivants :

- Une utilisation rationnelle et économique de l'eau d'irrigation.
- Il peut être adapté pour n'importe quel relief.
- Possibilité d'automatisation.

- Diminution notable des pertes du réseau.

Chapitre I-3-3-1 Choix du type de matériaux des conduites

Le choix des matériaux est conditionné par :

- Le diamètre : pour les canalisations de très gros diamètres (1 à 3) m on utilise le béton armé, pour les canalisations de petit diamètre, on utilise la matière plastique.
- La pression de service.
- Le critère économique.
- La disponibilité dans le marché.
- La technique d'arrosage.

Chapitre I-3-3-1-1 Canalisations en acier

Elles sont particulièrement utilisées pour des débits élevés et des pressions importantes. Elles sont assemblées bout à bout par soudure et caractérisées par une bonne étanchéité et une bonne résistance, mais elles doivent être protégées contre la corrosion.

Chapitre I-3-3-1-2 Canalisations en fonte

Elles sont utilisées le plus souvent malgré leur coût élevé, caractérisées par :

- Une grande étanchéité ;
- Une durée de vie assez longue ;
- Un bon coefficient d'écoulement hydraulique et facilité de baser sur le lit.

Chapitre I-3-3-1-3 Canalisations en amiante ciment

Elles sont constituées d'un mélange d'amiante en fibre diffusé dans du ciment portland artificiel ; caractérisées par des parois très lisses et un bon coefficient d'écoulement hydraulique et une bonne résistance mécanique.

Chapitre I-3-3-1-4 Canalisations en matière plastique

Elles sont utilisées pour les canalisations mobiles de la distribution d'eau sur la parcelle. Elles sont souples et supportent les pressions moyennes.

Chapitre I-3-3-2 Assemblage de tuyaux

L'assemblage des tuyaux en acier se fait par soudure au chalumeau (oxyacétyline), ou soudure à l'axe électrique.

Les tuyaux en amiante ciment peuvent être assemblés à l'aide des manchons de tuyaux.

Chapitre I-3-3-3 Raccord

Les raccords servent pour les points singuliers comme :

- Raccordement de deux tronçons ;
- Changement de direction, de diamètre et de joints ;
- Interposition d'un élément de manœuvre ou d'exploitation (robinet, vanne, ventouse, vidange ... etc.).

Chapitre I-3-3-4 Matériels de contrôle des débits

- Les compteurs ;
- Les vannes de sectionnement et de vidange ;
- Les bornes d'irrigation ;
- Les ventouses ;
- Purgeurs.

Chapitre I-1-3-5 Matériels de contrôle de pression

- Les réservoirs d'air anti-bélier ;
- Régulateurs et stabilisateurs de pression.

I- Description de la zone de Ksar Sebahi :

Le périmètre étudié de superficie de 2750 ha qui se trouve au Nord-est de l'Algérie (50 km de la frontière Tunisienne), est constituée de deux zones indépendantes suivantes :

- zone de Bir Bauhouche de superficie 371 ha
- zone de Ksar Sebahi de superficie 2379 ha.

Zone de Ksar Sebahi – Bir Bouhouche (wilaya d'Oum EL Bouaghi) se trouve à une altitude variant entre 750 à 850 mètres au nord de l'Oued Echaref. Une partie de cette zone (Commune de Bir Bouhouche) part de la partie la plus amont de la retenue du Barrage Foum El Khanga alors que l'autre partie se prolonge à l'ouest. Cette zone est alimentée seulement par l'Oued Echaref.

Le réseau d'irrigation et de drainage n'existent pas dans les zones étudiées par contre la présence de puits servent seulement qu'à l'alimentation en eau potable. De petites surfaces des terres longeant les oueds sont irrigués par pompage.

Toutes la zone étudiée à une bonne communication avec les villes Oum El Bouaghi, Ksar Sebahi et Sedrata. La route nationale N80 (Oum el Bouaghi –Ksar Sebahi – Sedrata) et la route nationale RN 10 (oued Zenati – Ain Beida) passent à travers les zones de Ksar Sebahi et Bir Bouhouche.

Bien que les zones de Sedrata et de Ksar Sebahi soient géographiquement séparées, la possibilité de leur irrigation à partir d'une même ressource en eau sera envisagée. Il s'agit du barrage de Foum El Khanga situé à l'aval du confluent de l'oued Cherf et de l'oued Settara.

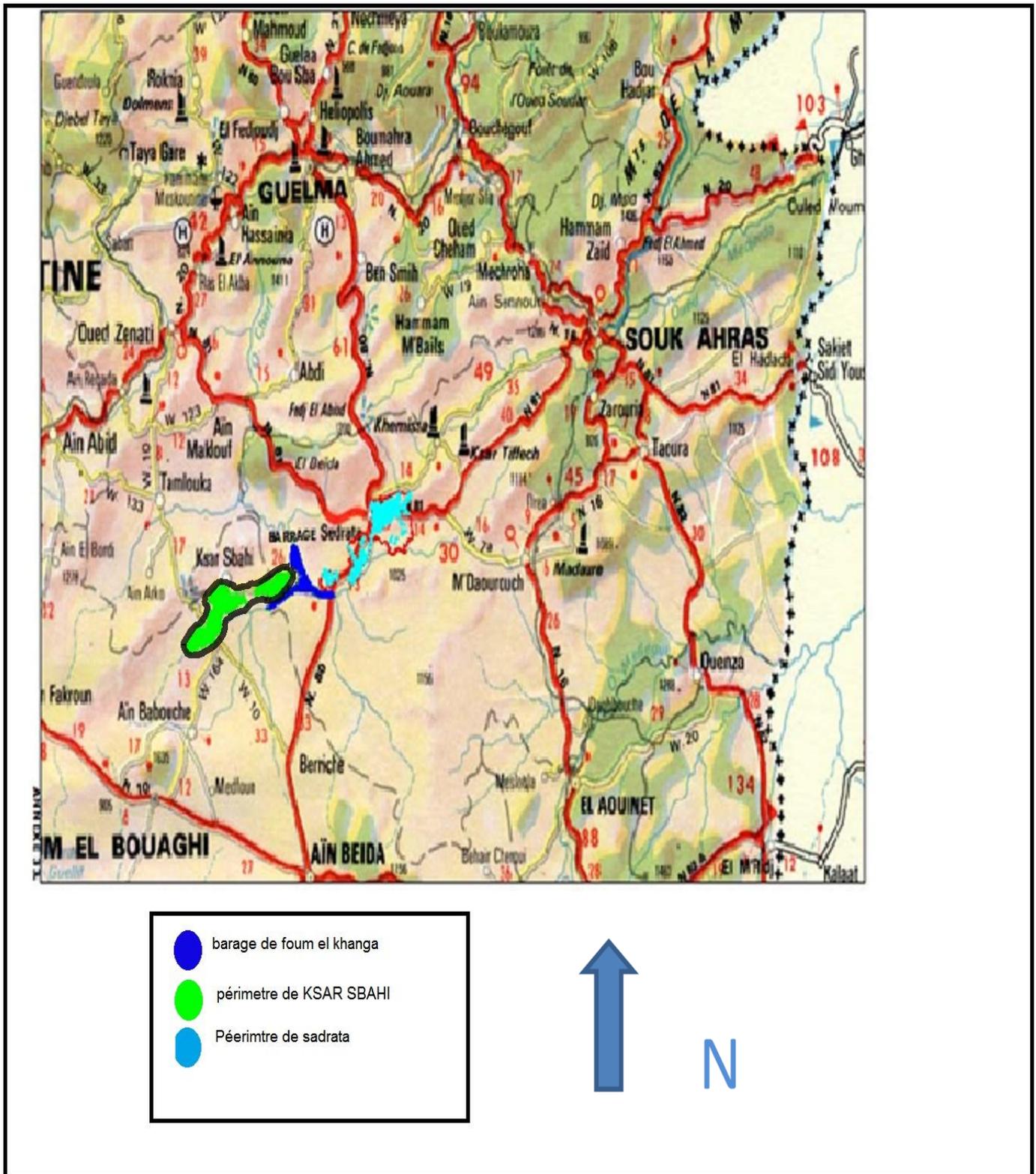


Fig-II.1. Localisation du périmètre de kasr sbaï.

II-Situation géographique

L'aménagement hydro-agricole du périmètre de Ksar Sebahi et Sedrata se situe dans le Nord –Est de l'Algérie à 40 km à l'Ouest de Souk Ahras, dans les willayas de Souk Ahras et de Oum El Bouagi.

Le réseau d'irrigation et de drainage n'existent pas dans la zone d'étude. Des petites surfaces de terres longeant les oueds et le barrage sont irriguées par pompage à partir de ces oueds et le barrage.

Les deux zones doivent être irriguées à partir du barrage de Foum El Khanga, déjà achevé, situé entre elles.

La cote de retenue normale se situe à 745 et la cote de retenue minimale se trouve à 730. Le volume total de la retenue à la cote de retenue normale est de l'ordre de 150 Hm³, lorsque le volume utile est de 120 Hm³.

III-Voies de communication

Toutes la zone étudiée a une bonne communication avec les villes Oum El Bouaghi, Ksar Sebahi et Sedrata. La route nationale N80 (Oum el Bouaghi –Ksar Sebahi – Sedrata) et la route nationale RN 10 (oued Zenati – Ain Beida) passent à travers les zones de Ksar Sebahi et Bir Bouhouche.

IV-Réseau hydrographique

Zone de Ksar Sebahi – Bir Bouhouche (wilaya de Oum EL Bouaghi) se trouve à une altitude variant entre 750 à 850 mètres au nord de l'Oued Echaref. Une partie de cette zone (Commune de Bir Bouhouche) part de la partie la plus amont de la retenue du Barrage Foum El Khanga alors que l'autre partie se prolonge à l'ouest. Cette zone est alimentée seulement par l'Oued Echaref.

V-Conditions climatiques

L'aire d'étude a les caractéristiques du climat continental. Les tableaux ci-après présentent les valeurs caractéristiques des paramètres climatiques.

V-1.Température:

Tableau N⁰-II.1 : Température moyennes mensuelles (1985 – 2000)

Station : Oum El Boughi (ONM)

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
⁰ C min	1,4	1,6	3,6	5,6	10,8	14,9	17,0	17,8	15,0	10,4	5,4	2,3	8,8
⁰ C max	11,0	12,6	15,2	18,0	24,7	30,1	33,4	33,4	28,6	22,7	16,3	11,8	21,5
⁰ C moy	7,4	8,3	10,3	13,0	18,1	22,3	25,8	26,1	21,7	17,4	12,1	8,7	15,9

Les températures minimales moyennes annuelles dans le territoire de l'Algérie du Nord varient dans les limites relativement similaires aux limites des températures maximales moyennes et sont comprises entre 8 °C et 17 °C. La moyenne des minima n'est observée qu'au mois de janvier, dans les stations implantées à une altitude plus élevée.

V-2.Humidité de l'air

Dans la partie littorale de l'Algérie, les valeurs moyennes de l'humidité relative de l'air restent pratiquement invariables au cours de l'année.

Dans la partie continentale du Nord de l'Algérie, par contre, les variations au cours d'une année peuvent dépasser 30%. Les valeurs minimales de l'humidité relative sont en général atteintes en juillet et celles maximales en janvier. C'est en général dans les heures matinales que les valeurs maximales s'observent : de 3h 00 à 6h00 en hiver et vers 3h00 en été. Les valeurs minimales de l'humidité relative de l'air peuvent s'observer de 14h00 à 15h00 ou à 16h00 pendant certains mois. Le tableau ci-après donne l'humidité relative moyenne mensuelle relevée dans la station d'Oum El Bouaghi.

Tableau N° -II.2 Humidité relative moyenne mensuelle (1991-2000) Station Oum El Bouaghi (ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
%	79,6	76,4	70,9	69,9	59	54,3	50,4	49,6	62,7	70,2	73,8	79,2	66,3

V-3.Insolation

L'insolation moyenne mensuelle figurée dans le tableau ci-après (relevée dans la station d'Oum El Bouaghi) illustre le paramètre climatique d'insolation dans la zone d'étude.

Tableau N° -II.3 Insolation moyenne mensuelle (1991-2000) Station Oum El Bouaghi (ONM)

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
h	160,4	190,1	242,3	249,7	281,9	288,9	353,7	304,6	243	220,3	182,6	165,6	240,2

V-4.Evaporation

Le tableau suivant présente les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle.

Tableau N⁰ -II.4 : Evaporations moyennes mensuelles (1992-1994) Station : Oum El Boughi (ONM)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
mm	46	49	52	69	91	105	119	127	103	76	68	58	963

En sus des informations ci avant, pour les besoins de la présente étude, il a été mis à la disponibilité du bureau d'études des valeurs moyennes pluriannuelles de l'évaporation sur les trois stations se situant à proximité immédiate de la zone d'études. Il s'agit des stations ci-dessous :

- station de Guelma 1208.3m
- station de Souk Ahras 1345.1 mm
- station de Tébessa 1352.8 mm

Les valeurs de l'évaporation en nappe libre ci-dessous pour le site du barrage de Foum El Khanga, sont reconstituées à partir des valeurs de l'évaporation en nappe libre présentées dans l'Etude hydrogéologique pour trois sites du barrage en projet sur l'oued Cherf (source DEMRH 1973).

Tableau N⁰ -II.5 Evaporation moyenne mensuelles Site du barrage : Foum El Khanga (DEMRH)

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
mm	60	60	60	72	108	144	180	192	132	96	48	48	963

Tableau N⁰ -II.6 : Evaporation moyennes mensuelles Site du barrage : FoumEl Khanga (adoptée)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
mm	60	60	60	84	108	132	156	156	132	96	84	72	1200

V-5.Vent

Au cours de l'élaboration de la présente étude, le BET n'a pas eu à sa disposition les données mises à jour concernant le vent ; les données présentées ici sont donc celles prises des phases antérieures du projet d'étude, voir de l'Etude agro-pédologique pour le périmètre de Ksar Sebahi.

D'une manière générale, les vents dans la région de Guelma sont pour la plupart faibles et relativement fréquents, notamment en hiver et au printemps. La direction de ces vents est notamment :

- à 7 h
Nord-est d'avril à septembre
Nord-Ouest d'octobre à mars
- à 13 h
Nord-est de mai à septembre
Nord-ouest d'octobre à avril

Tableau N°II-7. Vent moyen mensuel journalier

mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre
km/jour	117	132	139	162	148	168	177	171	176	167	191

V-5.Précipitations

A partir des données relevées dans les stations hydrométriques pour une période connue d'observation, on a défini la répartition mensuelle des précipitations pour le bassin versant.

Tableau N°-II.8. Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles

ANNEE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JIUN	JUIL	AOUT	totale annuel
1974	21,3	53,8	82,4	11,9	37,8	48,2	63	14,5	65,6	38	2,5	16,2	455,1
1975	49,1	32,8	114,7	17	17,8	5,7	59,4	51,3	62	34	0	31,2	474,9
1976	7,3	86	10,2	14,3	16,3	37,5	39,3	40,5	27,4	3	0	24,4	306,2
1977	98,3	7,3	13,2	3,1	17,9	52,5	37,8	93,3	15,8	39	5	4,3	387,9
1978	81,1	0	40,5	104,9	37,3	43,9	91,8	48,8	51	8,2	7	22	536,5
1979	29	29,3	8,3	22,1	81,8	26,4	42,9	30	7,4	33	0	8,7	319,3
1980	26,3	56,2	86,4	41,2	25,4	37,1	30,8	82,3	118	4,8	3	0	511,8
1981	0	11,8	44,5	32,1	6,9	4,7	35,5	0,7	6	76	5,4	26,3	249,9
1982	8,4	33,4	6,9	121,6	54,4	156	29,8	24,2	0	3,9	0	31,1	469,7
1983	29,3	16,8	6,6	24,8	33,6	41,2	74,9	32,9	89	4,2	23,2	0	376,5
1984	58,9	43,9	34,2	37,5	21,2	23,1	72,3	11,4	23	30	0	7	362,7
1985	9,2	3,3	70,4	6,6	18	45,7	42	15	30,8	3,5	40,3	4,8	289,6
1986	20	14,5	54,5	48,1	19,8	6,1	29,4	40,7	33,7	79	6,4	15	367,3
1987	22	11,5	17,4	15,6	6,9	43	14,2	12,3	13,5	54	10,7	51,5	272,7
1988	55,6	18,7	88,4	49,1	72,3	0	22,4	26,9	117	4,4	31,1	79,2	565,1
1989	26,2	75,9	28,6	15,1	25,3	29	76,4	54,1	16	27	6	5	384,4
1990	9,6	38,1	27,9	123,2	41,6	66,2	88,2	61,2	24	3,4	50,2	15,1	548,7
1991	11,3	40,6	12,3	63,8	37	42,4	16	7,2	41,5	3,1	0,9	13,5	289,6
1992	28,3	50,4	9,4	17,1	42,9	33,1	15,4	20,1	9,9	0,6	0,5	0	227,7
1993	138,3	79,8	23	21,3	79,2	1,4	46,5	42,8	6,3	72	0	31,1	541,8
1994	27,4	3,3	5,4	23,7	72	122	64,9	36,2	48	29	21,4	20,8	473,9
1995	100,3	54,8	71,8	55	30	6,3	23,8	19,9	8	40	5,1	25,3	440,3
1996	53,5	42,4	53,3	21,1	5,1	25,9	32,4	67,4	27,6	27	1,1	24,2	381,2
1997	65,9	15,3	47,1	53,7	74,3	14,6	45,4	10,9	34,1	19	28,8	18,4	427,7
1998	89,1	40,5	12,4	24,2	6,4	0	10,8	8	68,2	46	0	15,2	321
1999	65,7	41	49,8	12,5	52,4	17,9	12,5	18,9	64,7	0	1,6	15,3	352,3
2000	26,6	25,6	64,4	46,4	6,3	19,3	5,6	25,5	41,9	12	46,2	83,4	402,8
2001	45,6	90,1	26,8	72,4	185	59,3	30,1	90,1	34,8	26	0	6,2	666,4
2002	10,4	8,4	127	138,7	30,6	5	44,4	25,8	145	56	10,9	37,7	640,1

VI-Etude foncière

Les informations sur la forme, le statut juridique et la superficie des parcelles et leurs exploitants, sur le mode d'occupation du sol et l'irrigation, sur les bâtiments et leur affectation, ainsi que les autres données nécessaires ont été fournies par la direction de l'AGID et de la DHW de Souk Ahras.

La liste des parcelles situées dans la zone irrigable délimitée, représentant une superficie de 4267.65 ha, est donnée par les tableaux.

Le statut juridique des parcelles et leur surface totale à irriguer sur le périmètre de Ksar Sebahi/ Sedrata sont consignés dans le tableau.

En ce qui concerne le statut juridique des parcelles, elles ont été réparties en trois principales catégories.

- EAC : Terres d'Etat utilisées collectivement (Exploitation agricole collective)
- EAI : Terres d'Etats utilisées individuellement (Exploitation agricole individuelle)
- P : Terres privées où on dégage notamment des parcelles Pinde qui représentent des terres privées indivisibles.
- C : Terres appartenant aux communes

Tableau N° II.10 représente le statut juridique des parcelles de kasr sbahi

	P		C		E.A.C		E.A.I.		F	
	N	S (ha)	N	S (ha)	N	S (ha)	N	S (ha)	N	S (ha)
Ksar-Sebahi	65	749,6	12	113,7	23	645,36	16	275,9	5	637,35
122 PARCELLES										
Une superficie brute de 2361 ha										

N P : Nombre total de parcelles

S : Superficie de la parcelle

Dans le tableau ci-dessous sont consignées les superficies concernées par l'enquête pour la zone d'étude :

Tableau N°II.11. Représente la superficie concernée par l'enquête foncière.

Zone	Communes	Surface total (ha)	Nombre de parcelles
Ksar Sebahi	Ksar Sebahi	4267.65	266

La répartition des superficies par statut juridique est donnée dans le tableau suivant :

EAC – sol étatique à l’usage collectif

EAI – sol étatique à l’usage individuel

P– privé

C – communautaire

F – fermes

Une superficie brute de 2430.2 ha, soit une superficie nette de 2242 ha

Qui sera mise en irrigué

La taille des parcelles varie de 1 à 300 hectares. Il y a peu de parcelles d’une superficie inférieure à 1 ha.

Les plus nombreuses sont les parcelles d’une superficie égale ou supérieure à 50 ha.

Ces superficies constituent 40% du territoire du périmètre de Ksar Sebahi.

VI- Les indices climatiques:

Par indices, nous entendons une codification du climat par des formules dans le but de voir l’interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels :

Pluviométrie et température

Les indices les plus connus sont ceux de MARTONE (1926) et EMBERGER (1932)

VI-1. L’indice d’aridité de MARTONE :

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l’indisponibilité de l’irrigation.

$$I_A = \frac{P}{T+10} \quad \dots\dots (II-1)$$

Avec : P : précipitation moyenne annuelles en (mm)

T : température moyenne annuelle en (°C)

I_A : indice d’aridité

Les limites des climats d’après l’indice climatique de MARTONNE sont donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° II-12. Classification du climat selon MARTON (Cour Bahbouh 2011)

Valeur d'IA	Type de climat	Irrigation
IA < 5	Désertique	Indispensable
5 < IA < 10	Très sec	Indispensable
10 < IA < 20	Sec (semi aride)	Souvent Indispensable
20 < IA < 30	Relativement humide	Parfois utile
IA > 30	Humide	Inutile

Pour :

$$P = 319,2\text{mm} \quad T = 21,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$IA = \frac{P}{T+10} = 10.13$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à climat sec (semi aride) et l'irrigation est souvent indispensable.

VI-2-Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

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

$$Q = \frac{1000P}{\frac{M+m}{2}(M-m)} \dots\dots\dots(\text{II-2})$$

Où Q : coefficient pluviométrique d'EMBERGER

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

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

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

Pour:

$$P=319.2 \text{ mm} ; \quad M = 33.4 \text{ } ^\circ\text{C} ; \quad m = 1.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D'où Q = 34.35

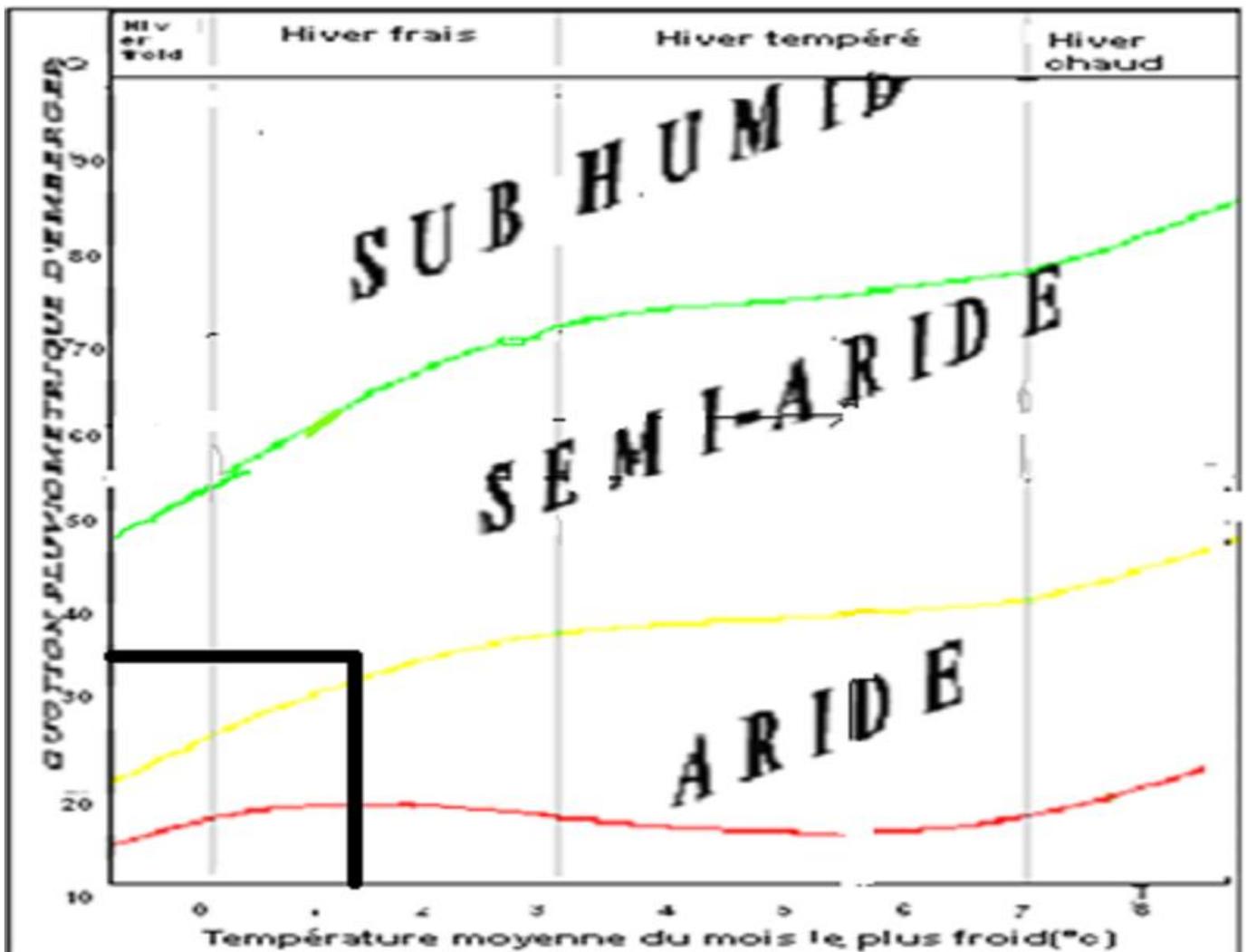


Figure N°II.2: Diagramme bioclimatique

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (fig II-2.), et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

L'étage bioclimatique : Semi Aride

Sous étage : Hiver FRAIS

VI-3- Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Il est établi selon la méthode mise au point par F .BAGNOULS et H.GAUSSEN Ce diagramme nous permettra donc d'évaluer l'intervalle de saison sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique. (Voir fig II-3.).

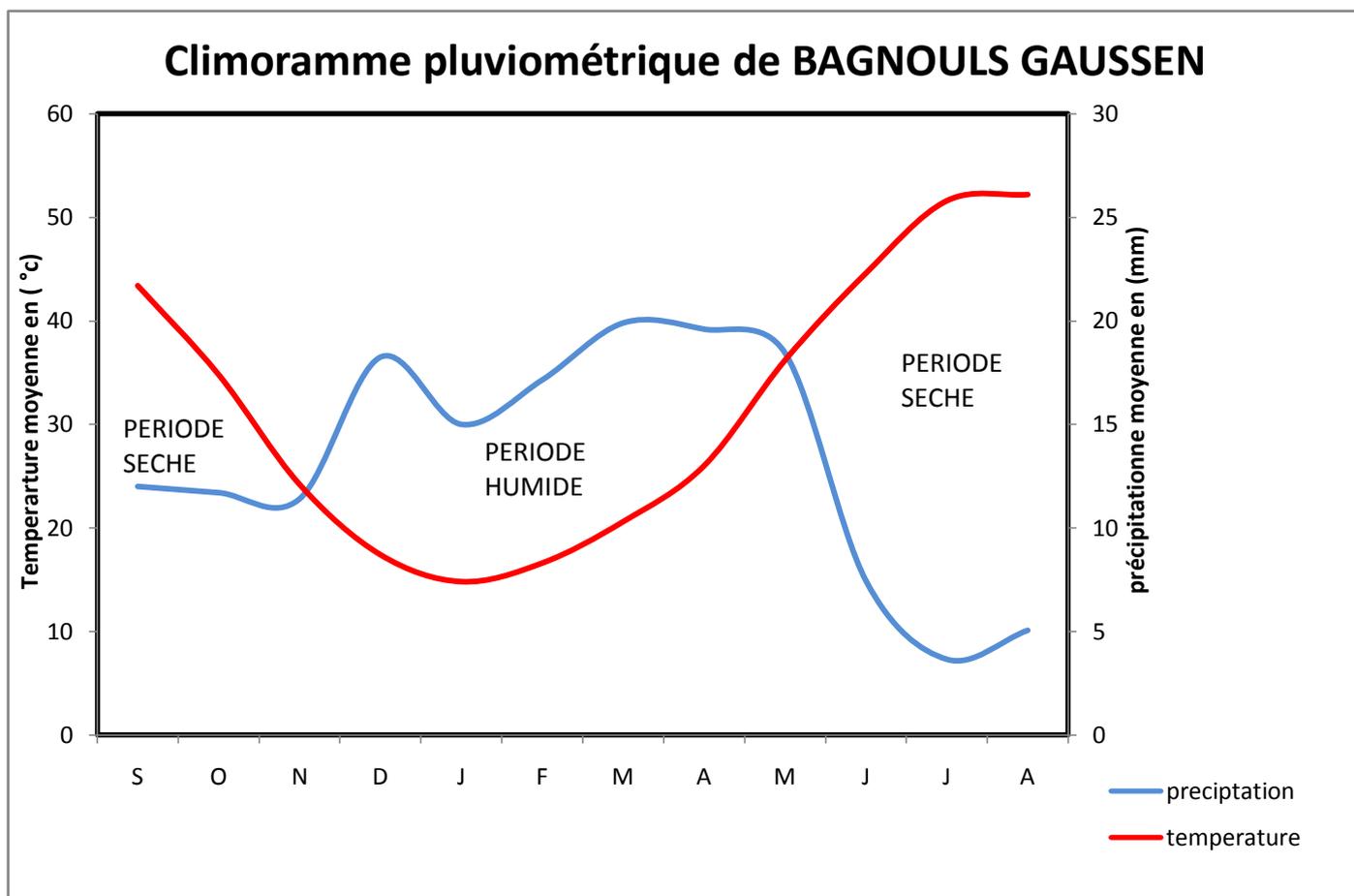


Figure N°II.3: Diagramme Ombrothermique de Gausсен

Description du graphe :

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison

La saison humide est de 8 mois allant du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai
 La saison sèche est plus marquée, s'étale sur quatre (4) mois, allant du mois de Juin à Septembre.

VIII-Ressource en eau

Le réseau d'irrigation et de drainage n'existent pas dans les zones étudiées. Les puits existants servent en général à l'alimentation en eau potable. De petites surfaces des terres longeant les oueds sont irrigués par pompage.

La source d'eau pour l'irrigation de la zone de Ksar Sebahi est la retenue existante Foum el Khanga, situé à l'aval du confluent de l'oued Cherf et de l'oued Settara. Cette retenue est en même temps la source d'eau pour l'irrigation des surfaces

irrigables dans la zone de Ksar Sebahi. Le niveau maximum dans cette retenue se situe à la cote 745,0, le niveau minimum étant à la cote 730,0.

Un échantillon de l'eau souterraine (puit P-9) a été soumis aux analyses chimiques.

Tableau N°II-13. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant (teneur en mg/l):

Paramètres	Puit P-9
Magnésium (Mg)	37.94
Sulfates (SO ₄)	229.82
Carbonates (CO ₃)	24
Bicarbonates (HCO ₃)	195.23
pH	8.4
CO ₂ agressif	néant
Ammonium (NH ₄)	non dose
Mat. org.	non dose

Le résultat de l'analyse chimique de l'eau montre que celle-ci est caractérisée son agressivité moyenne vis – à vis du béton et sa forte agressivité vis – à vis de l'acier. L'échantillon de l'eau de puit de reconnaissance P-15 (**traversée** d'oued Mabdoua) a été soumis aux analyses chimiques. Les analyses font apparaître les résultats suivants (teneur en mg/l):

Tableau N°II-14. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant (teneur en mg/l):

Paramètres	Puits P-15
Magnésium (Mg)	30.20
Sulfates (SO ₄)	156.02
Carbonates (CO ₃)	20.00
Bicarbonates (HCO ₃)	210.64
pH	8.2
CO ₂ agressif	néant

Ammonium (NH ₄)	non dose
Mat. org.	non dose

- **Qualité de L'eau superficielle :**

La qualité de l'eau est donnée par l'analyse de la salinité de l'eau effectuée sur la base des données d'observations à la station hydrométrique de Moulin Rechfort la période 1971 – 1993.

Il a été conclu que la salinité se situe entre 1.18 – 3.00 g/l.

il a été déduit que, sur la base des analyses effectuées dans la période 1988 – 1993 pour les besoins de l'Etude agro – pédologique de Ksar Sebahi (ANHR 1994), la concentration en sels dans l'eau présente un grand danger possible pour la salinité des sols qui feront l'objet des irrigations.

DONNEES DES VALEURS MOYENNES TRAITÉES SUR LA SALINITE
Oued Cherf, Station Moulin Rechfort (1971 – 1993)

Tableau N° III-15. Valeur moyenne traitées de la salinité d'oued cherf

Débit liquide (m ³ /s)	Salinité (g/l)	Débit salin (kg/s)
1.21	2.20	2.01

Commentaire des analyses

Conductivité de L'eau destinée à l'irrigation devrait avoir une conductivité de l'ordre de 1500 µs/cm. Des valeurs supérieures ont été enregistrées sur le prélèvement le 11-03-2000 (1800 µs/cm), le 02-04-2000 (1800 µs/cm), le 10-12-2000 (2300 µs/cm), et le 24-03-2001 (1600 µs/cm), ce qui révèle une grande teneur en ions de l'eau.

Turbidité L'eau brute présente une plus grande turbidité sur deux prélèvements en date du 29-05-2001: 18.1 NTU et en date du 17-06-2001, 17.6 NTU.

Saturation en oxygène La saturation en oxygène est entre 71% et 100%.

Résidu se à 105 °C Des valeurs élevées ont été enregistrées sur les prélèvements le 11-03-2002 (1166 mg/l), 02-04-2000 (1210 mg/l), 10-12-2000 (1530 mg/l), 24-03-2002 (1044 mg/l) ce qui accompagne l'augmentation de la conductivité.

La teneur en Ca, Mg, Na, K, Cl, et SO₂ est dans les limites autorisées.

NO₃, NH₄ Les concentrations NO₃ et NH₄ sont en-dessous des maximales autorisées.

Tableau N° III-16. De la qualité de l'eau d'irrigation :

paramètre	concentration max admissible	unité
HCO ₃	30-50	(mg/l)
B	0.2-0.5	(mg/l)
Ca	40-120	(mg/l)
Cl	0-100	(mg/l)
Mg	06--25	(mg/l)
Ph	5--7	(mg/l)
K	0.5-5	(mg/l)
SAR	<9	(mg/l)
Na	0-30	(mg/l)
So ₂	24-240	(mg/l)
Ce	<1-1.5	ds/cm

IX-Conclusion

Sur la base des analyses effectuées, nous sommes en mesure de conclure que cette eau peut être utilisée pour l'irrigation (étant donné que la majorité des paramètres est dans le cadre de valeurs autorisées), avec un monitoring des paramètres de la qualité de l'eau à suivre. Si les analyses présentaient de grands écarts de valeurs des paramètres de la qualité de l'eau qui seraient au-dessus des valeurs maximales autorisées, un pré – traitement de l'eau destinée à l'irrigation sera proposé.

X-Ressource en sol

X-1.Introduction

L'étude agro-pédologique est très essentiels pour déterminé les zones apte a l'irrigation et les zones a revalorise et aussi les zones a écarté qui serons difficile du point de vu technique ou bien économique pour l'établissement du réseau d'irrigation.

La classification des sols sont : la texture, le critère d'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité et le calcaire actif, bien qu'ils sont localisés dans des zones précises.

X-2.La classe des sols du périmètre

Pour cerner les problèmes morphologiques et physicochimiques des sols, du périmètre d'étude:

A partir des données des travaux pédologiques détaillés achevés au niveau de la phase I de l'Etude d'aménagement hydro-agricole, la qualité du sol et son aptitude à l'irrigation ont été déterminées. Tous les résultats des travaux agro- pédologiques ont été consignés dans les dossiers ci-dessous:

- ETUDE PEDOLOGIQUE DE LA PLAINE SEDRATA et ZOUABI, ENERGOPROJEKT-HIDROINZENJERING, Décembre 2002 ;

- ETUDE AGRO-PEDOLOGIQUE DE LA PLAINE DE AIN BABOUCHE (WILAYA DE OUM-EL BOUAGHI) M.E.H.LEZZAR », Décembre 1997;

Tableau N°III-17. La répartition des surfaces selon les catégories d'aptitudes en irrigué figure dans le tableau suivant:

ZONE	Catégorie (ha)					
	I	II	III	IV	V	TOTAL
Ksar Sebahi	411	2.339	-	293	626	3669

- La majorité des sols définis comme aptes à l'irrigation est caractérisée par une structure polyédrique, grossière et peu prononcée. Les sols étudiés se caractérisent par une texture argileuse, argilo-limoneuse et en moindre partie la texture argilo-sableuse.
- La porosité du sol jusqu'à 100 cm de profondeur varie entre 29 et 46%, la valeur moyenne étant voisine de 35%.
- L'infiltration est en corrélation avec la texture et la structure. Selon les résultats de mesures sur 78% des superficies irrigables, la perméabilité se situe entre 0.5 et 2 cm/h, alors que sur le reste de la surface elle est comprise entre 2 et 4 cm/h.

Le problème de délimitation des surfaces a été étudié dans le cadre du Dossier II-A Allocation des eaux et Délimitation des zones à irriguer. Le point de départ pour la délimitation des surfaces ont été la carte d'aptitudes culturales en irrigué, l'état parcellaire et la morphologie du terrain.

En prenant en compte les autres critères de délimitation des surfaces à irriguer, les surfaces par zone ci-dessous font l'objet de délimitation:

Tableau N°III-18. Présente la délimitation des des zones a irrigué

Zone	Zone délimitée (ha)	Surfaces brutes (ha)	Surfaces nettes (ha)
Ksar Sebahi	2679	2361	2242

X-3.Localisation:

Le périmètre étudié de superficie de 2750 ha qui se trouve au Nord-est de l'Algérie (50 km de la frontière Tunisienne), est constituée de deux zones indépendantes suivantes :

- zone de Bir Bauhouche de superficie 371 ha

- zone de Ksar Sebahi de superficie 2379 ha.

Zone de Ksar Sebahi – Bir Bouhouche (wilaya de Oum EL Bouaghi) se trouve à une altitude variant entre 750 à 890 mètres au nord de l'Oued Echaref. Une partie de cette zone (Commune de Bir Bouhouche) part de la partie la plus amont de la retenue du Barrage Fom El Khanga alors que l'autre partie se prolonge à l'ouest. Cette zone est alimentée seulement par l'Oued Echaref.

X-4.Classification des sols :

X-4.1.La profondeur du sol et les niveaux limitant :

La profondeur du sol est l'espace facilement utilisable par les racines des plantes C'est donc un facteur très important.

X-4.2.Texture et structure du sol

Tous les sols de classe vertisols ainsi que tous les sols de classe sols peu évolués sont d'une texture fine et très fine. Les sols calcimagnésiques sont d'une texture moyenne fine.

X-4.3.Calcaire actif

Dans la plus grande partie des sols, le taux de calcaire actif varie de 12 à 18%. Il en résulte donc l'élimination de plusieurs arbres fruitiers qui chloroses à des taux inférieur à 7% même à 12%.

X-4.4.Aptitudes culturales

Tous les sols d'une couche active profonde en général sont relativement d'une haute valeur de productivité.

De telle manière que les sols d'une profondeur supérieur à 80 cm sont favorables et peut favorables pour cultive toutes les cultures annuelles et pluriannuelles.

Les sols d'une profondeur de 50 à 80 cm sont favorables et moyens favorables pour cultiver toutes sortes de cultures légumières, industrielles et fourragères ainsi que pour les légumineux.

Les sols d'une profondeur de 30 à 50 cm sont moyens favorables pour cultiver les cultures légumières et céréalières tandis que les sols d'une profondeur inférieur à 30 cm sont favorables aux pâturages.

X-4.5.Végétation

Les sols longeant l'oued sont utilisés exclusivement pour la production agricole. Dans les conditions données, la culture en sec est pratiquée, alors qu'un faible pourcentage des surfaces des terres, presque insignifiant, est mis en irrigué. Dans d'autres parties de l'aire d'étude, à l'exception des surfaces labourables, les terres sont couvertes de végétation naturelle. Il s'agit des surfaces couvertes de matorral et maquis. Il est assez difficile de déterminer la limite entre les surfaces couvertes de matorral et celle couvertes de maquis. Du point de vue d'histoire les surfaces couvertes de maquis ont été déboisées en vue d'obtenir le sol labourable.

Le matorral apparaît sous forme de diverses formations basses végétales et arbustives, en général inférieures à 1 m avec le grand pourcentage du terrain dénudé. Souvent il est caractérisé par une faible végétation de buissons et de formation herbeuse. Les principales espèces présentes sont les espèces suivantes :

- *hamae humilis*.
- *Ampelodesmos mauritanica*.
- *Asphodelus* spp.
- *Juniperus* spp etc.

X-4.6.Maquis

Le maquis est une formation arbustive par endroits touffue. Il y a des surfaces clairsemées. Cette formation arbustive peut atteindre une hauteur de 3m dans les formations touffues. Sur quelques endroits les jeunes arbres dépassent l'hauteur mentionnée. Les espèces les plus typiques et les plus répandues sont : le chêne vert (*Quercus ilex*), l'olive sauvage (*Olea europaea*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*) le genévrier (*Juniperus* spp). Quand il s'agit du maquis touffu l'espèce la plus présente est *Tetraclinis articulata*.

X-4.7.Sol de couverture

Dans l'étude pédologique du périmètre de Ksar Sebahi ont été traitées et présentées les caractéristiques pédologiques des sols dans la zone de périmètre. Dans la même étude ont été présentées les données de base sur les caractéristiques morphologiques, physiques, chimiques des sols étudiés en vue de voir en général leurs valeurs

X-4.8.Classification des sols :

- Une superficie de 2750 ha de sols aptes à l'irrigation appartient aux catégories I, II, III.
- Dans la zone de Ksar Sebahi les conditions agro-pédologiques nécessitent pas la mise en œuvre ultérieure d'un drainage souterrain.

X-4.8.1. Caractéristiques morphologiques :

- **profondeur du profil** : peu profond, moyen profond et profond
- **humidité** : sec en superficie et sec à frais en profondeur
- **couleur** : brun, brun clair, brun foncé, jaunâtre
- **structure** : polyédrique, polyédrique fine, polyédrique fine à moyenne, polyédrique fine à grumeleuse, polyédrique moyenne grossière, bien développée, polyédrique à prismatique bien développée.

X-4.8.2. Caractéristiques physico-chimiques :

- **texture des sols** : fine et très fine, rarement moyenne grossière et grossière.
- **calcaire actif (CaCO₃)** : de teneur environ 12 %.
- **PH** : situé entre 8 et 8,5

- **Salinité des sols** : inférieur à 2 mmhos/cm sur la majeure partie des sols examinés
- **Teneur en matière organique** : irrégulier, dans le premier horizon varie entre 0,15-3,0%.

X-4.9. Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage :

Cette classification basée sur les paramètres suivants

- Profondeur du sol.
- Texture.
- Salinité.
- Topographie.
- Perméabilité.
- Drainage.
- Calcaire actif.

Tableau N°III-18. Caractéristiques des sols et aptitudes culturales

<i>Paramètre de classification</i>	<i>Profondeur (cm)</i>	<i>Texture</i>	Salinié <i>mmohs/cm</i>	<i>Topog</i>	<i>Permé- abilité (cm/h)</i>	<i>drainage</i>	<i>Aptitudes culturales</i>	<i>Observations</i>
<i>Classe d'aptitude à l'irrigation</i>								
<i>Classe I</i>	> 120	-Texture moyenne (Sablo argileuse, limoneuse)	-Pas de problème de salinité <1 -Calcaire actif < 5%	<i>Plane</i>	2-6 (bonne)	<i>Ne nécessite pas un drainage</i>	<i>Bonne aptitude pour toutes les cultures arbustives, industrielles, céréalières, fourragères et maraîchères</i>	<i>Leur aptitude à l'irrigation est bonne</i> <i>Aucune contrainte majeure pour la mise en valeur.</i>
<i>Classe II</i>	> 80	-Sablo- limoneuse -Limono- sableuse et limono argileuse	-La salinité varie de 4 à 8 -Teneur en calcaire actif ≤ 7%	<i>Plane</i>	-Pour les sols à texture fine 0,5-2 -Texture grossière 6-12,5	<i>Nécessite un drainage</i>	<i>-Moyennement apte à toutes les cultures industrielles céréalières fourragères et maraîchères</i>	<i>-Les travaux d'aménagement nécessaires sont mineurs, notamment l'apport d'engrais minéraux et organique</i>
<i>Classe III</i>	40 à 80	-Salo –limoneuse (à forte teneur en sable) -Argilo- sableuse, argilo limoneuse	<i>Présente dans les endroits à texture fine 8÷12. calcaire actif entre 7 et 12%</i>	<i>Pente faible</i>	-Pour les sols à textures fine (0,1÷0,5) -Pour les sols à texture grossière (12,5÷25)	<i>Nécessite un drainage</i>	<i>-Moyenne aptitude aux cultures maraîchères céréalières et fourragères et peu aptes aux cultures arbustives et industrielles</i>	<i>Labours profonds, apport de matières organiques, plantation des brises vents</i>
<i>Paramètre de</i>	<i>Profonde</i>	<i>Texture</i>	Salinié	<i>Topog</i>	<i>Permé-</i>	<i>drainag</i>	<i>Aptitudes</i>	<i>Observations</i>

<i>classification</i>	<i>ur (cm)</i>		<i>mmohs/cm</i>		<i>abilité (cm/h)</i>	<i>e</i>	<i>culturales</i>	
<i>Classe d'aptitude à l'irrigation</i>								
<i>Classe IV</i>	<i>40 à 80</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Texture fine argileuse ou très légère sableuse -Présence de croûtes calcaires 	<ul style="list-style-type: none"> -Varie de 12 ÷ 16 -Teneur en calcaire actif > 12% 	<i>Par endroit la pente est forte</i>	<i>Variable</i>	<i>Nécessite un drainage</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Faible aptitude aux cultures maraîchères et fourragères et inaptés à l'arboriculture</i> 	<ul style="list-style-type: none"> -Lessivage localisé -Des engrais organiques et minéraux -Labour profond et assainissement de surface.
<i>Classe V</i>	<i>< 40</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Affleurement de la dalle calcaire par endroits -Charge caillouteuse >50% 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Salinité > 16</i> 	<i>Pente supérieure à 20%</i>	<i>Très faible</i>	<i>Nécessite un drainage</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Inapte à toutes les cultures -Aptitude moyenne pour l'olivier, la vigne, le figuier et les céréales en sec 	<i>Inapte à l'irrigation</i>

Source ENHYD

Tableau N° III-19. LES ZONES DE KSAR SEBAHI

ASSOLEMNT	surface en (%)
Pomme de terre	14.1
Artichaut	7
Blé	28.7
Sorgho	15.4
Tabac	4.3
Piment poivron	7.1
TOMATE	11.4
Haricot vert	9.2
Melon	0.8
Mais	2
TOTAL	100

Tableau N° III-20. PARCELLES DANS LA ZONE DE KSAR SEBAHI

Numéro de la parcelle	surface irrigué (ha)
487	6,4
490	10
491	10,8
468	28,5
492	10
463	12
465	13
466	6,1
467	13,7
435	5,7
480	0,5
493	1,45
433	8,5
434	14,5
489	4,2
479	13,35
476	154
494	12,8
481	16,5
486	5
485	7,4
478	12,9

Surface nette 367.3 ha

22 parcelles

Les parcelles individuelles couvrant le reste des superficies à irriguer, après le regroupement et la formation des îlots types dans la zone de e Ksar Sebahi, sont représentées dans le tableau (III-20).

X-5.Conclusion

L'analyse de la qualité des sols de la zone d'étude montre que les aptitudes culturales des sols varient d'une classe à l'autre. Les classes I et II ne présentent pas de problèmes particuliers et peuvent recevoir toute la gamme des cultures possibles. Par contre les sols de classes III et IV présentent certaines restrictions à cause principalement de la salinité, et la présence d'une croûte ou encroûtement à une faible profondeur du sol.

Enfin, comme nous l'avons dit, la classe V est à exclure de l'aménagement hydro agricole en raison de sa forte pente (supérieure à 20 %) et de sa salinité (supérieure à 16mmhos/cm), ainsi que l'affleurement de la dalle calcaire dans certains cas.

1. Introduction

Le but principal de l'étude hydrologique c'est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquence donnée qui nous a conduits à calculer les besoins en eau des cultures implantées.

Le périmètre de notre étude est situé dans une zone assez bien couverte par les stations pluviométriques avec une bonne continuité des données ; cependant mon étude hydrologique concerne toutes les précipitations du bassin versant c'est-à-dire de foun el khanga.

2. Choix de la station représentative de la Zone d'étude

Compte tenu de la position géographique de notre périmètre, ces caractéristiques sont les suivantes :

Localisation géographique bien situées qui se trouve à proximité de la zone à irriguer, Les relevés de la station sont récents et s'étalent sur une période d'observation acceptable (vient neuf ans).

Tableau N°III-1. Zone de ksar sebahi : station Ksar Sebahi (code: 14.01.04)

Nom de la station	Code	Coordonnées en lambert		Coordonnées en degrés		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X (Km)	Y (Km)	Longitude	Latitude			
ksar sbahi	14.01.04	910,625	311,105	07°14'46''E	36°4'8''N	866	1974-2002	37

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique est donnée dans le tableau (N°-II.8) chapitre précédent

3. Homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon (Touaibia, 2004) :

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2

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

On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. à ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

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

Avec :

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

$$W_y = \sum_{i=1}^n \mathbf{Rang}$$

W_x : Somme des rangs de sous série.

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

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

Tableau suivant détaille le procédé de Test d'homogénéité

Tableau N° III-3. Test de Wilcoxon pour la station de ksar sbahi

Rang	Série d'origine P (mm)	Série x (mm)	Série y (mm)	TRI (mm)	x union y
1	455.1	565.1	455.1	227.7	X
2	474.9	384.4	474.9	249.9	Y
3	306.2	548.7	306.2	272.7	X
4.5	387.9	289.6	387.9	289.6	Y
4.5	536.5	227.7	536.5	289.6	Y
6	319.3	541.8	319.3	306.2	Y
7	511.8	473.9	511.8	319.3	Y
8	249.9	440.3	249.9	321	X
9	469.7	381.2	469.7	352.3	X
10	376.5	427.7	376.5	362.7	Y
11	362.7	321	362.7	367.3	Y
12	289.6	352.3	289.6	376.5	Y
13	367.3	402.8	367.3	381.2	X
14	272.7	666.4		384.4	X
15	565.1	640.1		387.9	Y
16	384.4	272.7		402.8	X
17	548.7			427.7	X
18	289.6			440.3	X
19	227.7			455.1	Y
20	541.8			469.7	Y
21	473.9			473.9	X
22	440.3			474.9	Y
23	381.2			511.8	Y
24	427.7			536.5	Y
25	321			541.8	X
26	352.3			548.7	X
27	402.8			565.1	X
28	666.4			640.1	X
29	640.1			666.4	X
N1	13				
N2	16				
Wx	180				
Wmin	149,81				
Wmax	240,19				

$$149,81 < W_y < 240,19$$

La condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle est homogène.

4. Etude de l'échantillon et choix du type de loi :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi Normale
- Loi de Galton ou loi log –Normale
- Loi de Gumbel

4-1. Traitement des données

La simulation des apports annuels avec le logiciel HYDROLAB nous donne les résultats suivants :

Tableau N°III-4. Résultats du traitement des données calculé par l'HYDROLAB

Nombre d'observations	29
Minimum	227,7
Maximum	666,4
Moyenne	415,28
Ecart-type	114,049151
Médiane	387,9

4-2. Ajustement de la série pluviométrique

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station retenue aux ajustements à la loi Normale, la loi log –normale et la loi de Gumbel.

4-2-1. Ajustement à la loi Normale (GAUSS)

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{EXP} \left(\frac{-1}{2X\mu^2} \right) du \dots\dots\dots \text{(III-1)}$$

Pour notre projet, il sera utile de connaître les variations annuelles des précipitations pour une période de retour de 5ans.

Tableau N° III-5. Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles a la loi de gausse

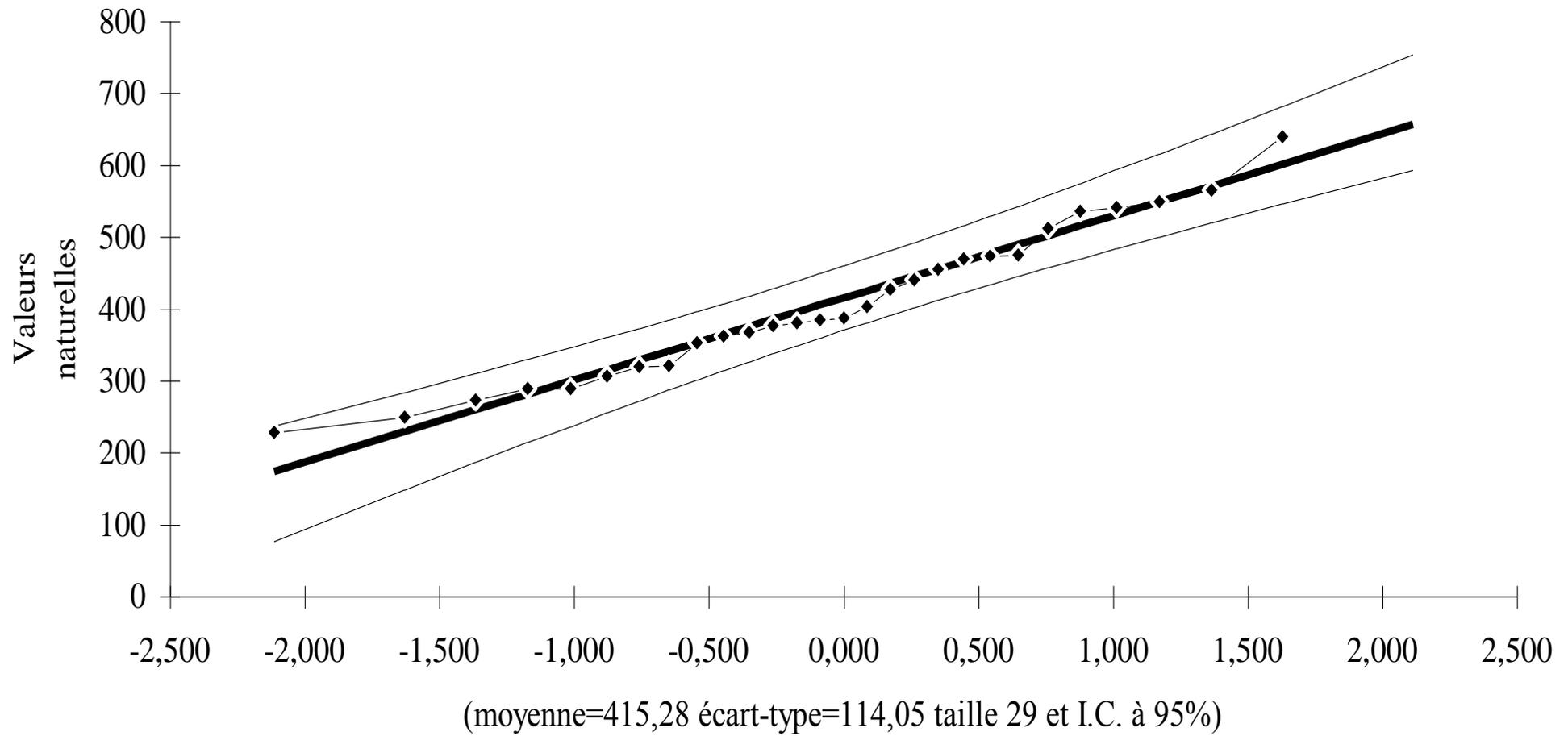
Ajustement
à une loi de
Gauss

Taille n= 29 Moyenne= 415,27931
Ecart-
type= 114,049151 I.C. à (en%)= 95 U Gauss= 1,9604

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
455,1	227,7	1	0,0172	-2,115	227,7	174,085506	76,9803748	236,958826
474,9	249,9	2	0,0517	-1,629	249,9	229,525936	148,525627	284,162905
306,2	272,7	3	0,0862	-1,365	272,7	259,634534	186,798112	310,380826
387,9	289,6	4	0,1207	-1,172	289,6	281,653857	214,42975	329,912962
536,5	289,6	5	0,1552	-1,014	289,6	299,578832	236,646861	346,089831
319,3	306,2	6	0,1897	-0,879	306,2	315,026114	255,558061	360,265575
511,8	319,3	7	0,2241	-0,758	319,3	328,823396	272,238856	373,137543
249,9	321	8	0,2586	-0,647	321	341,457235	287,318233	385,118923
469,7	352,3	9	0,2931	-0,544	352,3	353,24193	301,199607	396,4795
376,5	362,7	10	0,3276	-0,446	362,7	364,395471	314,160067	407,409106
362,7	367,3	11	0,3621	-0,352	367,3	375,078127	326,400692	418,049946
289,6	376,5	12	0,3966	-0,262	376,5	385,413949	338,074495	428,514714
367,3	381,2	13	0,4310	-0,173	381,2	395,503704	349,303118	438,897605
272,7	384,4	14	0,4655	-0,086	384,4	405,433241	360,187484	449,281578
565,1	387,9	15	0,5000	0,000	387,9	415,279322	370,815048	459,743597
384,4	402,8	16	0,5345	0,086	402,8	425,12538	381,277042	470,371137
548,7	427,7	17	0,5690	0,173	427,7	435,054917	391,661016	481,255502
289,6	440,3	18	0,6034	0,262	440,3	445,144672	402,043907	492,484126
227,7	455,1	19	0,6379	0,352	455,1	455,480494	412,508674	504,157929
541,8	469,7	20	0,6724	0,446	469,7	466,16315	423,149514	516,398554
473,9	473,9	21	0,7069	0,544	473,9	477,31669	434,07912	529,359013
440,3	474,9	22	0,7414	0,647	474,9	489,101386	445,439697	543,240388
381,2	511,8	23	0,7759	0,758	511,8	501,735225	457,421077	558,319765
427,7	536,5	24	0,8103	0,879	536,5	515,532506	470,293046	575,00056

321	541,8	25	0,8448	1,014	541,8	530,979788	484,468789	593,91176
352,3	548,7	26	0,8793	1,172	548,7	548,904763	500,645659	616,128871
402,8	565,1	27	0,9138	1,365	565,1	570,924086	520,177794	643,760508
666,4	640,1	28	0,9483	1,629	640,1	601,032685	546,395716	682,032994
640,1	666,4	29	0,9828	2,115	666,4	656,473115	593,599795	753,578246

Ajustement à une loi Normale



4-2-2. Ajustement à la loi Log-Normale (GALTON)

Une variable aléatoire X a une distribution log normale lors que $Y = \ln(X)$ est normale. La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variables. Sa fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \dots\dots\dots (III-2)$$

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles sont regroupés dans le tableau :

Tableau N° III-6. Tableau résultats de l'ajustement de la série des pluies Moyennes annuelles à la loi log-normale

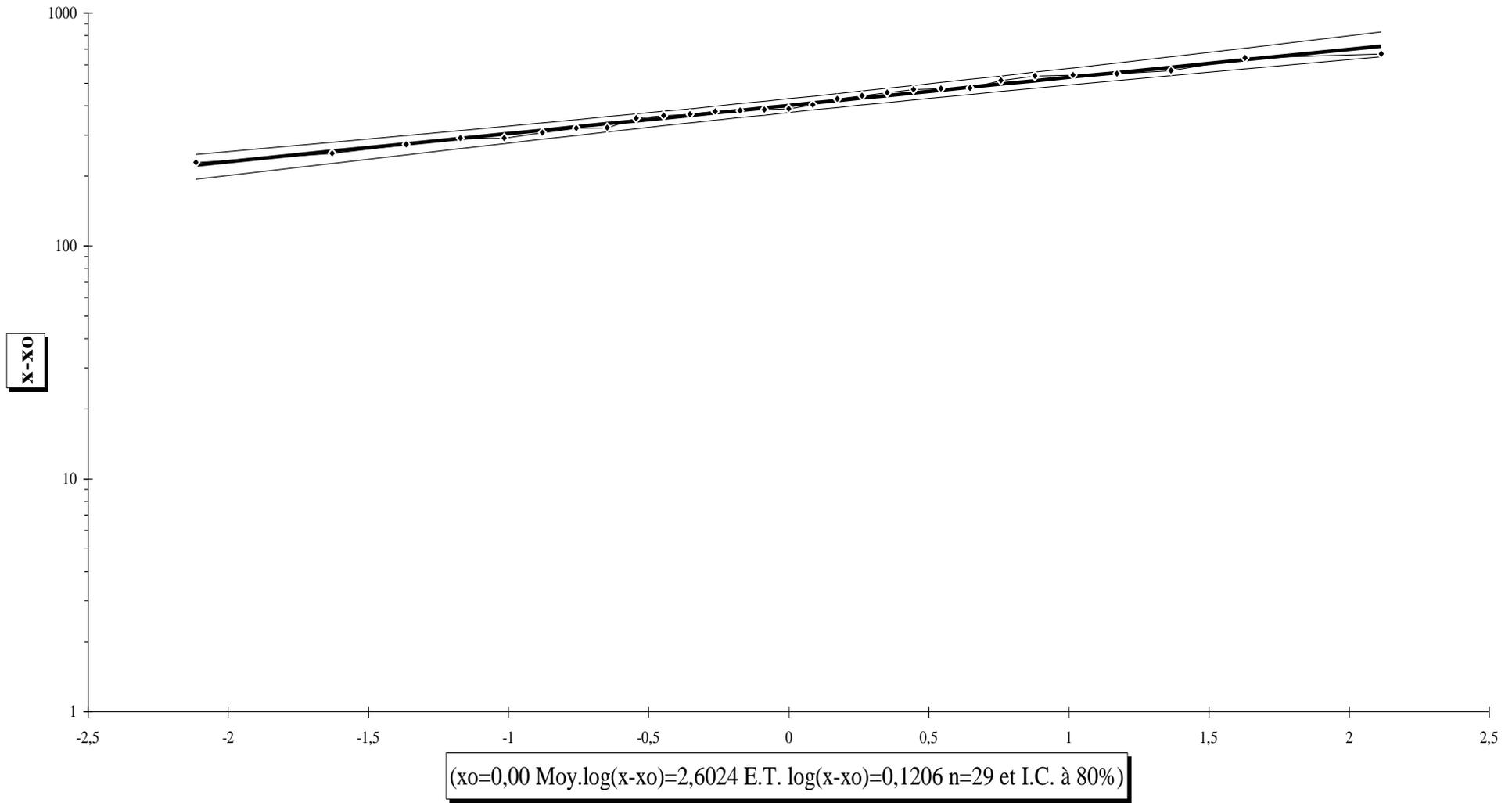
Ajustement à une loi Log-normale

Taille n= 29
 Moy.log(x-xo)= 2,602385124
 E.T. log(x-xo)= 0,120637409
 xo= 0
 I.C. à (en%)= 80
 U Gauss= 1,282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
455,1	227,7	1	0,017	-2,115	227,7	222,463	193,492	247,1613
474,9	249,9	2	0,052	-1,629	249,9	254,625	226,518	278,76912
306,2	272,7	3	0,086	-1,365	272,7	273,999	246,539	297,86214
387,9	289,6	4	0,121	-1,172	289,6	289,095	262,148	312,81976
536,5	289,6	5	0,155	-1,014	289,6	301,996	275,465	325,68685
319,3	306,2	6	0,190	-0,879	306,2	313,574	287,38	337,3204
511,8	319,3	7	0,224	-0,758	319,3	324,291	298,361	348,1743
249,9	321	8	0,259	-0,647	321	334,425	308,691	358,52586
469,7	352,3	9	0,293	-0,544	352,3	344,163	318,56	368,56296
376,5	362,7	10	0,328	-0,446	362,7	353,64	328,101	378,42394
362,7	367,3	11	0,362	-0,352	367,3	362,962	337,418	388,21845
289,6	376,5	12	0,397	-0,262	376,5	372,216	346,594	398,03934
367,3	381,2	13	0,431	-0,173	381,2	381,476	355,702	407,97044
272,7	384,4	14	0,466	-0,086	384,4	390,814	364,806	418,09187
565,1	387,9	15	0,500	0,000	387,9	400,3	373,969	428,48455
384,4	402,8	16	0,534	0,086	402,8	410,015	383,264	439,2468
548,7	427,7	17	0,569	0,173	427,7	420,052	392,773	450,48899
289,6	440,3	18	0,603	0,262	440,3	430,503	402,573	462,32665
227,7	455,1	19	0,638	0,352	455,1	441,478	412,757	474,90011
541,8	469,7	20	0,672	0,446	469,7	453,115	423,44	488,38578
473,9	473,9	21	0,707	0,544	473,9	465,593	434,769	503,01345
440,3	474,9	22	0,741	0,647	474,9	479,15	446,941	519,09407
381,2	511,8	23	0,776	0,758	511,8	494,123	460,229	537,0673
427,7	536,5	24	0,810	0,879	536,5	511,01	475,037	557,58884
321	541,8	25	0,845	1,014	541,8	530,602	492,006	581,706
352,3	548,7	26	0,879	1,172	548,7	554,281	512,243	611,25694
402,8	565,1	27	0,914	1,365	565,1	584,818	537,966	649,95822
666,4	640,1	28	0,948	1,629	640,1	629,316	574,812	707,40365
640,1	666,4	29	0,983	2,115	666,4	720,298	648,321	828,14832

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	316,8647777	290,7567	340,6434632	316,865	0,200	1,3
0,5	0,000	400,2995817	373,9686	428,4845502	400,3	0,500	2,0
0,8	0,841	505,7038756	470,4031	551,1128498	505,704	0,800	5,0

Ajustement à une loi Log-normale



4-2-3. Ajustement à la loi GUMBEL

La fonction de répartition de la loi de Gumbel est :

$$F(X) = e^{-e^{-\frac{x-x_0}{\alpha}}} \dots\dots\dots (III-3)$$

$F(X)$: Fréquence au dépassement de la valeur de x

α, x_0 : coefficients d'ajustement

x_0 : est le paramètre de position ; α : est le paramètre d'échelle.

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles sont regroupés dans le tableau et la figure :

Tableau N° III-7. Tableau des résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi de Gumbel

Ajustement à
une loi de
Gumbel

Taille n= 29

$X_0 = 363,95$

$g = 88,96$

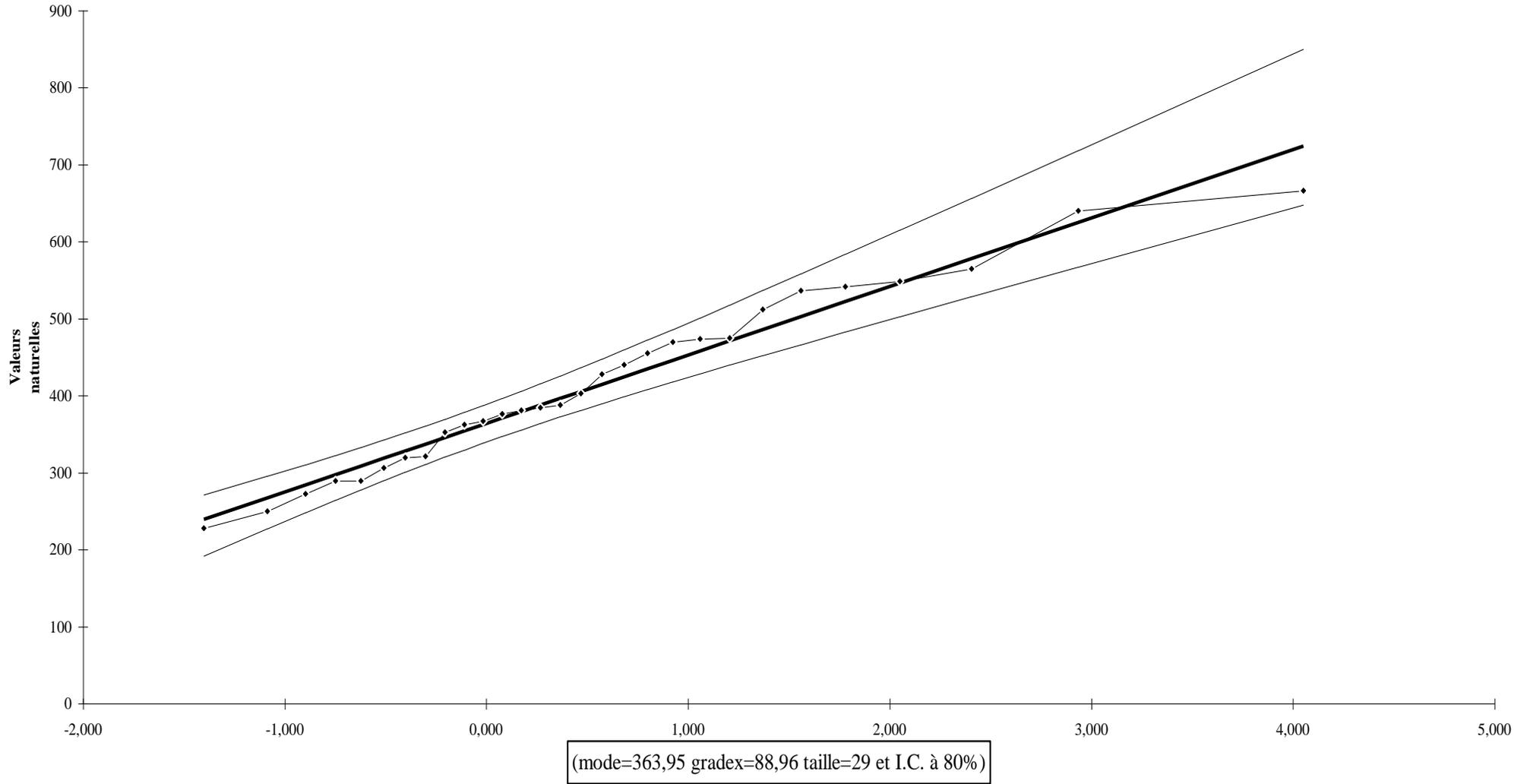
I.C. à (en%)= 80

U Gauss= 1,2817

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
455,1	227,7	1	0,017	-1,401	227,7	239,2937	191,815	271,2052
474,9	249,9	2	0,052	-1,086	249,9	267,3587	227,339	295,5456
306,2	272,7	3	0,086	-0,896	272,7	284,1994	248,272	310,5346
387,9	289,6	4	0,121	-0,749	289,6	297,3353	264,329	322,4976
536,5	289,6	5	0,155	-0,622	289,6	308,5911	277,853	332,9823
319,3	306,2	6	0,190	-0,508	306,2	318,7283	289,816	342,6427
511,8	319,3	7	0,224	-0,402	319,3	328,1485	300,722	351,8305
249,9	321	8	0,259	-0,302	321	337,096	310,874	360,7647
469,7	352,3	9	0,293	-0,205	352,3	345,7353	320,469	369,5975
376,5	362,7	10	0,328	-0,110	362,7	354,1868	329,65	378,4438
362,7	367,3	11	0,362	-0,016	367,3	362,5452	338,527	387,3966
289,6	376,5	12	0,397	0,078	376,5	370,8906	347,187	396,537
367,3	381,2	13	0,431	0,172	381,2	379,2947	355,712	405,9393
272,7	384,4	14	0,466	0,268	384,4	387,8263	364,173	415,6765
565,1	387,9	15	0,500	0,367	387,9	396,5547	372,643	425,8246
384,4	402,8	16	0,534	0,468	402,8	405,5541	381,197	436,4668
548,7	427,7	17	0,569	0,573	427,7	414,9071	389,916	447,6986
289,6	440,3	18	0,603	0,683	440,3	424,7097	398,889	459,6347
227,7	455,1	19	0,638	0,800	455,1	435,0782	408,223	472,4174
541,8	469,7	20	0,672	0,924	469,7	446,1583	418,046	486,2291
473,9	473,9	21	0,707	1,059	473,9	458,1397	428,521	501,3111
440,3	474,9	22	0,741	1,206	474,9	471,2786	439,864	517,9946
381,2	511,8	23	0,776	1,371	511,8	485,9376	452,375	536,7522
427,7	536,5	24	0,810	1,559	536,5	502,6579	466,498	558,2944
321	541,8	25	0,845	1,780	541,8	522,3043	482,938	583,7614
352,3	548,7	26	0,879	2,051	548,7	546,3962	502,926	615,1629
402,8	565,1	27	0,914	2,406	565,1	578,008	528,947	656,5724
666,4	640,1	28	0,948	2,935	640,1	625,0781	567,401	718,5215
640,1	666,4	29	0,983	4,052	666,4	724,3882	647,901	849,8572

Fréquence	U.Gumbel	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,476	321,616	293,182	345,437	321,616	0,20	1,25
0,5	0,367	396,555	372,643	425,825	396,555	0,50	2,00
0,8	1,500	497,383	462,057	551,483	497,383	0,80	5,00

Ajustement à une loi de Gumbel



4-3. Test d'adéquation d'un ajustement :

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

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

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

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N[F(X_i) - F(X_{i+1})] \dots\dots\dots (III-4)$$

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

$$\chi^2 = \sum \frac{n_i - v_i}{v_i} \dots\dots\dots (III-5)$$

$$T = k - 1 - p$$

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition

Donc : $p=2$

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par T

Test de Khi 2 :

- ✓ On calcule χ^2 calculé.
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté T :
- ✓ On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson III (voir tableau III-6 ci après)

Avec : $\chi^2_{\text{théorique}} = g(T, P)$

La loi est adéquate pour une erreur $P = 0.05$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.

4-3-1. Test d'adéquation de l'ajustement à la loi Normale :

Test d'adéquation : Loi Normale

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivant:

Tableau N° III-8. Résultats du test de khi 2 selon hyfran.

$\chi^2_{\text{calculé}}$	5,03
Degrés de liberté	4

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 5,03 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488 \quad \text{Donc l'ajustement est à considérer.}$$

4-3-2) Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale :

Test d'adéquation : Loi log-Normale

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivant:

Tableau N° III-9. Résultats du test de khi 2 selon hyfran.

$\chi^2_{\text{calculé}}$	1,17
Degrés de liberté :	4

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 1,17 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

Donc l'ajustement est à considérer

4-3-3) Test de validité de l'ajustement à la loi Gumbel:

Le test de validité de Khi 2 pour l'ajustement à la loi LOG-Normale est fait par le logiciel Hyfran.

Test d'adéquation : la loi Gumbel:

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivant :

Tableau N° III-10. Résultats du test de khi selon hyfron.

$\chi^2_{\text{calculé}}$	1,66
Degrés de liberté :	4

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 1,66 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

Donc l'ajustement est à considérer

5. Détermination de l'année de calcul :

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

Comme nous sommes dans une région semi aride et que la pratique montre que pour ce type de climat la probabilité de calcul doit être prise entre 75% et 90%.

Nous opterons donc pour l'année de calcul avec une probabilité de 80% et les précipitations

Totales correspondantes $X_{80\%} = 505,70\text{mm}$ le tableau (voir N°III-4.)

L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_{80\%}^{\text{mensuelle}} = P_{\text{moy}}^{\text{mensuelle}} \times \frac{P_{80\%}^{\text{annuelle}}}{P_{50\%}^{\text{annuelle}}}$$

Tableau N°III-11. Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

ANNEE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JIUN	JUIL	AOUT	total annuel
$X_{80\%}$	31,82	26,88	32,44	32,45	30,28	26,56	31,39	26,54	32,25	20,36	8,05	16,59	315,61

6. Conclusion

Ce chapitre on a pu déterminer les caractéristiques statistiques de la série pluviométrique de ma zone d'étude.

Quant à l'ajustement des séries de pluies moyennes annuelles, le test de khi 2 est a considéré pour la loi de log-normale qu'est la plus adéquate graphiquement.

L'utilisation du logiciel tel que l'HYDROLAB, HYFRAN nous a permis l'élaboration des analyses statistiques les plus courantes en hydrologie en économisant du temps.

I-Introduction

Cette partie de l'étude a pour but de déterminer les besoins en eau des cultures toute au long de leur cycle végétatif, Les cultures pour se développer, puisent du sol, l'eau et les éléments nutritifs, la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol ; l'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration, ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures, dans un premiers temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite :

- la connaissance de divers paramètres concernant aussi ; bien la plante elle-même que les données climatiques et pédologiques de la région.
- Les données climatiques donneront les indications concernant les besoins en eau des cultures.
- les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol ; et les données culturales préciseront la réserve en eau facilement utilisable par la plante.

II-Le besoins en eau d'une culture:

Le besoin en eau est défini comme étant le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure a un hectare dans des conditions optimales de sol.

III- L'évapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC) :

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence a sa capacité de rétention En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation.

Donc, c'est l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions : agronomiques, pédologiques, et climatique, donnée par l'expression (VI-1).

$$ET_{\text{culture}}=K_C \times ET_0 \dots\dots\dots (IV-1).$$

K_C : représente le coefficient cultural, dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

IV-Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence :

Les recherches actuelles sur les besoins en eau des cultures agricoles ne sont plus menées dans le seul but d'obtenir des données précises sur chaque plante, mais surtout elles sont orientées vers l'établissement de formules universelles. Elles permettent de calculer rationnellement ces besoins, dans n'importe quelle région du monde.

L'évaluation de l'évapotranspiration de référence se fait par plusieurs méthodes qui sont:

- Méthodes des lysimètres.
- Méthodes des stations expérimentales.
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques, les principales formules de calcul sont :

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

Dans mon travail réalisé, le calcul des besoins en eau des cultures est effectuée à l'aide de logiciel CROPWAT, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M^r Penman et Monteith modifiée.

IV.4. Méthode de M^r Penman et Monteith modifiée :

En Angleterre, précisément en 1948, M^r Penman et Monteith ont proposé une étude de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prend pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montré que la formule telle qu'elle est, n'est pas applicable dans les zones arides ou semi arides de faible humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de M^r Penman et Monteith, modifiée, qui prend en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent compte des conditions météorologiques diurne et nocturne.

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédirait de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaudes et semi arides.

La formule de M^r Penman et Motheit modifiée se présentant comme suite:

$$ET_0 = C \times [W \times R_N + (1 - W) \times F(u) \times (e_a - e_d)] \dots\dots\dots (V-2).$$

Tel que :

ET₀ : représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm /jour.

W : facteur de pondération tenant compte de l'effet de rayonnement a différente température et altitude.

R_n : rayonnement net en évaporation équivalente, exprime en mm/jour.

F(u) : fonction liée au vent.

e_a: tension de vapeur saturante a la température moyenne de l'air, en millibars.

e_d : tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence (e_a-e_d) consiste en facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalise à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT, fonder sur la méthode de M^r Penman et Motheit, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue a Rome en mai 1990.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique, la méthode adoptée emploie les informations homogènes et fiables suivantes :

- Température : Les températures moyennes mensuelles sont données en degré Celsius.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprime en pourcentage %.
- Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ETo calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau IV-1: Evapotranspiration de référence ET₀ calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0

Mois	Temp Moy	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET ₀
	°C	%	km/jour	heures	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	7.4	80	117	5.2	9	0.95
Février	8.3	76	132	6.4	12.3	1.42
Mars	10.3	71	139	7.6	16.6	2.2
Avril	13	70	162	8.1	20	2.99
Mai	18.1	59	148	8.8	22.6	4.15
Juin	22.3	54	168	9.7	24.4	5.19
Juillet	25.8	50	177	10.9	25.8	6.03
Août	26.1	50	171	9.5	22.4	5.57
Septembre	21.7	63	176	8.1	18.1	3.99
Octobre	17.4	70	167	7.3	14.1	2.63
Novembre	12.1	74	191	5.8	10	1.63
Décembre	8.7	79	206	4.9	8.1	1.1
Moyenne	15.9	66	163	7.7	16.9	3.15

V-Calcul de la pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme CROPWAT, nous permet de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.

Tableau IV-2: Les pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT.

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff. (mm)
Janvier	30.3	24.2
Février	26.6	21.3
Mars	31.4	25.1
Avril	26.6	21.3
Mai	32.3	25.8
Juin	20.4	16.3
Juillet	8.1	6.5
Août	16.6	13.3
Septembre	31.8	25.4
Octobre	26.9	21.5
Novembre	32.4	25.9
Décembre	32.5	26
Total	315.9	252.4

VI- Les besoins eau des cultures suivant le calendrier cultural :

L'appréciation des besoins en eau des cultures, par le logiciel CROPWAT, nécessite l'introduction des renseignements ci après :

*Durée des phases de croissance (en jour) : initiale, mi-saison, développement et récolte.

*Coefficients culturaux (K_c) : pour chaque phase de croissance et pour chaque culture.

*Profondeur d'enracinement (P) en (mètre) : deux valeurs sont entrées celle de la phase initiale et celle de la phase plein développement.

*Tariissement admissible (p) du sol, exprime en fraction d'humidités totales disponibles :

C'est le niveau critique de l'humidité du sol a partir du quel le stress du au manque d'eau se fait sentir, affectant l'évapotranspiration et la production de la plante.

*Coefficients de réponse du rendement K_Y : pour estimer les productions dues au stress hydrique, nous devons connaître les différents coefficients de réponse pour chaque phase de croissance.

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = ETP - (P_{eff} + RFU) + D \dots\dots\dots (V-3)$$

Avec :

D : drainage.

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

ETP : évapotranspiration (mm / jour).

RFU : réserve facilement utilisable.

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \dots\dots\dots (V-4)$$

Avec :

Y : degré de tariissement.

D_a : densité apparente.

Z : profondeur d'enracinement mm.

H_{cc} : humidité à la capacité au champ.

H_{pf} : humidité au point de flétrissement.

P_{eff} : pluie efficace

L'irrigation est fait lorsque $B > 0$,

L'irrigation est fait lorsque $B > 0$, (d'après la formule (V-4).

VI-1. L'Evaporation maximale de la culture :

$$ETM = Kc \cdot ETo ; (\text{mm/j}) \dots \dots \dots (V-5)$$

Avec :

Kc: coefficient cultural.

ETo : évapotranspiration de référence.

L'évaluation des besoins nets en eau des cultures se fait par le logiciel CROPWAT 8.0

Tableau IV-3. Besoins en eau d'irrigation d'artichaut.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc (mm/j)	ETc (mm/dec)	Pluie eff mm/dec.	Bes. Irr. mm/dec
Mar	2	Init	0.50	1.09	6.6	5.2	2.2
Mar	3	Init	0.50	1.23	13.5	8.2	5.3
Avr	1	Init	0.50	1.36	13.6	7.3	6.3
Avr	2	Init	0.50	1.49	14.9	6.7	8.1
Avr	3	Crois	0.52	1.76	17.6	7.4	10.3
Mai	1	Crois	0.61	2.29	22.9	8.5	14.4
Mai	2	Crois	0.70	2.90	29.0	9.3	19.7
Mai	3	Crois	0.79	3.56	39.2	8.0	31.2
Jui	1	Mi-sais	0.86	4.14	41.4	6.5	34.9
Jui	2	Mi-sais	0.86	4.44	44.4	5.4	38.9
Jui	3	Mi-sais	0.86	4.68	46.8	4.3	42.5
Jui	1	Mi-sais	0.86	4.98	49.8	2.8	47.1
Jui	2	Mi-sais	0.86	5.25	52.5	1.4	51.1
Jui	3	Mi-sais	0.86	5.09	56.0	2.4	53.6
Aoû	1	Mi-sais	0.86	4.96	49.6	3.5	46.1
Aoû	2	Mi-sais	0.86	4.86	48.6	4.2	44.4
Aoû	3	Mi-sais	0.86	4.38	48.2	5.6	42.5

Sep	1	Mi-sais	0.86	3.87	38.7	7.6	31.1
Sep	2	Mi-sais	0.86	3.42	34.2	9.2	24.9
Sep	3	Mi-sais	0.86	3.03	30.3	8.5	21.7
Oct	1	Mi-sais	0.86	2.64	26.4	7.4	19.0
Oct	2	Mi-sais	0.86	2.25	22.5	6.8	15.6
Oct	3	Mi-sais	0.86	1.96	21.6	7.4	14.1
Nov	1	Mi-sais	0.86	1.68	16.8	8.3	8.5
Nov	2	Mi-sais	0.86	1.39	13.9	8.8	5.1
Nov	3	Mi-sais	0.86	1.24	12.4	8.7	3.6
Déc	1	Mi-sais	0.86	1.09	10.9	8.7	2.2
Déc	2	Mi-sais	0.86	0.94	9.4	8.7	0.7
Déc	3	Mi-sais	0.86	0.90	9.8	8.5	1.3
Jan	1	Mi-sais	0.86	0.85	8.5	8.3	0.2
Jan	2	Mi-sais	0.86	0.81	8.1	8.1	0.0
Jan	3	Mi-sais	0.86	0.94	10.4	7.8	2.6
Fév	1	Arr-sais	0.86	1.07	10.7	7.2	3.5
Fév	2	Arr-sais	0.84	1.19	11.9	6.8	5.1
Fév	3	Arr-sais	0.82	1.37	11.0	7.3	3.7
Mar	1	Arr-sais	0.80	1.55	14.0	7.4	5.8
					915.7	248.4	667.3

Tableau IV-4. Besoins en eau d'irrigation des céréales.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	1	Init	0.70	1.37	13.7	10.9	2.8
Nov	2	Init	0.70	1.14	11.4	11.6	0.0
Nov	3	Init	0.70	1.02	10.2	11.5	0.0
Déc	1	Crois	0.71	0.91	9.1	11.4	0.0
Déc	2	Crois	0.73	0.80	8.0	11.4	0.0
Déc	3	Crois	0.75	0.79	8.7	11.2	0.0
Jan	1	Crois	0.77	0.77	7.7	10.9	0.0
Jan	2	Crois	0.79	0.75	7.5	10.7	0.0
Jan	3	Crois	0.82	0.90	9.9	10.2	0.0
Fév	1	Crois	0.84	1.06	10.6	9.5	1.1
Fév	2	Crois	0.86	1.22	12.2	8.9	3.2
Fév	3	Crois	0.88	1.47	11.8	9.6	2.2
Mar	1	Crois	0.89	1.73	17.3	10.8	6.6
Mar	2	Crois	0.91	2.01	20.1	11.5	8.7
Mar	3	Crois	0.94	2.30	25.3	10.7	14.6
Avr	1	Crois	0.96	2.61	26.1	9.5	16.5
Avr	2	Mi-sais	0.98	2.92	29.2	8.8	20.4
Avr	3	Mi-sais	0.98	3.32	33.2	9.6	23.6
Mai	1	Mi-sais	0.98	3.70	37.0	11.2	25.8
Mai	2	Mi-sais	0.98	4.09	40.9	12.2	28.7
Mai	3	Arr-sais	0.98	4.40	48.4	10.5	37.9
Jui	1	Arr-sais	0.80	3.88	38.8	8.5	30.2
Jui	2	Arr-sais	0.56	2.88	28.8	7.1	21.7

Jui	3	Arr-sais	0.34	1.84	14.7	4.6	9.0
					480.6	243.0	253.0

Tableau IV-5. Besoins en eau d'irrigation des pommes de terre.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jan	1	Init	0.50	0.50	5.0	8.3	0.0
Jan	2	Init	0.50	0.47	4.7	8.1	0.0
Jan	3	Crois	0.58	0.64	7.1	7.8	0.0
Fév	1	Crois	0.73	0.92	9.2	7.2	2.0
Fév	2	Mi-sais	0.87	1.23	12.3	6.8	5.5
Fév	3	Mi-sais	0.92	1.54	12.3	7.3	5.0
Mar	1	Mi-sais	0.92	1.78	17.8	8.2	9.6
Mar	2	Mi-sais	0.92	2.02	20.2	8.7	11.4
Mar	3	Arr-sais	0.85	2.07	22.8	8.2	14.6
					111.2	70.5	48.1

Tableau IV-6. Besoins en eau d'irrigation du maïs.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Avr	1	Init	0.30	0.81	8.1	7.3	0.8
Avr	2	Init	0.30	0.89	8.9	6.7	2.2
Avr	3	Crois	0.41	1.38	13.8	7.4	6.4
Mai	1	Crois	0.61	2.29	22.9	8.5	14.4
Mai	2	Crois	0.81	3.36	33.6	9.3	24.3

Mai	3	Mi-sais	0.98	4.41	48.5	8.0	40.6
Jui	1	Mi-sais	1.00	4.84	48.4	6.5	41.9
Jui	2	Mi-sais	1.00	5.19	51.9	5.4	46.5
Jui	3	Mi-sais	1.00	5.47	54.7	4.3	50.4
Jui	1	Arr-sais	0.96	5.56	55.6	2.8	52.8
Jui	2	Arr-sais	0.75	4.61	46.1	1.4	44.7
Jui	3	Arr-sais	0.52	3.11	34.2	2.4	31.8
Aoû	1	Arr-sais	0.37	2.15	6.5	1.1	4.7
					433.3	71.1	361.5

Tableau IV-7. Besoins en eau d'irrigation Melon

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	2	Init	0.50	1.09	6.6	5.2	2.2
Mar	3	Init	0.50	1.23	13.5	8.2	5.3
Avr	1	Crois	0.50	1.37	13.7	7.3	6.4
Avr	2	Crois	0.59	1.76	17.6	6.7	10.8
Avr	3	Crois	0.71	2.40	24.0	7.4	16.6
Mai	1	Crois	0.83	3.13	31.3	8.5	22.8
Mai	2	Mi-sais	0.92	3.82	38.2	9.3	28.9
Mai	3	Mi-sais	0.93	4.15	45.7	8.0	37.7
Jui	1	Mi-sais	0.93	4.47	44.7	6.5	38.3
Jui	2	Mi-sais	0.93	4.80	48.0	5.4	42.5
Jui	3	Arr-sais	0.87	4.77	47.7	4.3	43.3

Jui	1	Arr-sais	0.73	4.22	42.2	2.8	39.5
Jui	2	Arr-sais	0.64	3.91	7.8	0.3	7.8
					380.8	79.9	302.0

Tableau IV-8. Besoins en eau d'irrigation des piments poivron.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Avr	2	Init	0.60	1.79	1.8	0.9	1.8
Avr	3	Init	0.60	2.02	20.2	9.6	10.6
Mai	1	Init	0.60	2.26	22.6	11.2	11.4
Mai	2	Crois	0.60	2.49	24.9	12.2	12.8
Mai	3	Crois	0.66	2.97	32.7	10.5	22.2
Jui	1	Crois	0.75	3.65	36.5	8.5	28.0
Jui	2	Crois	0.84	4.37	43.7	7.1	36.6
Jui	3	Mi-sais	0.91	4.95	49.5	5.7	43.8
Jui	1	Mi-sais	0.91	5.29	52.9	3.6	49.3
Jui	2	Mi-sais	0.91	5.57	55.7	1.8	53.9
Jui	3	Mi-sais	0.91	5.40	59.4	3.2	56.3
Aoû	1	Arr-sais	0.88	5.11	51.1	4.6	46.4
Aoû	2	Arr-sais	0.81	4.57	45.7	5.5	40.2
Aoû	3	Arr-sais	0.76	3.89	7.8	1.3	7.8
					504.6	85.9	421.0

Tableau IV-9. Besoins en eau d'irrigation des pommes de terre.

Phase	Kc	Etc(mm/j)	Etc(mm/dec)	Pluie eff.(mm/dec)	Bes. Irr.(mm/dec)
Init	0.50	0.97	9.7	10.8	0.0
Init	0.50	1.10	11.0	11.5	0.0
Crois	0.53	1.31	14.4	10.7	3.7
Crois	0.70	1.89	18.9	9.5	9.4
Crois	0.86	2.58	25.8	8.8	17.0
Mi-sais	1.00	3.37	33.7	9.6	24.0
Mi-sais	1.01	3.79	37.9	11.2	26.7
Mi-sais	1.01	4.19	41.9	12.2	29.7
Mi-sais	1.01	4.53	49.9	10.5	39.4
Arr-sais	1.00	4.86	48.6	8.5	40.1
Arr-sais	0.91	4.72	47.2	7.1	40.1
Arr-sais	0.78	4.26	42.6	5.7	36.9
Arr-sais	0.66	3.84	30.7	2.9	27.1
			412.3	119.1	294.0

Tableau IV-10. Besoins en eau d'irrigation des sorghos.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc(mm/j)	ETc(mm/dec)	Pluie eff. (mm/dec)	Bes. Irr. mm/dec)
Mai	1	Init	0.30	1.13	1.1	1.1	1.1
Mai	2	Init	0.30	1.24	12.4	12.2	0.3
Mai	3	Crois	0.30	1.37	15.0	10.5	4.5
Jui	1	Crois	0.41	1.99	19.9	8.5	11.4
Jui	2	Crois	0.56	2.91	29.1	7.1	22.0
Jui	3	Crois	0.71	3.88	38.8	5.7	33.1
Jui	1	Mi-sais	0.82	4.76	47.6	3.6	44.0
Jui	2	Mi-sais	0.82	5.04	50.4	1.8	48.6
Jui	3	Mi-sais	0.82	4.89	53.8	3.2	50.6
Aoû	1	Mi-sais	0.82	4.76	47.6	4.6	43.0
Aoû	2	Arr-sais	0.77	4.36	43.6	5.5	38.0
Aoû	3	Arr-sais	0.61	3.13	34.4	7.4	27.0
Sep	1	Arr-sais	0.45	2.05	20.5	10.0	10.5
Sep	2	Arr-sais	0.37	1.48	1.5	1.2	1.5
					415.9	82.5	335.7

Tableau IV-11. Besoins en eau d'irrigation du tabac.

Mois	Décade	Phase	Kc	Etc (mm/j)	Etc (mm/dec)	Pluie eff.(mm/dec)	Bes. Irr. (mm/dec)
Mar	1	Init	0.50	0.97	9.7	8.2	1.5
Mar	2	Init	0.50	1.09	10.9	8.7	2.2
Mar	3	Crois	0.60	1.46	16.0	8.2	7.9
Avr	1	Crois	0.76	2.07	20.7	7.3	13.4
Avr	2	Mi-sais	0.92	2.73	27.3	6.7	20.6
Avr	3	Mi-sais	0.98	3.28	32.8	7.4	25.4
Mai	1	Mi-sais	0.98	3.66	36.6	8.5	28.0
Mai	2	Arr-sais	0.97	4.03	40.3	9.3	31.1
Mai	3	Arr-sais	0.89	4.01	44.1	8.0	36.1
Jui	1	Arr-sais	0.77	3.74	37.4	6.5	30.9
Jui	2	Arr-sais	0.67	3.46	27.7	4.4	22.3
					303.5	83.1	219.3

Tableau IV-12. Besoins en eau d'irrigation des tomates.

Mois	Décade	Phase	Kc	Etc (mm/j)	Etc (mm/dec)	Pluie eff.(mm/dec)	Bes. Irr.(mm/dec)
Mar	1	Init	0.60	1.16	11.6	10.8	0.9
Mar	2	Init	0.60	1.32	13.2	11.5	1.7
Mar	3	Crois	0.60	1.48	16.3	10.7	5.5
Avr	1	Crois	0.67	1.82	18.2	9.5	8.6
Avr	2	Crois	0.77	2.30	23.0	8.8	14.1
Avr	3	Crois	0.87	2.94	29.4	9.6	19.8
Mai	1	Mi-sais	0.97	3.66	36.6	11.2	25.4
Mai	2	Mi-sais	1.01	4.19	41.9	12.2	29.7
Mai	3	Mi-sais	1.01	4.54	49.9	10.5	39.5
Jui	1	Mi-sais	1.01	4.89	48.9	8.5	40.4
Jui	2	Mi-sais	1.01	5.24	52.4	7.1	45.2
Jui	3	Arr-sais	0.98	5.35	53.5	5.7	47.8
Jui	1	Arr-sais	0.87	5.04	50.4	3.6	46.8
Jui	2	Arr-sais	0.75	4.61	46.1	1.8	44.3
Jui	3	Arr-sais	0.68	4.02	12.1	0.9	10.5
					503.4	122.5	380.2

Tableaux IV-13. Tableau récapitulatifs des besoins d'irrigation des cultures:

	Janvier	février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
artichaut	2.8	12.3	5.8	24.7	65.3	116.3	151.8	133	77.7	48.7	17.2	4.2
blé	0	6.5	29.9	60.5	92.4	60.9					2.8	0
HARICOT VERT	0	12.5	35.6	32.2	28.1	15						
MAIS				9.4	79.3	138.8	129.3	4.7				
MELON			7.5	33.8	89.4	124.1	47.3					
PIMONT POIV				12.4	46.4	108.4	205.3	94.4				
POMME DE TER			3.7	50.4	95.8	117.1	27.1					
SORGHO					5.9	66.5	143.2	108	12			
TABACO			11.6	59.4	95.2	53.2						
TOMATE			8.1	42.5	94.6	133.4	101.6					
total	2.8	31.3	102.2	325.3	692.4	933.7	805.6	340.1	89.7	48.7	20	4.2

Tableaux IV-14. Tableau récapitulatifs des besoins d'irrigation des cultures:

A S S O L E M E N T	surface en (%)	surface en (ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m3 / ha)	Efficienc (%)	Besoins en eau brut (m³ / ha)	Besoins bruts totaux (m³)
POMME DE TERRE	14.1	51.7893	294	2940	0.75	3920.0	203014.06
ARTICHAUX	7	25.711	667.3	6673	0.75	8897.3	228759.34
BLE	28.7	105.4151	253	2530	0.75	3373.3	355600.27
SORGHO	15.4	56.5642	335.7	3357	0.75	4476.0	253181.36
TABACO	4.3	15.7939	219.3	2193	0.75	2924.0	46181.36
PIMONT POIVRON	7.1	26.0783	466.9	4669	0.75	6225.3	162346.11
TOMATE	11.4	41.8722	380.2	3802	0.75	5069.3	212264.14
HARICOT VERT	9.2	33.7916	48.1	481	0.75	641.3	21671.68
MELON	0.8	2.9384	302	3020	0.75	4026.7	11831.96
MAIS	2	7.346	361.5	3615	0.75	4820.0	35407.72
T O T A L	100	367.3					1530258

Donc le volume total nécessaire du périmètre est **1530258 m³** pour toute l'année. Le volume nécessaire mois de pointe juillet est: **295878.51 m³**.

VII-Débits spécifique:

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ces débits spécifiques sont définis par la formule [V-10] et permettront de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude.

$$q = \frac{B * 10^4}{T * t * K} \dots\dots\dots [V-8]$$

Tels que :

B : Besoins mensuels maximum net en mm.

T : nombre de jour d'irrigation =30jours.

t : temps du travail =24h=86400s.

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation = 0.75.

$$q = \frac{205.3 * 10^4}{30 * 86400 * 0.75} = 1.056 \text{ (l/s/ha)} < 1.5 \text{ (l/s/ha)}$$

VIII- Débits caractéristiques:

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système d'irrigation collectif devra fournir au niveau du périmètre, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir formule [V-11].

$$Q = q * F \dots\dots\dots [V-9].$$

Avec :

Q : Débit caractéristique en (l/s).

q : Débit spécifique de pointe du modèle le plus exigeant en (l/s/ha).

F : Surface agricole utile du secteur en (ha).

Pour le secteur $Q = 1.05 \times 367.3 = 388 \text{ l/s}$.

IX-Conclusion:

A partir de Cette partie de l'étude on a déterminer les besoins des cultures du mois de pointe pour pouvoir déterminer le débit spécifique sur le quel on se base pour dimensionné notre réseau d'irrigation ; est ainsi le volume nécessaire pour le mois de pointe apporter pour les différentes cultures calculer à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, et on a calcule les besoins nets car ils peuvent nous indique si la quantité d'eau est suffisante ou pas .

Donc les calculs permettent de confirmer que le volume d'eau stocké au niveau de la retenue est suffisant pour l'irrigation de notre périmètre. Se qu'est le cas avec le barrage de foug el khanga qui a une capacité de 150 Hm^3 ;

INTROUCTION :

Le réseau collectif de distribution d'eau est essentiellement constitué par des Canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différentes exploitations agricoles par L'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages.

Le développement de ces réseaux de distribution par les conduites sous pression est lié Principalement, à la rationalisation de la ressource en eau et particulièrement la généralisation

Des méthodes d'irrigation modernes.

C'est dans ce contexte que notre attention dans ce chapitre s'est accentuer sur L'optimisation du réseau de distribution d'irrigation sous pression.

VI-1. Modalités de distribution

VI-1-1 .L'irrigation à la demande :

Cette technique (choisie de notre périmètre) laissant le choix à l'agriculteur d'utiliser sa propre borne (prise) d'irrigation en temps opportun. C'est le mode le plus couramment retenu, néanmoins, très complexe, car les appels de débits sont totalement aléatoires.

La Modalités de distribution retenue est l'irrigation à la demande.

VI-1-2.L'irrigation au tour d'eau :

C'est un mode de dessert spécifique et très rigide, il en existe deux types :

-Avec un tour d'arrosage, à module fixe et uniforme sur tout le réseau, chaque irrigant pourra irriguer au cours d'un tour d'eau, pendant une durée proportionnelle à la surface irriguée.

-Avec un tour d'arrosage à module variable sur tout le réseau : dont les conduites de desserte sont calculées de manière à obtenir un fonctionnement continu au cours du tour d'eau et en fonction de la surface irriguée.

L'inconvénient de ce mode, est le respect de tour d'arrosage, qui nous mène à concevoir un organisme de contrôle. Pour apporter une solution adéquate à ce problème, nous devons prévoir deux modalités :

VI- 1-2-1.Tour d'arrosage à la borne :

Chacune des bornes du réseau reçoit un débit correspondant au débit fictif continu des superficies irriguées qu'elles desservent. Ce débit constitue alors, le

module qui est utilisé successivement par les différentes prises de la borne et pendant des durées proportionnelles aux superficies desservies. Chaque borne est équipée d'un limiteur de débit commun aux différentes prises.

VI-1-2-2. Tour d'arrosage à l'antenne :

Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles lors de l'application des modalités précédentes, pourront être trop faibles, d'où l'option de regrouper plusieurs bornes sur une seule antenne donnée. Le débit fictif continu relatif aux superficies irriguées, desservies par cette antenne, constituera le module d'irrigation, successivement délivré aux différentes prises de l'antenne.

Dans le cadre de notre projet, on adopte une distribution d'eau d'irrigation à la demande, caractérisée par une souplesse, en laissant l'irrigant utiliser selon sa convenance sa prise d'irrigation.

VI-2. Calcul des débits des tronçons:

VI-2-1. la méthode :

Dans le cas de la distribution à la demande le débit affecté à chaque prise est supérieur au débit fictif continu qui lui est nécessaire. Ce qui va engendrer des débits énormes si on procède par sommation pour le calcul des débits à transiter par les différents tronçons du réseau de distribution. Pour cela on va utiliser la méthode de réseau ramifié avec un conduit télescopique.

VI-3. Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution :

Ayant déterminé les débits de pointe à transiter. On est amené à calculer les diamètres des canalisations satisfaisant aux conditions techniques et donnant le coût minimum. Pour ce faire, on doit disposer des données suivantes :

- Tracé du réseau, donc longueur de chaque tronçon.
- Débit à transiter pour chaque tronçon.
- Conditions aux limites aval, c à d côtes piézométriques minimum à assurer.
- Condition à la limite amont, côte piézométriques disponible à l'entrée du réseau.
- Vitesse minimum et maximum admises dans les tuyaux.

VI- 4-1.Calcul Des Diamètres:

Ayant ainsi déterminé les débits de canalisations à transmettre pour chaque îlots, pour suit on fait la détermination des diamètres, pour ce la on utilise la formule suivante:

$$\mathbf{D} = \sqrt{\frac{\mathbf{4 * Q}}{\mathbf{\Pi * V}}} \dots\dots\dots(\text{VI-1})$$

Au début on va fixe la vitesse en 1,1 m/s, dans ce cas on a déterminé le calcul de diamètre il faut normalise les résultats en fonction de la dimension commercial des conduites.

Puis on corrige la vitesse.

$$\mathbf{V} = \frac{\mathbf{4 * Q}}{\mathbf{\Pi * D^2}} \dots\dots\dots(\text{VI-2})$$

Les calculs hydrauliques et la représentation du réseau de distribution sont regroupé dans ANNEXE 2

VI-4-2.La vitesse admissible :

La fixation d'un seuil minimum de vitesse admissible dans les conduites, ne correspond pas véritablement à un impératif technique et n'a pour objectif, que l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum envisagé, pour transiter un débit donné .Ceci nous permettra d'accélérer le calcul d'optimisation. Par contre, la fixation d'un seuil maximum de vitesse tolérée correspond à un compromis entre :

- La recherche d'économisée le coût d'investissement.
- Les risqué de corrosion.

En général dans le projet d'irrigation on prend la vitesse entre (0,5-2) m/s.

VI-4-3. Calcul des pertes de charges

a) pertes de charge linéaires :

Pour un tronçon donné, les pertes de charge linéaires dépendent de:

- diamètre D de la conduite en (m);
- débit Q en (m³/s);
- la rugosité absolue ξ exprimée en mm;
- la longueur du tronçon L en (m).

$$\Delta H_l = I * L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \quad \text{(Formule de Darcy-Weisbakh)}$$

V: vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).

ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m)

I: gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \text{Log} \left(\frac{\varepsilon}{3,7 * D} + \frac{2,51}{R_e * \sqrt{\lambda}} \right) \dots \dots \dots \text{(VI-3)} \quad \text{(Formule}$$

Colebrook) .

R_e : Nombre de Reynolds ;

$$R_e = \frac{V * D}{\nu} \dots \dots \dots \text{(VI-7)}$$

V : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

ν : viscosité cinématique de l'eau (10⁻⁶ m²/s).

ε : Rugosité absolue de la conduite

ξ : Rugosité absolue ; 0,046 mm. (Conduite en acier)

b) Pertes de charge singulières :

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite

(Coude, vannes, clapets,.....) Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires pour une adduction ou conduite longue.

$$\Delta H_s = 0,1 * \Delta H_l$$

c) Pertes de charge totales (ΔH_t) :

Ce sont la somme des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières, alors:

$$\Delta H_t = \Delta H_l + \Delta H_s \Leftrightarrow \Delta H_t = \Delta H_l + 0,1 * \Delta H_l$$
$$\Rightarrow \Delta H_t = 1,1 * \Delta H_l$$

La pression minimale de service d'irrigation à la parcelle dans notre périmètre est basée à l'irrigation par aspersion ($P_{\min}=4\text{bars}$).

VI-5. Les équipements du réseau de distribution

VI-5-1. Les équipements de contrôle des conduites

VI-5-1-1. Les vannes :

Leur utilité dans les réseaux d'irrigation est d'isoler les appareils placés en dérivation sur le réseau (ventouses, clapet d'entrée d'air, soupapes de décharge...), de réaliser les ouvrages de vidange des conduites et d'isoler des parties du réseau sur lesquelles il sera possible d'intervenir (réparation ou réalisation d'un piquage) sans faire arrêter complètement le réseau d'irrigation

Pour bien équiper notre réseau, conformément aux normes, tout groupe de dizaine de bornes sera équipé d'une vanne de sectionnement en tête. Il en sera de même pour toute borne isolée qui sera dotée d'une vanne de sectionnement en tête, sauf dans le cas où la canalisation reliant la conduite secondaire à la borne est inférieure à 50m la vanne sera placée près de la borne.

Pour le sectionnement des conduites ; on utilise deux types de vannes, vanne à opercule à cage ronde pour les diamètres supérieur à 300mm et des vannes à papillon pour les diamètres plus importants.

5.1.2- Les ventouses :

Elles sont destinées à évacuer les poches d'air et sont placées aux points hauts systématiquement entre deux vannes.

Le choix de la ventouse est fait directement en fonction du diamètre de la conduite selon les correspondances ci-après :

Tableau N°6.1:diamètre des ventouses adapte à la canalisation

Diamètre conduite (en mm)	Type de ventouse (en mm)
$D < 500$	D 80
$600 < D < 900$	D 100
$900 < D < 1200$	D 150
$D > 1200$	D 200

VI-5-1-3. Les bornes d'irrigation :

La borne d'arrosage constitue un appareil compact, plus particulièrement étudié pour les réseaux fonctionnant à la demande et cumulant plusieurs fonctions, l'arrêt ou mise en service de la borne, desserte à un ou plusieurs usagers disposant chacun d'une prise individuelle, régulation de la pression, limitation du débit prélevé par chaque prise à la valeur maximale affectée à l'usager par conséquent comptage des volumes débités par chaque prise et en fin la protection contre le gel.

VI-5-1-4. vidange :

Elles ne sont envisagées que pour les diamètres supérieurs à 200 mm. Pour les branches extrêmes de petit diamètre les vidanges seront faites par pompage ou par des bornes placées à des points bas.

VI-5-1-5. Soupapes de décharge anti-bélier :

Elles Sont utilisées pour contrecarrer les coups de bélier ayant pour origine les fermetures des vannes (vanne de garde des bornes, vannes de sectionnement et de vidange), ce qui engendre des surpressions. Les

soupapes de décharge sont constituées d'un orifice relié à la conduite à protéger et obturé par un organe mobile (la soupape) sur lequel s'exerce deux forces, une due à la pression de l'eau s'exerçant sur l'une des faces, l'autre à une force antagoniste due à un ressort taré sur l'autre face. Lorsque la pression de la conduite dépasse la valeur de réglage de l'appareil, la soupape s'ouvre et évacue une partie du débit de la conduite en faisant ainsi chuter la pression.

VI-5-2. Schémas des différents équipements :



Figure N°6.1: Les vannes de sectionnement.



Figure N°6.2: Ventouse.

Figure N°6.3: borne d'irrigation.

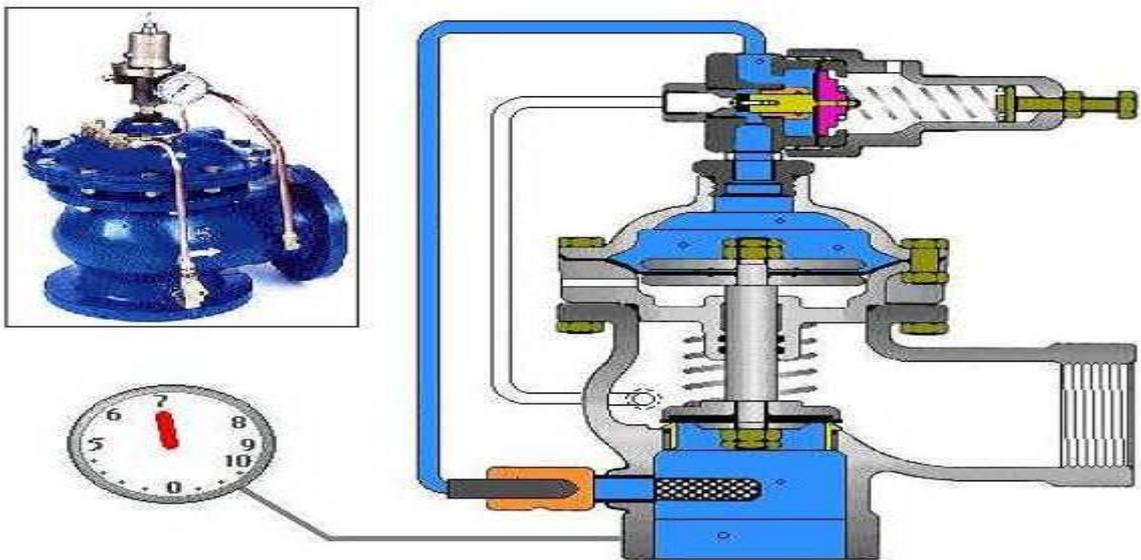


Figure N°6.4: Soupape de décharge anti-bélier

VI-6. Protection anti- bélier :

Le coup de bélier étant un cas particulier du régime transitoire, est un phénomène oscillatoire qui se manifeste dans les conduites entre deux régimes permanents.

On entend aussi sous le terme « coup de bélier » un écoulement non permanent du liquide accompagné de variations pratiquement sensibles de la pression qui peuvent devenir dangereuses pour la tuyauterie. Ces variations résultent d'une perturbation des conditions permanentes d'écoulement.

C'est le nom que l'on donne à une onde de choc hydraulique, lorsqu'un liquide non compressible comme l'eau, est stoppé net dans une canalisation. Autrement dit, c'est l'arrêt brutal de la circulation de l'eau.

Dans notre étude, on est appelé à protéger la conduite **gravitaire et refoulement** contre ce phénomène.

VI-6-1. Protection de la conduite gravitaire contre le coup de bélier

VI-6-1-1. Calcul de la célérité d'ondes :

La célérité est la vitesse de propagation des ondes .Elle est donnée par la formule d'ALLIVI :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \text{ (m/s) } \dots\dots\dots \text{ (VI-8)}$$

Où D : diamètre intérieur de la conduite en (m).

E : épaisseur du tuyau en (m).

K : coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation.
(Hydraulique urbaine -Tome II)

K= 0.5 pour l'acier.

K= 1 pour la fonte.

K= 5 pour le plomb et le béton.

$K= 33$ pour le PVC.

VI-6-1-2. Valeur numérique du coup de bélier :

Le coup de bélier est étudié pour le cas suivant :

- Cas de la fermeture brusque :

La valeur numérique du coup de bélier :

$$B = \frac{aV_0}{g} \text{ (m)(VI-9)}$$

Où V_0 : vitesse moyenne d'écoulement (m/s).

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

Le résultat de calcul sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N°6.2: Calcul Du Coup De Bélier

Adduction	D (mm)	L (m)	e (mm)	K	a (m/s)	V_0 (m/s)	Hg (m)	B (m)	H_{max} (m)	H_{min} (m)
barrage- Station de pompage	450	500	3	0.5	891,57	2.44	12	221.76	233.76	209.76

VI-6-2. Protection de la conduite du refoulement contre le coup de bélier [1]

VI-6-2-1. Calcul simplifié d'un réservoir d'air:

Exemple : refoulement station de pompage – Réservoir de distributi

Le calcul est basé sur l'abaque de **VIBERT** qui donne le volume U_0 de l'air contenu dans la cloche sous un régime de marche à la vitesse V_0 .

En marche normale les caractéristiques de l'air dans le réservoir sont données par Z_0, Z_{min} et Z_{max} .

Z_0 : pression de service absolue (hauteur manométrique total de refoulement +10 m).

$$Z_0 = H_{MT} + 10$$

Z_{\min} : pression absolue relative à la dépression.

Z_{\max} : pression absolue relative à la surpression.

L'expression donnant U_0 est la suivante :

$$U_0 = \frac{V_0^2}{2gZ_0} \cdot \frac{LS}{f(Z/Z_0)} \dots\dots\dots(VI-10)$$

U_0 : volume de l'air en m^3 .

V_0 : Vitesse d'écoulement m /s.

L : longueur de la conduite en m.

S : section de la conduite en m.

Pour notre cas : $S=0.785m^2$.

La charge statique absolue :

$$Z_0 = H_{MT} + 10 = 137,12 + 10 = 147,12 \text{ m.}$$

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g} = 0.044 \text{ m} \quad \text{et} \quad \frac{h_0}{z_0} = 2,97 * 10^{-4}$$

La charge maximale absolue :

$$Z_{\max} = PN(20) + 10$$

PN : pression nominal de la conduite.

Pour PN=10bar :

$$Z_{\max} = 200 + 10 = 210 \text{ m.}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Z_{\max}}{Z_0} = 210/147,12 = 1,43m \\ \frac{h_0}{z_0} = 2,97 * 10^{-4} m \end{array} \right.$$

-Abaque de VIBERT $\Rightarrow \frac{U_0}{LS}; \frac{Z_{\min}}{Z_0}$ (voir Annexe -)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{U_0}{LS} = 6,5 * 10^{-3} \Rightarrow U_0 = L.S.5,5 * 10^{-3} = 841,35 * 0,785 * 6,5 * 10^{-3} = 4,29m^3 \\ \text{Et } \frac{Z_{\min}}{Z_0} = 0,75 \end{array} \right.$$

$$U_0 * Z_0 = U_{\max} * Z_{\min} \Rightarrow U_{\max} = \frac{U_0}{\frac{Z_{\min}}{Z_0}} = 5,72m^3$$

$U_f=5720$ litres.

Remarque :

La méthode de VIBERT est une méthode graphique simplifiée de détermination du volume d'air ; et on a la choisie parce qu'elle est valable pour les petites installations (comme notre cas). Pour éviter et limiter un peu le risque du coup de bélier sur la conduite de refoulement, il faut bien dimensionner le réservoir anti- bélier, ainsi que le dimensionnement correct de la conduite de refoulement c'est à dire :
Tenir compte de la valeur majeure du coup de bélier

6.2.2- Installation du réservoir d'air :

Vu les dimensions du réservoir d'air, ce dernier sera installé à l'extérieur du bâtiment de la station de pompage afin de réduire l'encombrement à l'intérieur de la salle des machines et de gagner sur son génie civil.

Conclusion :

Dans le cadre de ce projet le périmètre est découpé en 127 îlots d'irrigation du périmètre

Avec une taille moyenne de 10,53 ha pour équiper 1336.55 ha.

Le réseau de distribution est sous pression, et la desserte est à la demande, d'où la valeur élevée des débits à transiter par les différents tronçons du réseau.

Le modèle que nous avons proposé pour schématiser le phénomène d'appel des débits

Dans une telle desserte est basé sur la loi de débit, dans laquelle, les débits affectés à

Chaque prise sont fonction de la ouverture simultanée (cas le plus défavorable).

CONCLUSION GENERALE :

L'objectif de ce mémoire de fin d'étude, est dimensionner le périmètre d'irrigation de **Kasr Sbahi** (adduction et distribution) dans le but d'assurer un bon recouvrement du périmètre par réseau d'irrigation d'une façon uniforme et économique, et assuré une qualité d'irrigation pour satisfaire le client c'est le plus important, et pour garantir un bon rendement de récolte sur court, moyen et long terme.

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat semi-aride; et l'analyse du sol nous donne un sol moyenne, pas salé avec une quantité de matière organique moyenne ; et assez perméable.

L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul. Et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisée à une salinité moyenne.

Suivant les facteurs qui caractérisent la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatique et agro pédologiques.

La détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de **Penman**.

À la fin de ce travail on a arrivé à :

1-Projeter une conduite d'adduction gravitaire de diamètre DN450 sur une longueur de **500m** transportant un débit de **0.388m³/s**.

2-Dimensionner une station de pompage contenant une HMT=137.12m et un débit de **0,411m³ /s**.

3-Projeter une conduite de refoulement de diamètre DN1000 avec une longueur **841.45m**, transportant un débit de **0,411m³/s**.

4-Dimensionner un réservoir de distribution d'eau d'irrigation de volume 1500m³.

5-Projeter et dimensionner un réseau collectif ramifié sous pression, avec des diamètres allant de 90mm à 650mm.

La simulation du fonctionnement hydraulique du réseau a été faite par le logiciel **epanet**.

Bibliographie :

Ammar, H. (2005) Diagnostic des pratiques de l'irrigation par les techniques de la micro-irrigation et de l'aspersion (Cas du périmètre de la Mitidja ouest tranche II). Mémoire de fin d'étude, ENSH ,Blida

CARLIER, M. Hydraulique générale et appliquée .Edition Eyrolles, **1972.** Paris.

CROPWAT- Un logiciel pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation. **CLEMENT, R. GALAND, A.** Irrigation par aspersion et réseau collectifs de Distribution sous pression, **1979.**

DUPONT, A. Hydraulique urbaine, Tome II. Edition Eyrolles, **1977.** Paris. **HYDROLAB-** Un logiciel pour l'étude hydrologique. **SALAH, B.** Polycopie d'Alimentation en Eau Potable, 1994. ENSH. BLIDA.

TOUIBIA, B. Manuel Pratique 'Hydrologie,**2004.**

SITOGRAFIE :

[Http ://www, fao.org/](http://www.fao.org/)

[www.memento irrigation.com](http://www.memento.irrigation.com)

www.memoirenligne.com

www.hydrauforum.fr