

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdallah-

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage**

**THEME :**

**ETUDE D'UN PERIMETRE D'IRRIGATION DE  
160 HECTARES A LA COMMUNE DE SEDRATA  
AIN SFA  
(W. SOUK-AHRAS)**

**Présenté par :**

**M<sup>r</sup> AHMEDCHAOUCH ABDELGHANI**

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> T. KHETTAL</b>	<b>MC.A</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup> O. AZIEZ</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> D. DJOUDAR</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> D. KOLIAI</b>	<b>Ing en chef</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>me</sup> S. LEULMI</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> M. MESSAHEL</b>	<b>MC.B</b>	<b>Promoteur</b>

**Septembre 2013**

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALESUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdallah-

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage**

**THEME :**

**ETUDE D'UN PERIMETRE D'IRRIGATION DE  
160 HECTARES A LA COMMUNE DE SEDRATA  
AIN SFA  
(W. SOUK-AHRAS)**

**Présenté par :**

**M<sup>r</sup> AHMEDCHAOUCH ABDELGHANI**

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> T. KHETTAL</b>	<b>MC.A</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup> O. AZIEZ</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> D. DJOUDAR</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> D. KOLIAI</b>	<b>Ing en chef</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> S. LEULMI</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> M. MESSAHEL</b>	<b>MC.B</b>	<b>Promoteur</b>

**Septembre 2013**

## *∞ Remerciement ∞*

*Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs remerciements :*

*\* Mes parents pour leur grand plaisir.*

*\* Aux membres de jury qui auront à juger et à apprécier ce travail :*

*- T. KHETTAL*

*- O. AZIEZ*

*- D. DJOUDAR*

*- D. KOLIAI*

*- S. LEULMI*

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

*\* A mon promoteur Monsieur MESSAHEL .Mekki pour ces conseils et ses consultations qui m'ont tout aidé a la réalisation de mon travail*

*\* Je tiens aussi a remercier mes amis qui ma aidé pendant la réalisation de projet.*

## ❧ Dédicaces ❧

*Je dédie ce modeste travail :*

❖ *A ma mère qui n'a pas cessé de me prodiguer.*

❖ *A tout mes enseignants*

❖ *A tous mes frères Yazid, Noureddine, Ahcen et Wassila.*

❖ *A toute ma famille.*

❖ *A tout(s) (tes) mes amis (s) (es).*

❖ *Et j'offre mes dédicaces pour tous mes amis : Abdelfetah, Hichem,*

*Frendi, Nadir, Noureddine, Allal, Salah, et tous les collègues*

*Et les étudiant (s),(es).*

## ملخص:

لقد قمنا في هذا العمل بدراسة عامة حول المنطقة التي سننجز فيها مشروعنا. هذا العمل يندرج في إطار دراسة و متابعة إستغلال مساحة مسقية، تقع بدائرة سدراتة، (ولاية سوق اهراس)، 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, nous allons faire une étude générale sur la région où nous réaliserons notre projet.

Le but consiste à projeter un réseau d'irrigation par le système goutte à goutte et l'aspersion sur une parcelle située au secteur de la daïra de SADRATA (Wilaya de SOUK AHRAS); pour cela il faut déterminer l'évapotranspiration ETP, les besoins en eau d'irrigation pour chaque culture de cette région.

En fin, une estimation du devis estimatifs et quantitatifs est nécessaire pour évalué le coût total de notre projet.

## *Abstract*

Through this work we conducted a general study on the area where we will carry out our project. Thus, the goal of this study consists in projecting a network of irrigation by the system drop by drop and aspersion on a piece located at the Daira of SADRATA,(W-SOUK AHRAS).For that it is necessary to determine evaporation ;the needs in water for irrigation for each culture which is already established. In the end, we made an estimation of the total of our project .

# Sommaire

Titre .....	Page
Introduction générale.....	01

## Chapitre I: Analyse des conditions naturelles

<b>I -DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE .....</b>	<b>03</b>
<b>I -1. Situation du périmètre d'irrigation.....</b>	<b>03</b>
<b>I-2.Situation Socio-Economique.....</b>	<b>04</b>
<b>I-2.1.Superficies de la commune.....</b>	<b>04</b>
<b>I-2.2.Population.....</b>	<b>04</b>
<b>I-3. Etude Climatique .....</b>	<b>06</b>
<b>I-3.1 Station Climatique.....</b>	<b>06</b>
<b>I-4. Climat de la zone d'étude .....</b>	<b>07</b>
<b>I-4.1 Température de l'air.....</b>	<b>07</b>
<b>I-4.2. Humidité relative .....</b>	<b>09</b>
<b>I-4.3. Vitesse du vent .....</b>	<b>10</b>
<b>I-4.4. Évaporation et Évapotranspiration.....</b>	<b>10</b>
<b>I-4.5. Ensoleillement .....</b>	<b>11</b>
<b>I-4.6. Les précipitations .....</b>	<b>11</b>
<b>I-4.7. Les phénomènes climatiques accidentels .....</b>	<b>14</b>
<b>I-5. Synthèse bioclimatique .....</b>	<b>16</b>
<b>I-5.1. Quotient pluviométrique d'Emberger.....</b>	<b>16</b>
<b>I-5.2. Indice d'aridité de Demartone .....</b>	<b>17</b>
<b>I-4.8. Diagramme Ombre-thermique de F. Bagnouls et H. Gaussen .....</b>	<b>18</b>
<b>I-5. Conclusion .....</b>	<b>20</b>

## **CHAPITRE II : L'ETUDE GEOLOGIQUE ET LES RESSOURCES EN EAU**

<b>II.1. Géologie.....</b>	<b>22</b>
<b>II.2.La géologie régionale et stratigraphie.....</b>	<b>22</b>
<b>II-3- Les ressources en eau pour l'irrigation .....</b>	<b>24</b>
<b>II .3.1. Eaux de surface .....</b>	<b>25</b>

II.3.2 Eaux souterraines.....	26
II.4.Les analyses des eaux .....	26
II.4.1.L'ancienne analyse (14-04-2008).....	29
II.4.2.Les nouvelles analyses (05-02-2013) .....	34
II.5. Problème de salinité et toxicité.....	36
II.5.1. Problème de salinité .....	36
II.5.2. Problème de toxicité .....	36
II.6. Résoudre les problèmes de salinité et de toxicité .....	36
II.7. Contrôle de la qualité de l'eau.....	37
II-8. Conclusion .....	38

### CHAPITRE III : ETUDE AGRO-PEDOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

III-1. AGRO-PEDOLOGI .....	40
III -1-1.Caractéristiques du sol .....	40
III -1-2. Aptitude des sols à l'irrigation.....	41
III -1-3.Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage .....	41
III-1-4- Choix des cultures .....	44
III-1-5- Répartition des cultures.....	45
III-1-6-Assolement.....	45
III-1-7- Choix d'une rotation .....	46
III -2.HYDROLOGIE .....	47
III-2-1. Etudes des précipitations annuelles .....	47
III-2-2-Homogénéité de la série pluviométrique.....	49
III -2-3-Etude de l'échantillon et choix du type de loi .....	50
III -2-3-1.Ajustement à la loi de Gauss.....	51
III-2-3-2.Ajustement à laLOI Log normale.....	52
III-2-3-3. L'adéquation de la série .....	54
III -2-3-4.Détermination de l'année de calcul .....	55
III-3. Conclusion.....	55

## *CHAPITRE IV :BESOIN EN EAU*

<b>IV-1. Introduction .....</b>	<b>57</b>
<b>IV-2.Besoins en eau des cultures .....</b>	<b>57</b>
<b>IV-3. Détermination de l'évapotranspiration et la Pluit efficace.....</b>	<b>58</b>
<b>IV-3-1.L'évapotranspiration .....</b>	<b>58</b>
<b>IV-3-1-1. Calcul de L'ETP selon la méthode de Turc.....</b>	<b>59</b>
<b>IV-3-1-2. Formule de Blaney-Criddle (1950).....</b>	<b>59</b>
<b>IV- 3-2 . La pluie efficace .....</b>	<b>61</b>
<b>IV-4.Dètermination des besoins en eau d'irrigation suivant le calendrier cultural.....</b>	<b>62</b>
<b>IV-4-1. Définition.....</b>	<b>62</b>
<b>IV-4-2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures .....</b>	<b>62</b>
<b>IV-4-2-1. Le besoin d'irrigation nette, B net .....</b>	<b>62</b>
<b>IV-4-2-2. Le besoin d'irrigation brut, B brut .....</b>	<b>63</b>
<b>IV-5. Evaluation du débit de pointe .....</b>	<b>69</b>
<b>IV-6- Conclusion.....</b>	<b>71</b>

## **Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'irrigation**

<b>V-1. Le choix de la technique d'arrosage .....</b>	<b>73</b>
<b>V-1-1. Irrigation gravitaire.....</b>	<b>73</b>
<b>V-1-1-1. l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant) .....</b>	<b>73</b>
<b>V-1-1-2. l'arrosage par infiltration (à la raie) .....</b>	<b>73</b>
<b>V-1-1-3. L'arrosage par submersion.....</b>	<b>73</b>
<b>V-1-1-4. Avantages de l'irrigation par gravité.....</b>	<b>73</b>
<b>V-1-1-5. Inconvénients de l'irrigation par gravité .....</b>	<b>74</b>
<b>V-1-2. Irrigation par aspersion.....</b>	<b>74</b>
<b>V-1-2-1. Avantages de l'irrigation par aspersion.....</b>	<b>74</b>
<b>V-1-2-2. Inconvénients de l'irrigation par aspersion .....</b>	<b>74</b>
<b>V-1-3. Irrigation par apports localisés .....</b>	<b>74</b>
<b>V-1-3-1. Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte) .....</b>	<b>74</b>
<b>V-1-3-2. Inconvénients de l'irrigation localisée ne (goutte à goutte).....</b>	<b>74</b>
<b>V-2. Choix de la technique d'arrosage .....</b>	<b>74</b>

<b>V-3. Projection d'un système d'irrigation par aspersion classique sur une parcelle de céréales .....</b>	<b>75</b>
<b>V-3-1.Détermination du diamètre d'ajutage, du nombre d'asperseur et du nombre de rampes.....</b>	<b>75</b>
<b>V-3- 2 .Dimensionnement des canalisations .....</b>	<b>78</b>
<b>V-3-2-1 calcul des pertes de charge .....</b>	<b>78</b>
<b>V-3-2-2. Diamètre de la conduite d'approche.....</b>	<b>79</b>
<b>V-3-2-3. Diamètre de la rampe .....</b>	<b>80</b>
<b>V-4 : Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée .....</b>	<b>81</b>
<b>V-4-1 : Données générales.....</b>	<b>81</b>
<b>V-4-2 : Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée .....</b>	<b>82</b>
<b>V-4-2-1. Influence du taux de couverture du sol.....</b>	<b>82</b>
<b>V-4-2-2. Réserve facilement utilisable RFU.....</b>	<b>83</b>
<b>V-4-2-3. Pourcentage de sol humidifié.....</b>	<b>83</b>
<b>V-4-2-4. Dose nette .....</b>	<b>83</b>
<b>V-4-2-5. Dose brute .....</b>	<b>83</b>
<b>V-4-2-6 : Fréquence d'arrosage .....</b>	<b>83</b>
<b>V-4-2 -1 :La durée d'arrosage .....</b>	<b>84</b>
<b>V-4-3. Choix des goutteurs dans la zone d'étude et la densité des cultures .....</b>	<b>84</b>
<b>V-4-3-1. Le nombre d'arbre par rampe.....</b>	<b>84</b>
<b>V-2-3-2. Nombre des goutteurs par rampe .....</b>	<b>84</b>
<b>V-4-3-3. Le nombre des rampes .....</b>	<b>84</b>
<b>V-4-3-4. Débit de la rampe .....</b>	<b>84</b>
<b>V-4-3-5. Débit de la porte rampe .....</b>	<b>84</b>
<b>V-4-4. Calcul hydraulique .....</b>	<b>85</b>
<b>V-4-4-1. Débit .....</b>	<b>85</b>
<b>V-4-4-2. Perte de charges .....</b>	<b>85</b>
<b>V-4-4-4. Conditions hydrauliques .....</b>	<b>85</b>
<b>V-4-4-5. Position de porte rampe .....</b>	<b>86</b>
<b>V-5-2-La conduite principale pour le réseau aspersion.....</b>	<b>88</b>
<b>V-6- Conclusion .....</b>	<b>88</b>

## **CHAPITRE VI: Organisation de chantier et l'exploitation des systèmes d'irrigation**

<b>VI-1-Exécution des travaux.....</b>	<b>90</b>
<b>VI-1-1-Exécution de la tranchée .....</b>	<b>90</b>
<b>VI-1-2-Assise de la conduite .....</b>	<b>90</b>
<b>VI-1-3-Pose de la canalisation dans la tranchée .....</b>	<b>90</b>
<b>VI-1-4- Epreuve d'essai de pression .....</b>	<b>90</b>
<b>VI-1-5-Engins nécessaires pour l'exécution des travaux .....</b>	<b>90</b>
<b>VI-2. La Faisabilité Technique Du Projet .....</b>	<b>90</b>
<b>VI-2-1-La ressource en eau .....</b>	<b>91</b>
<b>VI-2-2-La ressource en sols .....</b>	<b>91</b>
<b>VI-2-3-Les conditions climatiques .....</b>	<b>91</b>
<b>VI-2-4-Le facteur humain .....</b>	<b>91</b>
<b>VI-3. L'intérêt Economique Du Projet .....</b>	<b>91</b>
<b>VI-4. Les Impacts Sur L'environnement Et Leurs Incidences .....</b>	<b>92</b>
<b>VI-5. C o n c l u s i o n.....</b>	<b>93</b>
<b>C o n c l u s i o n Générale.....</b>	<b>94</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 : Répartition foncière du périmètre .....	05
Tableau I- 2: caractéristiques des stations climatiques.....	06
TableauI-3:Températuresmoyennes,minimalesetmaximalesmensuelles.....	07
TableauI-4:Humidité relative moyenne mensuelles .....	09
Tableau I-5: la moyenne mensuelle de la vitesse du vent .....	10
Tableau I-6: la moyenne mensuelle de l'évaporation.....	10
Tableau I-7:Insolation moyenne mensuelle .....	11
Tableau I-8: pluie moyenne mensuelle.....	11
Tableau I-9: répartitions saisonnières des précipitations.....	13
Tableau I-10: fréquence mensuelle de neige a la station d'OUM EL BOUAGHI.....	14
Tableau I-11: fréquence mensuelle de grêle à la station d'OUM EL BOUAGHI.....	15
Tableau I-12: fréquence mensuelle de gelée à la station d'OUM EL BOUAGHI.....	15
Tableau I-13: fréquence mensuelle des brouillards à la station d'OUM EL BOUAGHI.....	15
Tableau I-14:fréquence mensuelle des orages à la station d'OUM EL BOUAGHI.....	16
Tableau I-15: fréquence mensuelle de Sirocco à la station d'OUM EL BOUAGHI.....	16
Tableau I-16: Caractéristiques de la station :.....	17
Tableau I-17: Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne :.....	18
Tableau II-1: caractéristiques de la La retenue Collinaire :.....	25
Tableau II-2. Evacuateur :.....	26
Tableau II-3: Directive pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation.....	27
Tableau II-4: Caractéristiques des Eaux d'Irrigation.....	28
Tableau II-5: ancienne analyse du eaux de barrage :.....	29
Tableau II-6 : La minéralisation globale du Barrage:.....	29
Tableau II-7 :ancienne analyse de drain du périmètre :.....	30
Tableau II-8 : La minéralisation globale du drain:.....	30
Tableau II-9 :ancienne analyse de la source :.....	32
Tableau II-10 :La minéralisation globale su source:.....	32

<b>Tableau II-11 :La retenue collinaire (Ain Sfa) .....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau II-12 : La source Ain Sfa et Le drain du périmètre .....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau III-1 : Zones homogènes de mise en valeur et leur superficie occupé.....</b>	<b>41</b>
<b>Tableau III-2 : caractéristique des sols et aptitudes culturales .....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau III-3 : La répartition des sols relative aux cycles culturaux.....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau III-4 : La rotation dans chaque champ.....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau III-5 :Pluies moyennes mensuelles observées à la station de Sedrata :.....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau N° : III -6 : Test d'homogénéité.....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau III-7 :resultats de la simulation :.....</b>	<b>51</b>
<b>Tableau III-8: Ajustement à une loi de Gauss :.....</b>	<b>51</b>
<b>Tableau III-9: Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon :.....</b>	<b>52</b>
<b>Tableau III-10 :Les résultats de l'ajustement par la loi de Log- Normal « Galton » .....</b>	<b>54</b>
<b>Tableau III-11 : Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon :.....</b>	<b>53</b>
<b>Tableau.III-12 :Adéquation par teste de Pearson (<math>X^2</math>) :.....</b>	<b>54</b>
<b>Tableau N° III-13 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcule .....</b>	<b>55</b>
<b>Tableau IV-1: Calcul de L'ETP d'après la formule de Turc :.....</b>	<b>60</b>
<b>Tableau IV-2: calcul de L'ETP d'après la formule Blaney-Criddle :.....</b>	<b>60</b>
<b>Tableau IV-3: Tableau comparatif de l'ETP calculée par les deux formules :.....</b>	<b>60</b>
<b>Tableau IV-4 : Les précipitations efficaces :.....</b>	<b>61</b>
<b>Tableau IV-5 : Besoins en eau d'irrigation pour le Blé :.....</b>	<b>63</b>
<b>Tableau IV-6 : Besoins en eau d'irrigation pour sorghos :.....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau IV-7 : Besoins en eau d'irrigation pour la pomme de terre : .....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau IV-8 : Besoins en eau d'irrigation pour le piment:.....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau IV-9 : Besoins en eau d'irrigation pour la tomate:.....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau IV-10: Besoins en eau d'irrigation pour la carotte et fève verte: .....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau IV-11: Besoins en eau d'irrigation pour le melon:.....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau IV-12: Besoins en eau d'irrigation pour l' Olivier: .....</b>	<b>67</b>

<b>Tableau IV-13: Les besoins nettes et brut de chaque culture :.....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau IV-14: Les débits mensuels de chaque culture :.....</b>	<b>70</b>
<b>Tableau V-1 : caractéristique de la rampe .....</b>	<b>86</b>
<b>Tableau V-2 : caractéristiques de la porte rampe .....</b>	<b>86</b>
<b>Tableau V-3 : Résultats de calcul du réseau (maraîchages).....</b>	<b>87</b>

## LIST DES FIG

<b>Figure I- 1: Situation et localisation de la zone d'étude.....</b>	<b>03</b>
<b>Figure I- 2: Situation et localisation des parcelles d'irrigation.....</b>	<b>06</b>
<b>Figure I- 3: Les temp.....</b>	<b>08</b>
<b>Figure I- 4: Humidité Relative De L'air.....</b>	<b>09</b>
<b>Figure I-5: Les précipitations moyennes mensuelles.....</b>	<b>17</b>
<b>Figure I-6: Répartitions des précipitations moyennes mensuelles.....</b>	<b>14</b>
<b>Figure I-7 : Diagramme ombrothermique de Gaussen .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure II-1: la carte géologique.....</b>	<b>24</b>
<b>Figure II-2 :Carte d'aptitude des eaux à l'irrigation d'après le diagramme de Richards.....</b>	<b>31</b>
<b>Figure II-3:Diagramme de Richards pour la La source .....</b>	<b>33</b>
<b>Figure II-4 :Diagramme de Richards pour La retenue collinaire.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure III-1.Ajustement par laLoi normale .....</b>	<b>52</b>
<b>Figure III-2 :Ajustement par la loi lognormale .....</b>	<b>54</b>

## **Fiche des planches**

**Planche 1 :** Levé topographique du périmètre AIN SFA (W.SOUK-AHRAS)

**Planche 2:** plan parcellaire du périmètre d'irrigation AIN SFA (W.SOUK-AHRAS)

**Planche 3 :** plan de réseau d'irrigation du périmètre AIN SFA ( W.SOUK-AHRAS)

**Planche 4 :** profil en long de la conduite principale du périmètre AIN SFA

**Planche 5 :** plan de réseau projeté goutte à goutte du parcelle N° 16 dans la périmètre de AIN SFA.

## **INTRODUCTION GENERALE**

S'agissant d'un schéma d'aménagement hydro-agricole qui sera appelé à satisfaire les besoins en eau des cultures, à partir d'une source d'eau au niveau d'une retenue, les documents de base à rechercher sont donc les données techniques de cette source qui aideront à la décision du choix des cultures (superficie et espèces), du mode des techniques d'irrigation à préconiser (aspersion, submersion, goutte à goutte, etc....), du planning des irrigations (tours d'eau).

L'enquête fait apparaître les informations sur la forme et la superficie des parcelles et les propriétaires des parcelles, l'occupation du sol, l'irrigation. Il s'agit donc d'identifier les cultures aptes à recevoir les irrigations de pointe, leur superficie selon le volume d'eau disponible. En parallèle on a réalisé une enquête pour les besoins de l'étude agro-socio-économique.

Le niveau maximum de la production agricole est déterminé par les conditions du climat et par le potentiel génétique de la culture, La mesure dans laquelle il est possible d'atteindre cette limite dépendra toujours du degré de perfection avec lequel on arrivera à accorder les conditions techniques de l'alimentation en eau avec les besoins biologiques de la production agricole. C'est pourquoi l'utilisation efficace de l'eau pour la production agricole ne peut être réalisée que quand la planification, la conception et l'exploitation du réseau d'alimentation et de distribution d'eau sont axées sur la satisfaction, en quantité et dans le temps, compris pendant les périodes de pénurie d'eau, des besoins hydriques des cultures correspondant à une croissance optimale et à des rendements élevés.

Le programme de mobilisation des ressources en eau, ambitionne donc de valoriser ce potentiel hydrique et d'en faire le meilleur usage possible pour produire avec efficacité et obtenir de meilleurs rendements agricoles, d'où une création de richesse qui créera plus d'emplois.

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

## I-DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE :

### I-1. Situation du périmètre d'irrigation :

Le périmètre d'irrigation d'AIN SFA d'une superficie totale de 160 ha est rattaché administrativement à la commune de SEDRATA.

Il est situé à environ six (06) Kms au Nord- Est du chef-lieu de la commune de SEDRATA au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de SOUK AHRAS.

La superficie du périmètre occupe la rive droite de l'Oued AIN SFA de façon qu'il soit au commencement de l'extrémité de la retenue de barrage AIN SFA.

La zone d'étude se trouve au Nord de la route secondaire reliant SEDRATA à KHEMISSA qui constitue la limite sud du périmètre

Le plan de situation du futur périmètre irrigué de Sedrata Ain Sfa est donné par la figure suivante :



Figure I- 1: Situation et localisation de la zone d'étude

Le périmètre se trouve à l'entrée de KHMISSE vers SEDRATA (est de la ville de SEDRATA) dont les coordonnées centrales sont :

<b>DESIGNATION</b>	<b>N</b>	<b>E</b>
<b>Ville de SEDRATA</b>	<b>36° 07,677</b>	<b>07° 31,963</b>
<b>Périmètre d'irrigation</b>	<b>36° 09,429</b>	<b>07° 34,756</b>

## **I-2.Situation Socio-Economique :**

Il s'agit de situer le périmètre d'irrigation dans son contexte environnemental immédiat limité au territoire de la commune dont il faut définir la monographie.

### **I-2.1.Superficies de la commune :**

18 512 ha, Cette dernière est l'occupation actuelle du sol de la commune de SEDRATA formée de forêt, défense et restauration des sols, céréaliculture ou cultures annuelles, parcours ou terrains de parcours, de reboisement et association de parcours et de céréaliculture.

### **I-2.2.Population:**

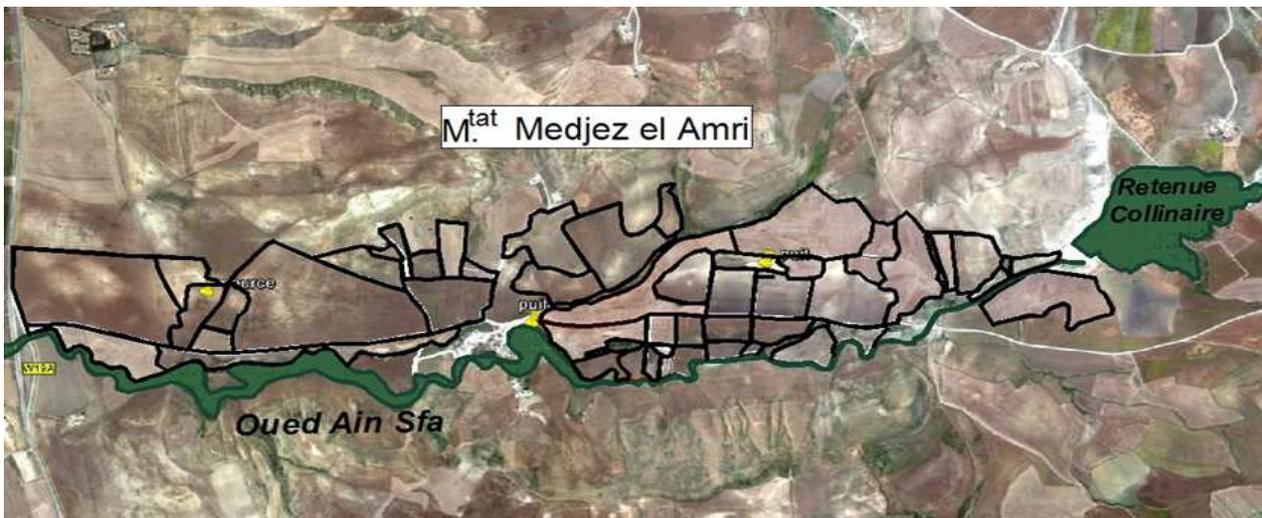
Sur un total (chiffre avancé par les services de la commune au titre du recensement de 2008) de 53218 habitants, La croissance démographique est de l'ordre de (1,2%) (ONS 1998-2008).

Routes et pistes : Un important réseau routier, en plus de la RN 80 et la RN 81 et des pistes réalisé mais reste encore insuffisant pour un meilleur désenclavement des Mechta devant assurer une couverture en matière de transport, notamment scolaire et commercialisation des produits agricoles. L'activité agricole reste prépondérante et occupe la majeure partie de la population active de la commune. Le Projet de réalisation du périmètre d'irrigation vient à point permettre une intensification des cultures par notamment un apport d'eau complémentaire pendant les périodes sèches et aidant aussi au développement d'autres cultures plus rentables que les céréales traditionnellement emblavées par les agriculteurs tels que le maraîchage, l'arboriculture et autres.

Tableau I-1 : Répartition foncière du périmètre :

Parcelles (N°)	Nom et Prénom	Nature juridique	Sup (Ha)	TOTAL (HA)	Dont irriguée (Ha)	Lieu d'habitation
01	HADJAJ ALI BEN MAAROUF (02)	Melkia	7.69	15	Néant	Mechtta M'djez El Amri
02	BEN SAKHRI ABDELLAH BEN EL GUECHI (03)	Melkia	4.76	9	Néant	Mechtta EL HAD
03	KADDOURI YAZID BEN ZIDANE (04)	Melkia	5.75	13	Néant	Mechtta M'djez El Amri
04	KADDOURI YAZID BEN ZIDANE (04)	Melkia	2.44	17	Néant	MechttaM'djez El Amri
05	KADDOURI AHMED BEN NOUARE (05)	Melkia	1.2	35	Néant	MechttaM'djez El Amri
06	HERITIERS ABAIDIA MOHAMMED (06)	Melkia	1.11	14	Néant	MechttaM'djez El Amri
07	BEN ABD LAZIZE TAYEB BEN MOHAMED (07)	Melkia	7.68	15	Néant	MechttaM'djez El Amri
08	BEN ABD LAZIZE ZINE EDDINE BEN MOHAMED Bekouche (08)	Melkia	12.76	65	Néant	MechttaM'djez El Amri
09	HADJAJ SAID BEN MOHHAMED (09)	Melkia	3.63	5	Néant	MechttaM'djez El Amri
10	HADJAJ BRAHIM BEN MOHAMED (10)	Melkia	3.42	6	Néant	Ain sfa
11	HERITIERS HADJAJ AMMAR BEN MOHAMED (11)	Melkia	2.34	-	Néant	Ain sfa MechtatKhemissa
12	BEDDIAR MOSTEFA BEN MOHAMED (12)	Melkia	6.97	14	Néant	Mechtat EL HAD Ain Sfa
13	HADJAJ MOHAMED BEN LAYACHI (13)	Melkia	6	7.5	Néant	MechttaM'djez El Amri
14	CONSORTS YAHYAOU MASSAOUD (LITIGE) (14)	Melkia	5.84	21	Néant	Ain sfa
15	HERITIERS BOUALEG ALI BEN MOHAMED Louardi (15)	Melkia	5.09	7	Néant	Ain sfa
16	CONSORTS YAHIAOUI MASSAOUD (LITIGE) (16)	Melkia	4.83	21	Néant	Ain sfa
17	HERITIERS HADJAJ BELGACEM (17)	Melkia	0.74	7	Néant	Mechtat Khemissa
18	HADJAJ LAOUEJ BEN AMMAR (18)	Melkia	0.59	7	Néant	Mechttat el had
19	HADJAJ TOUHAMI BEN AMMAR (19)	Melkia	0.28	7	Néant	MechttaM'djez El Amri
20	BOUALLEG LAKHDAR BEN ABDELLAH (20)	Melkia	1.08	6	Néant	Mechttat el had
21	BEDDIAR ABD ELWAHAB BEN ALI (21)	Melkia	2.84	12	Néant	MechttaM'djez El Amri

22	HABRA SAID BEN AMMAR (22)	Melkia	1.77	57	Néant	Draa el frigui
23	HADJAJ ABDELH BEN SAID (23)	Melkia	1.28	10	Néant	Mechtat el had
24	LOUBNAGRIA REZGUI (DECEDE) (24)	Melkia	1.06	6	Néant	Ain sfa
25	LOUBNAGREA KOUIDER BEN AHMED (25)	Melkia	3.40	3.40	Néant	Draa el frigui
26	ZEMZOOM AHMED BEN SALAH (26)	Melkia	23.12	52	Néant	M'daoura
27	AZZAZ ABDLAALI BEN ALI (27)	Melkia	15.96	65	Néant	ainladraa
28	ZEMZOOM AHMED BEN SALAH (28)	Melkia	0.35	1	Néant	Ain sfa



**Figure I- 2: Situation et localisation des parcelles d'irrigation**

### **I-3. Etude Climatique**

L'analyse du climat de la région de SEDRATA ; zone où situé le périmètre d'étude permet de choisir les cultures à pratiquer, les techniques culturales et le calcul des besoins en eau de chaque culture

#### **I-3.1 Station Climatique :**

Pour le choix des stations climatiques, on doit utiliser des données fiables

issues des stations les plus proches à la zone d'étude.

L'identification du climat pour le périmètre à AIN SFA, les stations climatiques existantes et qui possèdent des données fiables sont celles de SOUK-AHRAS, OUM EL BOUAGHI, et TEBESSA

**Tableau I- 2: caractéristiques des stations climatiques**

Stations	Longitude	Latitude	Altitude	Période d'observation
Souk-Ahras	7° 58' Est	36° 17' Nord	655 m	1990-2009
Oum ElBouaghi	7° 7' Est	35° 52' Nord	890 m	1990-2009
Tébessa	8° 13' Est	35° 48' Nord	812 m	1990-2009

A titre comparative, une série de 10 ans d'observations aux stations de SOUK-AHRAS et de TEBESSA, et une série à la station d'OUM EL BOUAGHI. Ont été utilisés pour l'analyse du climat.

#### I-4. Climat de la zone d'étude

Pour le périmètre de SEDRATA à AIN SFA la station d'OUM EL BOUAGHI est très représentative.

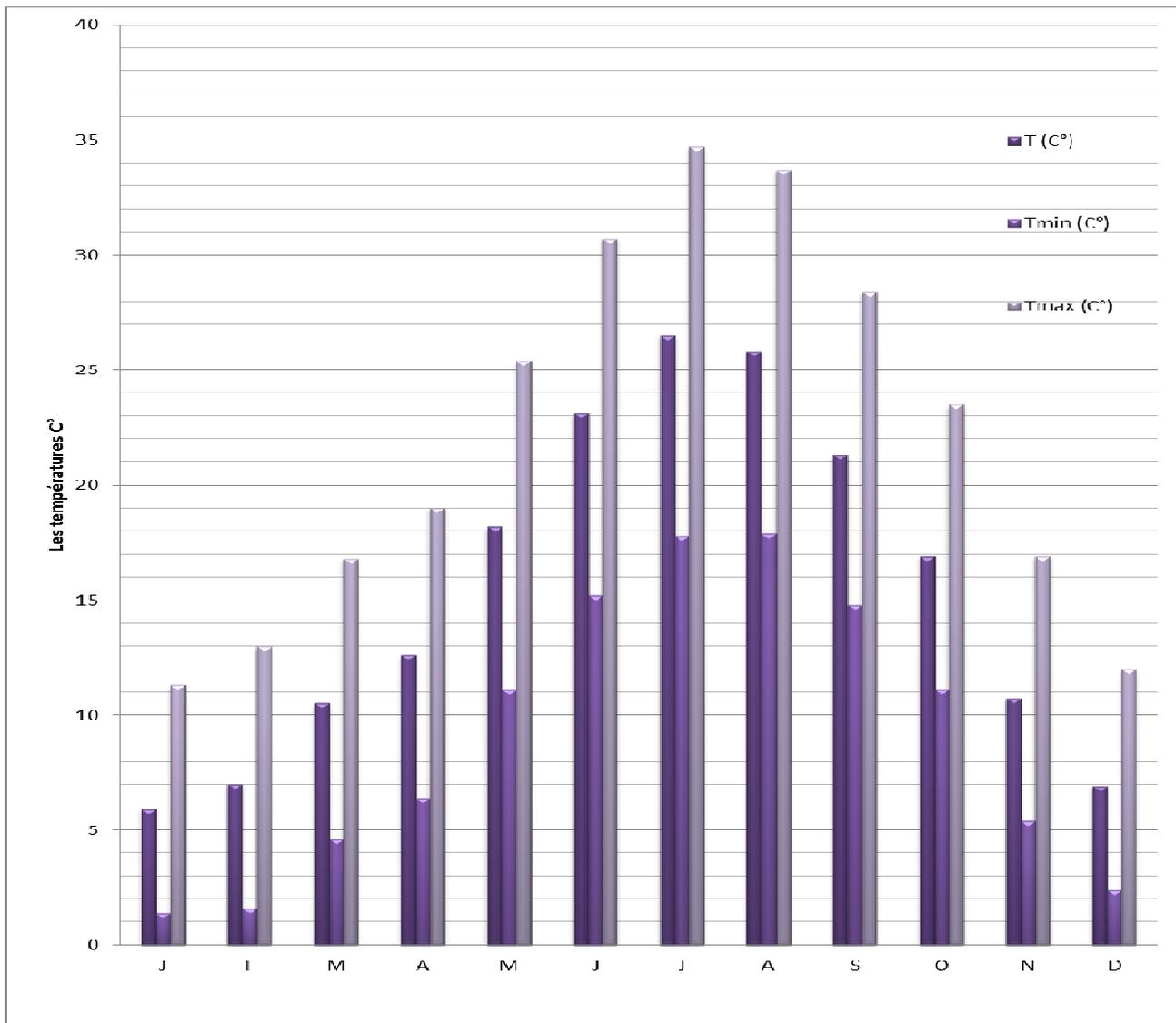
##### I-4.1 Température de l'air

L'air d'étude a les caractéristiques du climat continental. Les températures se caractérisent par une amplitude thermique accentuée entre le jour et la nuit.

Les tableaux ci-après présentent les valeurs caractéristiques des paramètres climatiques.

**Tableau I- 3: Températures moyennes, minimales et maximales mensuelles (1990-2009)«Station: OUM EL BOUAGHI (ONM)»**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
T <sub>moy</sub>	5,9	7	10,5	12,6	18,2	23,1	26,5	25,8	21,3	16,9	10,7	6,9	15,45
T <sub>min</sub>	1,4	1,6	4,6	6,4	11,1	15,2	17,8	17,9	14,8	11,1	5,4	2,4	9,14
T <sub>max</sub>	11,3	13	16,8	19	25,4	30,7	34,7	33,7	28,4	23,5	16,9	12	22,11



**Figure I- 3: Les températures moyenne mensuelles maximales et minimales de la station d'OUM EL BOUAGHI**

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°.

Les températures maximales moyennes, comparées aux températures moyennes mensuelles, varient beaucoup plus, aussi bien dans le temps que dans l'espace. La température moyenne maximale caractérisé la partie la plus chaude de la journée. La température la plus élevée est atteinte, en général, dans l'après midi, heure locale. le mois le plus froid est janvier avec une moyenne mensuelle de 5,9 C°.

La température moyenne annuelle est de 15,45 C°.

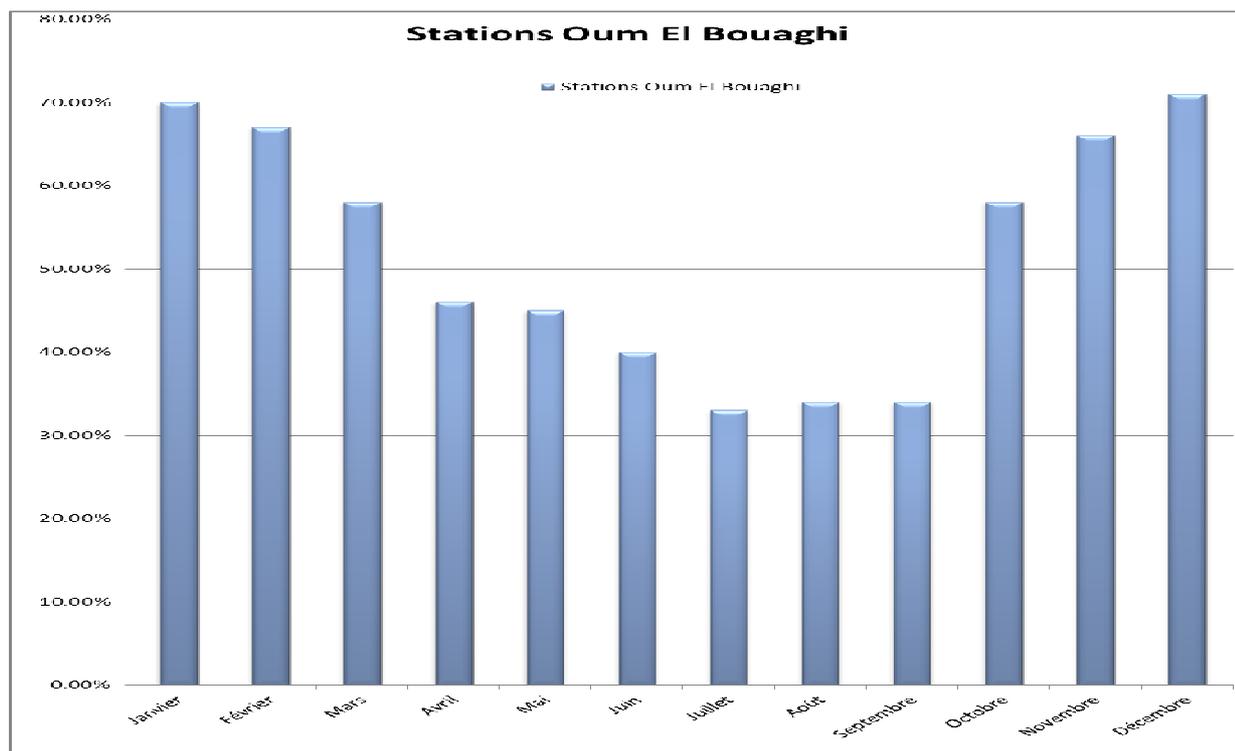
#### I-4.2. Humidité relative

Dans la partie littorale en 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 6h:00 en hiver et vers 3h :00 en été. Les valeurs minimales de l'humidité relative de l'air peuvent s'observer de 14h :00 à 15h :00 ou 16h :00 pendant certains mois.

**Tableau I-4: Humidité relative moyenne mensuelles (1991-2000) « Station : OUM EL BOUAGHI (ONM) »**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Humidité relative(%)	70,0	67,0	58,0	46,0	45,0	40,0	33,0	34,0	34,0	58,0	66,0	71,0	51,83



**Figure I- 4: Humidité Relative De L'air**

### I-4.3. Vitesse du vent

D'une manière générale, dans la région les vents dominants sont de direction Sud-ouest.

L'intensité maximale à la station d'OUM EL BOUAGHI est observée durant les mois d'automne.

La vitesse moyenne annuelle des vents est plutôt modérée avec une valeur voisinant 1.31 m/s dans la région.

Le tableau suivant donne la moyenne mensuelle de la force du vent en m/s.

**Tableau I-5: la moyenne mensuelle de la vitesse du vent (1984-1998)« Station d'OUM EL BOUAGHI»**

Mois	S	O	N	D	J	f	M	A	M	J	J	A	Année
V (m/s)	1,50	1,60	1,80	1,70	1,40	1,50	1,20	0,90	1,00	0,80	1,20	1,10	15,7
N	3	3	5	6	6	7	6	7	5	4	6	5	63

Tel que N : Nombre de jour du vent

### I-4.4. Évaporation :

Le tableau suivant résume les moyennes de l'évaporation au niveau de la station d'OUM EL BOUAGHI (ONM) (1992-1994).

**Tableau I-6: la moyenne mensuelle de l'évaporation.**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Évaporation (mm)	46	49	52	69	91	105	119	127	103	76	68	58	963
Évaporation (%)	4,78	5,09	5,4	7,17	9,45	10,9	12,36	13,19	10,7	7,89	7,06	6,02	100

En sus des informations ci avant, pour les besoins de la présente étude, il a été mis à la disponibilité 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 1208,3mm,
- ✓ Station de SOUK AHRAS 1345,1 mm,
- ✓ Station de TEBESSA 1352,8 mm,

#### I-4.5. Ensoleillement

Le paramètre climatique d'insolation dans la zone d'étude relevée dans la station d'OUM EL BOUAGHI, figurée dans le tableau ci-après :

**Tableau I-7: Insolation moyenne mensuelle (1991-2000)« Station OUM EL BOUAGHI (ONM) »**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
<b>Insolation (heures)</b>	160,4	190,1	242,3	249,7	281,9	288,9	353,7	304,6	243,0	220,3	182,6	165,6	240,2

Les résultats du tableau montrent que la quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est élevée: La moyenne annuelle pour la station d'OUM EL BOUAGHI est de 8.00 heures par jour.

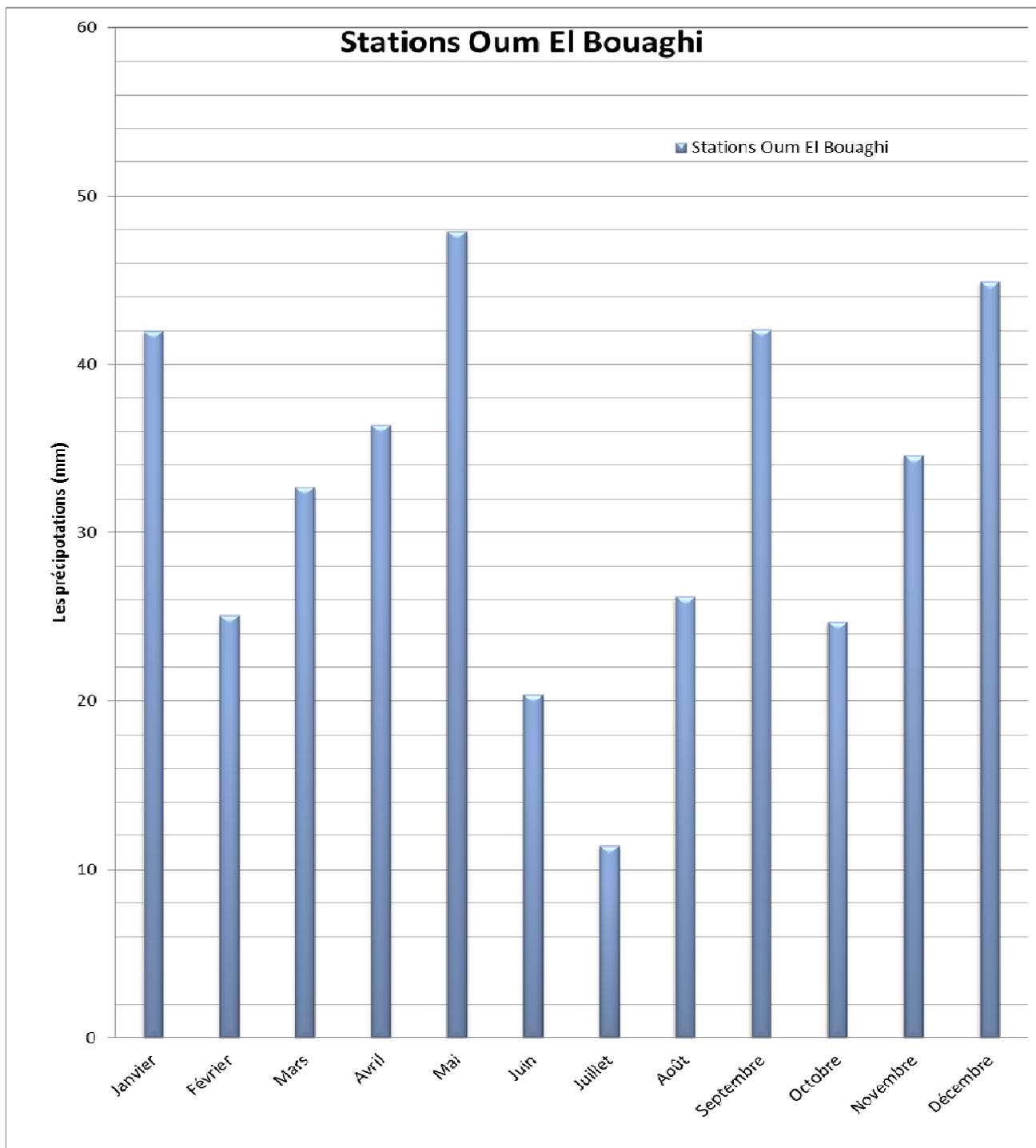
#### I-4.6. Les précipitations :

##### a. Répartition mensuelle :

Pour l'estimation de la pluie moyenne annuelle sur la zone d'étude (périmètre d'irrigation de SEDRATA à AIN SFA), Nous avons utilisé les données de la station d'OUM EL BOUAGHI.

**Tableau I-8: pluie moyenne mensuelle**

Mois	S	O	N	D	J	f	M	A	M	J	J	A
<b>P (mm)</b>	42,1	24,7	34,6	44,9	42	25,1	32,7	36,4	47,9	20,4	11,4	26,2
<b>P (%)</b>	10,84	6,36	8,91	11,56	10,81	6,46	8,42	9,37	12,33	5,25	2,94	6,75



**Figure I-5: Les précipitations moyennes mensuelles**

La moyenne de pluie annuelle serait donc de 388.4 mm pour la station.

Les pluies moyennes mensuelles représentées dans le tableau suivant traduisent clairement les variations saisonnières et leur distribution à l'échelle annuelle.

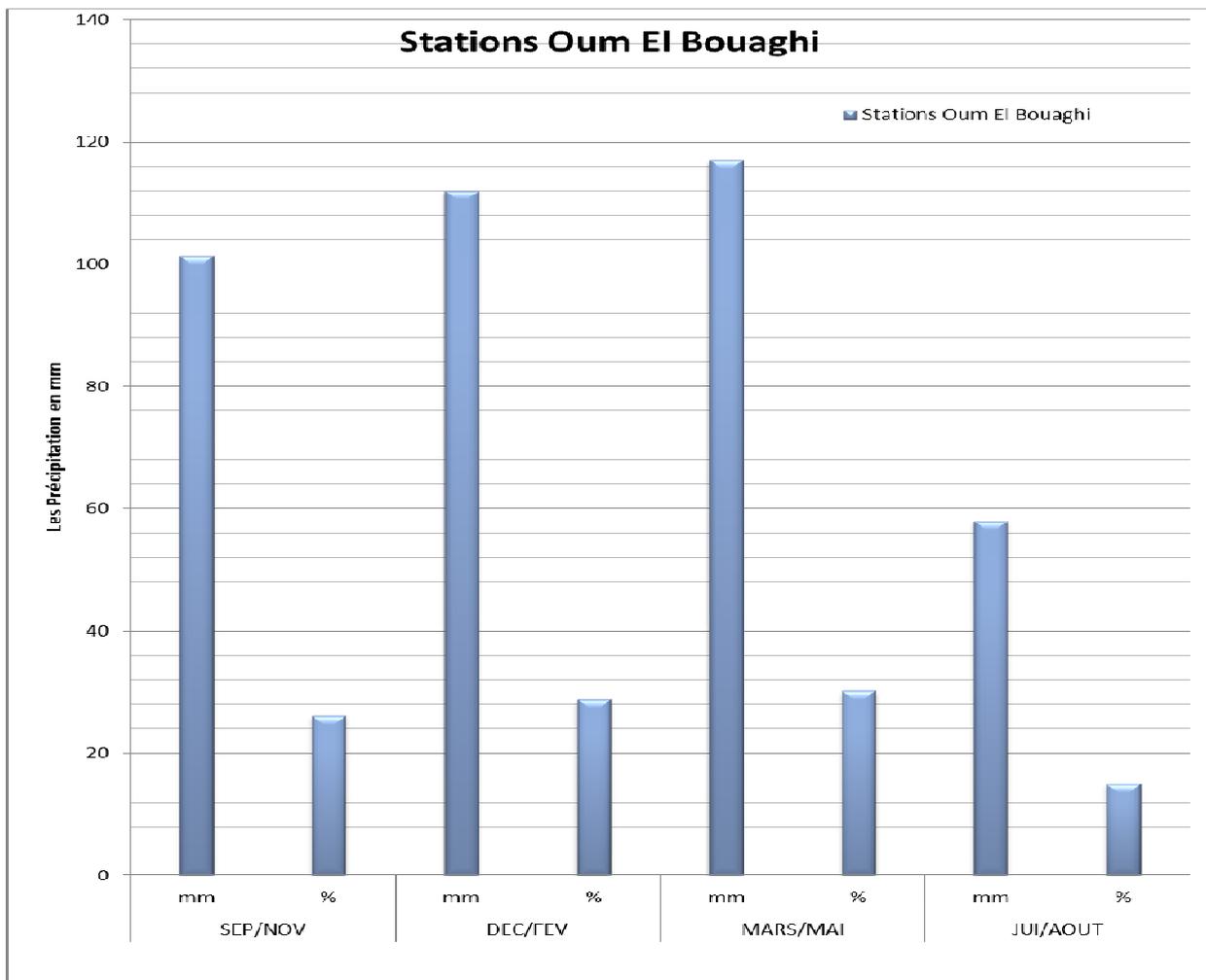
On remarque l'existence d'une saison sèche qui correspond aux mois de juillet avec des pluies moyennes mensuelles inférieures 3%, les autres mois sont relativement humides.

**b. Répartitions saisonnières :**

**Tableau I-9: répartitions saisonnières des précipitations**

Mois	précipitations saisonnières	
SEP/NOV	mm	101.4
	%	26.10
DEC/FEV	mm	112
	%	28.83
MARS/MAI	mm	117
	%	30.12
JUI/AOUT	mm	58
	%	14.93
TOTAL		388.4

Les précipitations sont concentrées durant les mois du printemps qui cumulent une moyenne de 112 mm Soit 30.12 % pluviométrie annuelle pour la zone d'OUM EL BOUAGHI . Les précipitations en période estivale sont faibles, 58.00 mm soit 14.93 % de la pluviométrie annuelle, et se limitent à des orages.



**Figure I-6: Répartitions des précipitations moyennes mensuelles**

#### I-4.7. Les phénomènes climatiques accidentels :

##### A) La neige :

Il neige en moyenne 3 jour/an dans la région d'OUM EL BOUAGHI.

Les chutes importantes sont surtout enregistrées sur les hauteurs que sur les plaines.

**Tableau I-10: fréquence mensuelle de neige a la station d'OUM EL BOUAGHI**

Mois	S	O	N	D	J	f	M	A	M	J	J	A	Année
Station O, B	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3,00

**B) La grêle :**

La grêle qui provoque en général des dégâts sur la production végétale est très peu répondeuse dans la région d'étude.

**Tableau I-11: fréquence mensuelle de grêle à la station d'OUM EL BOUAGHI**

Mois	S	O	N	D	J	f	M	A	M	J	J	A	Année
Station O, B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00

**C) La gelée :**

La gelée s'observe à partir du mois de Novembre jusqu'à la fin du mois d'Avril avec un maximum de Neuf jours aux mois de Décembre et Janvier.

La pratique de la culture sous serre est actuellement le meilleur moyen pour protéger les cultures primeurs contre la gelée.

**Tableau I-12: fréquence mensuelle de gelée à la station d'OUM EL BOUAGHI**

Mois	S	O	N	D	J	f	M	A	M	J	J	A	Année
Station O, B	0	0	2	9	12	8	4	1	0	0	0	0	36

**D) Les brouillards :**

Les Brouillards peuvent influencer d'une manière appréciable sur la durée totale d'ensoleillement.

**Tableau I-13: fréquence mensuelle des brouillards à la station d'OUM EL BOUAGHI**

Mois	S	O	N	D	J	f	M	A	M	J	J	A	Année
Station O, B	0	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	11

## F) Les orages :

Les orages violents provoquent avec l'action éolienne des dégâts importants sur les cultures en place.

**Tableau I-14: fréquence mensuelle des orages à la station d'OUM EL BOUAGHI**

Mois	S	O	N	D	J	f	M	A	M	J	J	A	Année
Station O, B	5	2	1	0	0	1	2	2	4	4	4	5	30

Les orages sont observés dans la région en particulier durant la période estivale.

## G) Le Sirocco :

La durée pendant laquelle souffle le sirocco est très variable. Il est en général de direction Sud-ouest et Sud-est. Il entraîne une augmentation d'évapotranspiration.

**Tableau I-15: fréquence mensuelle de Sirocco à la station d'OUM EL BOUAGHI**

Mois	S	O	N	D	J	f	M	A	M	J	J	A	Année
Station O, B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	01

## I-5. Synthèse bioclimatique :

Plusieurs auteurs essayé de synthétiser les données climatiques et élaborer une classification des types de climat. C'est ainsi que plusieurs indices ont été élaborés généralement à partir de la pluviométrie et de la température.

### I-5.1. Quotient pluviométrique d'Emberger :

C'est ainsi qu'en 1932, Emberger avait proposé une formule permettant le calcul de l'indice d'aridité annuelle en tenant compte des précipitations et de la température.

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

Ce quotient à été modifié par Steward comme suit :

$$Q = \frac{3.43}{M - m} P$$

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

M : Moyenne des températures maximum (C°) du mois le plus chaud

m : Moyenne des températures minimum (C°) du mois le plus froid

Les indices obtenus sont répartis sur le Climat-Gramme pour la station.

**Tableau I-16: Caractéristiques de la station d'après l'Annexe(1) :**

Stations	Paramètres				Étage bioclimatique	Variante
	P (mm)	M (C°)	m (C°)	Q		
<b>OUM EL BOUAGHI</b>	388.4	34.7	1.4	40.00	Semi - aride	Frais

### I-5.2. Indice d'aridité de Demartone

Il permet de connaître le degré de sécheresse de la région. Plus l'indice d'aridité est élevé plus le mois est humide et inversement.

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

Avec :

$I_A$  : indice climatique

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

T : température moyenne annuelle (°C)

A.N:

$$I_A = \frac{388.4}{15.45 + 10} = 15.26$$

$$I_A = 15.26$$

**Tableau I-17: Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne**

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

$I_A = 15.26$  donc  $10 < I_A \leq 20$  d'où notre climat est Sec, alors l'irrigation est Souvent indispensable

**I-4.8. Diagramme Ombre-thermique de F. Bagnouls et H. Gaussen :**

Bagnouls et Gaussen considérant qu'un mois est sec, Quand le totale des précipitations exprimées en (mm) est égale ou inférieur au double de la température exprimée (C°).

Quand la courbe des précipitations passe au-dessous de celle des températures, la période s'étendant entre les abscisses des points de l'intersection des deux courbes correspondantes à la durée de la saison sèche, son intensité est traduite par la surface du graphe comprise entre les deux courbes pendant cette période. Les diagrammes Ombro-thermiques font ressortir la période sèche suivante :

La station d'OUM EL BOUAGHI indique que la période sèche s'était sur les mois ( juin, juillet, août, septembre et octobre) .dans cette période l'irrigation est nécessaire.

«Voir la courbe»

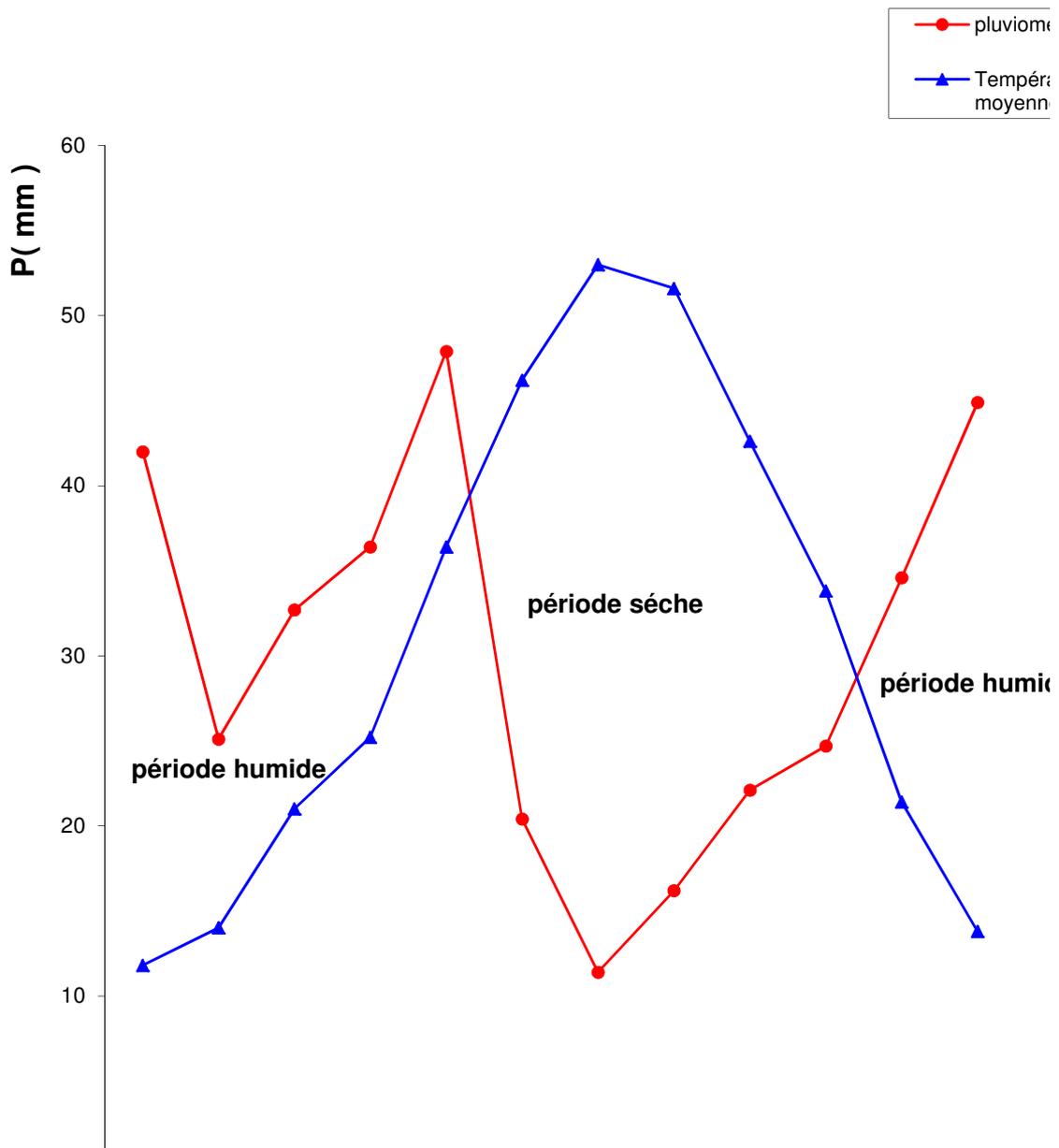


Figure I-7 : Diagramme ombrothermique de Gaussen :(P=2T)

## **I-5. CONCLUSION :**

Le périmètre, objet de la présente étude, est situé dans la zone frontalière Est. Cette dernière est caractérisée par un climat semi-aride à hiver doux avec une période sèche qui dépasse cinq mois. Les terres à irriguer sont assez profondes et présentent une topographie ondulée de l'Est vers l'Ouest avec de moyenne pente d'exposition de Sud vers Nord-Ouest.

En analysant les données climatiques nous pouvons conclure que :

Pour les zones d'étude liées à la station d'OUM EL BOUAGHI.

La présence des accidents climatiques tels que la gelée pour le périmètre et le sirocco qui sont considérées comme deux contraintes pour la production végétale.

Enfin l'eau est considérée comme un facteur limitant pour la production végétale, l'irrigation par conséquent est indispensable pour le projet d'intensification de l'agriculture.

**CHAPITRE II :**  
**ETUDE GEOLOGIQUE ET LES**  
**RESSOURCES EN EAU**

## **II.1. Géologie :**

La région d'étude qui s'insère dans les monts de la Medjerda, Constitue une zone charnière entre deux domaines structuraux distincts ; l'Atlas Saharien Oriental au sud, qui se poursuit en Tunisie par l'Atlas Tunisien, il s'agit d'une chaîne de montagne caractérisée par des anticlinaux et synclinaux perchés orientés suivant une ligne directrice SW-NE.

L'Atlas Saharien est composée d'une série de plis synclinaux larges et d'anticlinaux plus étroits datant du crétacé. Leur couverture et généralement mince, elle présente une épaisseur de quelques milliers de mètres au maximum.

Les plis organisés en échelons et formant du SW vers le NW .

## **II.2.La géologie régionale et stratigraphie :**

La région de SEDRATA est caractérisé par la présence d'éléments caractéristiques de la chaîne alpine d'Algérie orientale : Un témoin des nappes de Flyschs, plusieurs témoins des nappes télliennes et un imposant ensemble allochtone de type Sellaoua.

La zone autochtone nord aurésienne ne couvre qu'une surface réduite.

### **a.Le Quaternaire :**

**e**-Eboulis

**A**- Alluvions actuelles ou récentes-c'est une banquette de limons gris de graviers et de galets parfois assez gros.

**Q**- Terres arables, formations des pentes, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé.

Les terres arables sont installées sur des alluvions anciennes et correspondent à des sols bruns fertiles, peu ou pas calcaires très propices à la mise en culture.

### **b.Miopliocène :**

**m<sub>p</sub>**-Miopliocène continental: argiles conglomérat, grès et calcaires lacustres.

Les formations miopliocène constituent de vastes affleurements au nord est de sedrata et au sud ouest. A la base de conglomérats grossiers mal calibrés, sont surmontés par des argiles grises à intercalations gréseuses.

La série est généralement surmontée par des calcaires lacustres cariés blancs ou rose à petits débris de Gastéropodes indéterminables.

### **c.Nappes de Flysch :**

Nappe numidienne :

**g<sub>n</sub>**-Grès numidiens. IL S'agit de 300à400m d'alternances de grès hétérométriques en gros bancs et d'argiles kaoliniques sableuses.

### **d.Nappes Telliennes :**

**e<sup>4-5</sup>**- Yprésien à lutétien inférieur-calcaires blancs bitumineux à cassure noire et à silex noirs.

C'est une série de 150m à 250 m d'épaisseur qui détermine l'existence du plateau calcaire d'El Mouilah. Il s'agit de calcaires marneux blancs à cassure noire.

### **e.Ensemble Allochtone écaillé :**

**m<sup>b</sup>**- Miocène à dominante marneuse- c'est une puissante série de marnes bleuâtres, et d'argiles gris verdâtres ou grises à intercalations de grès calcaireux bruns, bien dégagés par l'érosion.

**N<sub>6</sub>**-Albien- marnes schisteuses grises et biomicrites à patine grise. A l'oued Cheniour et près de Sedrata il s'agit d'abord de marnes grises à petits bancs grés- calcaireux roux, plus grossiers à leur base.

**T**- Trias-facies argilo gypseux varicoloé-les affleurements de trias occupent de vastes surfaces au Djebel Zouabi, à Sedrata, au rassEl Alia, au Djebel Tignilaline. Ils'agit d'une masse argileuse varicolore à passées gypseuses broyées.

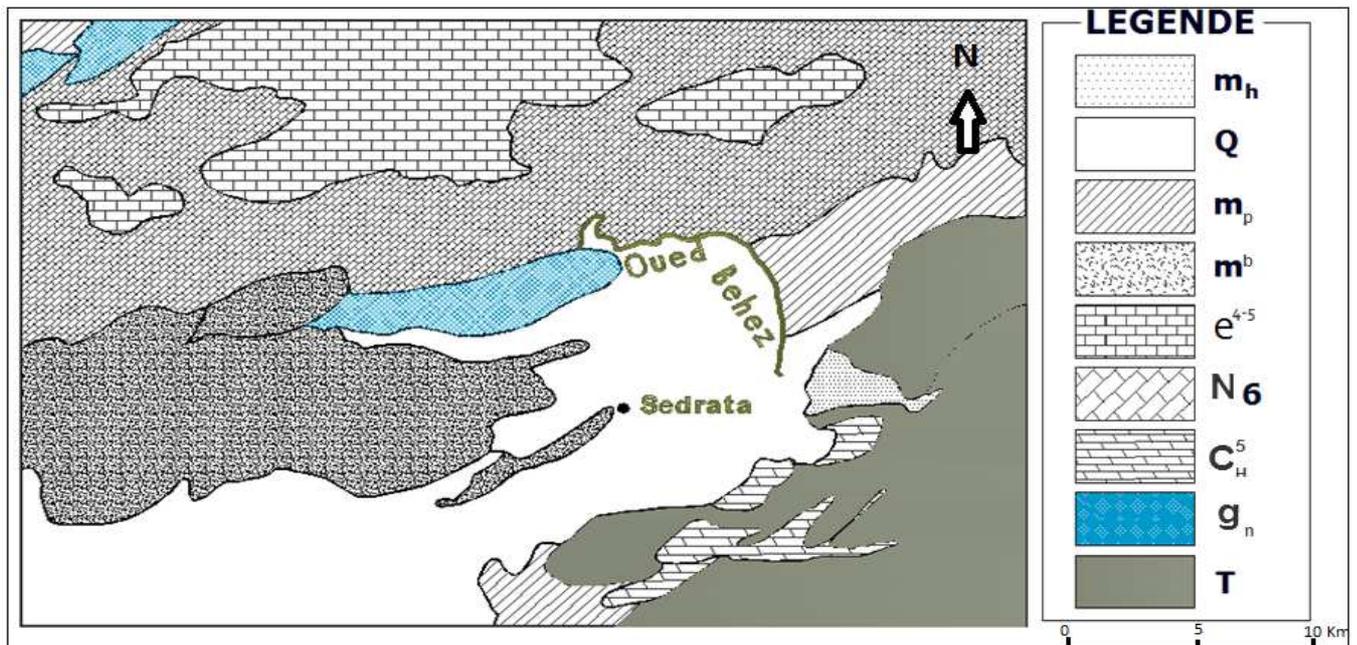
### **f.Formations parantochtones ou autochtones nord auresienne :**

**m<sub>h</sub>**- Miocène marin transgressif –conglomérats et grès roux-calcaireux.

Le miocène marin autochtone débute lui aussi par des conglomérats à galets bien roulés, parfois rubéfiés.il se poursuit par des grès calcaireux bruns ou roux et par des grès blancs très développés à la Koudied El Medaoura et au Dra S'doud ; à l'est de SEDRATA.

**C<sub>H</sub><sup>5</sup>**- Campanien surtout calcaire à inocérames.

Le Campanien forme une petite barre due à l'abondance de bancs marno-calcaires à incérâmes.



**Figure II-1: la carte géologique**

<b>Q- Quaternaire</b>	: [terres arables, formations des pentes, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé.]
<b>m<sub>p</sub> - Miopliocène continental</b>	: [Argiles conglomérat, Grès et Calcaires lacustres.]
<b>g<sub>n</sub>-Nappe numidienne</b>	: [grès numidiens.]
<b>e<sup>4-5</sup>-Eocène</b>	: [yprésien à lutetien inférieur-calcaires blancs bitumineux à cassure noire et à silex noirs, facies à globigerines et à debris.]
<b>m<sup>b</sup> - Miocène</b>	: [miocène à dominante marneuse.]
<b>N<sub>6</sub>-Crétace</b>	: [Albien- marnes schisteuses grises et biomicrites à patine grise.]
<b>T - Trias</b>	: facies argilo gypseux varicolore.
<b>m<sub>h</sub>-Miocène</b>	: [Miocène marin transgressif –conglomérats et grès roux-calcaireux.]
<b>C<sub>H</sub><sup>5</sup>-Crétace</b>	: [Campanien surtout calcaires.]

### **II-3- Les ressources en eau pour l'irrigation :**

S'agissant d'un schéma d'aménagement hydro-agricole qui sera appelé à satisfaire les besoins en eau des cultures, à partir d'une source d'eau au niveau d'une retenue, les documents de base à rechercher sont donc les données techniques de cette source qui aideront à la décision du choix des

cultures (superficie et espèces), du mode des techniques d'irrigation à préconiser (aspersion, submersion, goutte à goutte, etc....), du planning des irrigations (tours d'eau).

### II .3.1. Eaux de surface :

La superficie du périmètre occupe la rive droite de l'Oued AIN SFA de façon qu'il soit au commencement de l'extrémité de la retenue de barrage AIN SFA.

Le réseau d'irrigation et de drainage n'existe pas. Les terres du périmètre de AIN SFA seront irriguées gravitaires à partir de la retenue collinaire existante sur oued AIN SFA dans la commune de SEDRATA.

Les coordonnées Lambert de la retenue sont :

X=371516.97m, Y=4005236.62 m, Z=870.00 m

Les caractéristiques techniques de la retenue collinaire:

**Tableau II-1: caractéristiques de la La retenue Collinaire :**

Type :	Digue en terre
Capacité de la retenue :	1120000 (m <sup>3</sup> )
Hauteur :	18 (m)
Longueur en crête :	133,00 (m)
Largeur en crête :	7,00 (m)
Volume de la digue :	63880,00 (m <sup>3</sup> )
Talus amont :	1/3
Talus aval :	1/2,5
Superficie du plan d'eau :	0,190 (Km <sup>2</sup> )
Côte du niveau normale de la retenue NNR :	872,00 (m)
Côte du niveau des plus hautes eaux PHE :	873,00 (m)
Côte de crête :	875,00 (m)
Revanch :	1,50 (m)
Volume utile :	980000 (m <sup>3</sup> )
Volume régularisé :	928000 (m <sup>3</sup> )
Volume mort :	192000 (m <sup>3</sup> )

**Tableau II-2. Evacuateur :**

Type de l'évacuateur de crues :	à surface libre latéral ,entonnement frontal
Largeur :	6,00 (m)
Crue de projet :	32,00 (m <sup>3</sup> /s)
Fréquence :	10 (%)
Débit évacué :	32,00 (m <sup>3</sup> /s)
Diamètre de la conduite de prise :	400,00 (mm)
Diamètre de la conduite de vidange :	400,00 (mm)
Longueur :	2 ×130,00 (m)
Débit :	0,45 (m <sup>3</sup> /s)
Nombre des vannes :	04

**II .3. 2 Eaux souterraines**

L'abondance des formations imperméables marneuses ou argileuses est un facteur défavorable pour l'accumulation des eaux superficielles. Les sédiments récents n'ont pas une épaisseur suffisante pour que s'y installe une nappe phréatique intéressante.

La seule perspective de ressources en eau profonde est constituée par les grès miocènes de l'autochtone aurésien dont le développement en profondeur sous la plaine de SEDRATA est probablement important.

Cette possibilité ne peut – être reconnue que par la mise en œuvre de moyens appropriés.

Sur les fractures récentes de l'oued Cheniour, les eaux chaudes qui sont encore abondantes ont donné naissance à un plateau travertineux.

**II.4.Les analyses des eaux :**

L'analyse d'une eau révèle souvent la présence d'impuretés chimiques dont la nature définit et limite l'emploi de l'eau. Il est donc nécessaire que cette eau présente des propriétés physico-chimiques adaptées aux plantes même les composants minérale, notamment l'absence de la salinité. En effet, une forte salinité pourrait changer la perméabilité du sol, ce qui modifierait son aération et agirait par la suite sur le développement des plantes.

**Méthodologie D'approche :**

Afin d'évaluer la qualité de l'eau actuelle et son aptitude à l'irrigation, les procédures décrites dans le document N° 29 « Water Quality for Agriculture » du FAO (1994) a été suivie. Ce dernier

document présente (Tableau II-3 , II-4) les critères de qualité et d'admissibilité des eaux à l'irrigation.

<b>Tableau II-3: Directive pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation</b>					
(FAO Bulletin N° 29)					
Nature du problème		Unité	Restriction pour l'irrigation		
			Aucune	Légère à modérée	Forte
<b>Salinité (influe sur l'eau de la plante)</b>					
	Conductivité électrique $E_{cw}$	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
	ou				
	Total des matières solides dissoutes TDS	mg/L	< 450	450 - 2000	> 2000
<b>Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol: utiliser à la fois <math>E_{cw}</math> et SAR)</b>					
	SAR = 00 - 03 et $E_{cw}$ =	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
	SAR = 03 - 06 et $E_{cw}$ =	dS/m	> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
	SAR = 06 - 12 et $E_{cw}$ =	dS/m	> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
	SAR = 12 - 20 et $E_{cw}$ =	dS/m	> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
	SAR = 20 - 40 et $E_{cw}$ =	dS/m	> 5.0	5.0 - 2.9	< 1.9
<b>Toxicité de certains ions (affecte les cultures sensibles)</b>					
Sodium ( $Na_4$ )					
	Irrigation de surface	SAR	< 3	3 - 9	> 9
	Irrigation par aspersion	meq/L	< 3	> 3	
Chlore ( $Cl_4$ )					
	Irrigation de surface	meq/L	< 4	04-10	> 10
	Irrigation par aspersion	meq/L	< 3	> 3	
	Bore ( $B_5$ )	mg/L	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
<b>Effets divers (affecte les cultures sensibles)</b>					
	Azote ( $NO_3-N$ ) <sub>6</sub>	mg/L	< 5	5 - 3.0	> 30
	Bicarbonate ( $HOC_3$ ) (seulement pour l'aspersion sur frondaison)	meq/L	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
	pH		Zone normale 6.5 - 8.5		

**Tableau II-4: Caractéristiques des Eaux d'Irrigation  
(FAO Drainage Papier N° 29)**

Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Teneur habituel dans l'eau d'irrigation
<b>Salinité</b>			
Conductivité électrique ECW	Ecw	dS/m	0 - 3
ou			
Total des matières solides dissoutes TDS	TDS	mg/L	0 - 2000
<b>Cation et anion</b>			
Calcium	Ca <sup>++</sup>	meq/L	0 - 20
Magnésium	Mg <sup>++</sup>	meq/L	0 - 5
Sodium	Na <sup>+</sup>	meq/L	0 - 40
Carbonate	CO <sup>--</sup>	meq/L	0 - 0.1
Bicarbonate	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/L	0 - 10
Chlore	Cl <sup>-</sup>	meq/L	0 - 30
Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	meq/L	0 - 20
<b>Eléments nutritifs</b>			
Azote nitrique	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/l	< 2
Azote ammoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Meq/l	< 3
Phosphate phosphoreux	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	meq/L	< 3
Potassium	K <sup>+</sup>	meq/L	< 4
<b>Effets divers (affecte les cultures sensibles)</b>			
Azote	(NO <sub>3</sub> -N) <sub>6</sub>	mg/L	< 5
Bicarbonate (seulement pour l'aspersion sur frondaison)	(HOC <sub>3</sub> )	meq/L	< 1.5
pH	/	/	Zone normale 6.5 - 8.5

La méthode de Richards qui est la plus utilisée sera développée dans ce qui suit pour examiner l'utilisation des eaux destinées à l'irrigation dans la région d'étude.

- Le SAR (sodium absorption ratio) de Richards est défini par la relation suivante :

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

NA, Ca et Mg son les concentrations en meq/L (la mass équivalente).

#### II.4.1.L'ancienne analyse (14-04-2008) :

a)La retenue collinaire:

**Tableau II-5: ancienne analyse du eaux de retenue collinaire :**

<b>SAR</b>	<b>Conductivité (µs/cm)</b>	<b>La Zone selon le diagramme de classification des eaux</b>	<b>Remarque</b>
<b>1,50</b>	<b>790</b>	<b>C3 S1</b>	<b>-qualité des eaux moyenne et moyenne à médiocre.</b>

**(La retenue collinaire)**

**C3 S1:** qualité moyenne à utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (Arbres Fruitiers poirier et pommier).

**Tableau II-6 : La minéralisation globale :**

<b>LE MINERALE</b>	<b>les résultats</b>	<b>les valeurs admissibles</b>
<b>Calcium Ca<sup>++</sup></b>	<b>76,3</b>	<b>75-200</b>
<b>Magnésium Mg<sup>++</sup></b>	<b>21,4</b>	<b>150</b>
<b>Sodium Na<sup>+</sup></b>	<b>57,66</b>	<b>200</b>
<b>Potassium K<sup>+</sup></b>	<b>1,14</b>	<b>20</b>
<b>Chlorure Cl<sup>-</sup></b>	<b>55</b>	<b>200-500</b>
<b>Sulfate SO<sub>4</sub><sup>--</sup></b>	<b>200</b>	<b>200-400</b>
<b>Bicarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>140,3</b>	<b>-</b>
<b>Carbonate CO<sub>3</sub><sup>--</sup></b>	<b>0</b>	<b>-</b>

**(Selon les normes utilisées a l'ANRH à Alger).**

D'après les quantités (mg/l) obtenue par le laboratoire on constate que les concentrations des minéraux sont convenables pour l'utilisation de cette eau à l'irrigation.

**b) Le drain du périmètre :**

**Tableau II-7 : ancienne analyse de drain du périmètre :**

<b>SAR</b>	<b>Conductivité (<math>\mu\text{s}/\text{cm}</math>)</b>	<b>La Zone selon le diagramme de classification des eaux</b>	<b>Remarque</b>
<b>2.75</b>	<b>1160</b>	<b>C3 S1</b>	<b>-qualité des eaux moyenne et moyenne à médiocre.</b>

**(Le Drain du Périmètre)**

**C3 S1:** qualité moyenne à utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (Arbres Fruitiers poirier et pommier). (Le même résultat que le barrage)

**Tableau II-8 : La minéralisation globale du drain:**

<b>LE MINERALE</b>	<b>les résultats</b>	<b>les valeurs admissibles</b>
<b>Calcium <math>\text{Ca}^{++}</math></b>	<b>102.12</b>	<b>75-200</b>
<b>Magnésium <math>\text{Mg}^{++}</math></b>	<b>20</b>	<b>150</b>
<b>Sodium <math>\text{Na}^+</math></b>	<b>116.20</b>	<b>200</b>
<b>Potassium <math>\text{K}^+</math></b>	<b>0.59</b>	<b>20</b>
<b>Chlorure <math>\text{Cl}^-</math></b>	<b>160</b>	<b>200-500</b>
<b>Sulfate <math>\text{SO}_4^{--}</math></b>	<b>160</b>	<b>200-400</b>
<b>Bicarbonate <math>\text{HCO}_3^-</math></b>	<b>213.5</b>	<b>-</b>
<b>Carbonate <math>\text{CO}_3^{--}</math></b>	<b>0</b>	<b>-</b>

D'après les quantités (mg/l) obtenue par le laboratoire on constate que les concentrations des minéraux sont convenables pour l'utilisation de cette eau à l'irrigation même que les eaux du barrage.

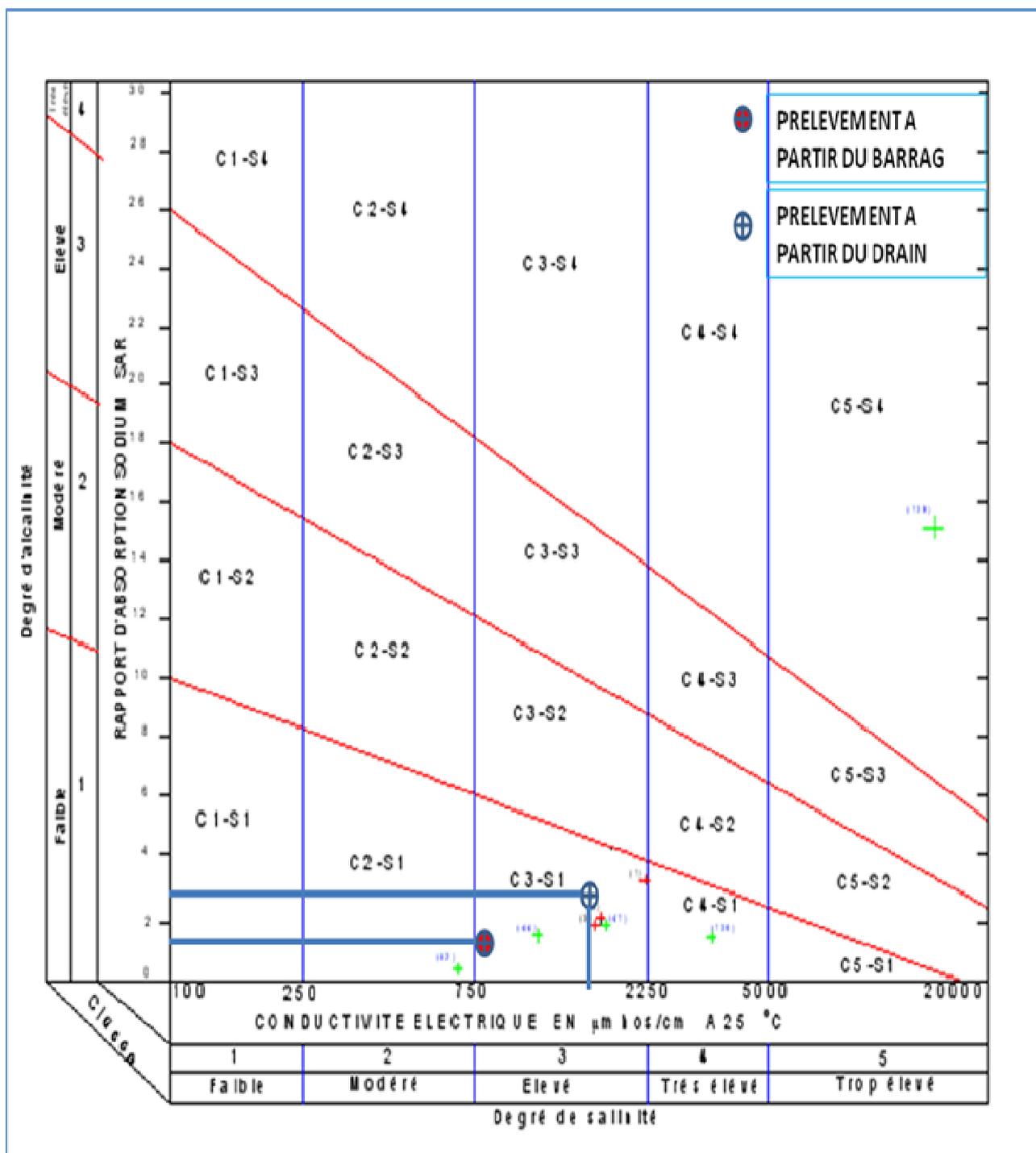


Figure II-2 : Carte d'aptitude des eaux à l'irrigation d'après le diagramme de Richards.

1/La source :

**Tableau II-9 : ancienne analyse de la source :**

<b>SAR</b>	<b>Conductivité (<math>\mu\text{s}/\text{cm}</math>)</b>	<b>La Zone selon le diagramme de classification des eaux</b>	<b>Remarque</b>
<b>3.08</b>	<b>1370</b>	<b>C3 S1</b>	<b>-Degré de salinité élevé. -qualité des eaux moyenne et moyenne à médiocre.</b>

**C3 S1:** qualité moyenne à utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (Arbres Fruitiers poirier et pommier).

**Tableau II-10 :La minéralisation globale du source:**

<b>LE MINERALE</b>	<b>les résultats</b>	<b>les valeurs admissibles</b>
<b>Calcium Ca<sup>++</sup></b>	<b>121.02</b>	<b>75-200</b>
<b>Magnésium Mg<sup>++</sup></b>	<b>22.39</b>	<b>150</b>
<b>Sodium Na<sup>+</sup></b>	<b>140.69</b>	<b>200</b>
<b>Potassium K<sup>+</sup></b>	<b>0.45</b>	<b>20</b>
<b>Chlorure Cl<sup>-</sup></b>	<b>195</b>	<b>200-500</b>
<b>Sulfate SO<sub>4</sub><sup>--</sup></b>	<b>210</b>	<b>200-400</b>
<b>Bicarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>237.9</b>	<b>-</b>
<b>Carbonate CO<sub>3</sub><sup>--</sup></b>	<b>0.0</b>	<b>-</b>

(Selon les normes utilisées a l'ANRH à Alger).

D'après les quantités (mg/l) obtenue par le laboratoire on constate que les concentrations des minéraux sont convenables pour l'utilisation de cette eau à l'irrigation.

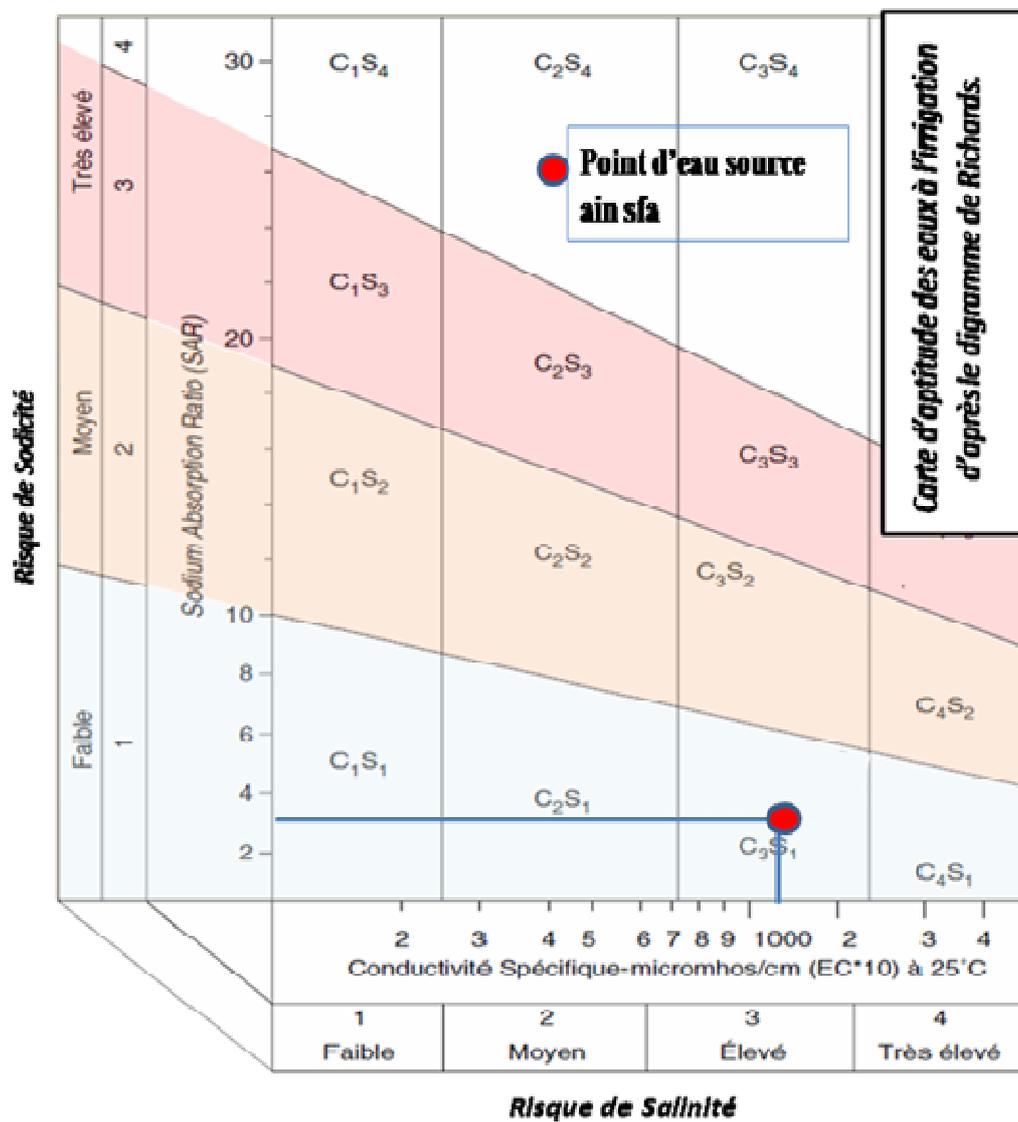


Figure II-3:Diagramme de Richards pour la source .

## II.4.2. Les nouvelles analyses (05-02-2013) :

a) Tableau II-11 : La retenue collinaire (Ain Sfa) :

Les coordonnées du point de prélèvement	SAR	Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	La Zone selon le diagramme de classification des eaux	Remarque
36° 11.009'N 07° 34.240'E	1.87	914	C3 S1	Qualité des eaux moyenne et moyenne à médiocre.

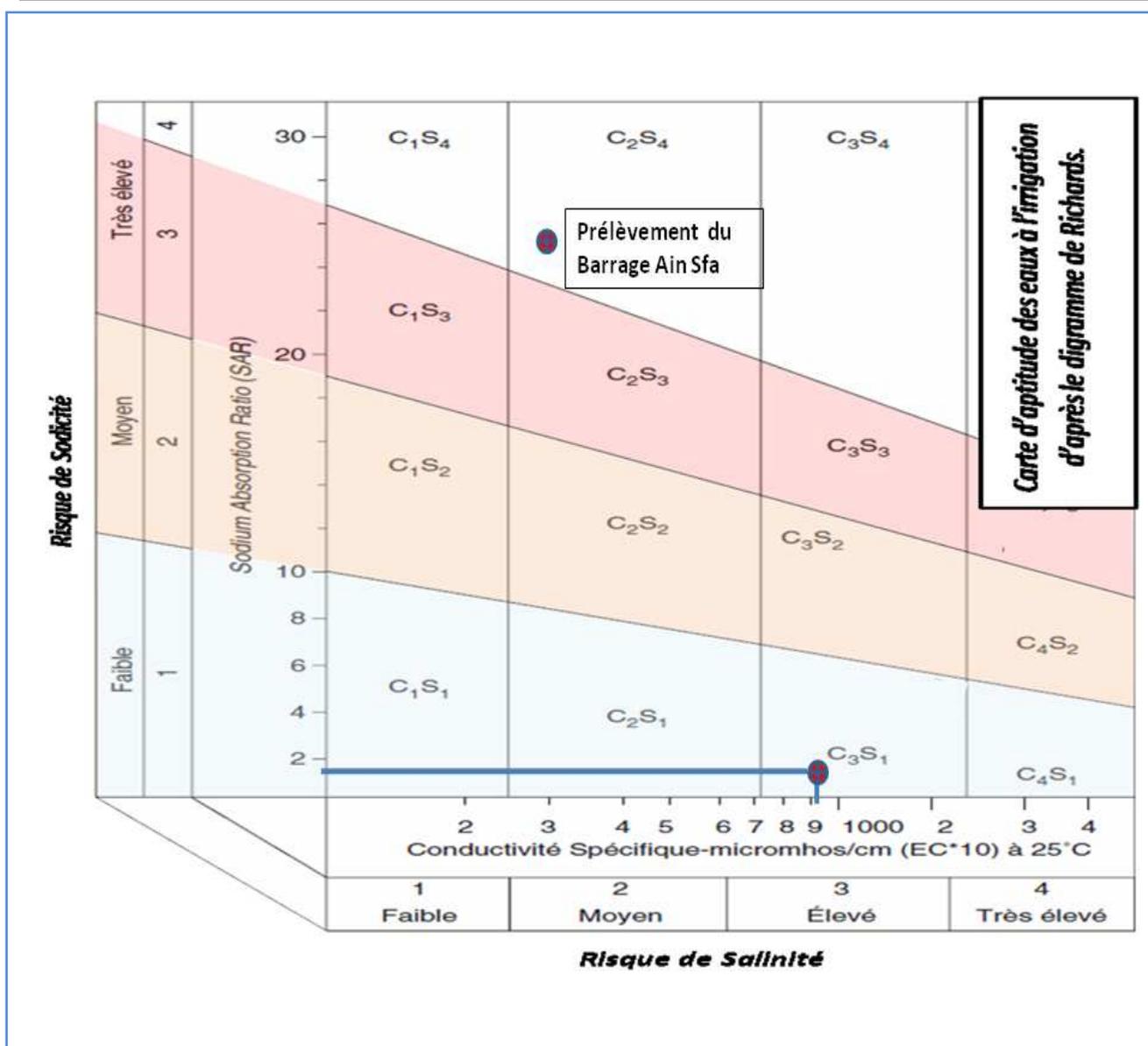


Figure II-4 : Diagramme de Richards pour La retenue collinaire

**C3 S1:** qualité moyenne à utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (Arbres Fruitiers poirier et pommier).

b) Tableau II-12 : La source Ain Sfa et Le drain du périmètre :

-	Les coordonnées	SAR	Conductivité (µs/cm)	La Zone selon le diagramme de classification des eaux	Remarque
La source Ain Sfa	36° 10.905'N 07° 34.364'E	4.46	2700	C4 S2	Qualité des eaux moyenne et moyenne à médiocre.
Le drain du périmètre	36° 10.748'N 07° 34.539'E	6.44	3200	C4 S1	Qualité des eaux moyenne et moyenne à médiocre

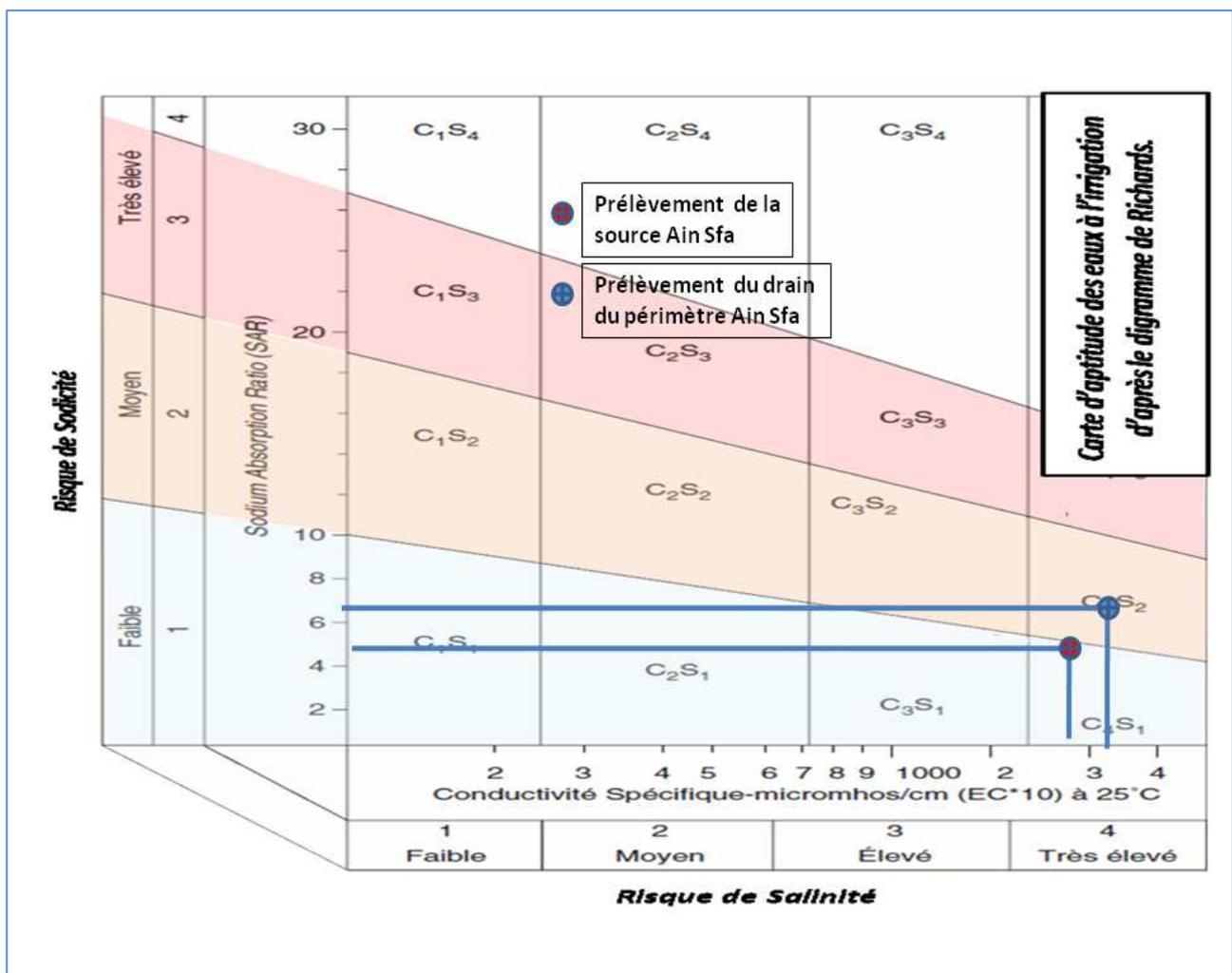


Diagramme de Richards.

Les classes C4S1 et C4S2 indiquent des eaux de mauvaise qualité, fortement minéralisées, qui ne peuvent convenir qu'à des espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés.

## **II.5. Problème de salinité et toxicité :**

### **II.5.1. Problème de salinité :**

Une eau de mauvaise qualité peut avoir des incidences graves sur le développement des plantes.

La plante peut absorber l'eau de deux façons soit par les organes aériens (cas de l'irrigation par aspersion) soit par les racines, mais la quantité d'eau absorbée par les feuilles est toujours faible. Ce sont les racines qui assurent la quantité d'eau nécessaire.

### **II.5.2. Problème de toxicité :**

La toxicité pose un problème différent de celui de la salinité, car elle se manifeste dans le végétal lui-même comme le résultat de l'absorption et de l'accumulation de certaines substances contenues dans l'eau d'irrigation.

Chaque élément présent dans les solutions salines peut avoir un effet toxique spécifique sur la plante, ainsi la plupart des ions sont toxiques à forte concentration.

Généralement les problèmes de la toxicité accompagnent ceux de la salinité, parmi les principaux éléments toxiques il y'a le sodium (Na), le chlore (Cl), et le bore (B).

## **II.6. Résoudre les problèmes de salinité et de toxicité ;**

- Pour la salinité il faut :

1. Choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle.
2. Prévision et surveillance de la dynamique des sels et de l'évolution des sols sous l'effet de l'irrigation avec une telle eau.
3. Appliquer régulièrement un supplément d'eau pour satisfaire le besoin de lessivage.
4. Changer de méthode d'irrigation, en adoptant une qui permette de mieux lutter contre la salinité tout en modifiant les pratiques culturales.

- Pour le problème de toxicité :

1. Arroser plus fréquemment.
2. prévoir un supplément d'eau pour le lessivage.
3. En cas de toxicité par le sodium, utiliser des amendements tels le gypse et le soufre.
4. Faire des cultures moins sensibles.

## II.7. Contrôle de la qualité de l'eau :

- 1- L'eau indispensable aux besoins des plantes doit obéir à certaines normes de qualité minimales.
- 2- L'excès d'éléments indésirables peut être nuisible :
- 3- Aux cultures, d'où baisse des rendements et même risque d'intoxication des consommateurs
- 4- Aux sols, risque d'appauvrissement d'où baisse des rendements mais aussi risque de contamination des cultures et des nappes souterraines
- 5- Aux nappes d'eau souterraines d'où risque de contamination des consommateurs
- 6- Aux consommateurs qui peuvent ingérer directement les polluants fixés aux feuilles fruits .....
- 7- En Algérie les eaux utilisées en irrigation sont en général de qualité assez moyenne voire médiocre mais les dangers les plus craints sont actuellement l'ingestion de très faibles traces (ordre de microgramme) qui deviendraient nuisibles à des concentrations plus significatives (cas de bore)
- 8- Le développement de l'agriculture entraîne lui-même des dégradations fâcheuses de la qualité de l'eau pour d'autres usages (pollution des nappes d'eau douce utilisée pour la consommation par les nitrates). Ce sujet est à l'ordre du jour de toutes les instances internationales concernées.
- 9- Les réseaux de surveillances de la qualité deviennent donc d'une nécessité impérieuse pour contrôler l'évolution des paramètres de la qualité et prendre à temps les mesures correctives indispensables. Cela implique des progrès dans nos possibilités d'analyses avec, à l'amont la formation nécessaire l'industrie des équipements et consommables de laboratoire celles des équipements de traitement et d'épuration des eaux.

## II-8. Conclusion :

La région de SEDRATA est un bel exemple d'unités puisque sur son territoire sont représentées :

- La nappe numidienne – datée à la base de l'Oligocène.
- Les nappes telliennes-essentiellement constituées de formations paléogènes.
- L'ensemble Allochtone écaillée - possède un front chevauchant jalonné par de fortes accumulations triasiques.
- L'Autochtone nord aurésien – correspond à une série plissée par des structures d'assez faibles rayons avec une très forte discordance du miocène.
  - Les eaux les meilleures sont celles assez faiblement minéralisées que l'on rencontre dans la retenue collinaire, La qualité des eaux se dégrade vers l'aval du barrage c.à.d. la source et la partie à proximité de l'oued SFA.
  - Les résultats obtenus par l'ANRH en 1998 et le laboratoire de l'INSID 2013 sont identique au niveau de la retenue mais il y a une différence remarquable au niveau de la source.
  - Puisque le périmètre se base sur les eaux de la retenue pour l'irrigation des plantes la mauvaise qualité des eaux au niveau de la source ne pose pas un problème majeure.
  - Malgré les classes C4S1 et C4S2 indiquent des eaux de mauvaise qualité mais on peut l'utiliser avec précaution par exemple on évite d'utiliser l'irrigation par aspersion puisque le teneur élevé de cette eau par le chlore provoque les brûlures des feuilles avec le soleil, aussi on peut planter des espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés.

**CHAPITRE III :**  
**ETUDE AGRO-PEDOLOGIQUE**  
**ET HYDROLOGIQUE**

### III-1. AGRO-PEDOLOGUE :

L'étude agro-pédologique a pour but de définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à la mise en valeurs en irrigation ainsi les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols indispensables pour le calcul des doses d'arrosages et l'emplacement des réseaux d'irrigation et de drainage.

#### III -1-1.Caractéristiques du sol :

On peut distinguer schématiquement trois types d'horizon pour l'ensemble de profils observés :

- a) Horizon peu profond
- b) Horizon moyen profond
- c) Horizon profond

**a) Horizon peu profond:** de couleurs brune fertiles, commun à tous les profils, de texture argilo-limoneuse, et moindre partie d'une texture argilo-sableuse, et d'une épaisseur variant de 0 jusqu'à 20 à 30cm. La structure est polyédrique fin à moyenne. la porosité du sol jusqu'à 100 cm de profondeur varie entre 29 et 46% valeur moyenne étant voisine de 35%.

**b) Horizon moyen profond:** son épaisseur varie de 30 à 50 cm mais il se présente sous deux formes différentes :

- Horizon brun clair a texture moyenne et structure polyédrique fin à grumeleuse,

- Horizon brun foncé à texture limono- argileuse à limono- sableuse est de structure polyédrique moyenne grossière.

**c) Horizon profond :** il commence à 50 jusqu'à 100cm de profondeur en moyenne. la couleur est généralement jaunâtre. La texture argilo- limoneuse pour une structure exprime polyédrique à prismatique bien développé.

D'après le test de PH mètre à l'extrait 1/2.5 et selon les normes d'interprétation de AFES\*-INRA\*-1988 nous pouvons constater que tous vos sols sont de PH basique.

Le PH doit se situer aux environs de 7,78 à 8,52 .

En ce qui concerne les caractéristiques physico- chimiques des sols de la classe peu évoluée le taux de matières organiques irrégulier, dans le premier horizon varie entre 0,15-3.0%. la teneur en gypse est sous forme de trace et celle de phosphore n'existe pas le carbone(C) de l'azote (N) sont présents en quantités importantes et variant respectivement autour de 0.6 à 17% et 0.11 à 1.41% la capacité d'échange est extrêmement basse la réaction de sol est toujours alcaline avec le minimum de PH 7,78 et le maximum de PH 8,52.

D'après le test de la conductivité électrique à l'extrait 1/5 et selon les normes d'interprétation d'INSID nous pouvons dire qu'on est en présence des sols non salés. Et sa valeur ne dépasse pas 0.553 mmhos/cm, le niveau souhaitable < 0.6 m.

L'infiltration et en corrélation avec la texture et la structure. Selon les résultats de mesures sur 78% des superficies irrigables, la perméabilité varie entre 0.5 et 2 cm/h,

### **III -1-2. Aptitude des sols à l'irrigation :**

L'étude agro-pédologique est très essentiels pour déterminé les sols apte à l'irrigation et les zones a revalorise et aussi les zones a écarté qui serons difficile du point de vue technique ou bien économique pour l'établissement du réseau d'irrigation. D'après l'importance des aptitudes culturales des sols à l'irrigation, les sols de la zone étudiée ont été répartis en cinq catégories de zones homogènes. Dans le tableau III-1, sont détaillées les superficies occupées par chacune de ces catégories dans la superficie d'étude.

**TABLEAU III-1 : Zones homogènes de mise en valeur et leur superficie occupé**

Zone homogène	Superficie (ha)	Superficie (%)
I	20.59	12.87
II	40.11	25.07
III	73.28	45.8
IV	23.60	14.75
V	2.42	1.51
Total	160	100.00

La majorité des sols de AIN SFA définie comme un aptes à l'irrigation environ 83.74% est une superficie de 133.98 ha appartient aux catégories I , II , III, caractérisé par une structure polyédrique, grossière. et par une texture argileuse, argilo-limoneuse et en moindre partie la texture argilo-sableuse.

### **III -1-3. 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.

Les différentes classes avec ces caractéristiques sont données dans le tableau suivant

**Tableau III-2 : caractéristique des sols et aptitudes culturales**

<b>Paramètre de classification</b> <b>Classe d'aptitude à l'irrigation</b>	<b>Profondeur ( cm)</b>	<b>Texture</b>	<b>Salinié mmohs/cm</b>	<b>Topog</b>	<b>Perméabilité (cm/h)</b>	<b>drainage</b>	<b>Aptitudes culturales</b>	<b>Observations</b>
<i>Classe I</i>	<i>&gt; 120</i>	<i>-Texture moyenne (Sablo argileuse, limoneuse)</i>	<i>-Pas de problème de salinite &lt;1 -Calcaire actif &lt; 5%</i>	<i>Plane</i>	<i>2-6 (bonne)</i>	<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 Aucune contrainte majeure pour la mise en valeur.</i>
<i>Classe II</i>	<i>&gt; 80</i>	<i>-Sablo-limoneuse -Limono-sableuse et limono argileuse</i>	<i>-La salinite varie de 4 à 8 -Teneur en calcaire actif ≤ 7%</i>	<i>Plane</i>	<i>-Pour les sols à texture fine 0,5-2 -Texture grossière 6-12,5</i>	<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>	<i>40 à 80</i>	<i>-Sablo – limoneuse ( à forte teneur en sable ) -Argilo-sableuse, argilo limoneuse</i>	<i>Présente dans les endroits à texture fine 8÷12 calcaire actif entre 7 et 12%</i>	<i>Pente faible</i>	<i>-Pour les sols à textures fine (0,1÷0,5) - Pour les sols à texture grossière (12,5÷25)</i>	<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>

<b>Paramètre de classification</b> <b>Classe d'aptitude à l'irrigation</b>	<b>Profondeur ( cm)</b>	<b>Texture</b>	<b>Salinié mmohs/cm</b>	<b>Topog</b>	<b>Perméabilité (cm/h)</b>	<b>drainage</b>	<b>Aptitudes culturales</b>	<b>Observations</b>
<i>Classe IV</i>	<i>40 à 80</i>	<i>-Texture fine argileuse ou très légère sableuse -Présence de croûtes calcaires</i>	<i>-Varie de 12 ÷ 16 -Teneur en calcaire actif &gt; 12%</i>	<i>Par endroit la pente est forte</i>	<i>Variable</i>	<i>Nécessite un drainage</i>	<i>Faible aptitude aux cultures maraîchères et fourragères et inaptes à l'arboriculture</i>	<i>-Lessivage localisé -Des engrais organiques et minéraux -Labour profond et assainissement de surface.</i>
<i>Classe V</i>	<i>&lt; 40</i>	<i>-Affleurement de la dalle calcaire par endroits -Charge caillouteuse &gt;50%</i>	<i>Salinité &gt; 16</i>	<i>Pente supérieure à 20%</i>	<i>Très faible</i>	<i>Nécessite un drainage</i>	<i>-Inapte à toutes les cultures -Aptitude moyenne pour l'olivier, la vigne, le figuier et les céréales en sec</i>	<i>Inapte à l'irrigation</i>

SOURCE(ENHYD)

Donc le sol de la station convient aux cultures suivantes :

- Les cultures maraîchères : tomate, pomme de terre, melon, piment poivron, fève ....etc.
- Les cultures fourragères : maïs, luzerne, sorgho, ...etc.
- Les cultures céréalières : blé, orge ...etc.
- Les arbres fruités : amandier, olivier, figuier ...etc.

#### **III-1-4- Choix des cultures :**

Les choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivant :

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

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses condition du périmètre d'étude, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture.

Pour notre périmètre les cultures que nous avons choisies sont les suivants :

##### **a. Arboriculture :**

Olivier

##### **b. Cultures maraichères :**

- Carotte
- Melon Pastèque
- Pomme de terre
- Tomate
- Fève verte
- Piment

**c. Cultures fourragères :**

- Blé
- Sorgho

Les cultures industrielles ne peuvent être envisagées surtout pour des raisons économiques. Les surfaces à leur consacrer ne permettent pas une production suffisante pour justifier l'installation d'unité pour le traitement au niveau local.

**III-1-5- Répartition des cultures :**

Le choix de ces cultures dans notre périmètre est bien réparti dans le temps .

Le tableau III-3 exprime la répartition d'occupation des sols relatifs aux cycles culturels retenus pour le projet.

**Tableau III-3 : La répartition des sols relative aux cycles culturels.**

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOT
Olivier												
Blé												
P de t												
Tomate												
Melon												
Piment												
sorgho												
Carotte												
Fève verte												

**III-1-6-Assolement :**

L'assolement c'est la répartition des cultures dans le périmètre. Le choix de l'assolement est conditionné par un certain nombre de contraintes.

**a- Contraintes agro climatique :**

C'est à dire les cultures qui s'adaptent au climat et au sol. Chaque culture a ses exigences climatiques (pluie, température, etc....) et pédologique (profondeur du sol, texture, etc....).

**b- Contraintes externes :**

Planification pour répondre aux besoins croissants de consommation.

**c- Contraintes internes :**

Main d'œuvre et matériel. Certaines cultures demandent une main d'œuvre qualifiée et un matériel spécifique. Qualité de l'eau utilisée.

**d- Contraintes économiques :**

Le prix des produits, commercialisation, ces contraintes prennent une importance primordiale, ainsi le prix des produits est considéré à échéance avec l'assurance d'une vente rentable. Dans notre cas on opte pour un assolement mixte qui permet d'assurer les besoins des marchés.

Les cultures les plus demandées dans le marché sont : Blé, tomates, piments, pomme de terre, Olivier, carottes et sorgho et Fève verte.

- Blé en premier degré.
- Tomates, pomme de terre, Olivier en deuxième degré.
- piment, carottes, melon, sorgho et Fève verte en 3<sup>ème</sup> degré.

**III-1-7- Choix d'une rotation :**

La rotation c'est la succession des cultures sur une même parcelle. Dans la rotation on doit :

- Planter les cultures dans des meilleures conditions techniques et économiques.
- Maintenir le sol en équilibre physique, technique et propre.

Le choix de la rotation se fait selon l'assolement choisi pour mieux succéder aux cultures dans les champs. On considère la campagne agricole qui s'étale 1<sup>er</sup> Septembre au 31 Aout, soit une année, la rotation sera donc établie en tenant compte de la durée du cycle végétatif de chaque culture.

Dans notre cas, on a divisé le périmètre en dix ilots, chaque ilot est divisé en 2 ou 3 parcelle et chaque parcelle en divise en quatre champs, chaque champ à une spécificité bien déterminée une rotation.

Le tableau III-4 donne la surface et la rotation de chaque champ.

**Tableau III-4 : La rotation dans chaque champ.**

Champ	Surface (ha)	1 ère année												2 ème année											
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1	(50 %) 66.99	Olivier																							
2	(16,66%) 22.33	pomme de terre				melon Piment								tomate											
3	(16,66%) 22.33	Carotte et fève verte				tomate								blé											
4	(16,66%) 22.33					blé								pomme de terre				sorgho							

### **III -2.HYDROLOGIE :**

#### **III-2-1. Etudes des précipitations annuelles :**

Les lois d'ajustement sont nombreuses et ne peuvent être appliquées à un échantillon que si les conditions homogénéité-stationnarité sont réunies parmi lesquelles :

- Loi de Laplace-Gauss, loi normal, et loi de Galton ou loi log-normale.
- Loi de Fuller ou loi Exponentielle.
- Loi Gamma, loi de Pearson I et III.
- Loi de Gumbel ou loi doublement exponentielle.

➤ Ces lois comportent deux à trois paramètres estimés par différentes méthodes :

- Méthode des moments.
- Méthode du maximum de vraisemblance.
- Méthode du maximum d'entropie.

Les critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord, et ensuite à un test de dispersion. L'allure des points sur du papier à prime abord d'accepter ou de rejeter la loi. Le problème posé : Quelle loi choisir lorsque plusieurs d'entre elles sont adéquates ?

Donc les critères de choix pouvant être retenus sont :

- A qualité égale, la loi qui a le moins de paramètres est à retenir.
  - A qualité égale et nombre de paramètre égal, il faut comparer les estimations des deux lois ; si ces estimations sont voisines, il faut retenir la plus simple, si elles sont nettement différentes, il faut prendre une nouvelle loi quitte à prendre un paramètre supplémentaire.
- La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau III-5 :Pluies moyennes mensuelles observées à la station de Sedrata :**

Code de la station : 140101

Nom de la station : Sedrata

ANNEE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	annuel
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	606,4
2002	10,4	8,4	127	138,7	30,6	5	44,4	25,8	145	56	10,9	37,7	640,1
2003	21,3	53,8	82,4	11,9	37,8	48,2	63	14,5	65,6	38	2,5	16,2	455,1
2004	49,1	23,8	114,7	17	17,8	5,7	59,4	51,3	62	34	0	31,2	474,9
2005	7,3	68	10,2	14,3	16,3	37,5	39,3	40,5	27,4	3	0	24,4	306,2
2006	98,3	7,3	13,2	3,1	17,9	52,5	37,8	93,3	15,8	39	5	4,3	387,9

### III-2-2-Homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon :

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé 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  $N_1 > N_2$

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

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

$W_{\min} < W_y < W_{\max}$  Tel que :

$$\left\{ \begin{array}{l} W_y = \sum \text{Rangs de la série (Y)}. \\ W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1) \cdot N_2 - 1}{2} - U_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}}. \\ W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{\min}. \end{array} \right.$$

Le tableau suivant détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station de sedrata code (140101).

**Tableau N° : III -6 : Test d'homogénéité**

Rang	Série d'origine P (mm)	Série x (mm)	Série y (mm)	TRI (mm)	x union y
1	455.1	272.7	455.1	227.7	X
2	474.9	565.1	474.9	249.9	X
3	306.2	384.4	306.2	272.7	Y
4.5	387.9	548.7	387.9	289.6	Y
4.5	536.5	289.6	536.5	289.6	X
6	319.3	227.7	319.3	306.2	Y
7	511.8	541.8	511.8	319.3	Y
8	249.9	473.9	249.9	321	Y
9	469.7	440.3	469.7	352.3	Y
10	376.5	381.2	376.5	362.7	X
11	362.7	427.7	362.7	367.3	X
12	289.6	321	289.6	376.5	X
13	367.3	352.3	367.3	381.2	Y
14	272.7	402.8		384.4	Y
15	565.1	666.4		487.9	Y
16	384.4	640.1		402.8	Y
17	548.7			427.7	Y
18	289.6			440.3	Y
19	227.7			455.1	X
20	541.8			469.7	Y
21	473.9			473.9	X
22	440.3			574.9	X
23	381.2			511.8	Y
24	427.7			536.5	X
25	321			541.8	X
26	352.3			548.7	X
27	402.8			565.1	
28	666.4			640.1	
29	640.1			666.4	

Wmin	Wy	Wmax
149.81	180	240.19

D'après les résultats qui on a obtenue :  $149.81 < W_y < 240.19$

La condition est satisfaite Donc La série est **HOMOGENE**.

### III -2-3-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

La simulation des apports annuels avec le logiciel HYFRAN nous donne les résultats suivantes :

**Tableau III-7 : résultats de la simulation :**

Statistiques de base	Toutes les données
Nombre d'observations	29
Minimum	227.7
Maximum	666.4
Moyenne	415.279
Ecart-type	114.049
Médiane	387.900
Coefficient de variation (Cv)	0.274632
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.430047
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.27963

**III -2-3-1.Ajustement à la loi de 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

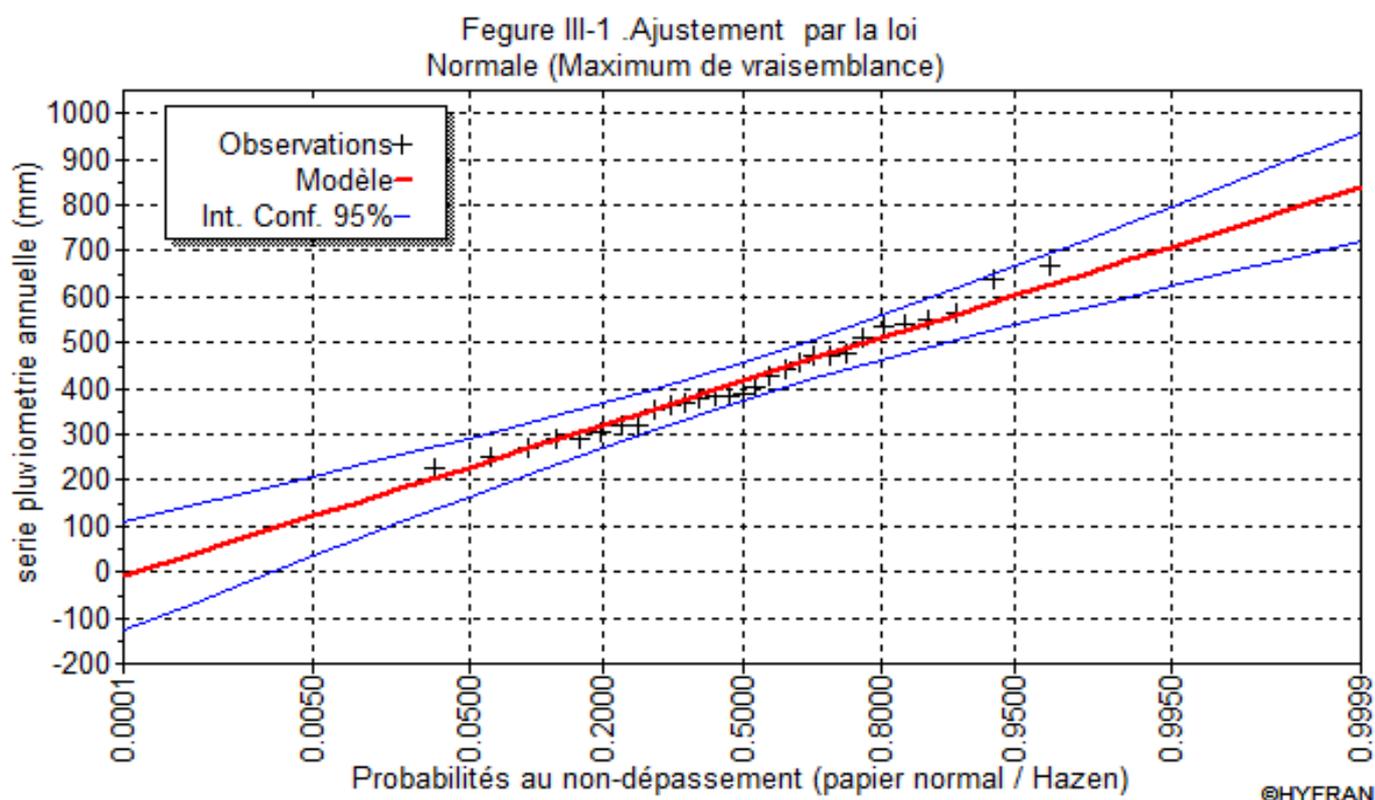
$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du$$

**Tableau III-8: Ajustement à une loi de Gauss :**

Période de retour (ans)	Probabilité (q)	XT	Ecart type	Intervalle de confiance
100.0	0.9900	680.647	41.3041	613.312
50.0	0.9800	649.558	37.7973	580.445
20.0	0.9500	602.914	32.8210	533.133
10.0	0.9000	561.459	28.8116	492.873
5.0	0.8000	511.247	24.7585	445.922
3.0	0.6667	464.354	22.1705	403.367
2.0	0.5000	415.279	21.1784	359.821

**Tableau III-9: Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon :**

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	227.7
Maximum	Aucun	666.4
Moyenne	415.279	415.279
Ecart-type	114049	114.049
Médiane	415.279	387.9
Coefficient de variation (Cv)	0.274632	0.274632
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.00	0.430047
Coefficient d'aplatissement (Ck)	3.00	2.27963



### III-2-3-2.Ajustement à la Loi Log normale :

La loi Log normale a une fonction de répartition qui s'exprime selon la formule suivante :

$$F ( X ) = \frac{1}{\sqrt{2 \Pi}} \int_u^{+\infty} e^{-\frac{1}{2}u^2} du$$

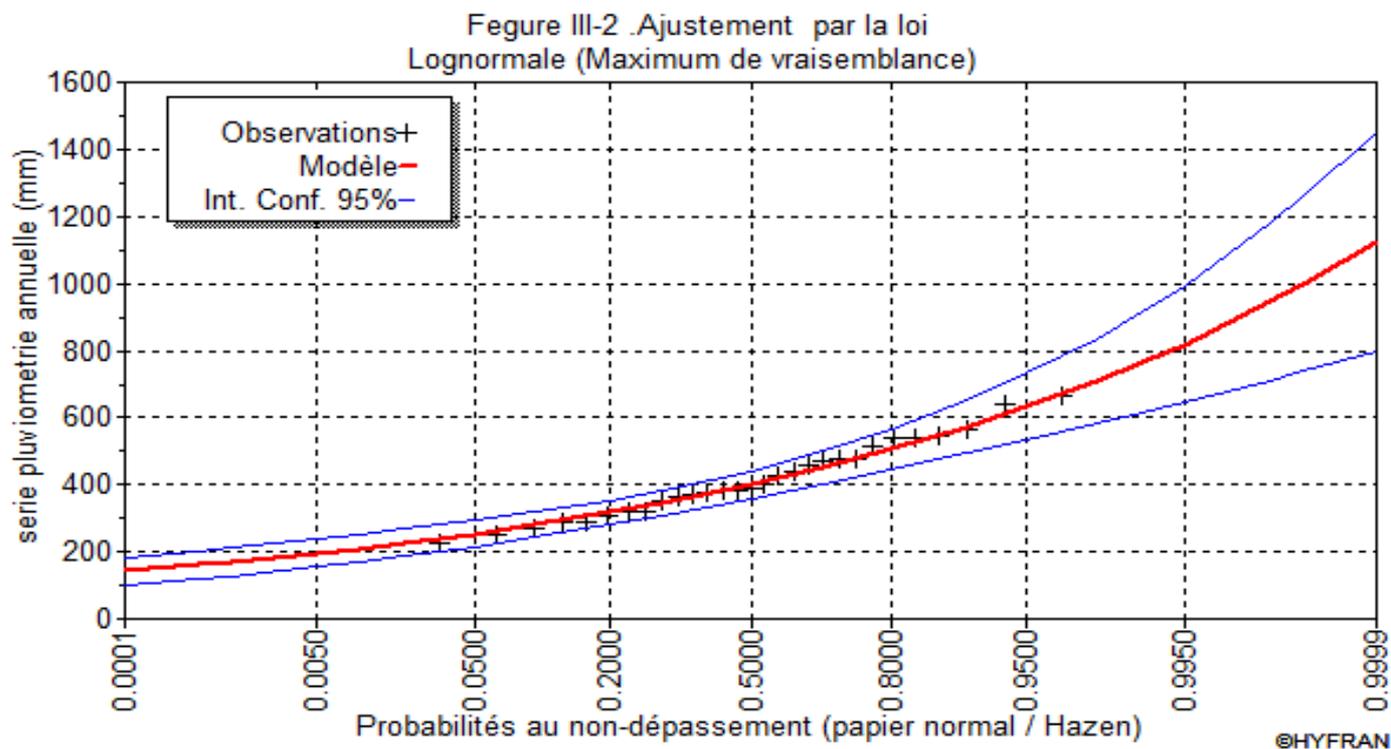
Ou: u = variable réduite de GAUSS

**Tableau III-10 :Les résultats de l'ajustement par la loi de Log- Normal « Galton » :**

<b>Période de retour (ans)</b>	<b>Probabilité (q)</b>	<b>XT</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Intervalle de confiance</b>
100.0	0.9900	763.981	76.8566	613.312
50.0	0.9800	708.267	65.2025	580.445
20.0	0.9500	632.207	50.5378	533.133
10.0	0.9000	571.491	40.1035	492.873
5.0	0.8000	505.704	30.4949	445.922
3.0	0.6667	451.122	24.3599	403.367
2.0	0.5000	400.300	20.6483	359.821

**Tableau III-11 : Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon :**

<b>Paramètres</b>	<b>Caractéristiques de la loi</b>	<b>Caractéristiques de l'échantillon</b>
Minimum	0.00	228
Maximum	Aucun	666
Moyenne	416	415
Ecart-type	118	114
Médiane	400	388
Coefficient de variation (Cv)	0.283	0.275
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.873	0.430
Coefficient d'aplatissement (Ck)	4.38	2.28



### III-2-3-3. L'adéquation de la série :

Tableau.III-12 :Adéquation par teste de Pearson ( $X^2$ ) :

Lois	Maximum de vraisemblance	
	Normale	Lognormale
Test d'adéquation		
Khi carré	$X^2 = 5,03$	$X^2 = 1,17$
	$P = 0,2838$	$P = 0,8826$
Degré de liberté $\nu$	4	4
Nombre de classes	7	7

pour  $P=1-\alpha$ .

On a :  $\nu = 4$ ,  $\alpha = 0,05 \Rightarrow$  sur la table de Pearson  $X^2 = 9.488$  (valeur théorique)

$X^2$  (calculer) <  $X^2$ (théorique) = 9.488

La condition est satisfaite pour les deux lois. L'adéquation des lois est bonnes pour une probabilité  $1-\alpha$  soit 95%.

### III -2-3-4.Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi Log- Normal est la plus adéquate graphiquement, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région  
La détermination des valeurs des pluies mensuelles pour l'année sèche ce fait par la relation suivante :

$$P_{i \text{ sec}} = P_{i \text{ moy}} * (P_{\text{sec}} / P_{\text{moy}})$$

$P_{i \text{ sec}}$  : pluie mensuelle pour l'année sèche pour le mois i

$P_{i \text{ moy}}$  : pluie moyenne mensuelle pour le mois i

$P_{\text{sec}}$  : pluie annuelle à une probabilité de dépassement de 80%.=316.865 mm

$P_{\text{moy}}$  : pluie totale annuelle =400.3 mm.

**Tableau N° III-13 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul**

Année	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	août	total annuel
$P_{i \text{ moy}}$	17.75	36.33	75	36	68.4	50.71	40.33	17.67	54.38	37	1.75	7	400.3
$P_{i \text{ sec}}$	14.05	28.76	59.36	28.49	54.14	40.14	31.92	13.98	43.04	29.28	1.38	5.6	355.57

### III-3. Conclusion :

D'après les travaux pédologiques de terrain entrepris ; le périmètre dispose suffisamment de terres irrigables, Les sols présentent des caractéristiques physiques favorables (profondeur, texture et structure) avec des pentes de terrain modérées.

L'accessibilité aux différentes parcelles est assurée par des pistes carrossables existantes.

L'étude hydrologique montre que la série pluviométrique et un série homogène et l'ajustement de la série fait par des lois le plus précise et donne des résultats plus exactes.

***CHAPITRE IV :***  
***BESOIN EN EAU DES***  
***CULTURES***

#### **IV-1. Introduction :**

L'estimation des besoins des plantes ne sont pas constants dans le temps, il y a une sensibilité particulière au déficit à certaines périodes de leur cycle végétatif.

De nos jours, la plupart des modes des conduites de l'irrigation résultent soit d'un bilan hydrique de la culture, soit de mesure in situ de la réponse à la sécheresse des plantes, dans les systèmes agraires modernes, la majorité des prévisions d'irrigation dépendent de l'évaluation de la quantité d'eau disponible dans le sol pour la culture.

Les besoins en eau à satisfaire par l'irrigation au niveau du champ représentent le volume et la fréquence des applications d'eau nécessaire pour compenser les déficits en eau du sol pendant le cycle végétatif d'une culture donnée.

Les besoins en eau à satisfaire sont à estimer en deux phases :

- Les besoins unitaires : Relatifs à un hectare de chacune des cultures envisageables pour la zone étudiée.
- Les besoins globales : Du périmètre d'irrigation.

Pour calculer ces besoins, il faut y avoir les données climatiques et édaphiques les variables qui composent le bilan hydrique au niveau de l'aire d'irrigation ce sont :

- Les besoins en eau maximum de chaque culture (évapotranspiration moyenne ETM).
- La pluie efficace (Pe).
- La fraction de la réserve utile du sol (RFU).

#### **IV-2. Besoins en eau des cultures :**

L'estimation des besoins en eau des plantes suivant l'espèce, est liée à de nombreux facteurs climatiques (pluviométrie, températures, hygrométrie, etc.).

C'est pourquoi on fait appel à la notion de l'évapotranspiration qui met en relation ces facteurs.

### **IV-3. Détermination de l'évapotranspiration et la Pluit efficace :**

#### **IV-3-1.L'évapotranspiration :**

On désigne par l'évapotranspiration la somme des quantités d'eau utilisée par les Plantes: (eau de constitution, eau de végétation et celle évaporée par la surface du sol), on peut l'évaluer à l'unité de surface. En pratique, il est plus simple d'exprimer l'évapotranspiration en hauteur d'eau en (mm). Mais la notion de l'évapotranspiration est elle même assez mal définie car les quantités évaporées et transpirées dépendent dans une certaine mesure des taux d'humidité préexistants dans le sol.

Ainsi, Pour définir un critère plus précis. On introduit l'évapotranspiration potentiel (ETP) qui correspond à la double hypothèse du maintien du taux d'humidité du sol à la valeur très voisine de sa capacité de rétention et d'un développement végétatif optimum.

Plusieurs méthodes de calcul de l'évapotranspiration potentiel (ETP) ont été proposées, on peut distinguer :

Des méthodes résultantes d'ajustement statistique : Blaney-Criddle, Thornwaithe et Turc.

Des méthodes résultantes d'une analyse de l'évapotranspiration potentiel (ETP) en temps que processus énergétique : Penman, Bouchet, Broche et Gerber.

Chacune d'entrés elles ne sont bien adaptées qu'à un contexte limité, qu'elle soit spécifique d'une zone climatique donnée, qu'elle mette en jeu des données climatiques, non disponibles.

On fait l'ETR d'une culture dépend d'abord du climat mais aussi de la culture elle même et des conditions de la croissance. On est donc amené à définir un coefficient cultural  $K_c$  permettant le calcul de l'ETR d'une culture donnée à partir de la référence climatique constitue l'ETP.

$$ETR = K_c \cdot ETP$$

Le coefficient cultural spécifique d'une culture, donnée prend des valeurs différentes selon le stade végétatif de la culture il est défini par expérimentation. Nous présentons ci-dessous deux méthodes de calcul de L'ETP.

#### IV-3-1-1. Calcul de L'ETP selon la méthode de Turc :

L'expression de la formule est la suivante :

$$ETP_{mm/mois} = C \cdot K(Ig + 50) \left( \frac{t}{t + 50} \right)$$

Avec :

C : facteur correctif fonctions de l'humidité relative de l'air.

C = 1 ; Si l'humidité relative de l'air < 50%

$C = 1 + \frac{50-hr}{70}$  ; Si l'humidité relative de l'air > 50%

K = 0,40 coefficient adopté pour tous les mois considérés sauf pour le mois de Février ou il égale à 0,37

K = 0,31 pour une période décadaire

t : température moyenne mensuelle

Ig : radiation solaire globale du mois considéré (calories/cm<sup>2</sup>/j)

$$Ig = Iga \left( 0,18 + 0,62 \frac{h}{H} \right)$$

Iga : radiation maximale qui dépend de la latitude, (calories/cm<sup>2</sup>/j)

H : durée mensuelle du jour qui dépend de la latitude.

h : durée de l'insolation effective du mois.

$\frac{h}{H} = 1 - \frac{n}{10}$  : Insolation relative, En heures.

n : nébulosité exprimé on OKTAS ou en dixièmes.

#### IV-3-1-2. Formule de Blaney-Criddle (1950)

$$ETP = K ( 0.46 t + 8.13 ) P$$

t : températures moyennes mensuelles (C°).

P : Pourcentage de la durée d'éclairement pour chaque mois de l'année en fonction de la latitude.

$$K = Kc \cdot Kt$$

Kc = coefficient cultural.

Kt = coefficient climatique.

$$Kt = 0,0173 (1,8t + 32) - 0,314$$

**Tableau IV-1: Calcul de L'ETP d'après la formule de Turc :**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuelles
T C°	5,9	7	10,5	12,6	18,2	23,1	26,5	25,8	21,3	16,9	10,7	6,9	15,45
t/t+15	0,28	0,32	0,41	0,46	0,55	0,61	0,64	0,63	0,59	0,53	0,42	0,32	
h/H	0,48	0,53	0,54	0,57	0,65	0,70	0,79	0,77	0,68	0,57	0,53	0,50	
Iga	229,4	272,6	375,1	441	508,4	516,	517,7	477,4	393	328,6	240,	204,6	
Ig	48,16	58,03	80,06	94,93	111,9	115,3	118,5	108,8	87,23	70,84	51,02	43,14	
ETP (mm)	31,55	41,06	70,02	89,66	122,4	137,3	145	133,4	104	80,23	48,30	32,09	1034,99

**Tableau IV-2: calcul de L'ETP d'après la formule Blaney-Criddle :**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuelles
T C°	5,9	7	10,5	12,6	18,2	23,1	26,5	25,8	21,3	16,9	10,7	6,9	15,45
P %	5,07	5,82	6,42	7,46	9,1	10,22	11,29	10,43	8,4	6,48	5,4	4,85	-
Kt	5,49	6,35	7,03	8,3	9,98	11,14	12,35	11,52	9,21	7,35	5,99	5,27	-
K	0,42	0,46	0,57	0,63	0,81	0,96	1,06	1,04	0,90	0,77	0,57	0,45	-
ETP (mm)	23,23	30,17	47,1	65,48	120,70	183,16	243,36	216,74	135,5	78,7	40,27	24,9	1209,20

**Tableau IV-3: Tableau comparatif de l'ETP calculée par les deux formules :**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuelles
ETP(mm) "Turc"	31,55	41,06	70,02	89,66	122,4	137,3	145	133,4	104	80,23	48,30	32,1	1034,99
ETP(mm) "B-C "	23,23	30,17	47,1	65,48	120,7	183,2	243,36	216,7	135,5	78,7	40,27	24,9	1209,20

Pour assurer un rapport d'eau sécurisant durant la période estivale en particulier, nous adoptons pour la détermination des besoins en eau des différentes cultures la formule de Blaney-Criddle.

#### IV- 3-2 . La pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme **CROPWAT**, nous permettra 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.

$$\text{On à : } P_{\text{eff}} = P_{P\%} \times 0.8$$

**Avec :**  $P_{\text{eff}}$  : pluie annuelle efficace en (mm/mois).

$P_{P\%}$  : pluie annuelle de probabilité en (mm/mois).

Les valeurs mensuelles d' $ET_0$ ,  $P_{P\%}$  et  $P_{\text{eff}}$  sont regroupées dans le tableau.

**Tableau IV-4 : Les précipitations efficaces :**

Pays : ALGERIE		Station climatique : sedrata (29ans)	
Mois	$ET_0$ mm/mois	$P_{P\%}$ mm/mois	Pluie eff mm/mois
Janvier	23,23	54.14	43.312
Février	30,17	40.14	32.112
Mars	47,1	31.92	25.536
Avril	65,48	13.98	11.184
Mai	120,70	43.04	34.432
Juin	183,16	29.28	23.424
Juillet	243,36	1.38	1.104
Août	216,74	10.98	8.784
Septembre	135,5	14.05	11.24
Octobre	78,7	28.76	23.008
Novembre	40,27	59.36	47.488
Décembre	24,9	28.49	22.792
Totaux	1209,20	355.57	284.456
Précipitation efficaces : 80 % de la précipitation totale			

#### **IV-4. Détermination des besoins en eau d'irrigation suivant le calendrier cultural :**

##### **IV-4-1. Définition :**

Les besoin en eau d'irrigation (B), est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sur qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal aux besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage, percolation profonde, inégalité de répartition...etc.).

##### **IV-4-2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :**

Pour le calcul des besoins en eau de l'arboriculture on a utilisé une méthode de bulletin du FAO N°36. Cette méthode consiste à déterminée :

##### **IV-4-2-1. Le besoin d'irrigation nette, B net :**

C'est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation théorique nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée (À l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

Les besoins nettes mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B_{net} = ETP - (P_{eff} + RFU)$$

B net : besoin nettes en eau d'irrigation (mm)

ETP : évapotranspiration (mm / jour)

RFU : réserve facilement utilisable (mm)

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

Y : degré de tarissement

D<sub>a</sub> : densité apparente

Z : profondeur d'enracinement (mm)

H<sub>cc</sub> : humidité à la capacité au champ

H<sub>pf</sub> : humidité au point de flétrissement

Dans un sol argilo-limoneuse ( $H_{cc}=31\%$ ,  $H_{pf}=15\%$ )

$P_{ef}$  : pluie efficace (mm)

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

#### IV-4-2-2. Le besoin d'irrigation brut, B brut :

C'est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation nécessaire en pratique

(Compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution

des autres ressources).

$$B_{brut} = B_{net} / E_{ff} ; (\text{mm/j})$$

Avec :  $E_{ff}$  : produit enter trios efficiencias

Les résultats de calcul pour les différentes cultures sont dont les tableaux ses dessous :

**Tableau IV-5 : Besoins en eau d'irrigation pour le Blé :**

Culture: Blé			Date de plantation 1 Novembre				
Mois	P eff (mm)	ET0 (mm/mois)	Kc	RFU (mm)	B net (mm)	Eff	B brut (mm)
Septembre	11.24	135.5					
Octobre	23.008	78.7					
Novembre	47.488	40.27	0.30	60.00	0.00	0.75	0.00
Décembre	22.792	24.9	0.38	66.00	0.00	0.75	0.00
Janvier	43.312	23.23	0.46	70.80	0.00	0.75	0.00
Février	32.112	30.17	0.52	75.60	0.00	0.75	0.00
Mars	25.536	47.1	0.62	78.00	0.00	0.75	0.00
Avril	11.184	65.48	1.15	81.60	0.00	0.75	0.00
Mai	34.432	120.7	1.10	84.60	19.77	0.75	26.36
Juin	23.424	183.16	0.40	19.77	30.07	0.75	40.09
Juillet	1.104	243.36					
Août	8.784	216.74					
Total		1209.31			49.84		66.45

**Tableau IV-6 : Besoins en eau d'irrigation pour sorghos :**

Culture: Sorghos				Date de plantation 1 Mai			
Mois	P eff (mm)	ET0 (mm/mois)	Kc	RFU (mm)	B net (mm)	Eff	B brut (mm)
Septembre	11.24	135.5	0.37	73.65	0.00	0.75	0.00
Octobre	23.008	78.7					
Novembre	47.488	40.27					
Décembre	22.792	24.9					
Janvier	43.312	23.23					
Février	32.112	30.17					
Mars	25.536	47.1					
Avril	11.184	65.48					
Mai	34.432	120.7	0.3	36.00	0.00	0.75	0.00
Juin	23.424	183.16	0.5	42.00	26.16	0.75	34.87
Juillet	1.104	243.36	0.82	26.16	172.30	0.75	229.73
Août	8.784	216.74	0.77	172.30	0.00	0.75	0.00
Total					198.45		264.60

**Tableau IV-7 : Besoins en eau d'irrigation pour la pomme de terre :**

Culture: pomme de terre				Date de plantation 1 janvier			
Mois	P eff (mm)	ET0 (mm/mois)	Kc	RFU (mm)	B net (mm)	Eff	B brut (mm)
Septembre	11.24	135.5	0.50	18.00	38.51	0.75	51.35
Octobre	23.008	78.7	0.70	38.51	0.00	0.75	0.00
Novembre	47.488	40.27	1.01	30.00	0.00	0.75	0.00
Décembre	22.792	24.9	1.00	30.00	0.00	0.75	0.00
Janvier	43.312	23.23	0.70	30.00	0.00	0.75	0.00
Février	32.112	30.17					
Mars	25.536	47.1					
Avril	11.184	65.48					
Mai	34.432	120.7					
Juin	23.424	183.16					
Juillet	1.104	243.36					
Août	8.784	216.74					
Totale					38.51		51.35

**Tableau IV-8 : Besoins en eau d'irrigation pour le piment:**

Culture: piment				Date de plantation 10 Avril			
Mois	P eff (mm)	ET0 (mm/mois)	Kc	RFU (mm)	B net (mm)	Eff	B brut (mm)
Septembre	11.24	135.5					
Octobre	23.01	78.7					
Novembre	47.49	40.27					
Décembre	22.79	24.9					
Janvier	43.31	23.23					
Février	32.11	30.17					
Mars	25.54	47.1					
Avril	11.18	65.48	0.6	18	10.10	0.75	13.4667
Mai	34.43	120.7	0.78	10.104	49.61	0.75	66.1467
Juin	23.42	183.16	0.9	49.61	91.81	0.75	122.413
Juillet	1.10	243.36	0.85	91.81	113.94	0.75	151.923
Août	8.78	216.74					
Total					265.46		353.946

**Tableau IV-9 : Besoins en eau d'irrigation pour la tomate:**

Culture: Tomate				Date de plantation 1 Mars			
Mois	P eff (mm)	ET0 (mm/mois)	Kc	RFU (mm)	B net (mm)	Eff	B brut (mm)
Septembre	11.24	135.5					
Octobre	23.01	78.7					
Novembre	47.49	40.27					
Décembre	22.79	24.9					
Janvier	43.31	23.23					
Février	32.11	30.17					
Mars	25.54	47.1	0.6	60.00	0.00	0.75	0.00
Avril	11.18	65.48	0.77	67.20	0.00	0.75	0.00
Mai	34.43	120.7	1.01	68.40	19.08	0.75	25.43
Juin	23.42	183.16	1.01	19.08	142.49	0.75	189.99
Juillet	1.10	243.36	0.75	142.49	38.92	0.75	51.90
Août	8.78	216.74					
Total					200.49		267.32

**Tableau IV-10: Besoins en eau d'irrigation pour la carotte et fève verte:**

Culture: carotte et fève verte				Date de plantation 1 Septembre			
Mois	P eff (mm)	ET0 (mm/mois)	Kc	RFU (mm)	B net (mm)	Eff	B brut (mm)
Septembre	11.24	135.5	0.6	18	52.06	0.75	69.4133
Octobre	23.01	78.7	0.95	52.06	0.00	0.75	0
Novembre	47.49	40.27	1	30	0.00	0.75	0
Décembre	22.79	24.9	0.7	36	0.00	0.75	0
Janvier	43.31	23.23					
Février	32.11	30.17					
Mars	25.54	47.1					
Avril	11.18	65.48					
Mai	34.43	120.7					
Juin	23.42	183.16					
Juillet	1.10	243.36					
Août	8.78	216.74					
Total					52.06		69.4133

**Tableau IV-11: Besoins en eau d'irrigation pour le melon:**

Culture: melon				Date de plantation 10 Mars			
Mois	P eff (mm)	ET0 (mm/mois)	Kc	RFU (mm)	B net (mm)	Eff	B brut (mm)
Septembre	11.24	135.5					
Octobre	23.01	78.7					
Novembre	47.49	40.27					
Décembre	22.79	24.9					
Janvier	43.31	23.23					
Février	32.11	30.17					
Mars	25.54	47.1	0.5	18.00	0.00	0.75	0.00
Avril	11.18	65.48	0.59	24.00	3.45	0.75	2.59
Mai	34.43	120.7	0.92	3.45	73.16	0.75	97.55
Juin	23.42	183.16	0.93	73.16	73.75	0.75	98.34
Juillet	1.10	243.36	0.73	73.75	102.80	0.75	137.06
Août	8.78	216.74					
Total					253.16		335.54

**Tableau IV-12: Besoins en eau d'irrigation pour l' Olivier:**

Culture: l' Olivier				Date de plantation 1 Septembre			
Mois	P eff (mm)	ET0 (mm/mois)	Kc	RFU (mm)	B net (mm)	Eff	B brut (mm)
Septembre	11.24	135.5	0.7	60	23.61	0.75	31.48
Octobre	23.008	78.7	0.6	23.61	0.602	0.75	0.4515
Novembre	47.488	40.27	0.6	0.602	0	0.75	0
Décembre	22.792	24.9	0.6	84	0	0.75	0
Janvier	43.312	23.23	0.5	90	0	0.75	0
Février	32.112	30.17	0.5	96	0	0.75	0
Mars	25.536	47.1	0.5	102	0	0.75	0
Avril	11.184	65.48	0.6	102	0	0.75	0
Mai	34.432	120.7	0.7	108	0	0.75	0
Juin	23.424	183.16	0.9	114	27.42	0.75	36.56
Juillet	1.104	243.36	1.1	27.42	239.17	0.75	318.89
Août	8.784	216.74	1.1	239.17	0	0.75	0
Total					290.202		386.94

**Tableau IV-13: Les besoins netes et brut de chaque culture :**

Cultures	Besoins	Besoins (mm / mois)												
		Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Blé	Netes	0	0	0	0	19.77	30.07					0	0	49.84
	Brutes	0	0	0	0	26.36	40.09					0	0	66.45
sorgho	Netes					0	26.16	172.3	0	0				198.45
	Brutes					0	34.87	229.73	0	0				264.6
pomme de terre	Netes	0								38.51	0	0	0	38.51
	Brutes	0								151,3	0	0	0	151.3
piment	Netes				10.10	49.61	91.81	113.94						265.46
	Brutes				13.46	66.14	122.41	151.92						353.94
tomate	Netes			0	0	19.02	142.49	38.92						200.49
	Brutes			0	0	25.43	189.99	51.90						267.32
Carotte et fève verte	Netes									52.06	0	0	0	52.06
	Brutes									69.41	209,1	199,7	152,9	69.41
melon	Netes			<b>0</b>	3.45	73.16	73.75	102.8						253.16
	Brutes			0	2.59	97.55	98.34	137.06						335.54
Olivier	Netes	0	0	0	0	0	27.42	239.17	0	23.61	0.602	0	0	290.202
	Brutes	0	0	0	0	0	36.56	318.89	0	31.48	0.45	0	0	386.94

A fin d'assurer le maximum d'économie d'eau il faut dimensionner le réseau en fonction des débits de pointes de chaque champ.

#### **IV-5. Evaluation du débit de pointe :**

Le but de calcul des besoins en eau est la détermination de débits de pointe de chaque champ. Le débit de point est en général basé sur la satisfaction des besoins en eau de la culture la plus exigeante dans la parcelle où la consommation est maximum.

Le débit fictif est calculé à partir de la formule suivante.

$$q = \frac{B_{net}}{T * t * Eff * 3.6}$$

Avec :

- ✓ B net : Besoin net en eau en m<sup>3</sup>/ha.
- ✓ T : Temps d'irrigation par jour 20 heur / jour.
- ✓ t : nombre de jour d'irrigation 30 jours.
- ✓ Eff : l'efficience globale du système d'irrigation.=0.75

Les débits mensuels de chaque parcelle sont regroupés dans le tableau IV-14

**Tableau IV-14: Les débits mensuels de chaque culture :**

Cultures	Besoins	Besoins											
		Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Blé (0,28 ha)	B (mm/mois)	0	0	0	0	19.77	30.07					0	0
	B (m3/ha)	0	0	0	0	197.7	300.7					0	0
	q(l/s/ha)	0	0	0	0	0.122	0.185					0	0
	q(l/s)	0	0	0	0	0.034	0.052					0	0
Sorgho (0,28 ha)	B (mm/mois)					0	26.16	172.3	0	0			
	B (m3/ha)					0	261.6	1723	0	0			
	q(l/s/ha)					0	0.161	1.063	0	0			
	q(l/s)					0	0.045	0.298	0	0			
pomme de terre (0,28 ha)	B (mm/mois)	0								38.51	0	0	0
	B (m3/ha)	0								385.1	0	0	0
	q(l/s/ha)	0								0.237	0	0	0
	q(l/s)	0								0.066	0	0	0
Piment (0,19 ha)	B (mm/mois)				10.10	49.61	91.81	113.94					
	B (m3/ha)				101	496.1	918.1	1139.4					
	q(l/s/ha)				0.062	0.306	0.566	0.703					
	q(l/s)				0,011	0,058	0.108	0.133					
Tomate (0,28 ha)	B (mm/mois)			0	0	19.02	142.49	38.92					
	B (m3/ha)			0	0	190.2	1424.9	389.2					
	q(l/s/ha)			0	0	0.117	0.879	0.240					
	q(l/s)			0	0	0,033	0.246	0.067					
Carotte et Fève verte (0,38 ha)	B (mm/mois)									52.06	0	0	0
	Bet(m3/ha)									520.6	0	0	0
	q(l/s/ha)									0.321	0	0	0
	q(l/s)									0.180	0	0	0
Melon (0,28 ha)	B (mm/mois)			0	3.45	73.16	73.75	102.8					
	B (m3/ha)			0	34.5	731.6	737.5	1028					
	q(l/s/ha)			0	0,021	0.451	0.455	0.634					
	q(l/s)			0	0,005	0.126	0.127	0.177					
Olivier (1 ha)	B (mm/mois)	0	0	0	0	0	27.42	239.17	0	23.61	0.602	0	0
	B (m3/ha)	0	0	0	0	0	274.2	2391.7	0	236.1	6.02	0	0
	q(l/s/ha)	0	0	0	0	0	0.169	1.476	0	0.145	0.003	0	0
	q(l/s)	0	0	0	0	0	0.169	1.476	0	0.145	0.003	0	0

### **III-6- Conclusion :**

Le mois de point de chaque parcelle est le mois de Juillet avec un débit de 1.476 l/s/ha, c'est-à-dire en dimensionné le réseau d'irrigation à partir de ce débit.

**CHAPITRE V :**  
**DIMENSIONNEMENT DU**  
**RESEAU D'IRRIGATION**

### **V-1. Le choix de la technique d'arrosage :**

Le choix de la technique d'arrosage est basé essentiellement sur l'abondance de la ressource en eau et les conditions naturelles rencontrées à savoir : la nature du relief, la vitesse du vent, la nature du sol et la répartition adéquate de l'eau d'irrigation pour que la plante tire le plus de profit.

Les différentes techniques d'arrosage rencontrées dans le monde peuvent être ramenées à(3) grands types :

-Irrigation gravitaire.

-Irrigation par aspersion.

-Irrigation localisée.

#### **V-1-1. Irrigation gravitaire :**

Le ruissellement de l'eau créer par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant l'action des deux forces gravitationnelle et capillaire sur l'eau dans le sol la laisse en mouvement ce qui donne sa répartition dans le sol.

Parmi les techniques d'arrosages gravitaires on distingue :

##### **V-1-1-1. l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant) :**

L'irrigation par planches ou par calant sont des sous classes de l'irrigation par ruissellement. Le principe consiste à faire couler sur le sol une mince lame d'eau qui s'infiltrera verticalement jusqu'à l'humidification de la tranche voulue du sol.

##### **V-1-1-2. l'arrosage par infiltration (à la raie) :**

C'est une méthode qui consiste à faire distribué l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

##### **V-1-1-3. L'arrosage par submersion :**

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse s'ajourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.

##### **V-1-1-4. Avantages de l'irrigation par gravité :**

-Coût moins élevé par rapport aux autres procédés.

-Pas d'équipements de mise en surpression de l'eau.

-Matériel d'irrigation très réduit.

#### **V-1-1-5. Inconvénients de l'irrigation par gravité :**

- Grand volume d'eau par unité de surface.
- Déplacement des engins agricoles est difficile (à cause des rigoles)
- Nécessité d'une main d'œuvre importante.
- Nécessité de planage des terres.
- Pertes par infiltration considérables.

#### **V-1-2. Irrigation par aspersion :**

L'eau parvient aux cultures sous forme de pluies artificielles grâce à des appareils alimentés en eau sous pression appelés (asperseurs).

##### **V-1-2-1. Avantages de l'irrigation par aspersion :**

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.
- Permet une économie d'eau importante.
- Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.
- Nécessite moins de main d'œuvre.
- Possibilité d'automatisation du système.
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

##### **V-1-2-2. Inconvénients de l'irrigation par aspersion :**

- Coût des investissements très élevé.
- Favorise l'évapotranspiration en période sèche.
- L'uniformité de l'arrosage se dégrade en cas de vents dépassant les 4 à 5 m/s.

#### **V-1-3. Irrigation par apports localisés :**

L'eau est distribuée à la surface du sol par des goutteurs qui fournissent un débit faible pendant une longue durée.

##### **V-1-3-1. Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte) :**

- Une économie d'eau très importante.
- Une économie de main d'œuvre (système fixe).
- La non sensibilité aux vents forts.
- Elle permet un dosage régulier en engrais.
- L'humidité au voisinage des racines reste élevée.

##### **V-1-3-2. Inconvénients de l'irrigation localisée ne (goutte à goutte).**

- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Risque de salinisation.
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée.

-Coût élevé.

-Contrôle difficile des goutteurs

### **V-2. Choix de la technique d'arrosage :**

Le recul des ressources en eau que connaît notre pays ces dernières décennies causé par le manque de précipitations nous oblige à être très attentifs à l'utilisation du peu de ressource dont nous disposons. Par conséquent et en dépit des difficultés qui s'annoncent pour mettre en vigueur les techniques d'arrosage par l'aspersion et la micro irrigation, ces dernières s'avèrent obligatoires. Ce pendant le model le plus approprié de l'aspersion

Pour les cultures maraichères est l'aspersion classique à moyenne pression. Pour la micro irrigation on va adapter le mode d'irrigation goutte à goutte.

### **V-3. Projection d'un système d'irrigation par aspersion classique sur une parcelle de céréales :**

On va projeter une installation d'aspersion semi-mobile comprenant des canalisations principales fixes et des rampes mobiles. Pour ce fait on va prendre un îlot qui va servir de modèle pour tous les autres, aléatoirement on a pris le numéro 214 qui s'étend sur une superficie égale à 13.4 Ha.

#### **V-3-1.Détermination du diamètre d'ajutage, du nombre d'asperseur et du nombre de rampes :**

##### **▪ Le diamètre de l'ajutage :**

La perméabilité du sol  $K= 6.5\text{mm/h}$ .

On pose  $p \leq k$  tel que  $p$  : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul par la relation suivante :

$$p = \frac{1.5 \cdot d}{1.04}$$

$$d = \frac{6.5 \times 1.04}{1.5} = 4.5 \text{ mm}$$

##### **la portée du jet (L) :**

La portée du jet se calcul par l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot d^{0.5} \cdot h^{0.25}$$

Tel que :

$d$  : diamètre de la buse (mm)

$h$  : pression à la buse (m)

$$L = 3 \cdot 4.5^{0.5} \cdot 35^{0.25} = 15.5 \text{ m}$$

Comme cette formule demande encore plus de précision on va prendre la valeur du catalogue Annexe (5), pour le diamètre de la buse de 4.5mm à une pression de 3.5 bar la portée est de 14.9m.

▪ **Calcul des écartements entre les rampes et arroseurs :**

Les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

$E_l$  entre les lignes d'arrosage : 1.3 à 1.02 L.

$E_a$  entre les arroseurs sur la rampe : 0.8 à 0.5 L.

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent (<10Km/h).

Les valeurs minimales à des conditions correspondent à des conditions de vitesse de vent assez dures (>15Km/h).

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 1.31 m/s = 4.7 Km/h, donc on prend les valeurs maximales :

$$E_l = 1.3 \cdot 14.9 = 19.37m$$

$$E_l = 18 \text{ m}$$

$$E_a = 0.8 \cdot 14.9 = 11.92m$$

$$E_a = 12 \text{ m}$$

On prend les valeurs normalisées des écartements qui sont des multiples de 6. donc  $E_l=18m$ ,  $E_a=12m$ .

▪ **Calcul du débit de l'asperseur :**

Le débit d'un asperseur se calcul par la relation suivante :

$$q = 0.95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0.95 \cdot \frac{3.14 \cdot (4.5 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 35} = 1.42 m^3 / h$$

▪ **Vérification de la pluviométrie de la buse :**

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a}$$

$$\text{Donc : } p = \frac{1.42}{18 \cdot 12} = 6.5 mm / h$$

Donc le diamètre de la buse assurera une pluviométrie  $P \leq K = 6.5 mm/h$ .

- **Le temps nécessaire pour donner d'une dose par 1 asperseur :**

Le temps T pour donner une dose sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul d'après la relation suivante :

$$T = \frac{dose}{p}$$

La dose est la réserve facilement utilisable RFU en mm.

$$RFU = \frac{2}{3} \cdot (H_r - H_{pf}) \cdot h \cdot d_a$$

Tel que :

$H_r$  : humidité au point de rétention.

$H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement.

$h$  : profondeur racinaire.

$d_a$  : densité apparente.

D'après le tableau des Caractéristiques hydriques de quelques sols Annexe (2)

Pour le sol Argilo Limoneux le réserve facilement utilisable RFU = 180mm/m

La profondeur d'enracinement  $h = 0,3m$

Le RFU pour la profondeur 0,3 m sera :

$$RFU_{c\acute{e}riales} = 180 \times 0.3 = 56.55mm / h$$

RFU = 56.55mm = la Dose

$$T = \frac{56.55}{6.5} = 8.7heurs$$

Donc on pourra adapter deux positions par jour pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement d'un asperseur par jour égal à 17.40 h.

- **volume fourni par 1 asperseur pendant 1 mois :**

$$V = \text{nombre de positions par jour} \times \text{nombre de jour par mois} \times \text{dose} \times E_l \times E_a$$

$$= 2 \times 22 \times 0.05655 \times 18 \times 12 = 537.45 \text{ m}^3.$$

$$V = 537.45 \text{ m}^3.$$

- **Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle :**

$V_t = \text{besoin mensuel en eau} \times S$

$$V_t = 239.17 \times 13,4 = 32048,78 \text{ m}^3$$

$$V_t = 32048.78 \text{ m}^3$$

▪ **Le nombre d'asperseurs :**

Le nombre d'asperseurs se calcul par le rapport entre toute la quantité d'eau à épandre durant le mois de pointe sur la quantité que peut apporter un seul asperseur.

$$N = \frac{V_t}{V}$$

$$N = \frac{32048.78}{537.45} = 60$$

Donc le nombre d'asperseurs qu'on va utiliser est de 60

▪ **calcul du nombre de rampes :**

$$\text{La longueur de la rampe} = \frac{\text{largueur}}{2} - \frac{E_a}{2} = \frac{375}{2} - \frac{18}{2} = 178.5m$$

$$\text{Nombre d'asperseurs par rampe : } N_a = \frac{\text{longueur}}{E_a} + 1 = \frac{169.5}{12} + 1 = 15 \text{ asperseurs}$$

$$\text{Nombre de rampes : } N_R = \frac{N}{N_a} = \frac{60}{15} = 4 \text{ rampes}$$

Le débit de la rampe = le débit de l'asperseur × le nombre d'asperseur/ rampe.  
 $= 1.42 \times 15 = 21.3 \text{ m}^3/\text{h}.$

Nombre de position de rampes :

$$N_r = \frac{L}{E_l} = \frac{553.5}{18} = 30.25 \approx 30 \text{ position}$$

Nombre de poste :

$$N_p = N_r \cdot \frac{\text{nombre} \cdot \text{de} \cdot \text{bande}}{N_R} = 30 \cdot \frac{2}{4} = 15 \text{ postes}$$

Le débit total par nombre de rampes :  $21.3 \times 2 = 42.6 \text{ m}^3/\text{h}.$

**V-3- 2 .Dimensionnement des canalisations :**

**V-3-2-1 calcul des pertes de charge :**

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les tubes est calculée généralement par une formule de type Manning :

$$j = a \frac{Q^b}{D^c}$$

Avec : j : perte de charge unitaire en m/m

Q : débit en m<sup>3</sup>/s.

D : diamètre de la canalisation en m.

La formule de Manning correspond aux paramètres suivants :

$$a=10.294 \text{ n}^2; \quad b=2; \quad c=5.333$$

Soit une rampe équipée de m asperseurs, implantés à un écartement E, avec un asperseur disposé à une distance E du début de la rampe. La perte de charge totale dans la rampe est :

$$\Delta H = \left[ \frac{a \cdot Q^b}{D^c} \right] \cdot E \cdot \frac{1}{m^b} \sum_{i=1}^m i^b$$

Le premier terme entre crochets représente la perte de charge unitaire j provoqué par le débit Q entrant dans la rampe de diamètre D.

Le deuxième terme peut définir une longueur fictive de la rampe  $L_f$ , par laquelle il suffit de multiplier la perte de charge unitaire j pour obtenir la perte de charge totale de la rampe.

$$\Delta H = j \cdot L_f$$

Soit Fc le rapport entre la longueur réelle de la rampe et la longueur fictive qui s'écrira :

$$F_c = \frac{1}{m^{b+1}} \sum_{i=1}^m i^b$$

Cette équation peut être remplacée par une bonne approximation qui s'écrit :

$$F_c = \frac{1}{b+1} + \frac{1}{2 \cdot m} + \frac{\sqrt{b-1}}{6 \cdot m^2}.$$

Dans notre cas le premier asperseur d'une rampe va être disposé à une distance de son origine égale à la moitié de l'écartement E. le rapport  $L_f/L_r$  vaudra :

$$F_m = \frac{F_c - \frac{1}{2 \cdot m}}{1 - \frac{1}{2 \cdot m}}$$

En effet, du point de vue perte de charge, chacune des rampes de notre réseau est équivalente à une conduite portant un débit de 18.016 m<sup>3</sup>/h sur une longueur fictive égale à 67.02 m.

Pour l'asperseur le plus défavorisé, le trajet le plus long est donc de (360 + 94.25 = 554.25m) en valeur réelle et de (360 + 67.02 = 427.02 m) en longueur fictive.

La pression de fonctionnement de l'asperseur est de 3.5 bars. L'application de la règle de Christiansen conduit à imposer une perte de charge maximale de 0.7 bars (7m de c.e) entre l'asperseur le plus défavorisé (à l'extrémité du trajet de 427.25 m) et l'asperseur le plus favorisé (au voisinage de la desserte). La perte de charge unitaire moyenne sur ce trajet serait donc :

$$i = \frac{7}{427.02} = 0.016 \text{ m / m}$$

### V-3-2-2. Diamètre de la conduite d'approche :

Les conduites en aluminium à accouplement rapide, disponible sur le marché ont les diamètres suivants : 49.9 ; 68.9 ; 75.1 ; 100.4 ; 125.5 ; 151 et 201.5mm.

-Le diamètre minimum admissible se calculera sur la base de la vitesse maximale admissible (1.8 m/s) :

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 42.6}{3.14 \cdot 1.8 \cdot 3600}} = 91.51 \text{ mm}$$

Seules les conduites de diamètre 100.4 à 201.5 mm respectent cette condition.

-Les diamètres économiques se calculent sur base des vitesses économiques (entre 1.25 et 1.5 m/s) :

$$113 \text{ mm} < D_{\text{éco}} < 124 \text{ mm.}$$

Cette condition fait apparaître que le diamètre 125.5 mm est le plus approprié.

-Le diamètre pour lequel on admet une perte de charge maximale unitaire de 0.016m/m sera :

$$D = \sqrt[5.333]{\frac{0.00103 \cdot Q^2}{J}} = \sqrt[5.333]{\frac{0.00103 \cdot (42.6)^2}{0.011 \cdot (3600)^2}} = 121.5 \text{ mm}$$

Seules les conduites de diamètre 125.5 à 201.5 mm respectent cette condition.

-Le choix se portera en vu de ces trois contraintes sur la conduite de diamètre 151mm.

-Les pertes de charge réelles dans la conduite d'approche, pour le diamètre 151 mm sont :

Tronçon I:  $Q=42.6 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $L=509.22 \text{ m}$ ;  $i=0.0034\text{m}$ ;  $\Delta h=1.73 \text{ m}$ .

Tronçon II:  $Q=18.016 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $L=44.28 \text{ m}$ ;  $i=0.00086\text{m}$ ;  $\Delta h=0.04\text{m}$ .

La perte de charge totale sur la conduite d'approche est : 1.77m.

### V-3-2-3. Diamètre de la rampe :

La perte de charge disponible pour la rampe la plus défavorisée sera donc de :

$$7 - 1.79 = 5.21 \text{ m.}$$

La longueur fictive de la rampe étant de 67.02 m, la perte de charge unitaire disponible sera égale à :

$$i = \frac{5.57}{67.02} = 0.075 \text{ m / m}$$

-Le diamètre minimum admissible qui correspondra à la vitesse maximum admissible sera égal à :

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 21.3}{\pi \cdot 1.8 \cdot 3600}} = 65 \text{ mm}$$

Les conduites qui respectent cette condition sont celles ayant des diamètres allant de 68.9 mm à 201.5 mm

-Les diamètres à retenir suite aux conditions de vitesses économiques sont :

Pour  $1.25 < V < 1.5 \text{ m/s}$  on a  $77.65 > D_{\text{éco}} > 70.88 \text{ mm}$ .

Donc le diamètre le plus approprié est  $d = 68.9 \text{ mm}$ .

-Le diamètre pour lequel on admet une perte de charge maximale unitaire de  $0.07 \text{ m/m}$  est :

$$D_t = \sqrt[5.333]{\frac{0.00103 \cdot Q^2}{j}} = \sqrt[5.333]{\frac{0.00103 \cdot (21.3)^2}{0.08 \cdot (3600)^2}} = 68.7 \text{ mm}$$

Les diamètres qui respectent la condition sont ceux allant de  $68.2 \text{ mm}$  jusqu'à  $201.5 \text{ mm}$ .

-Le diamètre retenu pour la rampe et qui satisfait ces trois conditions est celui de  $68.2 \text{ mm}$ .

-La perte de charge unitaire provoquée sur la rampe sera :

$$i = \frac{a \cdot Q^b}{D^c}$$

Donc :

$$i = 0.00103 \frac{(21.3)^2}{(0.0689)^{5.333} \cdot (3600)^2} = 0.035 \text{ m/m}$$

-Les pertes de charge sur la rampe :

$$\Delta h = i \cdot L = 0.04 \cdot 69.79 = 2.49 \text{ m}$$

Les pertes de charge sur l'installation seront égales à

$$\Delta H_t = \Delta H \text{ conduite d'approche} + (2 \times \Delta H \text{ de la rampe})$$

$$\Delta H_t = 1.77 + (2 \times 2.49) = 6.75 \text{ m.}$$

#### **V-4 : Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée :**

##### **V-4-1 : Données générales**

###### **• Cultures : Oliviers**

- Espacement entre arbres : 5m
- Espacement entre arbres rangs : 5m
- Caractéristique de goutteur
- Débit nominale : 4 l/h
- Pression nominale : 10 mce
- Espacement des goutteurs : 1m

### •Caractéristiques des conditions climatiques

Besoin en eau journaliers 7,97 mm/jour.

### •Caractéristique des données de bases

Temps maximum journaliers de travail 8h/24h

### •Détermination des données de bases

Surface totale à irriguée  $S(t)=18.75$  ha

## V-4-2 : Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

### V-4-2-1. Influence du taux de couverture du sol :

Principalement l'irrigation localisée pour les cultures en ligne où une partie seulement de la surface est occupée par les plantes ; donc les chiffres des besoins en eau déterminés par les méthodes où toute la surface est considérée à irriguée doivent être multipliés par un coef de réduction « $K_r$ » dépendant du taux de couverture « $C_s$ »

Le coef  $K_r$  est donné par plusieurs formules comme :

- La formule de Keller et Karmeli (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \quad \text{Plafonné à}$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

$$K_r = 0.71 \quad \text{Selon Keller et Karmeli ;}$$

$$K_r = 0.80 \quad \text{Selon Freeman et Garzoli ;}$$

$$K_r = 0.70 \quad \text{Selon Decroix (CTGREF).}$$

On prend le ( $K_r = 0.71$ ),

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe et  $M_{\text{pointe}} = 7.97 \text{ mm / jour}$

(Tableau des besoins en eau). En irrigation localisée les besoins se réduisent à

$$ETM_r = ETM_{\text{pointe}} * K_r$$

$$ETM_r = 7.97 * 0.71 = 5.66 \text{ mm}$$

### V-4-2-2. Réserve facilement utilisable RFU :

RU=120mm/m

H=1,5m pour les olivier

H : profondeur d'enracinement

Donc  $RU=180\text{mm}$

$$RY = \frac{2}{3} \quad Y : \text{degré de tarissement admis}$$

$$RFU = \frac{2}{3} * 180 = 120\text{mm}$$

#### V-4-2-3. Pourcentage de sol humidifié :

$$q_g = 4\text{l/h}$$

$$e_g = 1\text{m}$$

$$e_r = 5\text{m}$$

D'après l'annexe (4) :  $P=32\%$

#### V-4-2-4. Dose nette :

$$D_{\text{nette}} = RFU * P = 120 * 0,32 = 38,4\text{mm}$$

#### V-4-2-5. Dose brute :

C'est le volume d'eau d'irrigation nécessaire en pratique.  $B_{\text{net}}$  et  $B_{\text{brut}}$  sont liées par l'équation suivante la dose brute d'arrosage dépend en fait de l'uniformité de l'irrigation et de l'efficacité du réseau

$$D_{\text{brut}} = \frac{D_{\text{nette}}}{C_u} \quad \text{Donc :} \quad D_{\text{brut}} = \frac{38,4}{0,9} = 42,6\text{mm}$$

$C_u$  : coefficient d'uniformité  $C_u=90\%$

#### V-4-2-6 : Fréquence d'arrosage :

La fréquence ou espacement entre deux arrosages. Cette valeur dépend de la transpiration journalière moyenne dans la période de pointe des cultures et de la dose appliquée à chaque arrosage.

$$f = \frac{D_{\text{nette}}}{ETM_r} = \frac{38,4}{4,7} = 7 \text{ jours}$$

#### V-4-2 -1 :La durée d'arrosage :

$$t = \frac{b_{\text{brut}} * E_g * E_r}{2q_g} = \frac{42,6 * 1 * 5}{8} = 26,6$$

$$t : \text{Irrigation / jour} \rightarrow \frac{27}{8} = 3\text{heurs}$$

Ecartement des lignes  $E = 5\text{m}$ . On a le choix entre différents goutteurs de débits variés

$q = (1 : 2 : 4 : 6 : 8) \text{ l/h}$ .

#### **V-4-3. Choix des goutteurs dans la zone d'étude et la densité des cultures**

Pour nos cultures on utilise généralement 2 goutteurs de débits de 4l/s.

Pour chaque poste on doit déterminer les paramètres de calcul.

Lorsque tous les postes ont les mêmes surfaces, on fait les calculs pour un seul secteur

La longueur de la rampe :  $L_{\text{poste}} = L_r = \frac{150}{2} = 75m$

La longueur de la conduite principale : 750m

La longueur de la porte rampe 250m

#### **V-4-3-1. Le nombre d'arbre par rampe :**

$$N_{\text{arbres}} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{75}{5} = 50 \text{arbres}$$

#### **V-4-3-2. Nombre des goutteurs par rampe :**

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n \quad \text{Donc } N_g = 50 * 2 = 100 \text{goutteurs}$$

Avec :  $N_{\text{arbres}}$  : Nombre des arbres

#### **V-4-3-3. Le nombre des rampes :**

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{250}{5} = 50 \text{rampes}$$

Avec  $L_{pr}$  : Longueur de la porte rampe

#### **V-4-3-4. Débit de la rampe :**

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 100 * 4 = 400 \text{l/h}$$

#### **V-4-3-5. Débit de la porte rampe :**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

$$Q_{pr} = 400 * 50 = 20000 \text{ l/h} = 20 \text{ m}^3 / \text{h}$$

#### **V-4-4. Calcul hydraulique :**

##### **V-4-4-1. Débit :**

$$Q_r = Q_g \cdot N_g / r$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r$$

$Q_r$  : Débit de rampe

$Q_g$  : Débit de goutteur

$N_{g/r}$  : Nombre des goutteurs par rampe

$N_r$  : Nombre des rampes

$Q_{pr}$  : Débit de porte rampe

#### **V-4-4-2. Perte de charges :**

Pour la détermination des pertes de charges pour les différents on a :

Dans une canalisation assurant un service d'extrémité

$$j_{PEBD} = 0,478 \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75}$$

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

Dans une canalisation assurant un service en route

$$J = j \cdot \frac{L}{2,75}$$

Ou : L : La longueur de la conduite ;(m)

Q : Débit (l/h)

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

#### **NB :**

$Ph_l$ :Perte de charge linéaire

$Ph_s$  : Perte de charge singulière

$Ph_t$  : Perte de charge totale

#### **V-4-4-4. Conditions hydrauliques :**

Variation maximale de débits entre goutteurs

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

Variation maximale de la pression

$$q = K \cdot H^x$$

$$\frac{\Delta q}{q_g} = x \cdot \frac{\Delta H}{H_n}$$

Avec :

$q_g$  :Débit d'un goutteur

$H_n$  :Pression nominale

$$0,1 = 0,5 \cdot \frac{\Delta H}{10} \quad \Delta H = 2mce$$

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression

$$P_{dc}(\text{sing}) = 2 * 0,1 = 0,2 \text{ mce}$$

$$p_{dc}(\text{sing}) = 0,2$$

$$P_{dc}(\text{linéaire}) = 2 - 0,2 = 1,8 \text{ mce}$$

$$p_{dc}(\text{linéaire}) = 1,8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$\frac{1}{3} \text{ Sur la porte rampe}$$

$$\frac{2}{3} \text{ Sur les rampes}$$

#### V-4-4-5. Position de porte rampe :

La valeur du diamètre de la rampe dépend de la position de la porte rampe.

**La porte rampe est au milieu**

**Tableau V-1 : caractéristique de la rampe :**

Cultures	L (m)	$N_g$	$Q_r$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{cal}$ (mm)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	120	400	1,2	10	16	0,1

Les valeurs de pertes de charges sont inférieures à 1,2 mce (la valeur maximale)

Théoriquement on trouve  $D_n = 13$  mm, ce diamètre ne trouve pas le commerce donc on adapte  $= 16$  mm.

**Tableau V-2 : caractéristiques de la porte rampe :**

Cultures	$L_{pr}$ (m)	$N_r$	$q_{pr}$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{Cal}$ (m)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	50	20000	0,6	32	50	0,38

Les valeurs de pertes de charges sont inférieures à 0,6 m.c.e (la valeur maximale).

•**Maraîchages :**

De la même manière et on suivant les mêmes étapes, les résultats de sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau V-3 : Résultats de calcul du réseau (maraîchages)**

Post	Rampe						Porte rampe					
	Dcal (mm)	Dnor (mm)	L (m)	Q (l/h)	V (m/s)	J (m.c.e)	Dcal (mm)	Dnom (mm)	L (m)	Q (l/h)	V (m/s)	J (m.c.e)
Post 1	7	16	187.5	189.01	0.26	0.21	40.34	50	187.5	5859.31	0.52	0.36

**V-5. Calcul de la canalisation principale :**

**V-5-1- La conduite principale pour le réseau goutte à goutte**

• **Le débit**

Le débit de la conduite principale est de :

$$Q = 20859.31 \text{ l/h.}$$

• **Le diamètre :**

D'après la formule de « Bonin » le diamètre de la conduite principale est :

$$\varnothing = \sqrt{Q} = \sqrt{5,49 \cdot 10^{-3}} = 76.12 \text{ mm.}$$

On choisit un diamètre commercialisable de 90 mm.

• **La perte de charge**

$$P.d.c = \frac{0,478}{2,75} \cdot 90^{-4,75} \cdot 20859.31^{1,75} \cdot 187.5$$

$$P.d.c = 0.62 \text{ m.c.e.}$$

• **Les vitesses**

La vitesse pour tous les éléments du réseau est donnée par :

$$Q = v \cdot S$$

$$v = \frac{Q}{S} ; S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$v = \frac{4 Q}{\pi d^2}$$

Pour la conduite principale :

$$v = \frac{4 \cdot (0.006)}{\pi(0,08)^2} = 1 \text{ m/s.}$$

### V-5-2-La conduite principale pour le réseau aspersion

- **Le débit**

Le débit de la conduite principale est de :

$$Q = 42600 \text{ l/h.}$$

- **Le diamètre :**

D'après la formule de « Bonin » le diamètre de la conduite principale est :

$$\varnothing = \sqrt{Q} = \sqrt{0.012} = 108.78 \text{ mm.}$$

On choisit un diamètre commercialisable de 110 mm.

- **La perte de charge**

$$\text{P.d.c} = \frac{0,478}{2,75} \cdot 110^{-4,75} \cdot 42600^{1,75} \cdot 187.5$$

$$\text{P.d.c} = 0.78 \text{ m.c.e.}$$

- **Les vitesses**

La vitesse pour tous les éléments du réseau est donnée par :

$$Q = v \cdot S$$

$$v = \frac{Q}{S} ; S = \frac{\pi d^2}{4} .$$

$$v = \frac{4 Q}{\pi d^2}$$

Pour la conduite principale :

$$v = \frac{4 \cdot (0.012)}{\pi(0,10878)^2} = 1.24 \text{ m/s.}$$

### Remarque :

Pour ramener l'eau aux parcelles (oliviers et maraîchages) à partir de la conduite principale du réseau d'aspersion, on a utilisé un limiteur de débit (canal télescopique).

### V-6- Conclusion

Il est clair que le mode d'irrigation goutte à goutte offre meilleure économie d'eau. D'une part, d'autre part une pression de 1 bar sera suffisante au goutteur. Contrairement au mode d'irrigation par aspersion qu'il nécessite une pression importante.

**CHAPITRE VI :**  
**ORGANISATION DE CHANTIER**  
**ET L'EXPLOITATION DU**  
**SYSTEME D'IRRIGATION**

## **VI-1-Exécution des travaux**

### **VI-1-1-Exécution de la tranchée :**

L'installation des conduites d'irrigation nécessite les opérations suivantes :

- Implantation du tracé de la conduite.
- Exécution de la tranchée.
- Aménagement du lot de pose des conduites.

La largeur de la tranchée doit être égale au diamètre extérieur de la conduite augmentée de 0.5m dans le but de permettre aux poseurs de travailler à l'aise, et d'effectuer sans gêne les différentes opérations de raccordements des tuyaux.

### **VI-1-2-Assise de la conduite :**

Lorsque l'exécution des tranchées est terminée, on doit les remplir par une couche de 10-20cm de sable ou de gravier fin, dans le but de maintenir la conduite dans l'axe de tranchée et soutenir le poids du sol situé au dessus de la conduite.

### **VI-1-3-Pose de la canalisation dans la tranchée :**

Les tuyaux seront posés dans les tranchées creusées à l'aide d'appareil de levage.

L'assemblage des conduites se fait à l'aide des manchons.

### **VI-1-4- Epreuve d'essai de pression :**

Pour éviter de laisser ouverte une très grande longueur de tranchée, on aura soin de remblayer au fur et à mesure que l'on pose les tuyaux.

Avant cela, il est indispensable de s'assurer par un essai de l'étanchéité des joints. Les essais partiels sont effectués sur une longueur de 150 à 200m à cet effet nous adoptons une pression de 10 bars pour l'épreuve (le béton pouvant résister jusqu'à une pression de 20 bars).

### **VI-1-5-Engins nécessaires pour l'exécution des travaux :**

- pelle excavatrice pour le terrassement de la tranchée.
- Buldozer ou un chargeur pour le remblayage.
- Camions pour le transport des tronçons des conduites.
- Grue automotrice pour soulever, déplacer et déposer les tronçons des conduites.

## **VI-2. La Faisabilité Technique Du Projet :**

En prenant en compte les caractéristiques énumérés ci dessus ; Nous ne recensons aucune contrainte majeure qui peut faire obstacle à la faisabilité technique du projet. En effet, les différents paramètres nécessaires à la faisabilité technique du projet sont globalement et se présentent comme suit :

**VI-2-1-La ressource en eau :** s'agissant d'un aménagement d'un périmètre d'irrigation, la première condition demeure l'existence d'une ressource en eau qui puisse satisfaire aux besoins des plantes à installer. Cette condition est remplie par l'existence de la retenue collinaire avec l'hypothèse d'avoir conclusions de l'étude hydrologique. Le risque à prendre en compte se résume dans le non satisfaction de ces résultats c'est-à-dire que les apports prévus ne seront pas atteints d'une façon régulière. Sachant qu'au niveau du périmètre, du moins dans les conditions actuelles, il n'existe aucune ressource de substitution.

**VI-2-2-La ressource en sols :** D'après les travaux pédologiques de terrain entrepris ; le périmètre dispose suffisamment de terres irrigables : Les sols présentent des caractéristiques physiques favorables (profondeur, texture et structure) avec des pentes de terrain modérées. L'accessibilité aux différentes parcelles est assurée par des pistes carrossables existantes.

**VI-2-3-Les conditions climatiques :** S'agissant d'un climat méditerranéen à influence continental avérée ; malgré son aridité, la plupart des cultures peuvent être installées.

**VI-2-4-Le facteur humain :** D'après les différents entretiens qu'on a tenu avec certains des futurs bénéficiaires, ces derniers affichent une volonté remarquable et attendent avec impatience la concrétisation du projet pour redynamiser l'activité agricole qu'ils avaient délaissée.

A noter qu'avant même le lancement de l'étude du périmètre d'irrigation, les exploitants se sont organisés en association agréée par les services de la wilaya.

### **VI-3. L'intérêt Economique Du Projet :**

L'intérêt économique du projet n'est pas à mettre en évidence. En effet, après sa réalisation et sa mise en œuvre ; il permet :

- D'inverser le flux de migration et stabilisation des exploitants qui ont tendance à quitter la région.
- La création de l'emploi permanent et temporaire.
- La dynamisation des activités en amont (transport, fournisseurs d'intrants et équipements) et l'aval (commerce de produits agricoles, transport) de l'activité agricole.
- La contribution à Résorber les activités informelles hors agriculture.
- L'amélioration des revenus des ménages ruraux.

- La diversification et l'autosuffisance locale en produits agricoles de consommation courante.
- La création de revenus supplémentaires pour les collectivités locales (facturation des consommations en eau d'irrigation, différents impôts et taxes).

#### **VI-4. Les Impacts Sur L'environnement Et Leurs Incidences :**

- Création de pistes d'exploitation ce qui représente un impact positif pour l'exploitation des terres mais réduit la superficie de la S.A.U.
- Le réseau de brise vent qui sera projeté en plus de son rôle de protection des cultures et des sols contre l'érosion éolienne aura pour conséquences la création d'un microclimat et l'installation d'espèces animales (les oiseaux).
- Les actions de correction torrentielle des chaabat et talwegs auront pour impacts la lutte contre l'érosion Hydrique donc la conservation des ressources en sol et la stabilisation des terrains en amont de la cuvette de la retenue.
- Création d'un microclimat qui influe sur l'humidité relative de l'air.
- Multiplication de l'habitat rural dans la périphérie du périmètre d'irrigation aura pour conséquence la « phagocytose » de terres agricoles.
- Protection du bassin versant contre l'érosion hydrique par des plantations forestières (création de surface forestière) et des techniques mécaniques afin de réduire le phénomène de l'envasement du lac.
- Les cultures en irrigué sont des cultures intensives qui induisent une utilisation des engrais et des pesticides affectant ainsi la pollution de la nature.
- Si l'Irrigation est mal conduite (irrigation excessive), elle induit un lessivage des sols donc un appauvrissement de la partie supérieure du sol : des apports en matière organique et en élément minéraux sont à envisager pour maintenir la fertilité des sols.
- Les sols sont cultivés en intensif, la jachère disparaît de l'assolement, ce qui aura des conséquences sur l'alimentation du cheptel.
- A long terme il y aurait risques salinisation voire de sodisation des sols si l'eau d'irrigation serait légèrement saumâtre ce qui induit une détérioration des caractéristiques physiques des sols affectant ainsi leur fertilité.

- Une partie des terres agricoles sera inondée par les eaux de la retenue (perte de terres agricoles).

- Développement d'espèces végétales aquatiques et/ou hydrophiles ainsi que les espèces animales des eaux douces.

- Redynamisation de l'activité biologique des sols (faune).

- L'installation d'un microclimat plus humide favorise la reproduction des mauvaises herbes, des parasites végétaux (maladies cryptogamiques), et animaux (les insectes).

#### **VI-5. Conclusion:**

La réalisation du périmètre ne présente pas d'impacts négatifs majeurs sur l'environnement. Le périmètre d'irrigation va contribuer au désenclavement de la zone, la stabilisation de la population et la dynamisation de l'activité agricole et para agricole y afférente tout en créant de l'emploi permanent et saisonnier.

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre présent travail est l'introduction de la technique d'arrosage performante (l'aspersion et goutte à goutte) dans le but d'assurer une répartition de l'eau de façon uniforme et économique, facteur le plus essentiel dans une telle étude.

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

L'étude hydrologique nous permet 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 faible salinité, faiblement alcaline.

Suivant les résultats caractérisant la région, nous avons choisir 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 Blaney-Criddel.

La meilleure technique pour l'irrigation des Oliviers de point de vue économique en eau est l'irrigation localisée, et les cultures en plein champ en utilisent l'irrigation par aspersion, avec l'utilisation des équipements qui présentent plusieurs avantages dans le domaine d'exploitation. D'autre part, on peut dire que cette technique d'arrosage est plus adaptée dans notre pays d'après le contexte actuel de la sécheresse des dernières années et le développement au niveau de l'économie national.

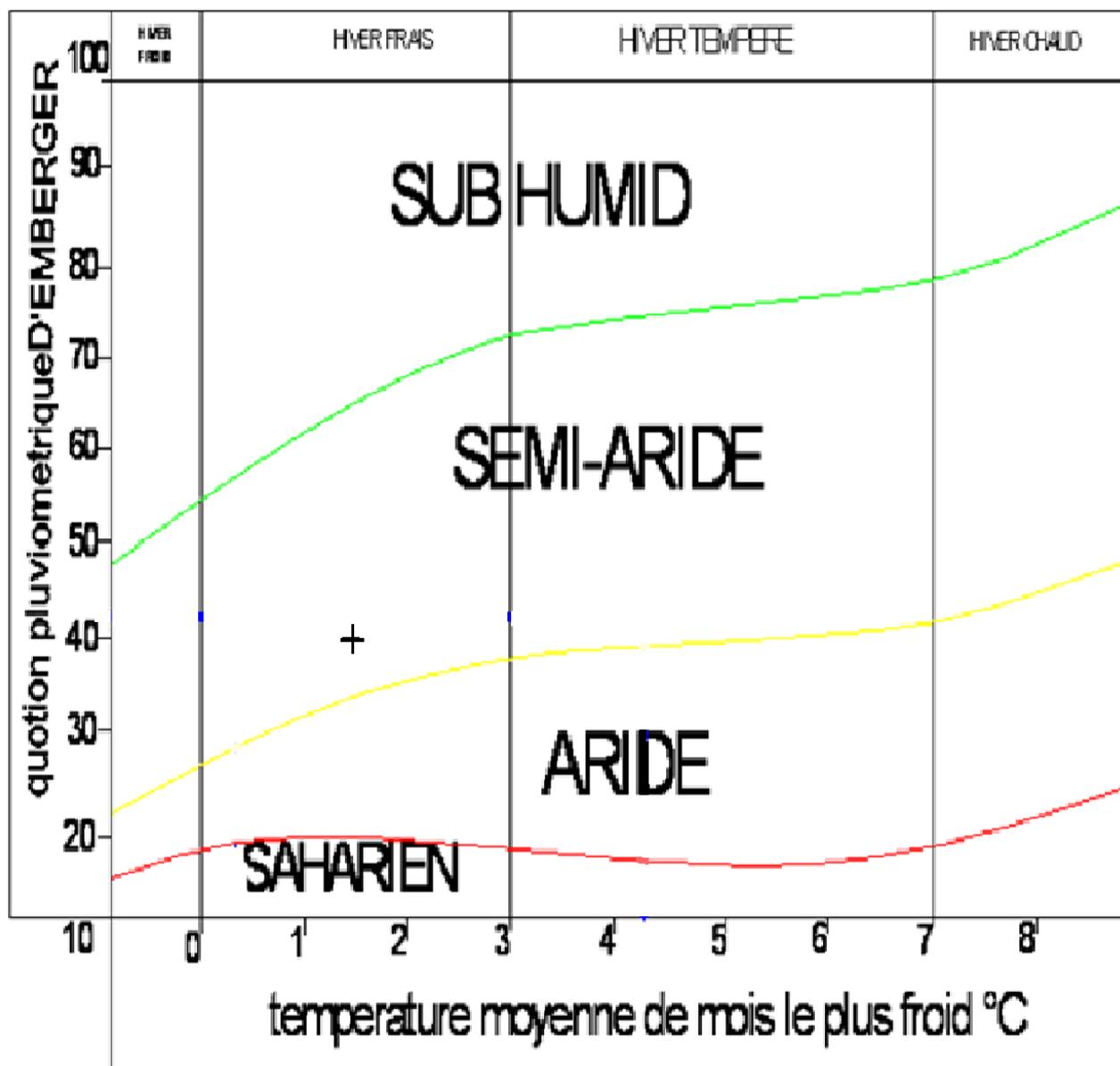
## BIBLIOGRAPHIE

- IRRIGATION : LES RESEAUX D'IRRIGATION, THEORIE, TECHNIQUE ET ECONOMIE DES ARROSAGES. Par CH.OLLIER et M.POIREE (Eyrolles 1981).
- IRRIGATION PAR ASPERSION : RESEAU DE DISTRIBUTION SOUS PRESION R. CLEMENT et GALLAND (paris 1979).
- LES BESOINS EN EAU DES CULTURES (Bulletin FAO d'irrigation et drainage (N°24))
- QUALITE DES EAUX D'IRRIGATION (Bulletin FAO d'irrigation et drainage (N29°)).
- IRRIGATION LOCALISEE (bulletin FAO d'irrigation et drainage (N°36)).
- CROPWAT- UN LOGICIEL POUR LA PLANIFICATION ET LA GESTION DES SYSTEMES D'IRRIGATION (bulletin FAO d'irrigation et drainage (N°46)).
- hyfron- un logiciel pour l'étude hydrologique.
- COURS D'IRRIGATION Mme AZIEZ (irrigation par aspersion).
- COURS D'IRRIGATION Mme BAHBOUH (irrigation localisée).
- Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID)
  - Dossier I-B : Analyse des ressources en sol.
  - Dossier III : Document de synthèse générale.

# *Annexes*

ANNEXE1 :

Diagramme bioclimatique d'EMBERGER



## ANNEXE 2

### Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

## ANNEXE 3

### Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

## ANNEXE:4

### GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface )

Écartement entre rampes S <sub>i</sub> en m	Débit des distributeurs																	
	moins de 1,5 l / h			2 l / h			4 l / h			8 l / h			Plus de 12 l / h					
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)																	
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
0,2	0,5	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0	1,3	1,6	2,0
	Pourcentage en sol humidifié p %																	
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	80	80	80	80	80	100	100	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	64	64	64	64	64	80	80	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	53	53	53	53	53	67	67	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	46	46	46	46	46	57	57	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	40	40	40	40	40	50	50	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	36	36	36	36	36	44	44	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	32	32	32	32	32	40	40	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	27	27	27	27	27	34	34	34	40

## ANNEXE 5

### Caractéristique de l'asperseur circulaire



**Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30**

1 buse  
angle de jet 30°  
Raccord fileté 1"

Ø de la buse Ø mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,6
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	6,2

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)

ANNEXE :6

Carte d'aptitude des eaux à l'irrigation d'après le diagramme de Richards

