

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME DU PROJET :**

**Etude de diagnostic et réhabilitation du périmètre SAF-SAF  
(Secteur 1) à partir du barrage de Zerdazas de la W.Skikda  
(1720 ha)**

**PRESENTE PAR**

**M<sup>r</sup> ALIOUCHE Yaaqoub**

**Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> : MESSAHEL Mekki</b>	<b>Professeur</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>r</sup> : BENKACI Tarek</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>me</sup> : MAZOUZI Sabra</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> : BOUCHAMA Hassina</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> : AZIEZ Ouahiba</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**Septembre - 2015**

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME DU PROJET :**

**Etude de diagnostic et réhabilitation du périmètre SAF-SAF  
(Secteur 1) à partir du barrage de Zerdazas de la W.Skikda  
(1720 ha)**

**PRESENTE PAR**

**M<sup>r</sup> ALIOUCHE Yaaqoub**

**Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> : MESSAHEL Mekki</b>	<b>Professeur</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>r</sup> : BENKACI Tarek</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>me</sup> : MAZOUZI Sabra</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> : BOUCHAMA Hassina</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> : AZIEZ Ouahiba</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**Septembre - 2015**

# Dédicaces

*Je dédie ce travail :*

*Avant tout à mes chers parents, pour leur soutien immense qu'ils n'ont cessé de m'apporter ainsi que les conseils qu'ils m'ont prodigué sans les quels j'avoue je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui.*

*A mes frères : HOUSSEM ET MONSEF, et MA  
SŒUR MERIEMRE  
A mes oncles et mes tantes*

*A toute la famille ALIOUCHE*

*Ma promotrice Mme AZIEZ Ouahiba*

*A tous mes amis sans exception et d'une façon spéciale à : Ahmed,  
Sofiane, Mahdi, Yahia, Didine , Zaki, Rabai, Abdllhak, Hichem, Tarek  
, Chawki , Housseem .....et tous les étudiants d'Ensh.*

## REMERCIEMENTS

*Avant tout, je remercie le bon Dieu qui a illuminé mon chemin et qui m'a donné la force, ainsi que la bonne volonté pour achever le cursus universitaire et ce modeste travail.*

*Au terme de cette étude qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude envers tous ceux qui m'ont apporté leur aide.*

*Je tiens à remercier chaleureusement, Ma promotrice Mme : AZIEZ Ouahiba qui 'a bien voulu m'encadrer durant ce mémoire de fin d'études, et qui a assuré la direction et l'orientation scientifique de ce travail. Je lui exprime mes vifs remerciements*

*Madame, S.MEDJDOUB, Monsieur M. MESSAHIEL, T. Benkaci. Y. BOUNAH pour leurs conseils ainsi que pour leurs disponibilités à chaque fois que je les sollicite.*

*Je profite de l'occasion pour remercier tous mes enseignants de l'ENSH de la première année jusqu'à maintenant.*

*Je tiens aussi à exprimer mes vifs remerciements spécialement à NAZIHJA et toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.*

*Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.*

## ملخص :

لقد عرفت بلادنا خلال العشرية السابقة تناقص في الموارد المائية بسبب الجفاف من جهة وبسبب الاستغلال اللاعقلاني والتبذير من جهة أخرى.

لذا إرتينا من خلال هذه المذكرة التطرق الى تشخيص كل التجهيزات المتواجدة بمحيط السقي الصفصاف لولاية سكيكدة وتحديد المشاكل التقنية الخاصة بسوء التسيير. وفي الأخير قمنا بتقديم مجموعة من الاقتراحات من اجل إعادة تهيئة الأجهزة ومحيط السقي لضمان الإستغلال الأمثل لهذا المورد الحيوي والنقيس.

**كلمات مفتاحية:** تشخيص، الصفصاف، سكيكدة، إعادة تهيئة

## Résumé :

Durant la dernière décennie, l'Algérie a connu une pénurie d'eau en cause de la sécheresse chronique qui sévit dans le pays, suivie d'une exploitation abusive des ressources en eau sans étude préalable ayant répandu un gaspillage énorme.

Devant cette situation et à travers notre projet de fin d'études, nous concluons qu'il est nécessaire en priorité de procéder à un diagnostic des infrastructures du périmètre SAF-SAF de la willaya de Skikda et déterminer les contraintes techniques et les contraintes liées à la mauvaise gestion. Enfin de proposer les recommandations nécessaires pour la réhabilitation des infrastructures dans le but d'une gestion rationnelle de cet élément vital et précieux.

**Mots Clés :** Diagnostic, SAF-SAF, Skikda, Réhabilitation.

## Abstract:

During the last decade, Algeria has had a penury of water because of the effect of a chronicle dryness, which came down in the country, followed by an excessive exploitation of the water without preliminary study and widespread an enormous waste.

In front of this situation and through my project of end studies , we conclude that is necessary to draw up a diagnosis of the infrastructure in the irrigate perimeter SAF-SAF in the willaya of Skikda, detriment technical constraints and the constraints that are related to the mismanagement. Finally, we suggest the necessary recommendations for the rehabilitation of the infrastructures for a sound management of this vital and precious element.

**Key Words:** Diagnostic, SAF-SAF, Skikda, Rehabilitation

# Sommaire :

Introduction générale : .....	2
<b>Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du milieu</b>	
I.1.Introduction : .....	2
I.2.Situation géographique de la plaine .....	2
I.2.1. Présentation du périmètre Saf-Saf : .....	2
I.2.2. Division du périmètre SAF-SAF .....	3
I.3.La situation administrative : .....	4
I.4.Géomorphologie et relief .....	5
I.5.Caractéristiques géologiques .....	7
I.5.1. Introduction.....	7
I.5.2. Cadre géologique régionale .....	7
I.5.3. Les ensembles géologiques .....	7
I.6.Etude climatique : .....	9
I.6.1. La pluviométrie : .....	9
I.6.2. La température : .....	12
I.6.3. L'humidité relative : .....	13
I.6.4. Le vent : .....	14
I.6.5. Siroco : .....	15
I.6.6. Evaporation : .....	15
I.6.7. L'évapotranspiration : .....	16
I.6.8. Insolation : .....	17
I.6.9. Indices agro-climatiques.....	18
I.6.9.1.Classification du climat selon l'indice de De Martone : .....	18
I.6.9.2.Diagramme ombrothermique de « BAGNOULS ET GAUSSEN » : .....	19
I.6.9.3.Quotient pluviométrique d'Emberger .....	20
I.7.La Végétation : .....	23
I.8.Conclusion .....	25
<b>Chapitre II : Analyse des ressources en eau</b>	
II.1. Les ressources en eau : .....	26
II.2. La disponibilité des ressources en eau : .....	26
II.3. Aperçu sur l'hydrologie de surface : .....	26
II.3.1.1. L'oued Kebir Ouest : .....	26
II.3.1.2. L'oued Safsaf : .....	27

II.3.1.3. L'oued Guebli :	27
II.3.1. Les barrages :	30
II.3.2.1. Barrage de Zerdazas :	30
II.3.2.2. Barrage de Guenitra :	30
II.3.2.3. Barrage de Beni Zid :	30
II.3.2.4. Barrage de Zit Emba.....	30
II.3.2. Les retenues collinaires :	31
II.4. Aperçu Hydrogéologique.....	33
II.4.1 Introduction .....	33
II.4.2 Aperçu sur les Systèmes Aquifères :	33
II.4.3 La carte d'extension de nappes :	33
II.5. Aperçu sur les ressources non-conventionnelles .....	35
II.5.1 Station de dessalement .....	35
II.5.2 Station d'épuration :	35
II.6. Alimentation en Ressources en eau du périmètre .....	35
II.7. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation .....	35
II.7.1 Analyses physico-chimiques de l'eau du barrage.....	35
II.7.2 Les limites admissibles .....	36
II.8. Conclusion.....	40

### **Chapitre III : Etude agro-pédologie**

III.1. Introduction :	41
III.2. Classification des sols :	41
III.2.1. Sols alluviaux non calcaires :	41
III.2.2. Sols alluviaux décalcifié :	41
III.2.3. Les sols alluviaux sur alluviaux anciennes :	41
III.3. Caractéristiques physico-chimiques des sols.....	42
III.3.1. La texture .....	42
III.3.2. La densité apparente :	42
III.3.3. La densité réelle :	42
III.3.4. La perméabilité du sol :	43
III.3.5. Le PH du sol :	43
III.3.6. La conductivité électrique :	43
III.4. Propriétés hydrodynamiques des sols :	44
III.5. Etude d'aptitudes culturales.....	44

III.6. Structure du secteur agricole :.....	45
III.6.1. Réorganisation du secteur agricole :.....	45
III.6.2. Le statut foncier dans la zone d'étude :.....	45
III.7. Occupation du sol dans les conditions existantes :.....	46
III.8. Conclusion :.....	47

#### **Chapitre IV : Etude hydrologie**

IV.1. Introduction : .....	48
IV.2. Critères de choix de la station pluviométrique : .....	48
IV.3. Les données de base :.....	48
IV.4. Critiques des données :.....	50
IV.4.1. Comblement des lacunes :.....	50
IV.4.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique : .....	53
IV.5. Ajustement de la série pluviométrique : .....	55
IV.5.1. Ajustement à la loi normal (loi de Gauss) : .....	55
IV.5.2. Ajustement à la loi Log Normale (Loi de Galton) : .....	56
IV.6. Test de validité d'un ajustement : .....	58
IV.7. Détermination de l'année de calcul :.....	59
IV.8. Conclusion : .....	60

#### **Chapitre V : Etude des besions en eau des cultures**

V.1. Introduction : .....	61
V.2. Occupation du sol et la répartition des cultures :.....	61
V.3. Assolement et rotation : .....	62
V.4. Les besoins en du périmètre :.....	63
V.5. L'évapotranspiration potentielle de référence ETP :.....	64
V.6. L'évapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC) :.....	66
V.7. La réserve facilement utilisable (RFU).....	67
V.8. La pluie efficace .....	68
V.9. L'efficacité de l'irrigation :.....	69
V.10. Les besoins d'irrigation nets : .....	70
V.11. Les besoins d'irrigation bruts .....	70
V.12. Détermination des besoins en eaux des cultures : .....	70
V.13. Calcul du débit fictif continu :.....	72
V.14. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :.....	72

<b>V.15. Conclusion :</b> .....	<b>74</b>
---------------------------------	-----------

## **Chapitre VI : Analyse de l'état actuelle du perimetre**

<b>VI.1. Introduction</b> .....	<b>75</b>
<b>VI.2. Objectifs :</b> .....	<b>75</b>
<b>VI.3. Méthodologie du diagnostic :</b> .....	<b>75</b>
<b>VI.4. Fiche technique :</b> .....	<b>75</b>
<b>VI.5. Schéma hydraulique :</b> .....	<b>76</b>
<b>VI.6. Les équipements hydrauliques :</b> .....	<b>76</b>
<b>VI.7. Analyse de la situation actuelle :</b> .....	<b>76</b>
<b>VI.7.1. Réservoir de régulation journalière :</b> .....	<b>76</b>
<b>VI.7.2. Analyse de l'état des conduites :</b> .....	<b>77</b>
<b>VI.7.3. Analyse des bornes :</b> .....	<b>77</b>
<b>VI.7.4.L'analyse des ventouses :</b> .....	<b>78</b>
<b>VI.7.5. L'analyse des vidanges :</b> .....	<b>79</b>
<b>VI.7.6. L'analyse du réseau de drainage :</b> .....	<b>79</b>
<b>VI.8. Les Résultats du diagnostic</b> .....	<b>79</b>
<b>VI.8.1. Le réservoir de régulation journalière :</b> .....	<b>79</b>
<b>VI.8.2. Les conduites :</b> .....	<b>80</b>
<b>VI.8.3. Les bornes d'irrigations :</b> .....	<b>81</b>
<b>VI.8.4. Les ventouses :</b> .....	<b>81</b>
<b>VI.8.5. Les vidanges :</b> .....	<b>82</b>
<b>VI.8.6. Réseau de drainage :</b> .....	<b>83</b>
<b>VI.8.7. Les aménagements :</b> .....	<b>83</b>
<b>VI.9. Modalités de gestion de l'eau :</b> .....	<b>83</b>
<b>VI.10. Étude d'impact :</b> .....	<b>83</b>
<b>VI.10.1. Impact de l'irrigation sur les sols :</b> .....	<b>83</b>
<b>VI.10.2. Impact sur la nappe :</b> .....	<b>84</b>
<b>VI.10.3. Impact des aménagements :</b> .....	<b>84</b>
<b>VI.10.4. Impact environnemental des conduites d'amiante :</b> .....	<b>84</b>
<b>VI.11. Analyse des contraintes :</b> .....	<b>84</b>
<b>VI.11.1. Contrainte liée à la disponibilité de l'eau :</b> .....	<b>84</b>
<b>VI.11.2. Contraintes techniques et d'entretien :</b> .....	<b>85</b>
<b>VI.11.3. Les contraintes environnementales :</b> .....	<b>85</b>
<b>VI.11.4. Les Contraintes financières et de la gestion :</b> .....	<b>85</b>

<b>VI.12. Les recommandations proposées :</b> .....	<b>86</b>
VI.12.1. Recommandations sur la disponibilité de l'eau :	86
VI.12.2. Les recommandations concernant le réservoir :	86
VI.12.3. Les recommandations concernant les conduites de distribution :	86
VI.12.4. Les recommandations concernant les appareillages :	86
VI.12.6. Les recommandations concernant les aménagements :	86
VI.12.7. Les recommandations concernant les contraintes de la gestion :	87
VI.12.8. Aperçu sur le pilotage d'irrigation :	87
VI.12.9. Aperçu sur le renforcement du périmètre à partir de la station d'épuration :	88
VI.12.9.1. Variante proposée :	88
VI.12.9.2. Caractéristiques de la pompe :	89
<b>VI.13. Conclusion :</b> .....	<b>89</b>

## **Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle**

<b>VII.1. Introduction</b> .....	<b>91</b>
<b>VII.2. Dimensionnement du réseau de distribution :</b> .....	<b>91</b>
VII.2.1. Choix du matériau des conduites :	91
VII.2.2. Les ilots et les bornes d'irrigation :	91
VII.2.3. Tracé du réseau de distribution :	91
VII.2.4. Le calcul hydraulique :	91
VII.2.4.1. Calcul des diamètres :	92
VII.2.4.2. Calcul des pertes de charge et les pressions de services :	92
VII.2.5. Les résultats de dimensionnement et de la simulation :	92
VII.2.5.1. Les Diamètres :	92
VII.2.5.2. Les vitesses :	94
VII.2.5.3. Les pressions de services :	94
<b>VII.3. Les techniques d'irrigation :</b> .....	<b>95</b>
VII.3.1. Les différentes techniques d'irrigation :	95
VII.3.2. L'irrigation de surface :	95
VII.3.3. L'irrigation par aspersion.....	96
VII.3.4. L'irrigation localisée.....	96
VII.3.5. Choix des techniques d'irrigation :	96
<b>VII.4. Dimensionnement à la parcelle :</b> .....	<b>97</b>
VII.4.1. Données générales :	97
VII.4.2. Conditions hydrauliques de base .....	100

VII.4.3.2. Dimensionnement des canalisations du réseau : .....	101
VII.4.3. Le Calcul hydraulique .....	101
VII.4.3.1. Calcul de diamètre de la conduite d'approche (C. tertiaire).....	102
VII.5 Conclusion : .....	103

### **Chapitre VIII :Organisation de chantier et l'estimation du cout**

VIII.1. Introduction : .....	104
VIII.2. Les différents travaux sur chantier : .....	104
VIII.2.1. Exécution de la tranchée .....	104
VIII.2.2. Assise de la conduite : .....	104
VIII.2.4. Epreuve d'essai de pression : .....	104
VIII.2.5. Engins nécessaires pour l'exécution des travaux : .....	104
VIII.3. Devis estimatif des travaux : .....	105
VIII.3.2. Devis estimatif des conduites : .....	106
VIII.4. La planification des travaux d'installation du nouveau réseau d'irrigation.....	107
VIII.5. Sécurité et protection de travail : .....	109
VIII.6. Conclusion : .....	109
Conclusion générale : .....	110

# LISTE DES TABLEAUX :

## Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du milieu

Tableau I. 1: La division du périmètre SAF-SAF .....	3
Tableau I. 3: la répartition spéciale par catégorie de pente de la willaya de Skikda .....	5
Tableau I. 4: coordonnées de la station météorologique (Skikda) .....	9
Tableau I. 5: précipitation moyennes mensuelles (mm) de la station du SKIKDA (1977/2006) .....	9
Tableau I. 6: la variation moyenne mensuelle de la température à la station de SKIKDA (77/06) .....	12
Tableau I. 7: Humidité moyenne mensuelle à la station de SKIKDA (1983/2006) .....	13
Tableau I. 8: moyennes mensuelles de la vitesse des vents (1979/2006) .....	14
Tableau I. 9: direction et fréquence des vents : .....	15
Tableau I. 10: moyenne mensuelle et annuelle de l'évaporation en mm (1974/2006) .....	15
Tableau I. 11: moyenne mensuelle et annuelle de l'évapotranspiration en mm (1974/2006) .....	16
Tableau I. 12: moyenne mensuelle et annuelle de l'insolation en heure période 1978-2004 .....	17
Tableau I. 13: Résultats de l'indice de De Martone .....	19
Tableau I. 14 : Quotient pluviométrique .....	20

## Chapitre II : Analyse des ressources en eau

Tableau II. 1: caractéristiques des trois grands Oued de la willaya de Skikda .....	27
Tableau II. 2: les différents barrages dans la willaya de Skikda et leurs apports annuels .....	31
Tableau II. 3: les différentes retenues collinaires dans la willaya de Skikda et leur capacité totale .....	31
Tableau II. 4: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique .....	36
Tableau II. 5: Résultats des mesures de la conductivité électrique de différentes sources .....	36
Tableau II. 6: Classification des eaux en fonction du S.A.R. ....	37
Tableau II. 7 :Classification des eaux en fonction du S.A.R des différents sources .....	37
Tableau II. 8: Les caractéristiques des eaux de différentes sources .....	39

## Chapitre III

Tableau III. 1 : Les proportions d'argile, de limon et de sable .....	42
Tableau III. 2: classification de risque salinité suivant la valeur de CE .....	43
Tableau III. 3: Propriétés hydrodynamiques des sols .....	44
Tableau III. 4: Structure foncière par commune selon le statut juridique en ha .....	46
Tableau III. 5: Nombre des Unités Foncières selon le statut juridique par commune .....	46

## Chapitre IV : Etude hydrologie

Tableau IV. 1 : Les coordonnées et les caractéristiques de la station pluviométrique .....	48
Tableau IV. 2: Pluies moyennes mensuelles observées à la station Ramadan Djamel .....	48
Tableau IV. 3: Les coordonnées et les caractéristiques de la station pluviométrique de référence .....	51

<b>Tableau IV. 4: Les résultats de comblement</b> .....	51
<b>Tableau IV. 5: Les pluies moyennes mensuelles observées à la station Ramadan Djamel comblées</b> .....	52
<b>Tableau IV. 6: Détaille du procédé de test de Wilcoxon</b> .....	54
<b>Tableau IV. 7: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale</b> .....	56
<b>Tableau IV. 8: Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale</b> .....	58
<b>Tableau IV. 9: Résultats du test de Khi carré :</b> .....	59
<b>Tableau IV. 10: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul :</b> .....	59

## **Chapitre V : Etude des besoins en eau des cultures**

<b>Tableau V. 1 L'occupation du sol et la répartition des cultures</b> .....	61
<b>Tableau V. 2 Le calendrier culturale</b> .....	62
<b>Tableau V. 3 Les modèles d'assolement</b> .....	63
<b>Tableau V. 4 Le calcul d'évapotranspiration en mm/jour</b> .....	65
<b>Tableau V. 5 Les coefficients culturaux pour les différent cultures en chaque mois</b> .....	67
<b>Tableau V. 6 Les profondeur d'enracinement des différentes cultures en chaque moi en m</b> .....	68
<b>Tableau V. 7 La pluie efficace en chaque mois</b> .....	69
<b>Tableau V. 8 Besoins en eaux unitaires pour les différentes cultures</b> .....	71
<b>Tableau V. 9 Le volume d'eau pour les différent assolements</b> .....	73
<b>Tableau V. 10 récapitulatif de la situation hydrique dans le périmètre d'étude</b> .....	74

## **Chapitre VI : Analyse de la situation actuelle du périmètre**

<b>Tableau VI. 1 : Les caractéristiques des bornes d'irrigation</b> .....	78
<b>Tableau VI. 2: Les différents diamètres de l'orifice des ventouses en fonction du diamètre de la conduite</b> .....	78

## **Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle**

<b>Tableau VII. 1 : Etat quantitatif des diamètres utilisés pour les conduites en fonte :</b> .....	93
<b>Tableau VII. 2 Les valeurs du coefficient de réduction par les différentes méthodes</b> .....	98
<b>Tableau VII. 3: Les résultats de dimensionnement hydraulique de la rampe</b> .....	102
<b>Tableau VII. 4:Les résultats de dimensionnement hydraulique de porte rampe</b> .....	102
<b>Tableau VII. 5 Calcul de diamètre de la conduite tertiaire</b> .....	102
<b>Tableau VII. 6 Calcul de diamètre de la conduite tertiaire</b> .....	103

## **Chapitre VIII : Organisation des chantiers**

<b>Tableau VIII. 1 : estimation du cout de pose de canalisation du réseau de distribution</b> .....	106
<b>Tableau VIII. 2 : estimation des prix des conduites du réseau de distribution</b> .....	107
<b>Tableau VIII. 3 : l'opération nécessaire pour l'implantation du réseau d'irrigation</b> .....	108

# Liste des figures :

## Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du milieu

Figure I. 1: Localisation de la zone d'étude .....	2
Figure I. 2: localisation des quatre secteurs du périmètre SAF-SAF .....	3
Figure I. 3 : Découpage administratif de la willaya de Skikda.....	4
Figure I. 4 : Carte des pentes de la willaya de Skikda source :.....	6
Figure I. 5 : extrait de la carte géologique de la willaya de SKIKDA.....	8
Figure I. 6 : histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station de SKIKDA (77/06) .....	10
Figure I. 7: Carte pluviométrie de la wilaya de Skikda .....	11
Figure I. 8: la variation moyenne mensuelle de la température.....	13
Figure I. 9: la variation moyenne mensuelle du vent .....	14
Figure I. 10: la variation moyenne mensuelle de l'évaporation .....	16
Figure I. 11: la variation moyenne mensuelle de l'évapotranspiration .....	17
Figure I. 12: la variation moyenne mensuelle de l'insolation .....	18
Figure I. 13 : Diagramme Ombrothermique de la willaya de Skikda .....	19
Figure I. 14: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	21
Figure I. 15: Carte Bioclimatique de la willaya de Skikda .....	22
Figure I. 16: Carte d'occupation des sols de la willaya de Skikda .....	24

## Chapitre II : Analyse des ressources en eau

Figure II. 1: Carte du réseau hydrographique de la willaya de Skikda .....	28
Figure II. 2: Carte des caractéristiques physiques des sous-bassins versants de la willaya de Skikda .....	29
Figure II. 3: cartes des ressources superficielles de la willaya de Skikda .....	32
Figure II. 4 : Carte schématique d'extensions des nappes de la willaya de Skikda.....	34

## Chapitre IV : Etude hydrologie

Figure IV. 1 l'interface du programme Hydrognomon .....	51
Figure IV. 2: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale.....	56
Figure IV. 3: Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale.....	57

## Chapitre V : Etude des besoins en eau des cultures

Figure V. 1 Courbe de coefficients culturaux et définition des phases .....	66
---	----

## **Chapitre VI : Analyse de la situation actuelle du périmètre**

<b>Figure VI. 1: Problème d'envasement du réservoir .....</b>	<b>80</b>
<b>Figure VI. 2: Une borne d'irrigation a deux prises .....</b>	<b>81</b>
<b>Figure VI. 3: Une Ventouse .....</b>	<b>82</b>
<b>Figure VI. 4: Vidange.....</b>	<b>82</b>
<b>Figure VI. 5.Schéma synoptique d'installation des capteurs et des électrovannes.....</b>	<b>88</b>
<b>Figure VI. 6.Principe de Fonctionnement des capteurs par Grafcet .....</b>	<b>88</b>

## **Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle**

<b>Figure VII. 1 : La répartition des diamètres dans le réseau de la distribution.....</b>	<b>93</b>
<b>Figure VII. 2 La répartition des vitesses dans le réseau .....</b>	<b>94</b>
<b>Figure VII. 3 Les valeurs des pressions de services aux têtes des bornes .....</b>	<b>95</b>

## **Chapitre VIII : Organisation des chantiers**

<b>Figure VIII 1 : Calcul du réseau a nœud.....</b>	<b>108</b>
---	------------

## LISTE DES PLANS

---

<b>Désignation</b>	<b>Numéro</b>	<b>Echelle</b>
<b>Plan de situation</b>	Plan 1	1/10000
<b>Schémas synoptique du réseau hydraulique</b>	Plan 2	1/1000
<b>Profil en long de la conduite existante</b>	Plans 3	1/1000
<b>Schémas descriptive de la borne et ces accessoires</b>	Plan 4	1/2500
<b>Schémas descriptive du ventouse et du vidange et ces accessoires</b>	Plans 5	1/2500
<b>Schémas descriptive pour la parcelle irrigue en goutte à goutte</b>	Plans 6	1/1000

# Introduction générale

## **Introduction générale :**

L'eau est universellement reconnue comme une ressource vital, rare précieuse et donc stratégique. Elle fait l'objet d'utilisation très diverse par l'homme. Indispensable dans la production agricole, énergétique et industrielle, fragile et limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs nous oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande.

Donc il est nécessaire que les aménagements soient techniquement efficaces, économiquement justifiés et recevant l'adhésion des irrigants. Pour cette raison qu'un diagnostic des infrastructures dans le périmètre pour identifier les contraintes et proposer les solutions et les recommandations nécessaires.

Le secteur I du périmètre SAF-SAF a reconnu plusieurs problèmes ces dernières années à cause de la disponibilité de l'eau, dégradation des infrastructures et la mauvaise gestion. Pour cette raison nous avons choisis ce secteur comme une zone d'étude. Notre périmètre se trouve dans la willaya de Skikda, et il est géré par l'office national d'irrigation de de drainage de la même willaya.

Pour achever cet objectif nous avons passé par : une analyse de conditions naturelles du milieu, analyse des ressources en eau, l'étude agro pédologie, étude des besoins en eau des cultures, par la suite le calcul du débit spécifique et l'analyse de l'état actuel du périmètre afin d'identifier les contraintes. Enfin nous avons défini un programme de réhabilitation et un calcul du coût.

Chapitre I :  
Analyse des  
conditions naturelles  
du milieu

### I.1. Introduction :

Avant d'entamer n'importe quel projet en irrigation, il faut bien connaître la zone d'étude ainsi les caractéristiques et les conditions naturelles du milieu. Donc ce chapitre a pour but de présenter la zone d'étude géographiquement et administrativement ensuite de dégager les principales caractéristiques naturelle et climatiques de notre zone d'étude.

### I.2. Situation géographique de la plaine

La zone du projet est située au centre de la wilaya de Skikda .Elle est située au nord-est de l'Algérie, elle est limitée au nord par la mer méditerranée, à l'ouest par la wilaya de Jijel et Mila, au sud par Constantine et à l'est par la wilaya d'Annaba.

Les coordonnées géographiques de la commune au point central de son chef-lieu valent respectivement 36°52'00'' Nord et 6° 54' 00'' Est.



Figure I. 1: Localisation de la zone d'étude

#### I.2.1. Présentation du périmètre Saf-Saf :

Le périmètre irrigué de SAF-SAF est situé à environ 30km au Sud-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Skikda ; il est issu d'une étude réalisée au cours de l'année 1975, son canevas hydraulique est réalisé par INTECSA et sa mise en eau était en 1992.[1]

### I.2.2. Division du périmètre SAF-SAF

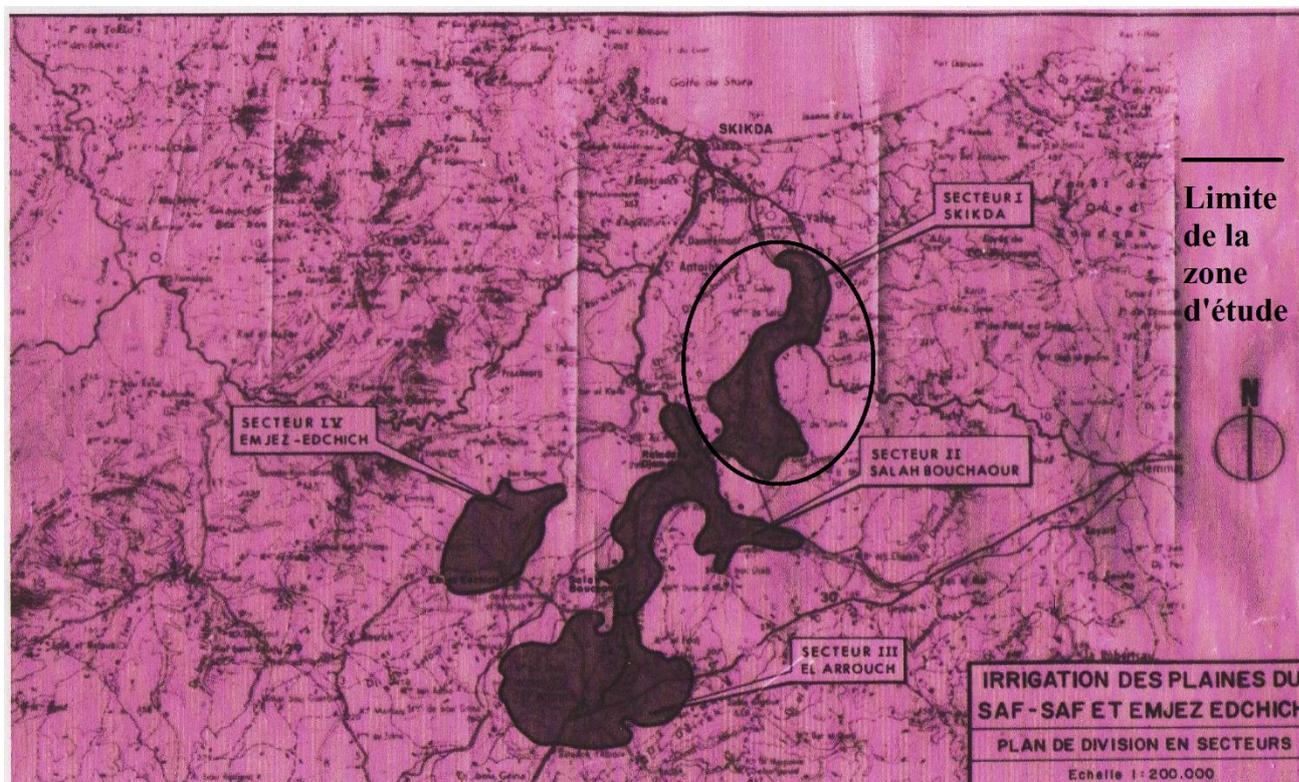
Le périmètre irrigué de SAF-SAF est réparti en quatre secteurs sur les communes concernées de Skikda : commune Hamadi Krouma, Ramdane Djamel, Salah Bouchaour , Emdjez Edchiche et El Harrouche, couvrant une superficie totale de 5654 ha.

**Tableau I. 1: La division du périmètre SAF-SAF**

Secteur	Surface (Ha)		Localisation
	Equipée	Irrigable	
Secteur I	1720	1600	Ramadan Djamel
Secteur II	1591	1428	Salah Bouchaour
Secteur III	1032	832	Al Arrouche
Secteur IV	1320	1420	Emdjez Edchiche
Total	5654	5100	/

Source : ONID

Notre étude concerne le secteur I, qui couvre une superficie de 1720 ha.



**Figure I. 2: localisation des quatre secteurs du périmètre SAF-SAF**

### I.3. La situation administrative :

La wilaya de Skikda est issue du découpage administratif de 1974 et s'étend sur une superficie de 4138km, où se concentrent quelques 804697 habitants, actuellement, elle comprend 13 daïras regroupant 38 communes.

La zone d'étude est située à proximité du chef-lieu de la wilaya de Skikda .Le secteur englobe la zone du Nord Est de la daïra Ramande Djamel, le secteur s'étend sur les deux rives de l'Oued SAF-SAF, à droite, il longe la Route Nationale N° 44 et à gauche, il longe le chemin de wilaya N° 104.[1]

La zone d'étude est d'une superficie de 1720 ha .Elle regroupe les commune de RAMDANE DJAMEL et BENI BECHIR.

Il fait face au nord, à la mer méditerranéenne et dispose de frontière communes avec : AZZABA à l'est, Saleh Bouchaour et El Hadaik à l'ouest

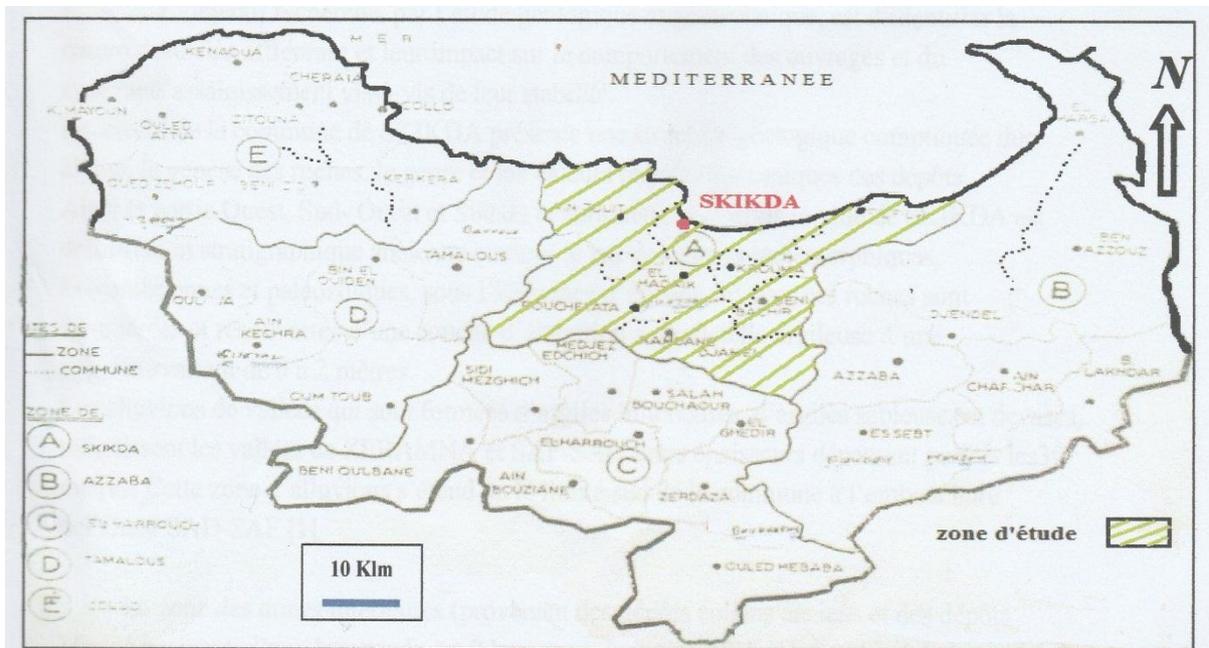


Figure I. 3 : Découpage administratif de la wilaya de Skikda

### I.4. Géomorphologie et relief

Autour de la région de Skikda se trouvent quelques reliefs :

- Le Djebel El Alia et le Djebel Filfila à altitudes variant entre 400 et 600 m.
- La chaîne numidique ou Dorsale de l'Atlas tellien, barrière physique Est-Ouest, composée de plusieurs massifs dont le Kef Sidi Driss culminant à 1364m. La partie septentrionale de la chaîne numidique prend une orientation Sud-Ouest, Nord-Est ; les altitudes diminuent et atteignent 620m à Kef Moma et 600m au Kef Sebergoud. [3]

La willaya de Skikda a un relief très accidenté, une cote abrupte et déchiquetée, un réseau dense de ravins profond entaillant le massif avec véritables gorges parcourue par des oueds permanents.

Ses montagnes ont par excellence un relief jeune, encore en pleine évolution morphologique. Cette évolution est très rapide dans une willaya aussi pluvieuse et dont les cours d'eau se jettent à la mer quelque Kilomètres seulement après avoir pris leurs sources à plusieurs centaines de mètre d'altitude. [2]

La répartition spéciale par catégorie de pentes nous montre que près de 50% du territoire de la willaya a des pentes plus de 30%

**Tableau I. 2: la répartition spéciale par catégorie de pente de la willaya de Skikda**

Pente	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
7%	807	17
7.15%	706	16
15.3%	807	17
30%	2374	50

Source : D.S.A SKIKDA

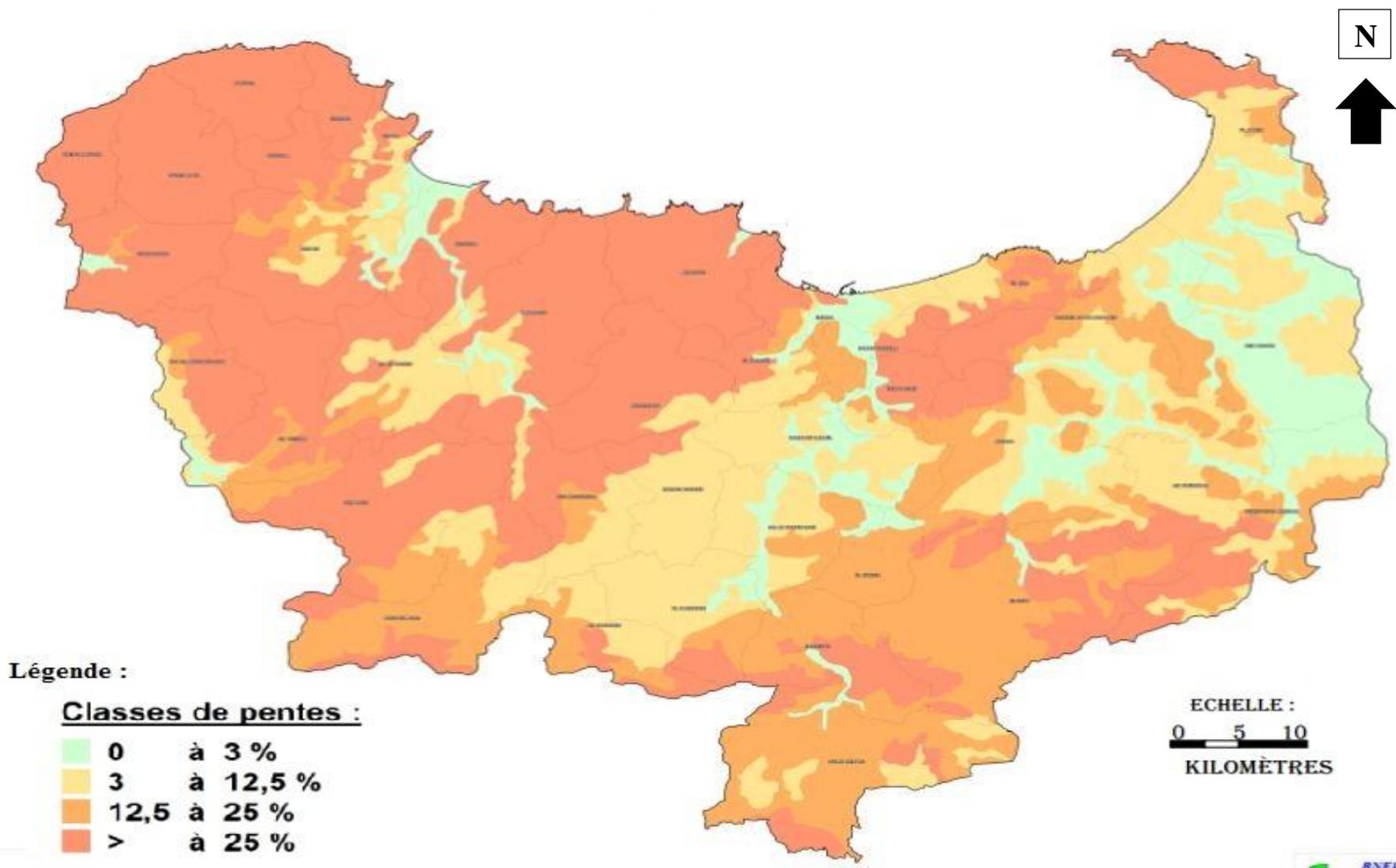


Figure I. 4 : Carte des pentes de la willaya de Skikda

source : BNEDER

### **I.5. Caractéristiques géologiques**

#### **I.5.1. Introduction**

L'analyse de l'environnement géologique est fondamentale à l'étude hydrogéologique. La géologie permet d'identifier les matériaux et les structures des formations susceptibles de conduire l'eau des précipitations en profondeur. Elle permet aussi de déterminer le type d'aquifère.

#### **I.5.2. Cadre géologique régionale**

La géologie de l'Algérie septentrionale a été affectée par deux grandes périodes tectoniques ; il s'agit de la période Mésozoïque à Miocène inférieur et la période Mio-Plio-Quaternaire.

Du point de vue géologique au sens régional, l'Algérie du Nord comprend trois ensembles qui sont :

1. Le domaine des massifs primaires Kabyles.
2. Le domaine tellien.
3. Le domaine prés saharien composé :
  - Des hauts plateaux.
  - De l'Atlas saharien.

Notre secteur d'étude fait partie de l'ensemble géologique des massifs primaires kabyles. Il est séparé des bassins d'El Harouch, Salah Bouchaour, Emdjaz-Ed-Chich et Ramdane Djamel par une ligne de relief de direction NE-SW.

#### **I.5.3. Les ensembles géologiques [3]**

De point de vu environnement géologique, la zone d'étude se présente complexe du fait qu'elle comprend deux ensembles de terrains géologiques différents : d'origine métamorphique et d'origine sédimentaires.

##### **1. Les formations quaternaires**

Elles sont représentées par des alluvions et des dunes anciennes.

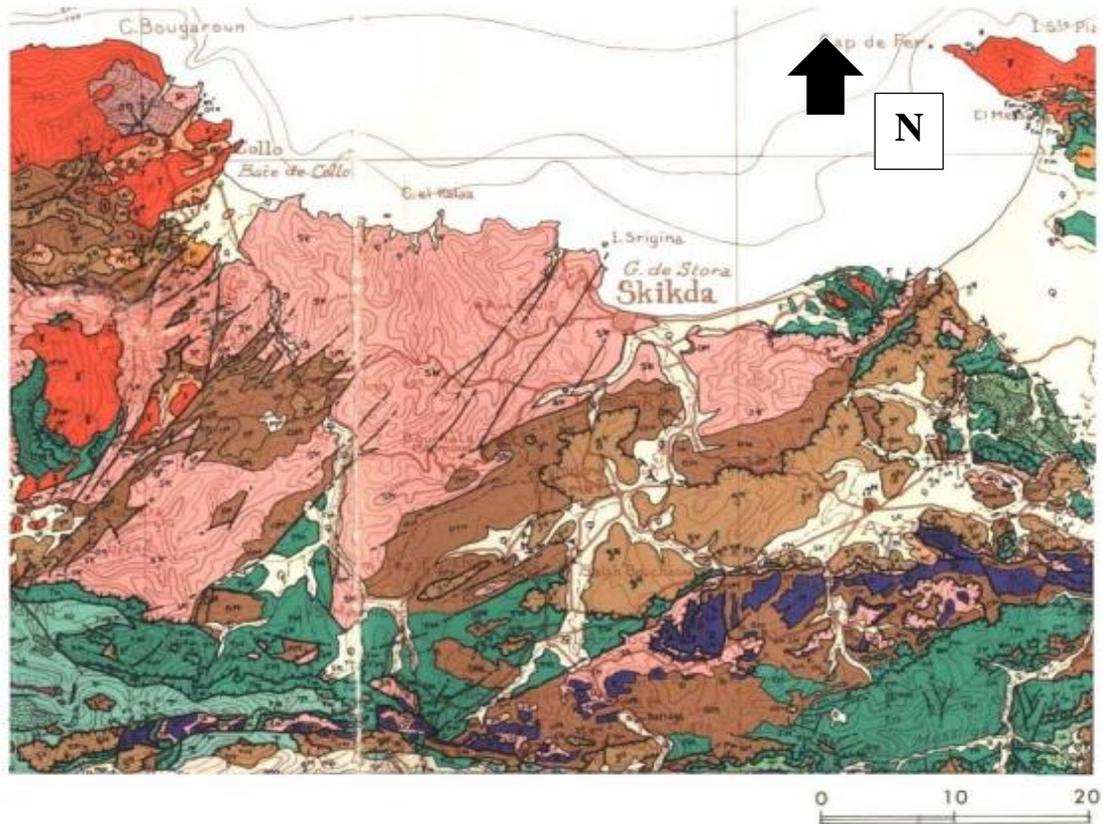
- Les alluvions actuelles, récentes et anciennes.
- Les dunes anciennes

##### **2. Formations du tertiaire**

- Formations d'oligocène :

- Les dépôts néogènes

### 3. Formations métamorphiques des terrains primaires paléozoïques



Légende :

<p><b>ROCHES ERUPTIVES RECENTES</b></p> <p>Granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites.</p> <p><b>SOCLE KABYLE, CHAÎNE CALCAIRE</b></p> <p>Oligo-Miocène Kabyle, olistostromes à flyschs résédimentés (y compris le Numédien) et Flyschs en position nord-kabyle (F').</p> <p><b>CHAÎNE CALCAIRE : Paléozoïque à Lutétien supérieur</b> des zones internes, médiane et externe.</p> <p>SK-Socle métamorphique de petite kabylie et du Bou Hatem (phyllades micaschistes, porphyroïdes, gneiss et marbres).</p> <p><b>NAPPES TELLIENNES</b> NAPPES TELLIENNES S.S.</p> <p>T. UNITES TELLIENNES NON DIFFÉRENCIÉES PARFOIS RÉDUITES À LEUR ÉCÈNE DE COLLE.</p> <p><b>TRIAS EXOTIQUE OU EXTRUSIF</b></p> <p>Argiles, gypses broyés et glaçons calcaire-dolomitiques.</p>	<p><b>NAPPE NUMIDIENNE</b></p> <p>Grès numédiens et séries mixtes.</p> <p><b>ROCHES RECENTES ET CYCLES POSTÉRIEURS AU BURDIGALIEN INFÉRIEUR.</b></p> <p>Quaternaire indifférencié (Villafranchien à actuel).</p> <p>Pliocène marin des zones côtières.</p> <p><b>NAPPES DE FLYSCHS KABYLIES, FLYSCHS MAURETANIENS</b></p> <p>Séries internes d'Aïn Nacour, de Sidi Rhiat, de Sidi Ahmed, de Settiter, de Bou Taleb, de la Robertseau (Souk es Sebti) et de la Marsa. Séries médianes de Guerrouch, d'El Karn, de Khorchef, de Ghezala et du Sud d'Aïn Berda (Penthievre) Séries externes (ex-"Medjan") et séries atypiques de Tamalous, du Kef Mezzouch et de Ziâne.</p>
--	--

Figure I. 5 : extrait de la carte géologique de la willaya de SKIKDA

### I.6. Etude climatique :

Le climat constitue la phase la plus importante de manière étroite non seulement la vie animale et des végétaux, mais aussi l'économie générale des zones habituelles, il se définit comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné.

L'étude climatique est très importante pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques, ces derniers sont l'un des facteurs principaux de l'aménagement du territoire et du développement économique.

Cette étude est basée sur l'analyse des principaux paramètres climatiques tels que ; la pluviométrie, la température, l'humidité relative, l'évaporation et le vent.

Les données climatiques nécessaires à l'élaboration de la présente étude sont recueillies à partir de la station météorologique de SKIKDA gérée par l'office national de la météorologie, et dont la période d'observation va de 1977 à 2006, a servi pour l'évaluation des facteurs du bilan. Cette station est située selon les coordonnées Lambert suivantes :

**Tableau I. 3: coordonnées de la station météorologique (Skikda)**

Station	Indicatif	Latitude N (°)	Longitude	Altitude (m)
Skikda	355	36° 53 N	06° 54 E	1

#### I.6.1. La pluviométrie :

Les précipitations sont définies comme l'ensemble des eaux météorologiques recueillies par un bassin versant ou une surface bien déterminée. Elles peuvent se présenter sous forme liquide (pluie, brouillard, rosée...) ou sous forme solide (neige, grêle, givre...).

Elles sont un facteur essentiel caractérisant le climat d'une région et sont un des éléments principaux du bilan hydrique. Elles jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eaux et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines.

**Tableau I. 4: précipitation moyennes mensuelles (mm) de la station du SKIKDA (1977/2006)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout
P(mm)	42.52	64.82	134.43	169.2	187.2	168.86	117.2	97.17	45.2	14.02	2.47	12.92

Source : ONM

La représentation en histogramme des précipitations moyenne mensuelles de la station de SKIKDA montre une hétérogénéité importante des précipitations d'un mois à un autre , avec un maximum de l'ordre de 187.20mm pendant le mois de Janvier , et un minimum de l'ordre 2.47mm au mois de juillet .

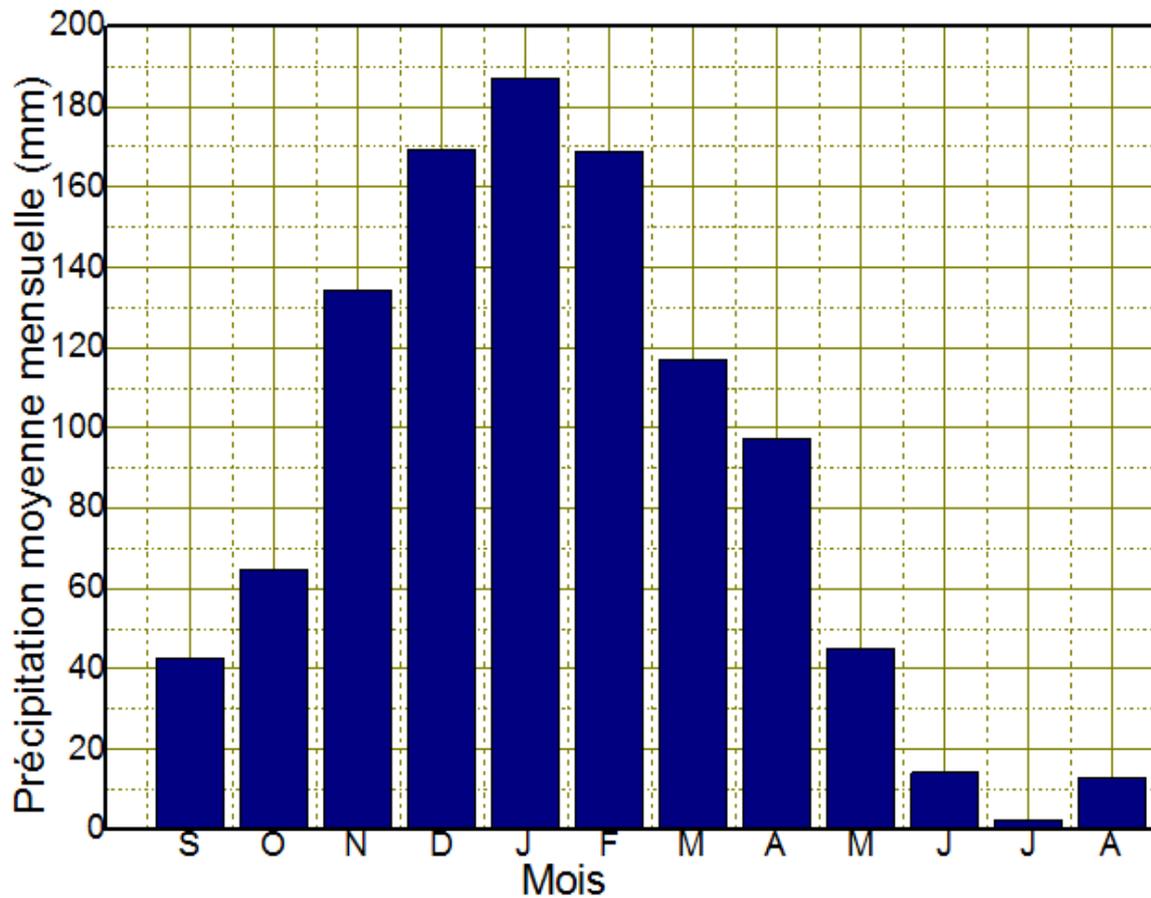


Figure I. 6 : histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station de SKIKDA (1977/2006)

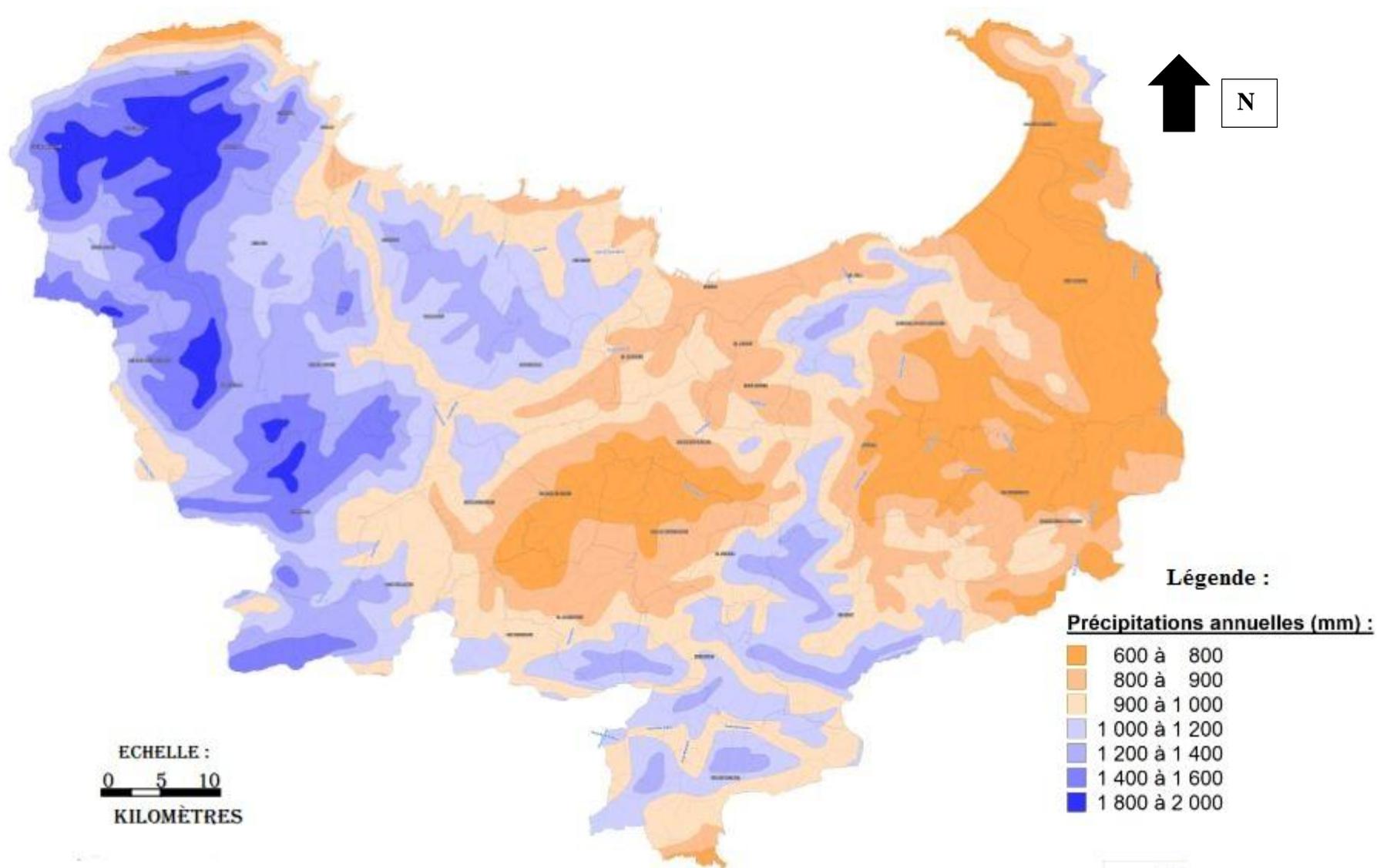


Figure I. 7: Carte pluviométrie de la wilaya de Skikda

source : BNEDER

### I.6.2. La température :

La température est un facteur très important dans l'évolution du déficit d'écoulement qui entre dans l'estimation hydrologique, ce paramètre est indispensable à la climatologie, vu son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau.

La connaissance des températures est nécessaire pour déterminer leurs incidences sur le choix de culture.

Dans la région de SKIKDA, la température est influencée par la mer qui se traduit par le mois le plus chaud qui est le mois d'Aout, alors que le mois le plus froid est le mois de Janvier.

**Tableau I. 5: la variation moyenne mensuelle de la température à la station de SKIKDA (1977/2006)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout
$T_{min}(^{\circ}\text{C})$	18.2	15.5	10.3	7.9	6.6	6.8	8.5	9.5	12.8	16.6	19.7	20.5
$T_{moy}(^{\circ}\text{C})$	25.5	21.9	16.5	12.9	11.9	12.6	14.3	16.5	20.9	25.1	28.1	29.01
$T_{max}^{\circ}\text{C}$	33	28.5	22.7	17.8	17.3	18.4	21.5	23.6	29.1	33.3	36.7	37.5

Source : ONM

Avec :

$T_{min}$  : Température moyenne minimale observée pour chaque mois .

$T_{max}$ : Température moyenne maximale observée pour chaque mois .

$T_{moy}$  : moyenne mensuelle.

Les données de température observées pendant une période de 28ans (1977-2006) à la station de SKIKDA, font sortir que les températures minimales sont enregistrées durant le mois de Janvier ( $6.6^{\circ}\text{C}$ ), tandis que la température maximale s'observe durant le mois d'Aout avec une valeur de l'ordre de  $37.5^{\circ}\text{C}$ . Donc, (nous pouvons)) distinguer deux saisons typiques : un été chaud et un hiver relativement doux.

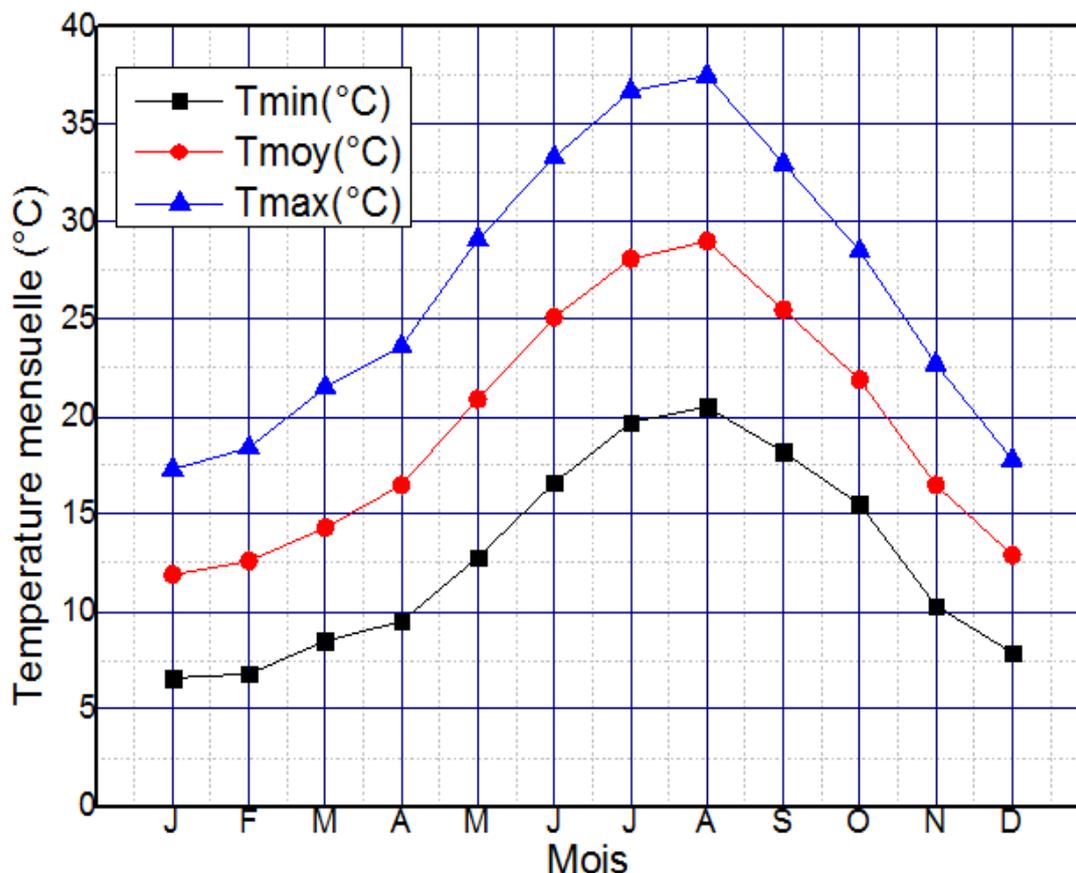


Figure I. 8: la variation moyenne mensuelle de la température

**I.6.3.L'humidité relative :**

L'humidité relative de l'aire montre de l'atmosphère en expliquant s'il est plus ou moins proche de la condensation, elle correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée à la tension de vapeur saturante à la même température .Ce paramètre intervient comme coefficient de l'évaporation lorsqu'il est inférieur à 50%.

**Tableau I. 6: Humidité moyenne mensuelle à la station de SKIKDA (1983/2006)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout
H(%)	73.87	73.7	73.5	74.5	73.8	74.5	73.1	73.1	75.1	74.1	72.8	73.2

Source : ONM

L'humidité relative maximale est observée au mois de Mai avec une valeur de l'ordre 75.1% alors que la valeur minimale est observée au mois de Juillet 72.8%.

**I.6.4.Le vent :**

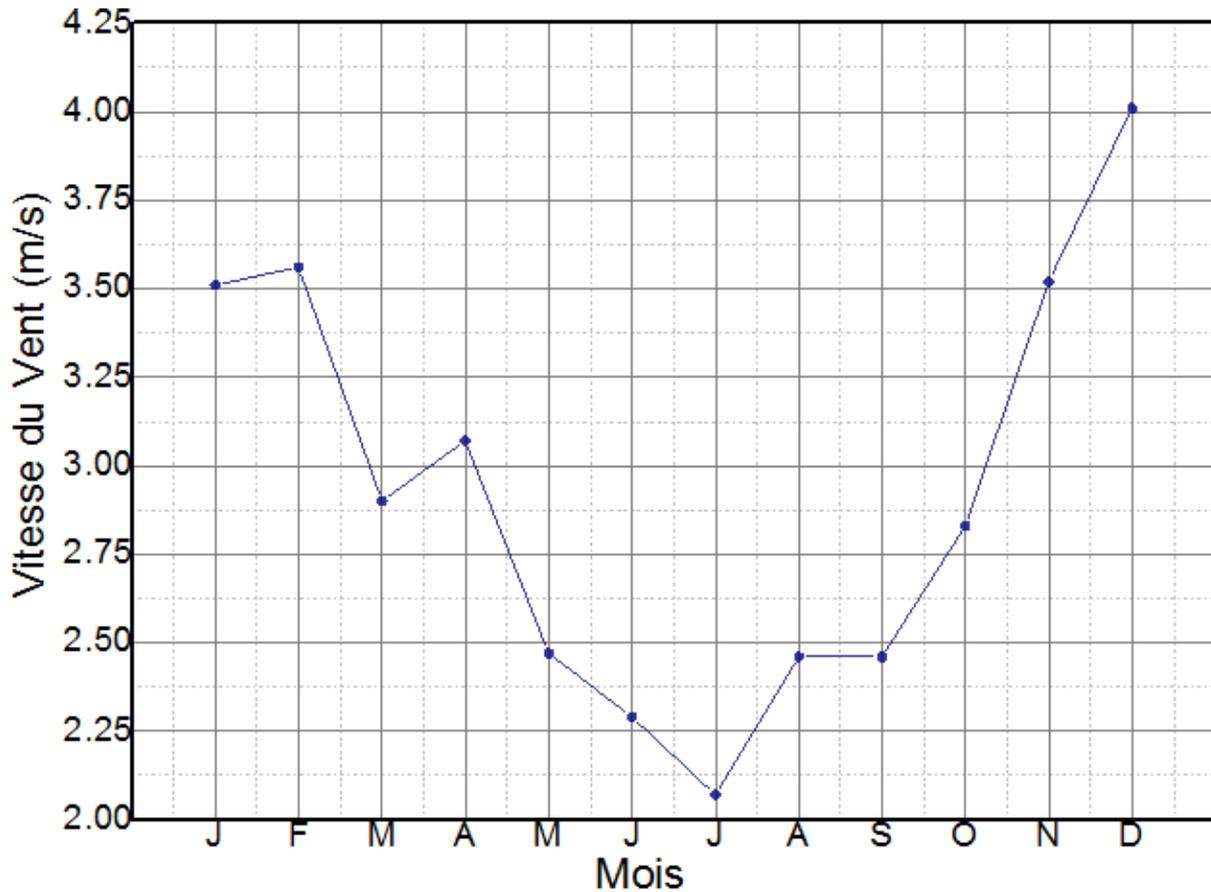
Le vent est un facteur important du climat car il favorise l'évaporation, Son étude nous semble nécessaire pour l'orientation et l'implantation des brises vents. Les moyennes mensuelles des vitesses du vent déterminées à la station de SKKDA sont données dans le tableau suivant :

**Tableau I. 7: moyennes mensuelles de la vitesse des vents (1979/2006)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout
U(m/s)	2.46	2.83	3.52	4.01	3.51	3.56	2.9	3.07	2.47	2.29	2.07	2.46

Source : ONM

L'analyse de ce tableau montre une stabilité de la vitesse tout le long de l'année. Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes, avec une moyenne annuelle oscillante autour de 2.93m/s



**Figure I. 9: la variation moyenne mensuelle du vent**

**Direction des vents :**

**Tableau I. 8: direction et fréquence des vents :**

Dir	7h								13h								18h							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
A	8	8	1	8	23	30	7	15	23	27	2	9	8	5	9	22	14	13	2	26	15	5	2	22

Source : ONM

D’après les données du tableau ci-dessus, nous remarquons que les directions dominantes des vents sont :

- ✓ Sud et Sud-Ouest à 7 heures.
- ✓ Nord, Nord-Est et Nord-Ouest à 13heures.
- ✓ Nord-Ouest et Sud-Est à 18 heures.

**I.6.5.Siroco :**

C’est un vent chaud et sec qui souffle du Sahara vers le littoral .Il est très néfaste pour les végétaux car il peut provoquer le flétrissement de la plante ainsi que les chutes de rendement , il augmente l’évapotranspiration des cultures à une fréquence annuelle assez faible ,4 à 5 jours par an , entre mai et septembre avec un maximum en aout , donc sa connaissance est primordiale pour le choix des espèces à préconiser dans le périmètre .

**I.6.6.Evaporation :**

Les références existantes sur la région sont celles du barrage de Zerdezas à partir desquelles la répartition annuelle de l’évaporation est comme suit :

**Tableau I. 9: moyenne mensuelle et annuelle de l’évaporation en mm (1974/2006)**

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
Eva (mm)	78.5	78.7	102.18	108.64	132.53	177.79	231.9	227.47	165.5	140.62	140.62	98.8	1629.27

Source : ONM

Nous remarquons que l’évaporation est importante en été, elle atteint son maximum au mois de Juillet avec une valeur de 231.9mm .Le minimum est enregistré au mois de Janvier avec une valeur de 78.5mm, celle de la moyenne annuelle est de 1629.27

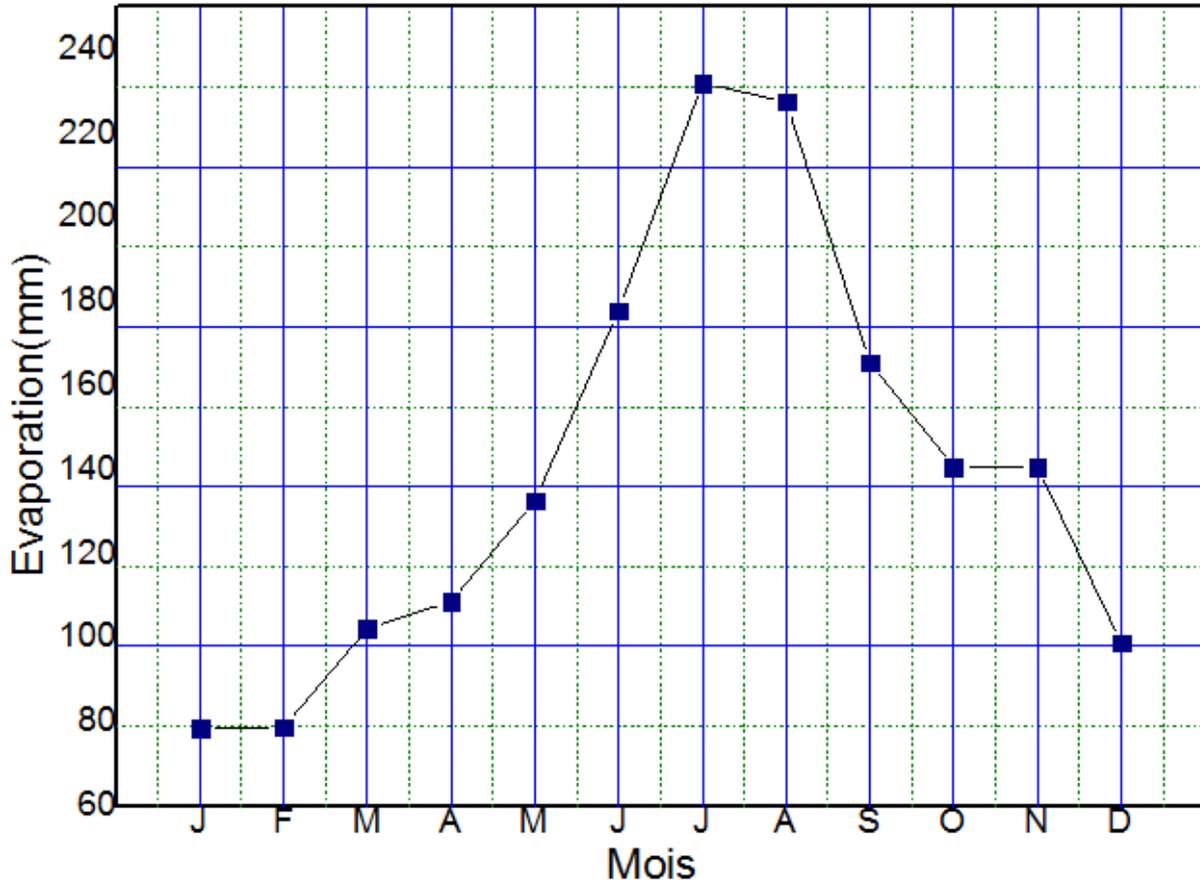


Figure I. 10: la variation moyenne mensuelle de l'évaporation

**I.6.7.L'évapotranspiration :**

C'est la somme des quantités d'eaux pouvant s'évaporer et être transpirées sur une surface et pendant une période bien elle est exprimée en mm.

**Tableau I. 10: moyenne mensuelle et annuelle de l'évapotranspiration en mm (1974/2006)**

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
<b>E (mm)</b>	258	40.5	74	108.6	133	152.6	173.9	164	113.5	73.4	41.2	22.5	1123

Source : ONM

Sur les années d'observation (32ans) , l'évapotranspiration mesurée présente un maximum de 173.9mm en juillet et un minimum de 22.5mm enregistré en décembre .Le total annuel de l'évaporation moyenne est de 1123mm.

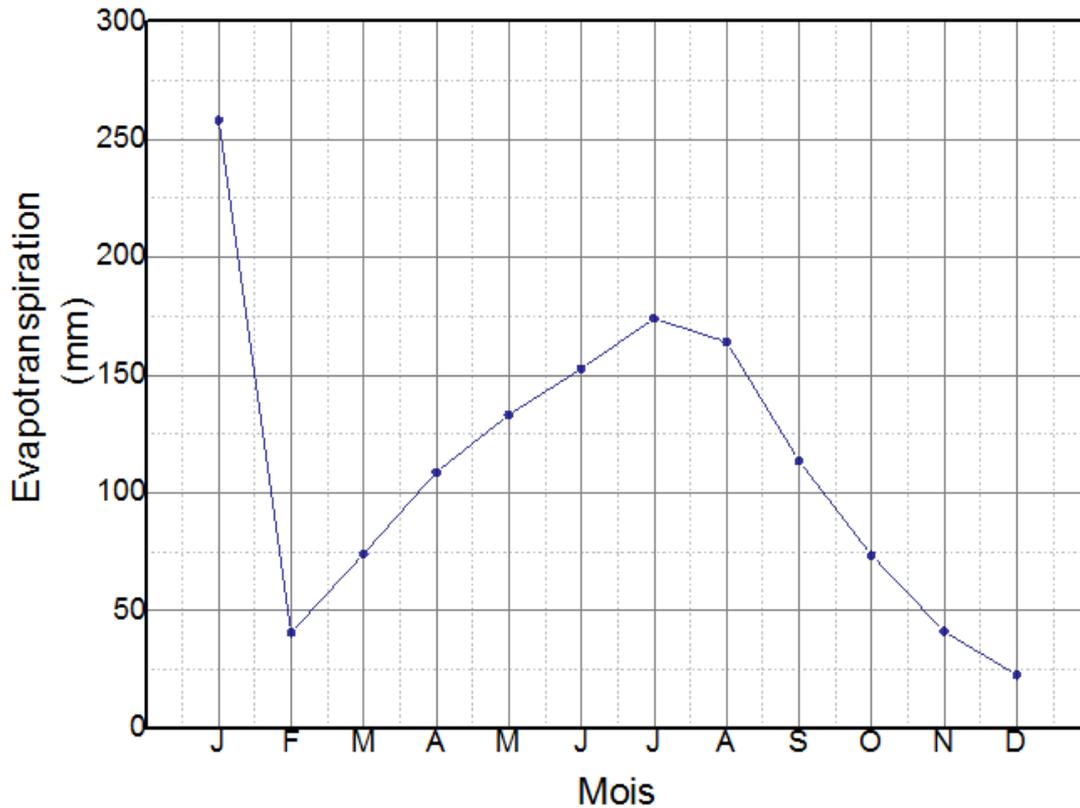


Figure I. 11: la variation moyenne mensuelle de l'évapotranspiration

**I.6.8.Insolation :**

L'insolation est la période durant le soleil brille sur le sol .Elle conditionne l'activité de la photosynthèse. Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées dans tableau suivant :

**Tableau I. 11: moyenne mensuelle et annuelle de l'insolation en heure période 1978-2004**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuelle
Moyenne (Heure)	190	201	230	253	263	284	299	290	250	229	182	176	2847
Heure/Jour	6.13	7.18	7.42	8.43	8.48	9.47	9.64	9.35	8.33	7.39	6.06	5.6	7.8

Source : ONM

D'après ce tableau, nous observons que la quantité d'aire d'ensoleillement dans la région est très élevée ; la moyenne annuelle est de 7.8heures par jours .L'ensoleillement annuel total est de 2847 heures réparties entre 1228 heures en hiver et 1619 heures en été.

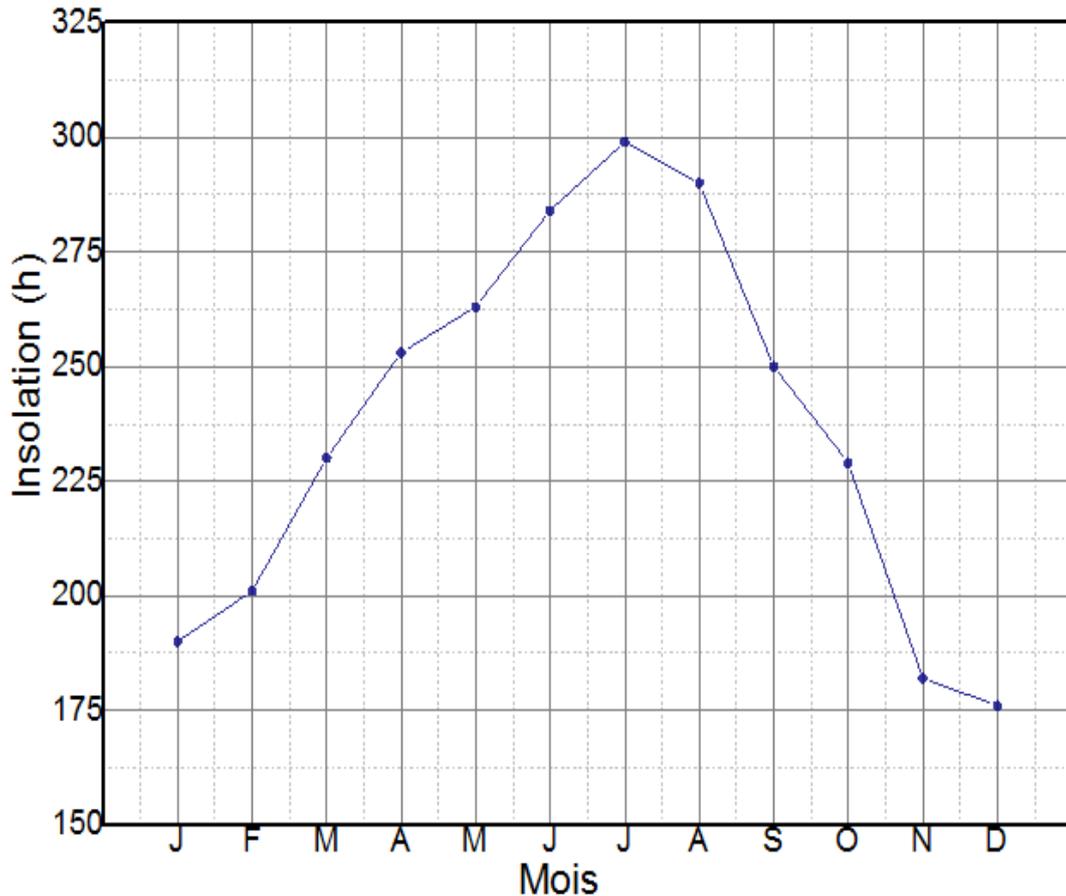


Figure I. 12: la variation moyenne mensuelle de l'insolation

### I.6.9.Indices climatiques

L'indice est une codification du climat par les formules dans le but de voir l'interférence des différents variables de ce climat et leur action sur les plantes, ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels

#### I.6.9.1.Classification du climat selon l'indice de De Martone :

L'indice d'aridité de De Martone est un indicateur quantitatif du degré de sécheresse, estimé à un endroit donné. Cet indice est donné par la formule suivante :

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

**I** : Indice d'aridité

**P** : précipitation moyenne annuelle (mm).

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

Tableau I. 12: Résultats de l'indice de De Martone

Intervalle du valeur du I	Type du climat	IRRIGATION
I<5	climat désertique	Indispensable
5<I<10	climat très sec	Indispensable
10<I<20	climat sec	Souvent Indispensable
20<I<30	climat relativement humide	Parfois utile
I>30	Climat humide	Inutile

$$I = \frac{670.41}{(10 + 12.72)} = 29.51$$

Selon l'indice calculé, nous constatons d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise par un climat relativement humide et que l'irrigation est parfois utile

**I.6.9.2. Diagramme ombrothermique de « BAGNOULS ET GAUSSEN » :**

Ce diagramme nous permet d'évaluer l'intervalle de saisons sèche et humide et sa position dans le temps, lorsque la pluviométrie enregistrée pendant un mois est inférieure au double de la température moyenne enregistrée ; le mois est considéré comme écologiquement sec.

Dans notre cas, l'irrigation est indispensable à partir de la fin de Septembre jusqu'à Avril.

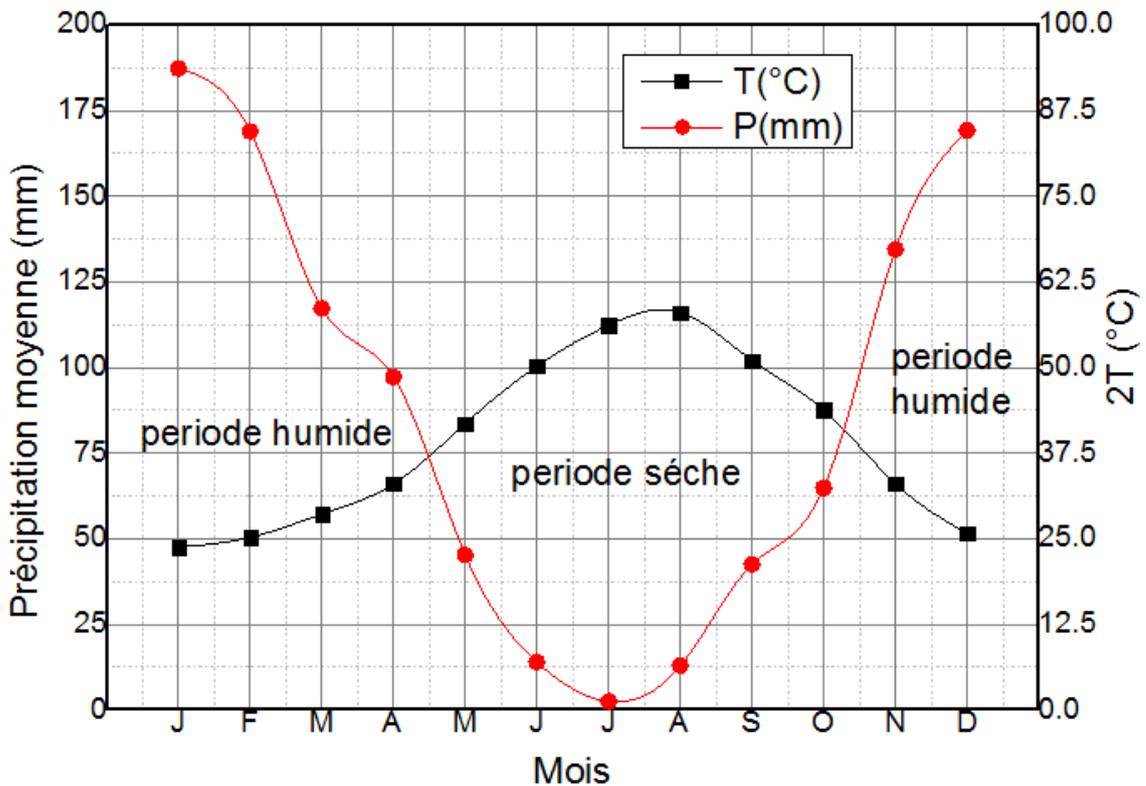


Figure I. 13 : Diagramme Ombrothermique de la willaya de Skikda

### I.6.9.3. Quotient pluviométrique d'Emberger

Le Quotient pluviométrique D'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique et la valeur du coefficient pluviométrique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d'Emberger .

Il s'exprime comme suit :

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

Où :

**P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm)

**M** : moyenne des températures maximales (en °K)

**m** : moyenne des températures minimales (en °K)

Application numérique pour

P=670.41mm ; M=37.47°C ; m=6.61°C

Le calcul du Quotient pluviométrique donne les valeurs suivantes :

**Tableau I. 13 : Quotient pluviométrique**

Précipitation (mm)	m (°K)	M (°K)	Q(mm/°K)	Etage bioclimatique
670.41	279.61	301.47	105.56	Sub-humid

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger , la valeur de Q=105.56 mm/°K pour une température du mois le plus froid , T=6.61°C , nous donne un étage bioclimatique « Subhumide »

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, nous pouvons confirmer que notre région se situe dans

- L'étage bioclimatique : Sub-humid
- Sous étage : Hiver Tempéré.

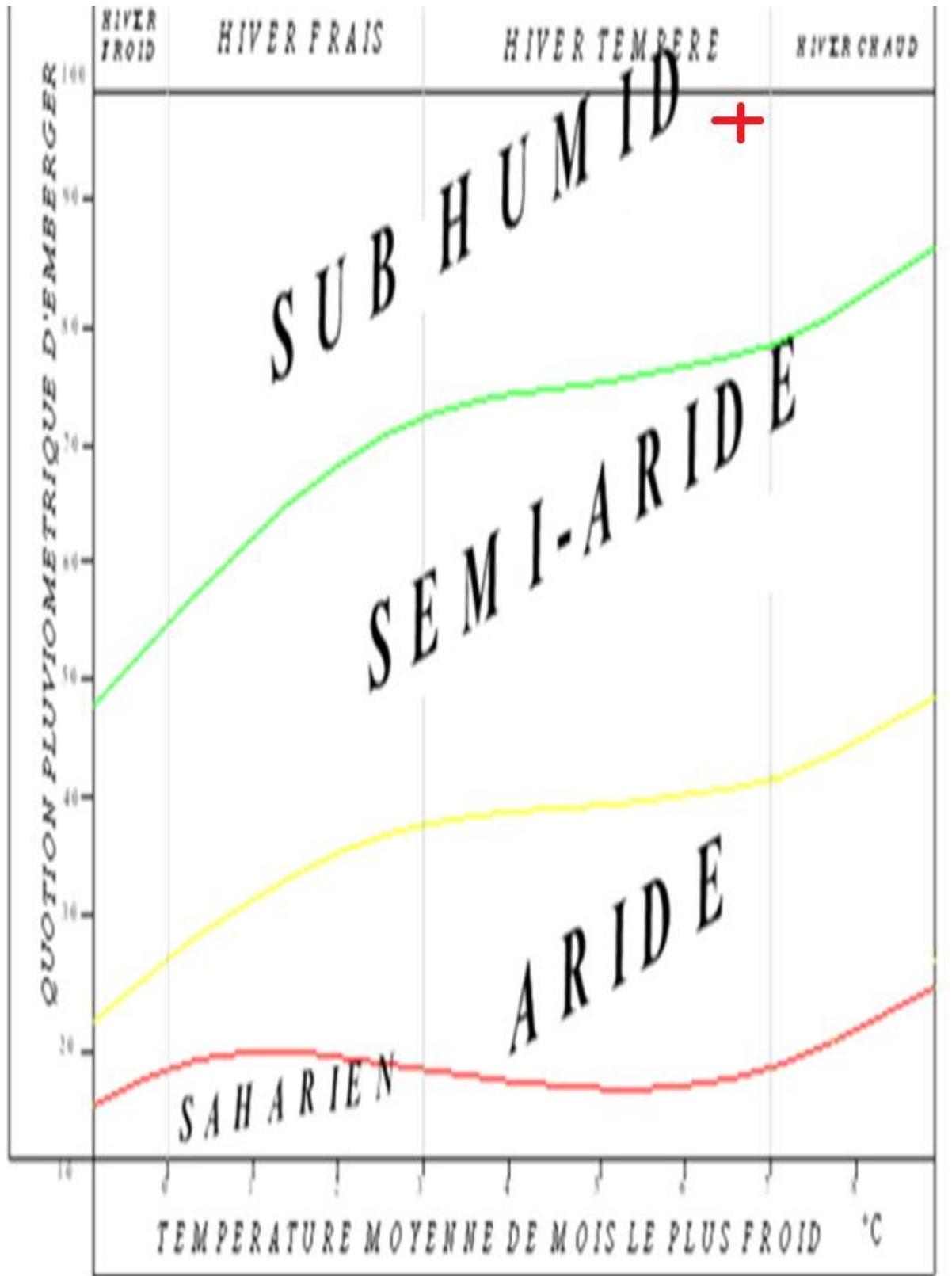


Figure I. 14: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

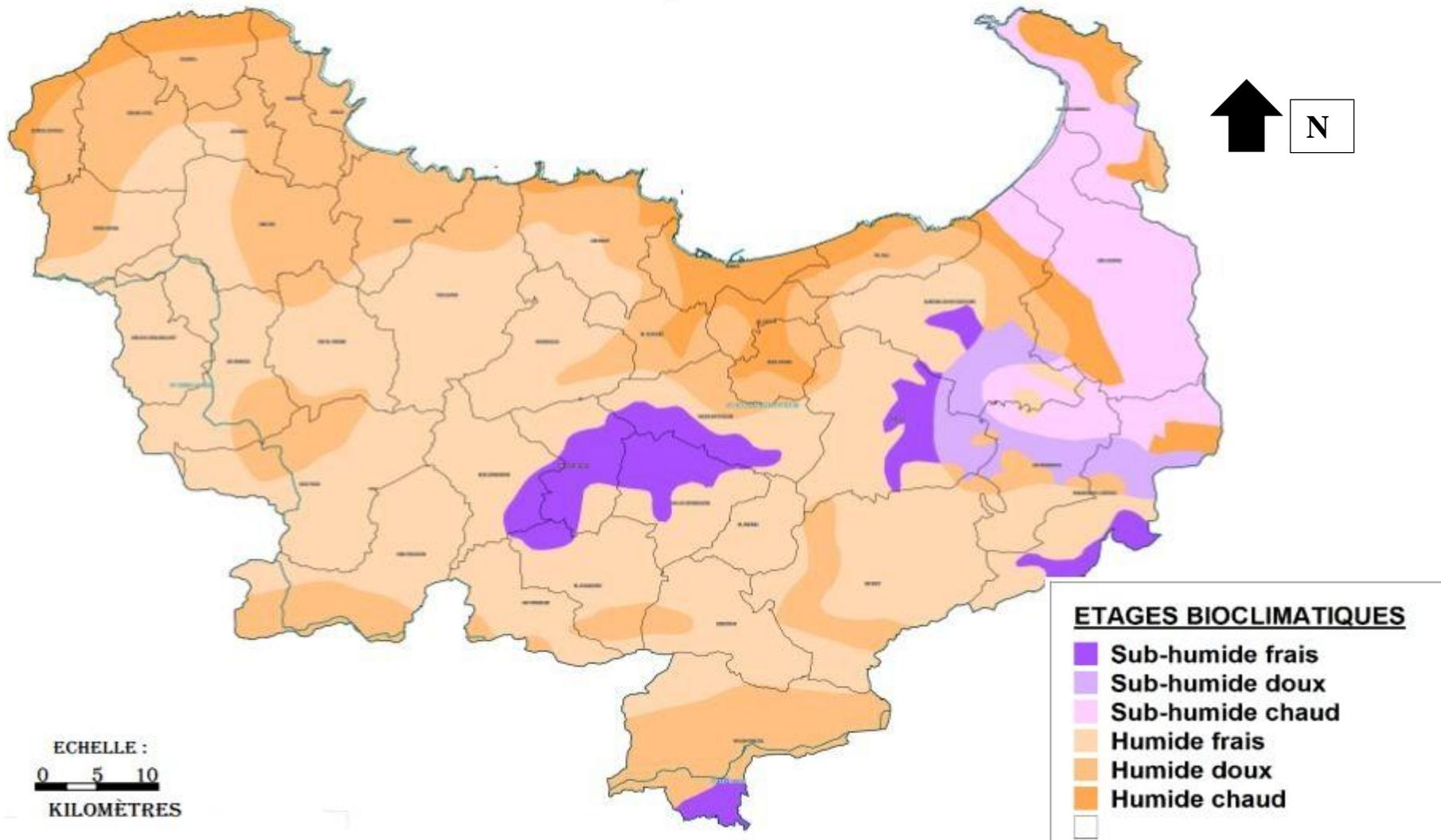


Figure I. 15: Carte Bioclimatique de la willaya de Skikda

Source : BNEDER

### **I.7. La Végétation :**

L'une des plus grandes richesses de la willaya de Skikda est incontestablement constituée par la forêt qui a donné naissance à la grande industrie du bois et des lièges.

Pour situer son importance il suffit de préciser que cette forêt couvre cinquante pour cent (50%) environ de la superficie de la willaya. [1]

Les conditions climatiques imposent le développement d'une végétation typique dans la région. Nous trouvons surtout des cultures maraîchères et la céréaliculture ainsi que des orangeries et des vignes, les montagnes sont couvertes de maquis et des chaînes lièges.[3]

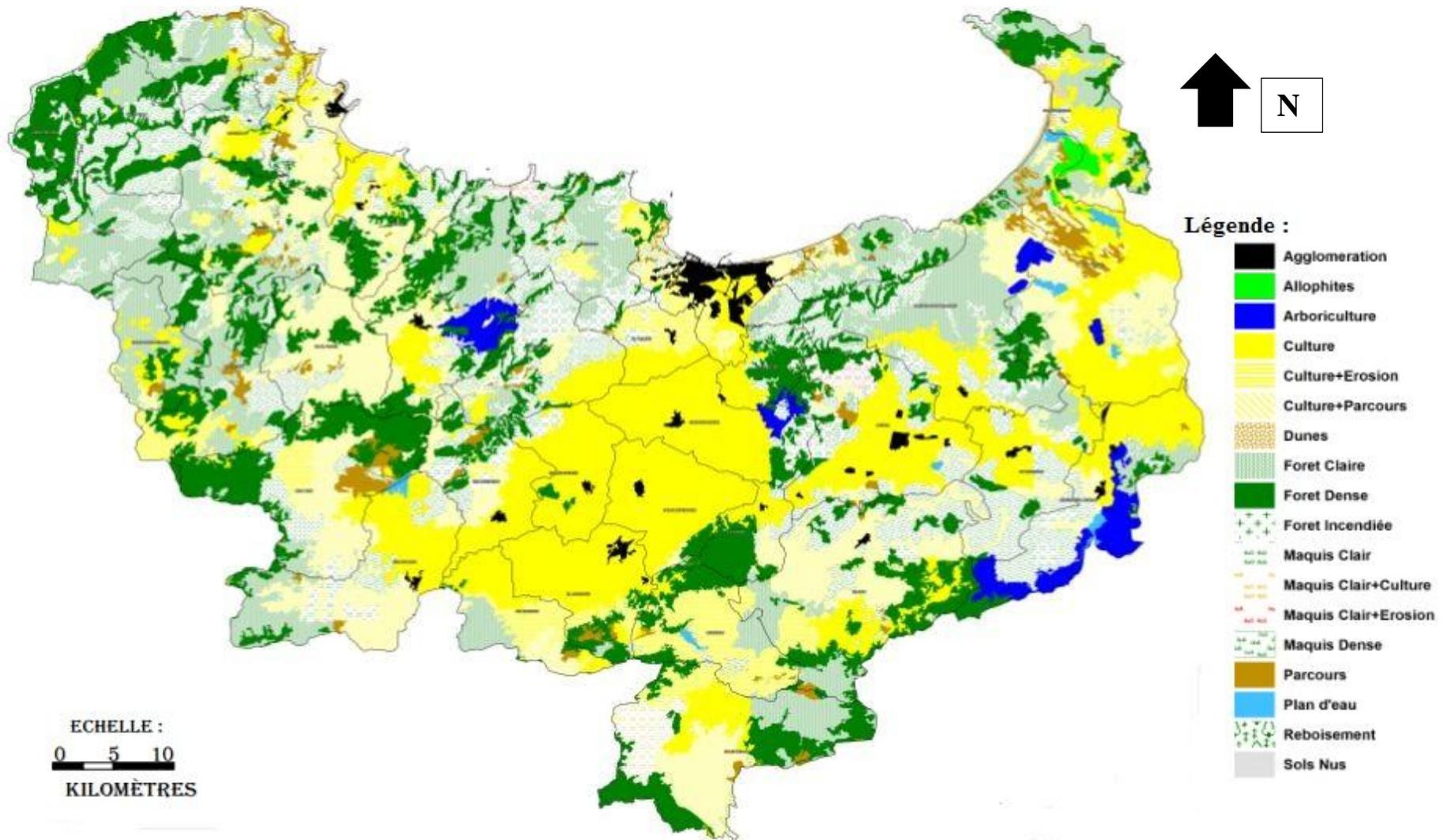


Figure I. 16: Carte d'occupation des sols de la willaya de Skikda

Source : BNEDER

### I.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait une analyse des conditions naturelles du milieu ainsi une description générale du périmètre en question.

Le périmètre en question se trouve dans la willaya de Skikda et englobe les communes suivantes : SKIKDA, HAMADI KROUMA, RAMDANE DJAMEL, BENI BECHIR et HAMROUCHE HAMOUDI. Sur superficie totale de 1700ha.

La willaya de Skikda est caractérisée par : une structure géologie compliquée due à l'âge, la genèse des roches, le genre et les valeurs physico-mécaniques des dépôts .La morphologie est caractérisée par un relief jeune et très accidenté, plus que 50% de territoire a des pentes plus de 30%.

L'étude climatologie nous a montré que la willaya de Skikda est caractérisée par un climat de type Subhumide TEMPERES, qui reçoit une moyenne de pluies (dont les moyennes annuelles sont de 670mm) . Cela nous a permis de distinguer deux saisons :

- Une saison caractérisée par des températures supérieures à 20°C ( de Mai à Octobre ) ;
- Une saison où les températures ne dépassent pas les 20°C et ne descendent que rarement au-dessous de 12°C

# Chapitre II :

## Analyse des

### ressource en eau

### II.1. Les ressources en eau :

Le souci de protection des sols et des cultures avait montré la nécessité de tenir compte de la qualité des eaux destinées à l'irrigation et la prise de conscience sur les conséquences d'utilisation aléatoire des eaux en irrigation pour les cultures, le sol et l'environnement. Pour cette raison, il faut faire des analyses des ressources en eau

### II.2. La disponibilité des ressources en eau :

Avant d'entamer un projet d'irrigation, il est indispensable de localiser et de quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation.

La wilaya de Skikda, par son caractère Subhumide, recèle des potentialités en matière de ressources hydriques. Cependant, ces ressources se résument en des ressources superficielles (barrages et des retenues collinaires), des ressources souterraines (des forages et des puits) ainsi que des ressources non-conventionnelles (Station d'épuration et station de dessalement).

### II.3. Aperçu sur l'hydrologie de surface : [4]

La région d'étude (Skikda) possède trois grands oueds repartis sur toute sa surface d'Est en Ouest (Kebir Ouest, Safsaf, Guebli) alimentés essentiellement par les eaux de pluies ainsi que de petits oueds tels que l'oued Zhour à Cap Bougaroun, Oued Rhira au côtiers de Flifla et l'oued Bibi.

#### II.3.1.1. L'oued Kebir Ouest :

L'oued Kebir Ouest débute au versant Nord de djebel Boutellis (Nord de Guelma), de direction Nord-Sud sa longueur approximative est de 48 Km avec principaux affluents oued Aneb et oued Fendek. , le tracé des profils en long des principaux affluents de cet oued, montre qu'en amont, les pentes sont très fortes, généralement supérieures à 50 m/Km, qui sont dues à la résistance des formations consolidées au creusement. A l'aval, les pentes sont moins faibles à cause des formations meubles, les pentes très faibles s'étendent dans la zone entre Souk Essebt et Mechtet Mra Sfala (l'oued Mchekel ou la pente diminue jusqu'à 3.5 m/Km)

Il traverse les bassins de Azzaba et d'Essebt pour se déverser dans la mer tout en passant par le massif dunaire de Guerbez, il draine une superficie de 1135 Km, son apport hydraulique est estimé à 282 Mm<sup>3</sup> en 2000 à la station de Ain Charchar.

**II.3.1.2.L'oued Safsaf :**

Se trouvant au centre du terrain d'étude. Il est le seul oued qui travers notre zone d'étude, c'est le principal oued dans le bassin versant de Safsaf, il débute au Sud dans les monts de Constantine, de direction Nord-Sud, sa longueur est de 53.19 Km, ses principaux affluents sont l'oued Zeramna et oued Haddaratz. Le profil en long du cours d'eau principal montre qu'en amont, les pentes sont beaucoup plus élevées qu'à l'aval, elles sont de 11.3 m/Km au niveau de l'oued Brahim et Bouadjeb, et de 2.3 m/Km au environ d'El Harrouch.

Il traverse le bassin versant dans une direction SE-NW jusqu'au village de Ramdane Djamel, suivant une orientation NW-NE vers la plaine de Zeramna pour se jeter finalement dans la mer méditerranée, son apport hydraulique est estimé à la station de Khemakhem en 2000 à 150 Mm<sup>3</sup>, il draine une superficie de 1154 Km<sup>2</sup>

**II.3.1.3.L'oued Guebli :**

Il prend naissance au Sud de la région d' Oum Toub de direction Sud-Nord, il passe par la plaine de Tamalous puis celle de Collo pour enfin rejoindre la mer.

Sa longueur approximative est de 38 Km avec principaux affluents l'oued Guergoura et l'oued Fessa, il draine une superficie de 944.6 Km<sup>2</sup>. Il apporte un volume annuel de 49 Mm<sup>3</sup> mesuré à la station de Guenitra .

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des trois grands oueds de la région du Skikda :

**Tableau II. 1: caractéristiques des trois grands Oued de la willaya de Skikda**

Nom de L'oued	Longueur en Km	Principaux affluents	Amont de L'oued	Exutoire	Superficie drainée (Km <sup>2</sup> )	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)
Kebir Ouest	43	Fendek Aneb	Dj Boutellis	Mer	1135	282
Saf-Saf	53.19	Khemakhem Haddaratz	Monts de Constantine	Mer	1154	150
Geubli	38	Fessa Geugoura	Oum Toub	Mer	994.6	49

**Source ANRH CONSTANTINE**

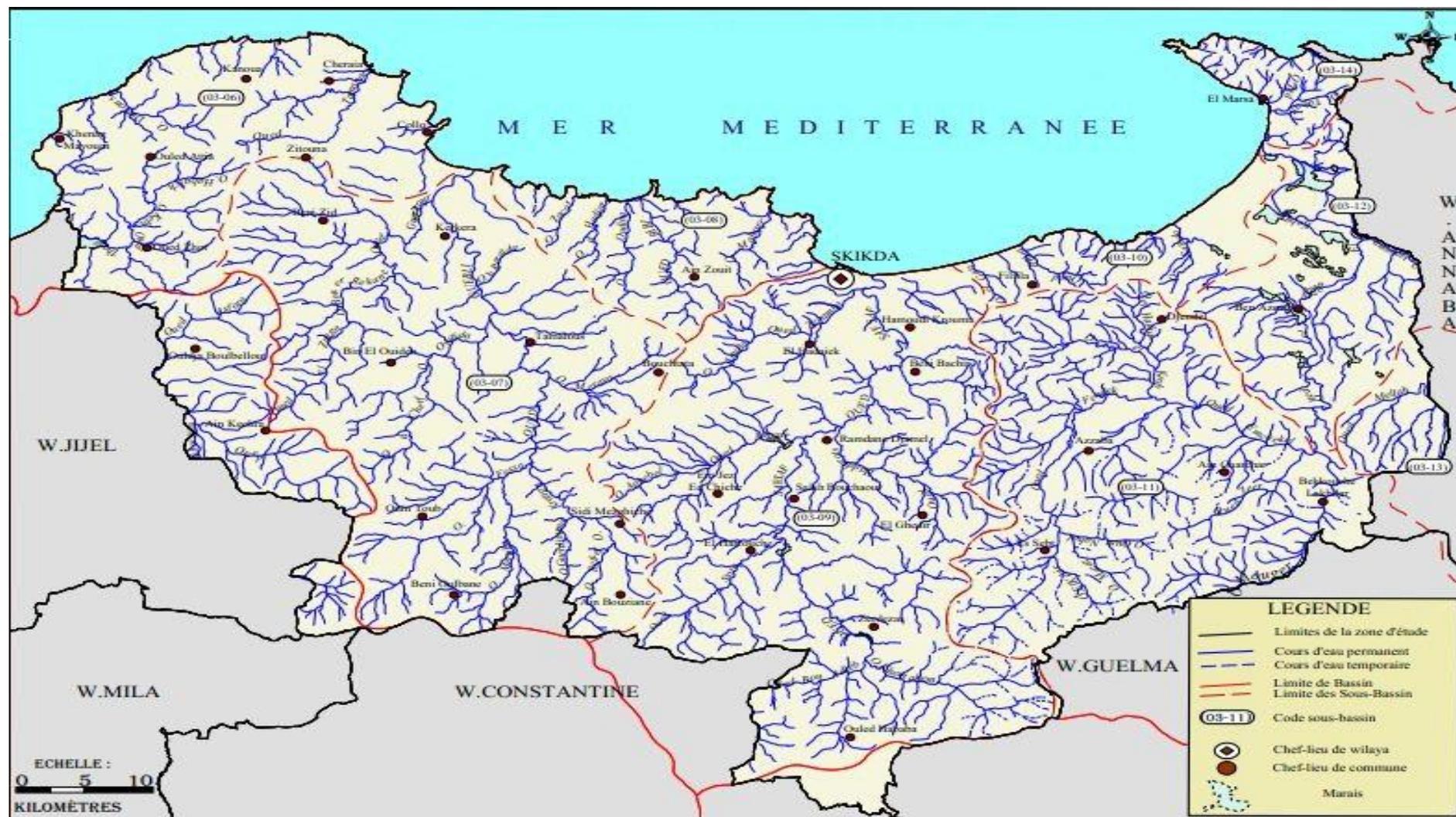


Figure II. 1: Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Skikda

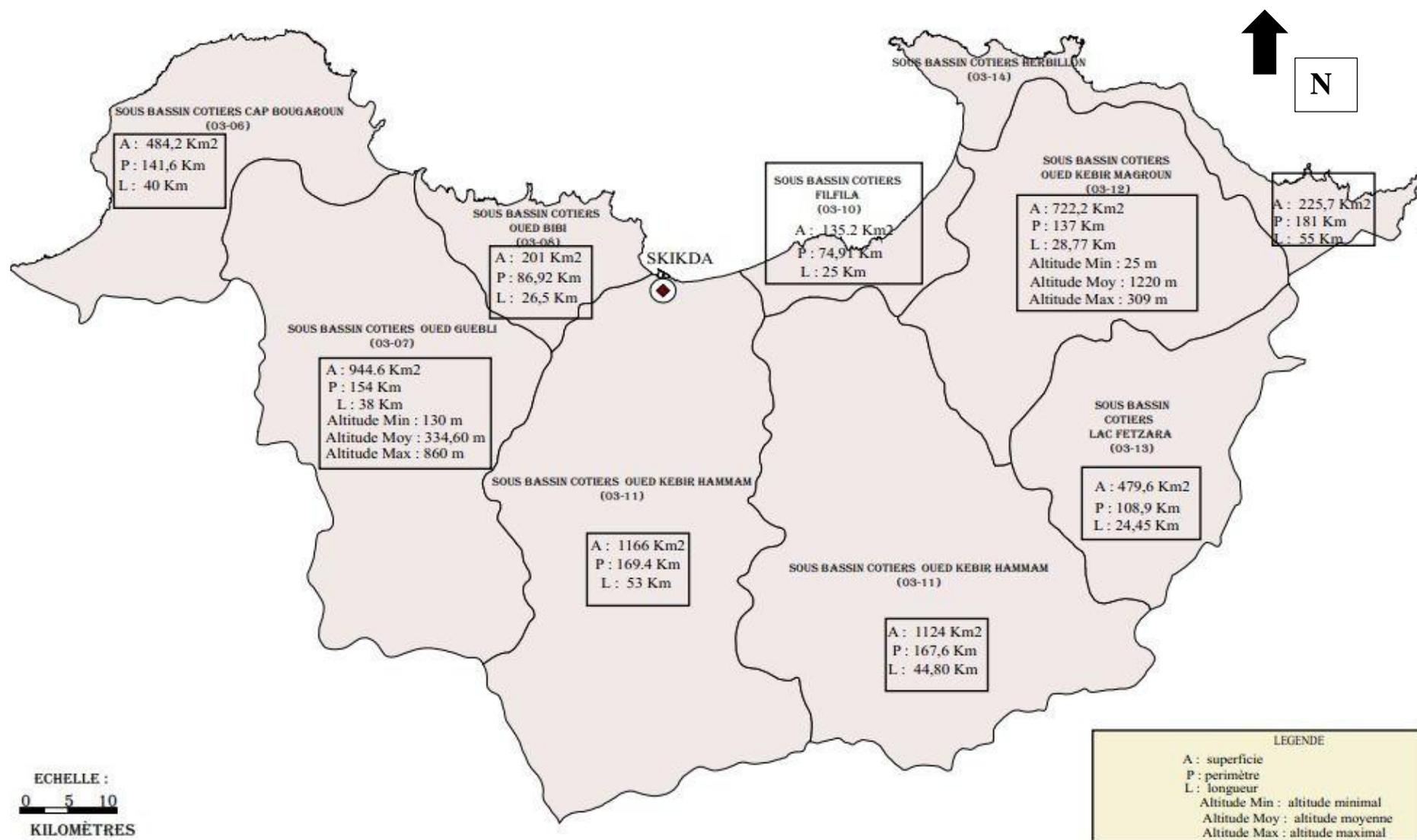


Figure II. 2: Carte des caractéristiques physiques des sous-bassins versants de la willaya de Skikda

### II.3.1. Les barrages :

La wilaya de Skikda compte quatre grands barrages en exploitation d'une capacité totale initiale de 317 Mm<sup>3</sup>, actuellement avec les problèmes d'envasement et autres, ils ne retiennent qu'un volume total de 292 Mm<sup>3</sup> par an, destiné à l'alimentation en eau potable des différentes communes de la wilaya, l'irrigation et l'industrie.

#### II.3.2.1. Barrage de Zerdazas :

Situé dans la commune de Zerdazas, cet ouvrage alimente en eau potable les régions d'El Harrouch, Sidi Mezghich, Salah Bouchaour, Zerdazas, Ain Bouziane et Medjez Edchich ainsi que la zone industrielle de la ville de Skikda, il permet aussi l'irrigation de la plaine de Safsaf (1800 Ha) tout en protégeant la vallée du Safsaf contre les inondations.

Sa capacité initiale est estimée à 32Mm<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 18 Mm<sup>3</sup>, son volume régularisable est de 18 Mm<sup>3</sup> par année.

#### II.3.2.2. Barrage de Guenitra :

Localisé dans la commune d'Oum Toub, il satisfait les besoins en eau potable de la Daïra de Skikda et sa zone industrielle, avec le barrage de Zerdazas, il assure l'irrigation de la plaine de Safsaf.

Sa capacité initiale est estimée à 120 Mm<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 117 Mm<sup>3</sup> d'eau, son volume régularisable est estimé à peu près de 30 Mm<sup>3</sup> par an.

#### II.3.2.3. Barrage de Beni Zid :

Réalisé dans la commune de Beni Zid d'une capacité initiale de 40 Mm<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir qu'un volume de 39 Mm<sup>3</sup>, il est destiné pour assurer les besoins en eau potable de la ville de Collo et l'irrigation de 1500 Ha de terres agricoles, son volume régularisable est estimé à 20 Mm<sup>3</sup> par an .

#### II.3.2.4. Barrage de Zit Emba

Implanté dans la commune de Bekhouche Lakhdar, c'est un ouvrage d'une capacité totale initiale de 120 Mm<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 116.59 Mm<sup>3</sup>, il couvre les besoins en eau potable de la région de Azzaba et assure l'irrigation du périmètre de Zit Emba (7000 Ha). Son volume régularisable est de 45 Mm<sup>3</sup>.

## Chapitre II : Analyse des ressources en eau

Le tableau ci-dessous résume les barrages dans la wilaya de Skikda et leurs capacités

**Tableau II. 2: les différents barrages dans la willaya de Skikda et leurs apports annuels**

Barrage	Commune	Capacité (Mm <sup>3</sup> ) initiale	Capacité actuelle Mm <sup>3</sup> /ans	Volume régularisable
Zerdazas	Zerdazas	40	18.112	18
Guentira	Oum Toub	125	117.82	48
Beni Zid	BeniZid	40	39.39	18
Zit Emba	B. Lakhdar	120	116.59	43.204

Source : ANRH CONSTANTINE

### II.3.2. Les retenues collinaires :

Les retenues collinaires de la wilaya de Skikda sont essentiellement destinées à l'irrigation, elles sont au nombre de 32 retenues mobilisant un volume d'eau approximative de 4 Mm<sup>3</sup> par an d'eau de surface, un grand nombre est en bon état avec des capacités qui peuvent atteindre 400000 m<sup>3</sup>, tandis que d'autres sont en moyen ou mauvais état, actuellement il ne reste qu'une douzaine en service avec une capacité qui ne dépasse pas 2 Mm<sup>3</sup>/an

**Tableau II. 3: les différentes retenues collinaires dans la willaya de Skikda et leur capacité totale**

Bassin versant	Nombre de retenues collinaires	Capacité totale (Mm <sup>3</sup> )
Oued Saf-Saf	19	2
Oued Kebir Oues	13	2.
Total	32	4.4
Retenues collinaires en service	12	1.47

Source : ANRH CONSTANTINE

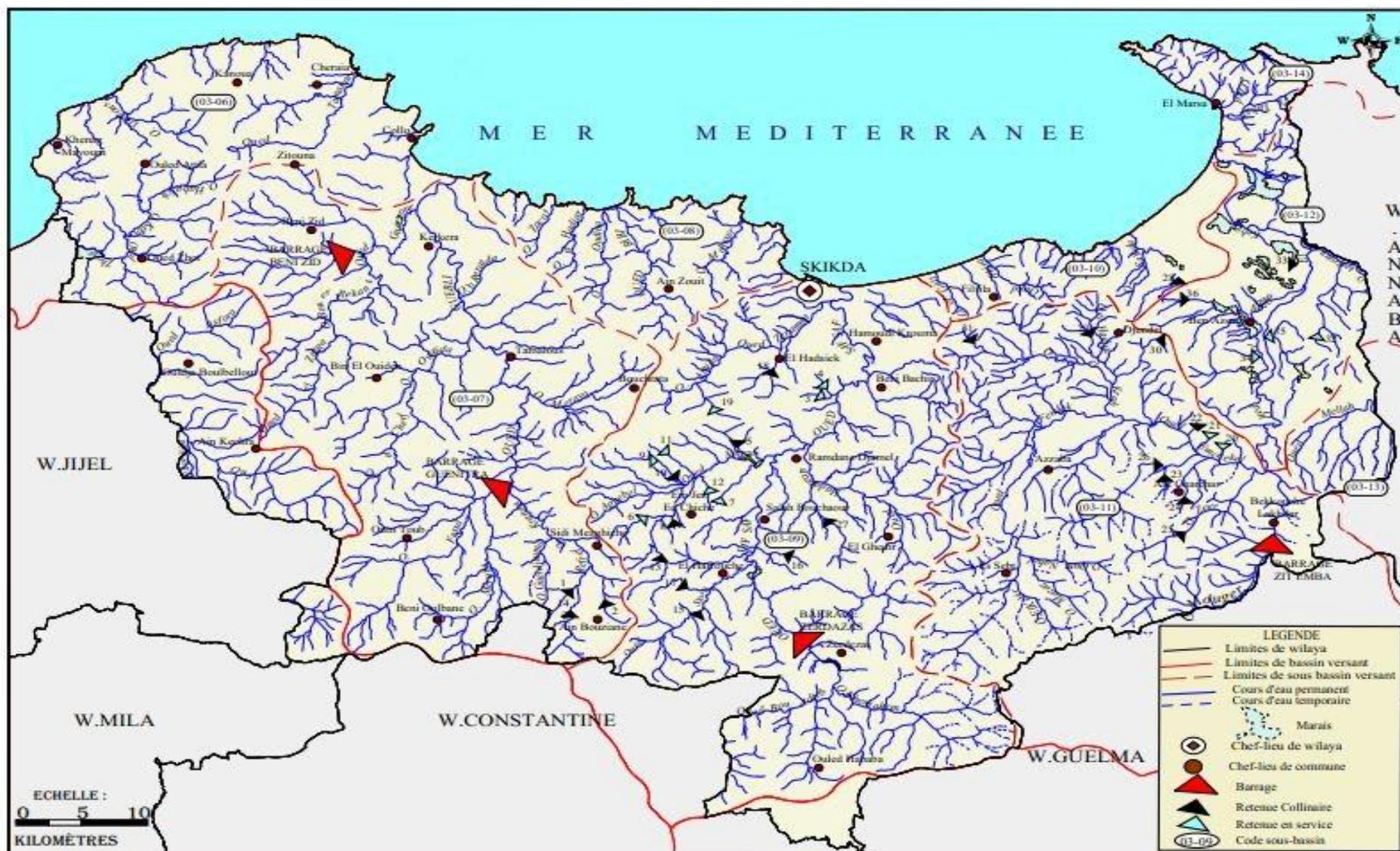


Figure II. 3: cartes des ressources superficielles de la wilaya de Skikda

### II.4. Aperçu Hydrogéologique [4]

#### II.4.1 Introduction

L'étude hydrogéologique est consacrée à l'identification du système aquifère, sa géométrie, sa limite et son alimentation, et de définir l'ensemble du système d'écoulement souterrain par l'étude de la piézométrie.

Le sous-sol de la région de Skikda est bien pourvu en ressources d'eau souterraine, même si toutes les nappes ne présentent pas des capacités d'exploitation intéressantes.

Les dépôts alluviaux (formations meubles du quaternaire), formés le long des oueds constituent le magasin essentiel des eaux souterraines de la région, en effet, cinq nappes essentiellement alluvionnaires sont décelées dans les trois grands bassins versants de la willaya du Skikda

#### II.4.2 Aperçu sur les Systèmes Aquifères :

Le but principal de l'établissement des coupes hydrogéologiques, est de mettre en évidence l'extension des formations hydrogéologiques sous- jacentes de la willaya de Skikda, leurs lithologies ainsi que les relations hydrodynamiques entre les différentes nappes.

En fonction de leurs caractéristiques propres, les nappes de la région de Skikda peuvent être regroupées en cinq formations aquifères essentiellement formées par des dépôts alluvionnaires du quaternaire :

- La plaine de Collo.
- La plaine de oued Zhour.
- Vallée de Safsaf.
- La plaine de Zeramna.
- La plaine de Oued Kebir Ouest.
- Massif dunaire de Guerbez.

#### II.4.3 La carte d'extension de nappes :

Pour l'étude de la nature des nappes aquifères et leurs extensions, il est nécessaire d'établir des coupes hydrogéologiques à partir des forages, qui permettront par la suite la représentation de toutes les couches traversées par ces forages (en particulier les forages parfaits qui peuvent atteindre le substratum de l'aquifère)

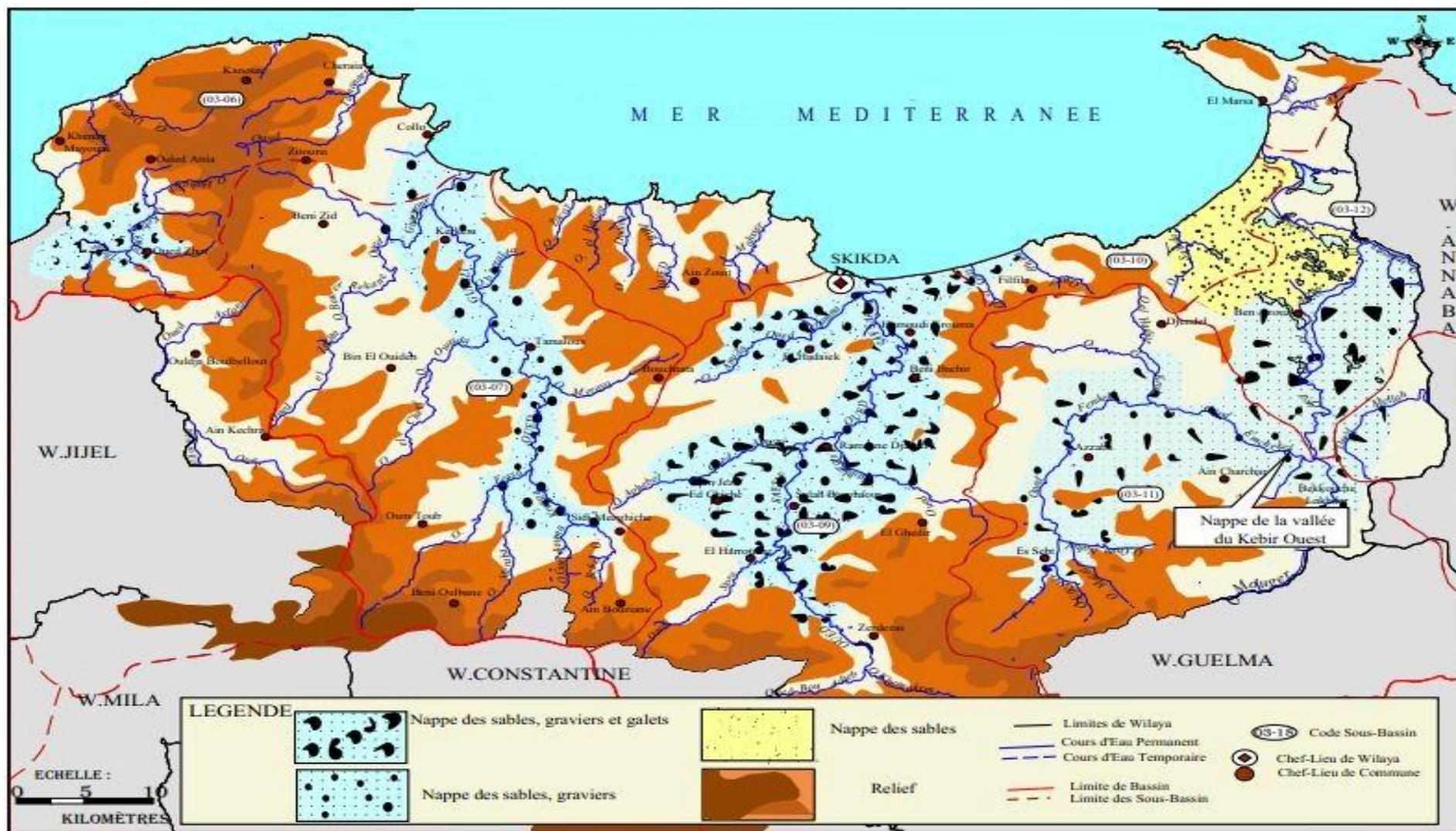


Figure II. 4 : Carte schématique d'extensions des nappes de la wilaya de Skikda

### II.5. Aperçu sur les ressources non-conventionnelles

#### II.5.1 Station de dessalement

La willaya de Skikda dispose d'une unité de dessalement d'eau de mer d'une capacité moyenne de 100 000 m<sup>3</sup>/jour. Ces eaux sont destinées pour l'alimentation eau potable de Larbi Ben Mhidi et la zone industrielle SONATRACH.[5]

#### II.5.2 Station d'épuration :

La STEP de Skikda est destinée à épurer les eaux usées de la partie Nord de la willaya de Skikda .Elle est située sur le territoire de la commune de Hamadi Krouma , au niveau d'une petite zone industrielle (Zone de dépôt ) à environ 7km de la willaya de Skikda et assure l'épuration des eaux usées provenant de la ville de Skikda et des agglomérations de Hamadi Krouma , Ramdane Djamel et Béni Béchir .Le Débit sortant de la STEP est de 42000m<sup>3</sup>/j . Donc le volume annuel est estimé à l'ordre de 15.33 m<sup>3</sup>. [2]

### II.6. Alimentation en Ressources en eau du périmètre

En ce qui concerne notre périmètre, il est alimenté au premier lieu à partir du barrage de Zerdazas par une conduite gravitaire mais le volume de ce dernier a diminué à cause du problème d'envasement et donc, par conséquent, le volume régularisable destiné à l'irrigation a diminué.

Ainsi, pour combler le déficit hydrique, les agriculteurs utilisent les ressources souterraines à partir des forages et des puits .Pour régler le problème du déficit hydrique du périmètre en question, nous avons étudié la possibilité de l'alimenté à partir de la station d'épuration.

### II.7. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation

Lors d'un aménagement hydro-agricole, il est impératif que l'eau exploitée pour l'irrigation accomplisse certaines conditions qui garantissent le bon développement des plantes, afin d'éviter les impacts négatifs sur l'environnement en particulier la salinisation des sols qui est le principal risque encouru par les terrains irrigués.

#### II.7.1 Analyses physico-chimiques de l'eau :

Ces analyses sont influencées par la profondeur du point du prélèvement dans la mesure où les caractéristiques des eaux dépendent fortement de ce paramètre.

La qualité de l'eau d'irrigation dépend des facteurs suivants :

- La concentration totale en sels dissous ;
- Le rapport de Sodium par rapport aux autres conditions.
- La présence de Bore et d'autres éléments toxiques

**II.7.2 Les limites admissibles**

La classification des eaux suivant la qualité chimique a été établie selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation, en fonction de deux paramètres, celui de la conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

**a- La conductivité électrique**

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm .Elle permet d'évaluer rapidement la salinité de l'eau.

Selon la classification américaine des eaux d'irrigation, on distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

**Tableau II. 4: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique**

Classe	C. électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux	Observation
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible	convient pour toutes les cultures
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen	pour les plantes moyennement tolérantes.
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé	ne convient qu'a des sols bien drainés et des plantes tolérantes
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé	eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

**Tableau II. 5: Résultats des mesures de la conductivité électrique de différentes sources**

	Barrage Zerdazs	STEP Skikda	Nappe SAF-SAF
CE (mmhos/cm)	0.75	1.2	0.65
Classification	C2	C3	C2
Qualité des eaux	Eau de risque moyen	Eau de risque élevé	Eau de risque moyen
Observation	pour les plantes moyennement tolérantes.	ne convient qu'a des sols bien drainés et des plantes tolérantes	pour les plantes moyennement tolérantes.

**b) Le SAR (Sodium Absorption Ration) :**

Si l'eau est riche en Sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculante. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na<sup>+</sup> et celle en ions Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup>, par la mesure du SAR :

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

Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin :

**Tableau II. 6: Classification des eaux en fonction du S.A.R**

<b>Classe</b>	<b>S.A.R.</b>	<b>Danger d'alcalinisation</b>
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

**Tableau II. 7 : Classification des eaux en fonction du S.A.R des différents sources**

	<b>Barrage Zerdazs</b>	<b>STEP Skikda</b>	<b>Nappe SAF-SAF</b>
<b>SAR</b>	7.17	8.23	6.24
<b>Classification</b>	C2,S1	C3,S1	C2,S1
<b>Interprétation</b>	Salinité moyenne avec un degré d'alcalinité faible	Salinité élevée avec un degré d'alcalinité faible	Salinité moyenne avec un degré d'alcalinité faible
<b>Observation</b>	Eau pourra être utilisée dans le projet d'irrigation		

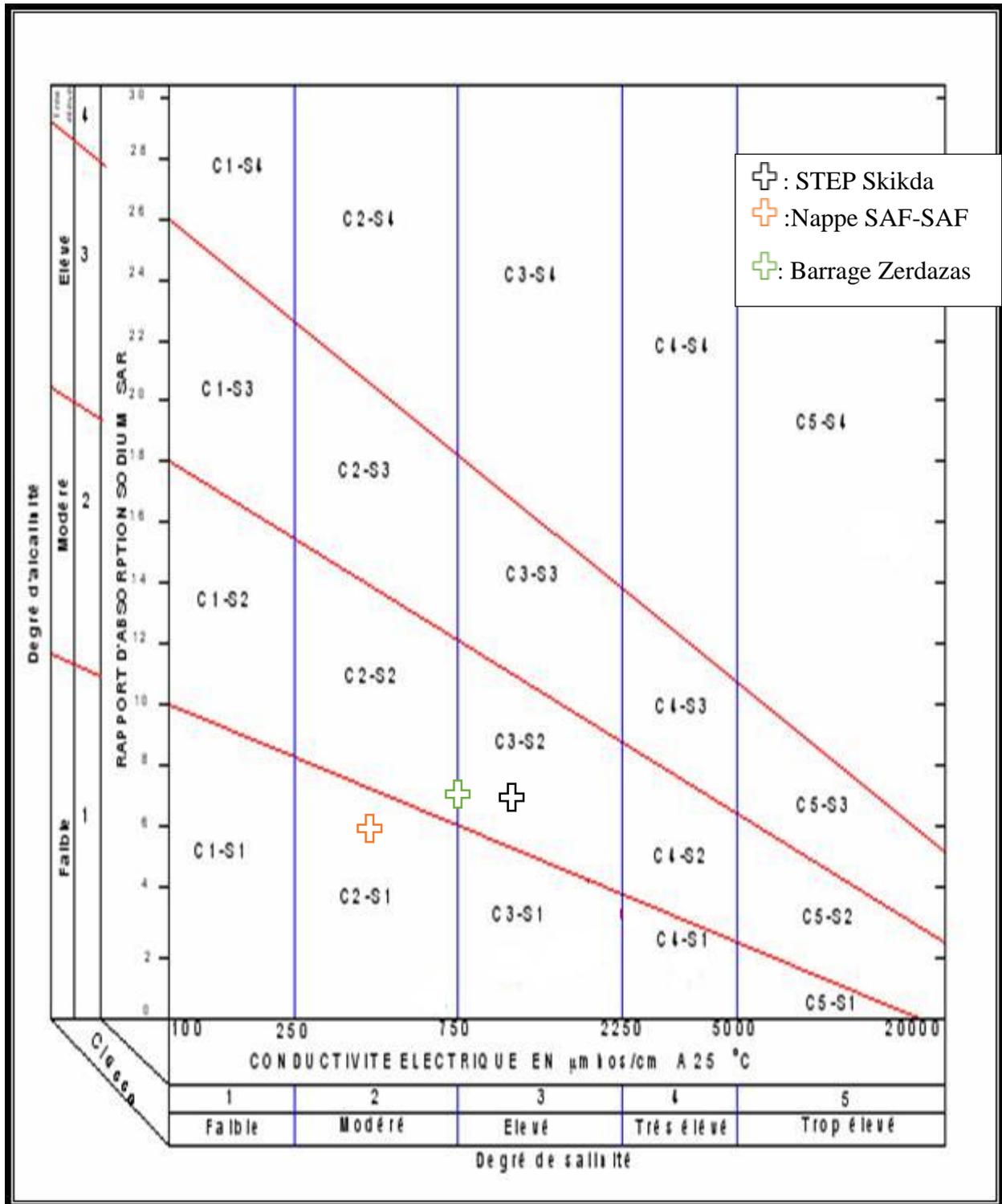


Figure II. 5 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

**Température de l'eau**

Elle dépend de la période de prélèvements. Pour l'ensemble des prélèvements, la température moyenne avoisine 17(°C).

**Le pH**

L'acidité de l'eau a été donc mesurée par le pH, qui est un paramètre déterminant de la qualité de l'eau.

**Tableau II. 8: Les caractéristiques des eaux de différentes sources**

	<b>Barrage ZERDAZAS</b>	<b>STEP SKIKDA</b>	<b>Nappe SAFSAF</b>
<b>PH</b>	7.4-7.9	7.4-7.9	7.4-7.9
<b>T (°C)</b>	18.4	17.4	19.6
<b>Conductivité (mmhos/cm)</b>	0.75	1.2	0.65
<b>Alcalinité meq/l</b>	3.24	3.63	3.95
<b>SO4<sup>2-</sup> (mg/l)</b>	4.16	4.16	4.16
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/l)</b>	47.59	45.6	38.89
<b>Solide en suspension (mg/l)</b>	10	13	7
<b>K+ mg/l</b>	2.6	2.6	4.6
<b>Ca<sup>2+</sup> (mg/l)</b>	72.31	50.32	86.6
<b>Mg<sup>2+</sup>(mg/l)</b>	18.17	17.20	19.36
<b>Na+ (mg/l)</b>	41.11	36.32	45.36

Source : ANRH Constantine, DRE SKIKDA

### II.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié la problématique liée à la disponibilité des ressources en eau dans notre zone d'étude, ainsi la qualité des eaux destinées à l'alimentation du périmètre en question.

En résumé, nous pouvons dire que la willaya de Skikda dispose des différents types des ressources en eau :

- Des eaux superficielles qui sont représentées par 3 grands oueds, 4 barrages et 19 retenues collinaires.
- Des ressources souterraines représentées par les nappes phréatiques.
- Les ressources en eau non conventionnelle : Station d'épuration et unité de dessalement.

Les ressources qui peuvent alimenter notre périmètre sont :

- Oued SAF-SAF qui est le seul oued qui travers notre périmètre ;
- Barrage de Zerdazas mais le volume utile de ce dernier a diminué à cause de problème d'envasement ;
- Donc, nous avons étudié la possibilité d'alimenter le périmètre à partir de STEP de Skikda ;
- Enfin, les exploitants agricoles utilisent les eaux souterraines de la nappe de SAF-SAF à partir des puits et des forages pour combler le déficit agricole.

L'étude de la qualité des eaux nous a montré que ces eaux sont de bonnes qualités et que nous pouvons alimenter ce périmètre à partir de ces différentes sources.

Le prochain chapitre a pour objectif d'analyser les propriétés agro-pédologiques de la zone d'étude.

Chapitre III :  
Etude Agro-  
Pédologie

### III.1.Introduction :

Par définition La pédologie est une discipline scientifique qui s'intéresse à l'étude du sol, c'est-à-dire la couche superficielle, meuble, et enrichie en matière organique de la croûte terrestre.[6] A cause de sa vaste superficie, la willaya de Skikda recèle d'importantes parcelles agricoles, qui nécessitent une meilleure exploitation.

Donc l'étude agro-pédologique détaillée dans ce chapitre 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.2.Classification des sols :

L'étude pédologique du périmètre en question était fait par le bureau d'étude Espagnol « INTECSA » au cours de l'année 1981, ainsi dans le cadre d'établir la carte des sols par BENDER. Ces deux études nous ont permis de distinguer trois classes de sol. Il s'agit des sols alluviaux non calcaires, sols alluviaux décalcifié et sols alluviaux sur alluviaux anciennes

#### III.2.1.Sols alluviaux non calcaires :

Ces sols sont formé à partir d'alluviaux du Oued SAF-SAF. Ils sont caractérisés par une légère migration, une capacité d'échange assez faible et une teneur en matière organique très élevée.

#### III.2.2.Sols alluviaux décalcifié :

Ces sols occupent la plus grande superficie du périmètre. Ils ont une granulométrie moyenne peuvent varier du limon sableux au limon argileux. Ils sont caractérisés par une perméabilité bonne et la teneur en matière organique élevée en surface.

#### III.2.3.Les sols alluviaux sur alluviaux anciennes :

Ces Sols occupent une faible superficie du périmètre, mais ils ont des caractères très définis. Ils sont très jeune de couleur noir et de texture lourde.

### III.3.Caractéristiques physico-chimiques des sols

Le sol est une formation de surface, à propriétés essentiellement dynamiques, souvent différencié en couches distinctes, à constituant minéraux et/ou organiques généralement meubles.

Dans cette partie nous rappellerons de quelques définitions des caractéristiques physico-chimiques du sol :

**III.3.1.La texture**

La texture est une propriété du sol qui traduit de manière globale la composition granulométrie de la terre fine.

L'analyse de la texture d'un sol détermine les proportions d'argile, de limon et de sable

**Tableau III. 1 : Les proportions d'argile, de limon et de sable**

N° horizon	1	2	3	Tar (moyenne)
Taux d'argile (%)	40.2	40	49.8	40
Taux de limon (%)	40.6	48	37.4	45
Taux de sable (%)	17	14.7	13.3	15

Source : D.S.A Skikda

D'après le triangle de texture, on peut retrouver la texture probable d'une terre dont on connaît sa granulométrie est : Argilo-Limoneuse

**III.3.2.La densité apparente :**

La densité apparente est le poids des grains par rapport au volume de terre en place :

$$Da = \frac{\text{poids de terre}}{\text{volume de terre en place}}$$

On mesure la densité apparente d'un sol par enfoncement d'un cylindre de volume connu dans le terrain, et par détermination du poids sec de cet échantillon.

Pour notre cas **Da=1.6**

**III.3.3.La densité réelle :**

La densité réelle ou le poids spécifique d'un sol est le poids sec par unité de volume des grains solides. Les vides n'entrent pas en ligne de compte.

$$Dr = \frac{\text{poids de terre}}{\text{volume des grains}}$$

On mesure cette densité par détermination du poids sec et du poids volume d'eau déplacée par les particules solide correspondants au volume des particules solides.

Pour notre cas  $D_r=2.64$

#### III.3.4.La perméabilité du sol :

La perméabilité du sol ou la vitesse d'infiltration est défini par la vitesse apparent de l'eau s'écoulant à travers un sol saturé, sous une pente motrice à l'unité .C'est le coefficient K de la loi de Darcy .Elle est dépend tout d'abord de la porosité, mais surtout de la configuration des pores et la stabilité des agrégats .Dans notre cas  $K=15.4\text{mm/h}$

#### III.3.5.Le PH du sol :

Le ph d'un sol est la mesure de la quantité d'ions  $H^+$  libre dans sa solution. Cette quantité d'ions  $H^+$  a été effectuée grâce à un Ph mètre de la mesure :  $PH=6.5$

Valeur acceptable, car on sait que la plus part des plantes Cultivée présente leur développement optimum au voisinage de la neutralisation ou un peu en dessous.

#### III.3.6.La conductivité électrique :

C'est une caractéristique très important .Elle est l'expression de la quantité globale d'ions existant dans la solution du sol. Elle représente donc la concentration globale en sels soluble. Pour notre cas, le résultat de la mesure est de  $108.8\mu\text{s/cm}$  qui veut dire que le risque de la salinité est faible.

**Tableau III. 2: classification de risque salinité suivant la valeur de CE**

Conductivité électrique (ms/cm)	Le risque de salinité
$CE < 0.25$	Faible
$0.25 < CE < 0.75$	Moyen
$0.75 < CE < 2.25$	élevé
$CE > 2.25$	Très élevé

Source : classification américaine

#### III.4.Propriétés hydrodynamiques des sols :

Précédemment, les analyses des sols ont révélé la texture argilo-limoneuse des sols se notre périmètre. Pour une meilleure exploitation de l'irrigation, il est nécessaire de connaître les propriétés hydrodynamiques des sols, indispensables aux calculs des doses d'irrigation.

**Tableau III. 3: Propriétés hydrodynamiques des sols**

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	30
Point de flétrissement (%)	16
Vitesse de perméabilité (mm/h)	15.4

Ainsi le tableau suivant recapitalise toutes les propriétés physico-chimique et hydrodynamique du sol :

**Tableau III. 4 : propriétés physico-chimiques et hydrodynamique du sol**

Texture	Argileux-limoneux
Densité apparente (Da)	1.6
Densité réel (Dr)	2.64
CE (us/cm)	108.2
PH	6.5
Capacité au champ (%)	30
Point de flétrissement (%)	16
Vitesse de perméabilité (mm/h)	15.4

**Source : D.S.A Skikda**

**III.5.Etude d'aptitudes culturales**

Le choix des cultures se fait selon plusieurs facteurs qui sont :

➤ **Climat**

La plante a des exigences climatiques telles que la quantité de chaleur nécessaire pour accomplir son cycle, températures critiques, minimales et optimales, besoins en eau et périodes critiques.

➤ **Sol**

Les caractéristiques des sols ont une importance pour le choix des cultures, telle que la texture, le PH et la profondeur du sol.

➤ **Qualité des eaux d'irrigation**

L'irrigation par des eaux fortement minéralisées a une action directe sur le rendement des cultures, pour cela il faut choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle [7]

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat subhumide, le sol a une texture limono-sableuse ainsi que le problème de la salinité du sol et des eaux d'irrigation n'est pas posé.

La synthèse des qualités de sol rencontrées est présentée sous la forme de zones homogènes qui reflètent leur aptitude à l'irrigation :

✓ **Sol de type 1**

Sols profonds, de texture moyenne à fine bien structurée, et de faible pente, l'irrigation dans ce type occupe 47% de la superficie totale. Bons pour toutes cultures.

### ✓ Sol de type 2 :

Ces sols sont général profonds ou moyennement profonds, de texture moyenne à fine bien structurée jusqu'à moyenne profondeur, mal drainante à moyenne profondeur avec risque de formation de nappe prêchée après mise en irrigation, de faible pente. Ce type occupe 39% de la superficie totale. Bons pour toutes les cultures avec restriction pour certaine

### ✓ Sol de type 3 :

Sols peu ou moyennement profonds de texture moyenne, fine ou très fine avec structure favorable jusqu'à moyenne profondeur, présence de nappe vers 100cm, pente pouvant aller jusqu'à 5%. Ce type occupe 10% de la surface totale. Réserver aux cultures en assolement.

### ✓ Sols de type 4 :

Sol de profondeur variable, de texture très fine, structure pouvant être défavorable. Présence d'une nappe par fois à faible profondeur. Ce type occupe 4% de la superficie totale. Ces Sols doit l'aptitude culturale en irrigué est réduit à quelque culture céréalières, fourragères et maraichères, mise en valeur en sec conseillée.

## III.6. Structure du secteur agricole :

### III.6.1. Réorganisation du secteur agricole :

La loi 87/89, du 8 Décembre 1987, a dissocié le secteur socialiste en le réorganisant en exploitations collectives et individuelles (EAC-EAI), certaines fermes pilotes et pépinières ont été gardées tout en les spécialisant dans une ou plusieurs activités agricoles, pour les services d'appui à la production.

La formation des EAC a été basée essentiellement sur la taille des exploitations, le type de cultures pratiquées en sec ou en irrigué, le nombre de bénéficiaires, ainsi que le revenu global de l'exploitation. Les EAI, par contre, ne sont constituées qu'après formation des EAC, sur des parcelles ne permettant pas la création d'une EAC. [8]

### III.6.2. Le statut foncier dans la zone d'étude :

Selon l'enquête foncière réalisée dans la zone, deux secteurs coexistent dans le périmètre SAF-SAF, le secteur réorganisé par des EAI, EAC et le secteur privé.

### Chapitre III : Etude agro-pédologie

Les exploitations appartenant au secteur public occupent une superficie totale de **1419.2** ha, répartie entre deux communes, soit 82.51 % de la superficie totale enquêtée. D'autre par les exploitations privées enquêtées dans le périmètre, occupent une superficie totale de **200.8** ha soit **17.49** % de la superficie total enquêtée.

**Tableau III. 5: Structure foncière par commune selon le statut juridique en ha**

Communes	Exploitations				TOTAUX	
	Public		Privé		Ha	%
	Ha	%	Ha	%		
<b>Ramadan Djamel</b>	1030.63	59.92	160.5	9.33	1191.13	<b>69.25</b>
<b>Beni Bechir</b>	388.57	22.59	140.3	8.16	528.87	<b>30.75</b>
<b>Totaux</b>	<b>1419.2</b>	<b>82.51</b>	<b>200.8</b>	<b>17.49</b>	<b>1720</b>	<b>100,00</b>

Source : DSA Skikda

Cette répartition nous indique que la superficie totale cultivable du périmètre est dominée par le secteur public à **1419.2ha**, soit **82.51** % de la superficie enquêtée.

Le nombre total d'unités foncières dans la zone d'étude est de **1135 unités** réparties suivant le tableau ci-dessous :

**Tableau III. 6: Nombre des Unités Foncières selon le statut juridique par commune**

Statut Juridique	Désignation	Communes d'étude		Totaux
		Ramadan Djamel	Beni Bechir	
<b>EAC</b>	Superficie Totale (ha)	664.69	161.97	<b>826.93</b>
	Nombre d'Unité	102	16	<b>118</b>
<b>EAI</b>	Superficie Totale (ha)	260.54	146.3	<b>406.84</b>
	Nombre d'Unité	11	94	<b>105</b>
<b>Privé</b>	Superficie Totale (ha)	160.5	140.3	<b>300.8</b>
	Nombre d'Unité	400	187	<b>587</b>
<b>Autres (DSA, Forêt, SNCF ...)</b>	Superficie Totale (ha)	115.4	30.3	<b>145.7</b>
	Nombre d'Unité	225	100	<b>325</b>

Source : DSA Skikda

D'après le tableau ci-dessus nous remarquons que notre le secteur I du périmètre SAF-SAF a 1135 unités foncières réparties suivant plusieurs statut juridique et nous remarquons que létat reste toujours le propréteurs le plus important.

### **III.7.Occupation du sol dans les conditions existantes :**

L'occupation du sol dans l'aire d'étude est assez diversifiée, elle comprend des superficies importantes de cultures céréalières, arboricole diverse, viticulture et les cultures maraîchères. En effet, la répartition spatiale de ces cultures est principalement liée aux conditions pédologiques et climatiques.

### **III.8.Conclusion :**

L'analyse de la qualité des sols de la zone d'étude montre que les aptitudes culturales des sols varient selon quatre classes. Les cultures maraîchères, céréalières, fourragères et les agrumes, sont bons à cultiver sur ces sols.

L'enquête foncière nous a montré que le périmètre en question est structuré en secteur public et secteur privé et selon plusieurs statuts juridiques (EAI, EAC et privé...).Le nombre total des unités foncières est de 1135 unités.

# Chapitre IV :

## Etude hydrologie

### IV.1.Introduction :

Ce travail s'appuie principalement sur le traitement et l'analyse des données des mesures des pluies récupérés par les services gestionnaires de l'ANRH, de la zone d'étude par des outils mathématiques et statiques.

Ainsi, ce chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies et de fréquence, qui conditionnent l'étude de notre projet pour une série d'observations requises de 44ans (1970-2013) telles que :

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

### IV.2.Critères de choix de la station pluviométrique :

L'étude de précipitation se heurte, en Algérie au double problème des lacunes d'observation et leur fiabilité. Pour cela, notre choix de la station pluviométrie était basé sur les critères suivants :

- ✓ Le poste le plus proche de notre zone d'étude (le plus représentatif)
- ✓ Le poste qui aura le moins nombre des lacunes avec une série d'observations assez longue pour obtenir des résultats significatifs. [9]

A l'aide des services gestionnaires de l'ANRH et a partir d'une carte des stations pluviométriques de la willaya de Skikda, nous avons retenus la station la plus proche qui répond à nos critères, dont ces coordonnées et ces caractéristiques sont :

**Tableau IV. 1 : Les coordonnées et les caractéristiques de la station pluviométrique**

Dénomination	Code	X(KM)	Y(KM)	Z(m)	Période d'observation	nombre des lacunes
Ramadan Djamel	030909	874,95	389,85	50	1970-2013	10

### IV.3.Les données de base :

Nous disposons d'un échantillon de pluies annuelles qui va de 1970 à 2013, soit donc une durée d'observations de 43 ans. Les observations de pluies annuelles sont résumées dans le tableau suivant :

Avec **Lac** : Lacune d'observation

Tableau IV. 2: Pluies moyennes mensuelles observées à la station Ramadan Djamel

Année	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
1970	1	104.6	5	125.5	100.5	115	107	47	34.5	4	3.5	0	647.1
1971	73.5	119.5	48.5	28	99.3	56	113	103	46.5	38	0	0	725.3
1972	51.5	53	5	111	45.5	104	109.5	17	0	29.5	0	1	526.5
1973	53	92	25	Lac	34	55.5	38	58.5	21	0	14	1.5	
1974	36	68	34.8	32	9.5	70.5	34	10	64.5	6.5	0	13	378.8
1975	13	7	104.9	66.5	89.9	89.5	79.4	49.3	34	11.9	11.1	12.8	569.3
1976	31.2	204	125.6	38.1	44.3	11.5	29.7	57.6	62.5	20.8	0.5	11.4	637.2
1977	7.5	11.6	94.1	9.9	79.5	78.8	44.2	57.7	61.6	12.4	0	0.7	458
1978	2.3	36.1	94.5	19.9	53.7	103	95.3	160.7	8.8	30.1	10.2	0.4	615.2
1979	61.2	56.4	55.7	37.2	48.5	48	61.2	56.1	50.7	0	0	0	475
1980	17.9	55.6	61.8	163.8	Lac	lac	41.3	47	11.3	25.5	4.8	26.7	
1981	32.2	29	32.7	112.1	141.3	105	102.8	57.6	30.7	Lac	3	0	
1982	7.5	138.3	136	74.9	13.4	25.5	54.6	7	20.3	0	1.5	5.6	484.6
1983	35.5	25.3	84.5	53.8	165.7	191	57	Lac	16.4	9.7	0	0	
1984	52.7	118.9	11.9	427.8	118.1	70.4	136.9	39.2	37	15.1	0	0	1028
1985	28.1	19.6	46	48.3	134	49.6	76.5	39.5	9.2	7.5	6.5	0	464.8
1986	32.7	102.2	147.3	147.7	62.3	144	69.9	44.9	60.9	10	4.3	0	825.9
1987	17.2	40.5	75.8	22.4	64.9	51.6	37.9	23.8	22.9	31.6	Lac	0	
1988	35.9	1.5	55.4	160.6	36	50.5	46.1	54.3	1	9.1	2.1	4.3	456.8
1989	23.3	58.2	44.4	69.6	153.3	1.6	25.6	52.4	30.8	13.4	3	15.6	491.2
1990	0	32.6	90.5	147.8	69.3	73.8	102.4	45.4	16.2	13.6	0	2	593.6
1991	53	111.5	34.6	18.1	59.6	62.9	135	103.8	67.5	19.4	15	0	680.4
1992	2.2	45.7	51.2	175.2	106.9	37.1	46.8	24.4	54.4	0	0	1.6	545.5
1993	17	36.2	24.4	104.1	90	68.1	3.6	84.9	9.8	0	0	0	438.1
1994	25.9	77.3	10	111	222.8	21.5	81.4	34.6	5.3	31	0	4.6	625.4
1995	79	9.4	45.1	50.6	76.5	188	40.7	76.1	44.4	11.2	2.1	7.3	630.1
1996	51.2	51.8	34.2	70.3	45.7	13	51	32.2	9.8	19.4	0	18	396.6
1997	42	94.7	81.5	85.1	27.2	55.6	31.1	37.3	53.6	6	0	6.3	520.4
1998	29.5	31.6	181.2	39	122.7	46.4	54.7	27.2	22	8	4.6	2.3	569.2
1999	10.3	24.7	60	131.4	24.4	31.7	22.2	17.6	92.7	6.7	0	9.8	431.5
2000	0.9	28.4	37.8	60.6	127.1	82.6	8.2	31.6	22.6	0	0	0.9	400.7
2001	69.9	6.4	53.6	59.5	28.8	95.7	16.6	31.1	11.2	1.6	40.2	26.1	440.7
2002	14.5	43.9	196.1	128.9	227.8	96.2	22.8	116.7	21.9	0	0	0	868.8
2003	67.7	42.6	19.1	230.9	85.1	16.8	57.8	78.3	65.1	28.3	0.5	3.1	695.3
2004	34.6	32.1	233.9	149.7	111.9	107	36.9	105.7	3.9	7.9	0.1	11.6	835.4
2005	18.5	25.9	38.2	116.4	116.8	91.4	39.2	8.2	14.3	0.3	0	7.5	476.7
2006	29.5	99.2	45.5	177.8	23.8	32.1	Lac	50.5	11.8	14.7	0.4	1	
2007	25.7	75.9	69.1	134.7	8.8	22.8	124.9	2.5	40.8	6.5	6.7	0	518.4
2008	36.8	28	52.7	47.5	167.9	51.3	54.6	105.6	65	0	0.1	2.5	612
2009	158.8	61.6	53.6	64.2	126.2	29.4	59.3	Lac	61.9	15.1	1.6	Lac	
2010	5.8	69.3	131.9	49.9	24.1	199	92.1	34.7	35.3	11.9	10.7	0.1	664.3
2011	12.4	82.8	124.4	86.3	62.1	105	60.8	71	3	6.8	0.4	78.6	693.6
2012	43.4	28.2	37	63	89.6	139	52	36.2	17.9	12.7	0.8	Lac	
2013	77.1	48.3	190.3	59.5	55.2	56.4	129.4	5.2	23.6	6.5	0	0	651.5

Source : ANRH Constantine

### IV.4. Critiques des données :

Avant d'utiliser les séries de données de précipitations, il est indispensable de tester leurs qualités et combler les lacunes d'observation.[10]

#### IV.4.1. Comblement des lacunes :

L'analyse de la série d'observations pluviométriques révèle que la station disponible présente des lacunes à l'échelle mensuelle (de un à plusieurs mois) et donc annuelle, ces lacunes sont dues soit à l'absence de l'observation soit à une défaillance du pluviomètre. [9]

La restitution de ces données manquantes a été établie à l'aide de la méthode de corrélation linéaire simple : Soit X et Y, les deux stations comparées,  $x(i)$  et  $y(i)$  leurs observations, et convenons d'appeler X la station de longue durée, dont l'abondante information (de taille n), devra venir compléter celle plus courte sur Y.

Donc nous calculons le coefficient de corrélation linéaire simple par la méthode suivante :

$$R_{kxy} = \frac{\sum[(x(i) - m_{kx})(y(i) - m_{ky})]}{(k - 1) \cdot (\delta_{kx} \cdot \delta_{ky})}$$

Avec :

- $k$  : Nombre de valeur (couples) de l'échantillon, concomitant des X et Y.
- $m_{kx}$  : Moyenne de  $x = \frac{\sum x(i)}{k}$
- $m_{ky}$  : Moyenne de  $y = \frac{\sum y(i)}{k}$
- $\delta_{kx}$  : Ecart type de  $x = \sqrt{\frac{\sum(x(i) - m_{kx})^2}{(k-1)}}$
- $\delta_{ky}$  : Ecart type de  $y = \sqrt{\frac{\sum(y(i) - m_{ky})^2}{(k-1)}}$

Nous pouvons écrire l'équation de la droite de régression :  $y(x) = a_1x + a_0$

$$\text{Avec : } a_1 = R_{kxy} \frac{\delta_{ky}}{\delta_{kx}} \text{ et } a_0 = m_{ky} - m_{kx} \frac{\delta_{ky}}{\delta_{kx}}$$

Cette méthode qui néglige la réalité géographique et les nuances pluviométriques locales, peut provoquer des erreurs de jugements, car on risque d'établir des régressions entre des stations dont le coefficient de corrélation apparaît élevé alors qu'elles n'ont en réalité aucun lien climatique.[11]

Pour cela, nous avons comblé les lacunes par rapport à une station en tenant compte de la spécificité de la région et de la réalité géographique de notre zone d'étude. Les caractéristiques de la station de référence sont présentées dans le tableau si-dissous :

**Tableau IV. 3: Les cordonnées et les caractéristiques de la station pluviométrique de référence**

Dénomination	Code	X(KM)	Y(KM)	Z(m)	Période d'observation	Nbr des lacunes
ELHARROUCH	030906	869.7	319.7	137	1970-2013	-

Le comblement des données a été fait par logiciel d'analyse des données et des processus hydrologiques « **Hydrognomon** », ce dernier était développé par l'équipe de «**ITIA**» (**Research Team. National Technical University of Athens**).

	Harouche	Imdan Djamel f	Imdan Djamel f
1979/08	3.00	0.00	0.00
1979/09	48.90	61.20	61.20
1979/10	51.20	56.40	56.40
1979/11	54.20	55.70	55.70
1979/12	48.70	37.20	37.20
1980/01	65.80		64.54
1980/02	68.90		67.35
1980/03	57.70	41.30	41.30
1980/04	21.10	47.00	47.00
1980/05	11.60	11.30	11.30
1980/06	35.00	25.50	25.50
1980/07	0.00	4.80	4.80
1980/08	21.40	26.70	26.70
1980/09	19.30	17.90	17.90

**Figure IV. 1** l'interface du programme Hydrognomon

Les résultats de comblement sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau IV. 4: Les résultats de comblement**

$R_{kxy}$	$a_0$	$a_1$
0.911	4.82	0.992

Ainsi, la série comblée est représentée dans le tableau si-dissous :

## Chapitre IV : Etude hydrologie

**Tableau IV. 5: Les pluies moyennes mensuelles observées à la station Ramadan Djamel comblées**

Année	Setp	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Annuel
1970	1	104.6	5	125.5	100.5	115	107	47	34.5	4	3.5	0	647.1
1971	73.5	119.5	48.5	28	99.3	56	113	103	46.5	38	0	0	725.3
1972	51.5	53	5	111	45.5	104	109.5	17	0	29.5	0	1	526.5
1973	53	92	25	67.9	34	55.5	38	58.5	21	0	14	1.5	460.4
1974	36	68	34.8	32	9.5	70.5	34	10	64.5	6.5	0	13	378.8
1975	13	7	104.9	66.5	89.9	89.5	79.4	49.3	34	11.9	11.1	12.8	569.3
1976	31.2	204	125.6	38.1	44.3	11.5	29.7	57.6	62.5	20.8	0.5	11.4	637.2
1977	7.5	11.6	94.1	9.9	79.5	78.8	44.2	57.7	61.6	12.4	0	0.7	458
1978	2.3	36.1	94.5	19.9	53.7	103	95.3	160.7	8.8	30.1	10.2	0.4	615.2
1979	61.2	56.4	55.7	37.2	48.5	48	61.2	56.1	50.7	0	0	0	475
1980	17.9	55.6	61.8	163.8	64.54	67.35	41.3	47	11.3	25.5	4.8	26.7	587.59
1981	32.2	29	32.7	112.1	141.3	105	102.8	57.6	30.7	11.45	3	0	657.55
1982	7.5	138.3	136	74.9	13.4	25.5	54.6	7	20.3	0	1.5	5.6	484.6
1983	35.5	25.3	84.5	53.8	165.7	191	57	22.25	16.4	9.7	0	0	660.75
1984	52.7	118.9	11.9	427.8	118.1	70.4	136.9	39.2	37	15.1	0	0	1028
1985	28.1	19.6	46	48.3	134	49.6	76.5	39.5	9.2	7.5	6.5	0	464.8
1986	32.7	102.2	147.3	147.7	62.3	144	69.9	44.9	60.9	10	4.3	0	825.9
1987	17.2	40.5	75.8	22.4	64.9	51.6	37.9	23.8	22.9	31.6	11.27	0	825.90
1988	35.9	1.5	55.4	160.6	36	50.5	46.1	54.3	1	9.1	2.1	4.3	456.8
1989	23.3	58.2	44.4	69.6	153.3	1.6	25.6	52.4	30.8	13.4	3	15.6	491.2
1990	0	32.6	90.5	147.8	69.3	73.8	102.4	45.4	16.2	13.6	0	2	593.6
1991	53	111.5	34.6	18.1	59.6	62.9	135	103.8	67.5	19.4	15	0	680.4
1992	2.2	45.7	51.2	175.2	106.9	37.1	46.8	24.4	54.4	0	0	1.6	545.5
1993	17	36.2	24.4	104.1	90	68.1	3.6	84.9	9.8	0	0	0	438.1
1994	25.9	77.3	10	111	222.8	21.5	81.4	34.6	5.3	31	0	4.6	625.4
1995	79	9.4	45.1	50.6	76.5	188	40.7	76.1	44.4	11.2	2.1	7.3	630.1
1996	51.2	51.8	34.2	70.3	45.7	13	51	32.2	9.8	19.4	0	18	396.6
1997	42	94.7	81.5	85.1	27.2	55.6	31.1	37.3	53.6	6	0	6.3	520.4
1998	29.5	31.6	181.2	39	122.7	46.4	54.7	27.2	22	8	4.6	2.3	569.2
1999	10.3	24.7	60	131.4	24.4	31.7	22.2	17.6	92.7	6.7	0	9.8	431.5
2000	0.9	28.4	37.8	60.6	127.1	82.6	8.2	31.6	22.6	0	0	0.9	400.7
2001	69.9	6.4	53.6	59.5	28.8	95.7	16.6	31.1	11.2	1.6	40.2	26.1	440.7
2002	14.5	43.9	196.1	128.9	227.8	96.2	22.8	116.7	21.9	0	0	0	868.8
2003	67.7	42.6	19.1	230.9	85.1	16.8	57.8	78.3	65.1	28.3	0.5	3.1	695.3
2004	34.6	32.1	233.9	149.7	111.9	107	36.9	105.7	3.9	7.9	0.1	11.6	835.4
2005	18.5	25.9	38.2	116.4	116.8	91.4	39.2	8.2	14.3	0.3	0	7.5	476.7
2006	29.5	99.2	45.5	177.8	23.8	32.1	170.71	50.5	11.8	14.7	0.4	1	657.01
2007	25.7	75.9	69.1	134.7	8.8	22.8	124.9	2.5	40.8	6.5	6.7	0	518.4
2008	36.8	28	52.7	47.5	167.9	51.3	54.6	105.6	65	0	0.1	2.5	612
2009	158.8	61.6	53.6	64.2	126.2	29.4	59.3	30.33	61.9	15.1	1.6	8.73	670.75
2010	5.8	69.3	131.9	49.9	24.1	199	92.1	34.7	35.3	11.9	10.7	0.1	664.3
2011	12.4	82.8	124.4	86.3	62.1	105	60.8	71	3	6.8	0.4	78.6	693.6
2012	43.4	28.2	37	63	89.6	139	52	36.2	17.9	12.7	0.8	60.36	580.26
2013	77.1	48.3	190.3	59.5	55.2	56.4	129.4	5.2	23.6	6.5	0	0	651.5

Avec  : Valeur reconstituée

**IV.4.2.tude de l'homogénéité de la série pluviométrique :**

L'ajustement d'une distribution à un échantillon nécessite que les observations soient identiquement distribuées. Cette hypothèse peut être examinée à l'aide des testes statistiques. Pour notre cas, nous avons utilisé le test Wilcoxon :

C'est un test non paramétrique qui utilise la série des rangs des observations au lieu de la série de leurs valeurs. Le test de Wilcoxon se base sur le principe suivant :

Si l'échantillon  $x$  est aussi d'une même population  $y$ , l'échantillon  $xUy$  est généralement aussi. On procède aussi :

Soit un série d'observation de longueur  $N$  à partir de laquelle on tire deux échantillons  $x$  et  $y$  :

$$N_1 + N_2 = N \quad \text{Avec } N_1 < N_2$$

Nous classons en suite les valeurs de notre série par ordre croissant. Par la suite, nous ne nous intéressons qu'au rang de chacun des éléments des deux échantillons dans cette série, si une valeur se répète plusieurs fois, il faut lui associé le rang moyen qu'elle détermine. Nous calculons la somme ( $W_x$ ) de rang des éléments du premier échantillon dans la série comme :

$$W_x = \sum Rang X$$

Wilcoxon a démontré que, dans le cas où les deux échantillons  $x$  et  $y$  constituant une série homogène, la quantité ( $W_x$ ) est comprise entre deux bornes ( $W_{max}$ ) et ( $W_{min}$ ) c'est-à-dire :

$$W_{min} < W_y < W_{min}$$

$W_{min}$  et  $W_{max}$  Sont données par la formule suivante :

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

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

$u_{1-\frac{\alpha}{2}}$  : représente la valeur de la variable centré réduite de Gauss correspondant à une probabilité de  $1 - \frac{\alpha}{2}$ , pour notre cas, pour un intervalle de confiance de 95% :  $u_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$

L'hypothèse d'homogénéité est rejetée si l'une des deux inégalités précédente n'est pas vérifiée.[12]

Tableau IV. 6: Détail du procédé de test de Wilcoxon

Série origine	Série y	Série x	Rang	TRI	xUy
647.1	647.1	593.6	1	378.8	y
725.3	725.3	680.4	2	396.6	x
526.5	526.5	545.5	3	400.7	x
460.4	460.4	438.1	4	431.5	x
378.8	378.8	625.4	5	438.1	x
569.3	569.3	630.1	6	440.7	x
637.2	637.2	396.6	7	456.8	y
458	458	520.4	8	458	y
615.2	615.2	569.2	9	460.4	y
475	475	431.5	10	464.8	y
587.59	587.59	400.7	11	475	y
657.55	657.55	440.7	12	476.7	x
484.6	484.6	868.8	13	484.6	y
660.75	660.75	695.3	14	491.2	y
1028	1028	835.4	15	518.4	x
464.8	464.8	476.7	16	520.4	x
825.9	825.9	657.01	17	526.5	y
825.90	825.90	518.4	18	545.5	x
456.8	456.8	612	19	569.2	x
491.2	491.2	670.75	20	569.3	y
593.6		664.3	21	580.26	x
680.4		693.6	22	587.59	y
545.5		580.26	23	593.6	x
438.1		651.5	24	612	x
625.4			25	615.2	y
630.1			26	625.4	x
396.6			27	630.1	x
520.4			28	637.2	y
569.2			29	647.1	y
431.5			30	651.5	x
400.7			31	657.01	x
440.7			32	657.55	y
868.8			33	660.75	y
695.3			34	664.3	x
835.4			35	670.75	x
476.7			36	680.4	x
657.01			37	693.75	x
518.4			38	695.3	x
612			39	725.3	y
670.75			40	825.9	y
664.3			41	825.9	y
693.6			42	835.4	x
580.26			43	868.8	y
651.5			44	1028	y

$W_y = 468 ; W_{min} = 366.34 ; W_{max} = 533.65$

D'où :  $W_{min} < W_y < W_{max}$  l'inégalité est vérifiée .

La condition d'homogénéité du test de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la Station Ramadan Djamel est homogène à seuil de  $(1-\alpha)$  avec  $\alpha=0.05$ .

### IV.5.Ajustement de la série pluviométrique :

On appelle problème d'ajustement le problème consistant à trouver, parmi une famille de lois de probabilité, celle qui se rapproche le plus d'une distribution empirique observée sur un échantillon.[13]

Comme il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométrique, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de la taille de l'échantillon et de certaines caractéristiques de l'échantillon. Toutefois, de nombreuses études comparatives, autant empiriques que théoriques, ont été menées afin de déterminer dans quelles circonstances une méthode d'estimation est la plus efficace pour une loi donnée.[14]

Dans cette partie, il sera utile de connaître les variations annuelles des précipitations pour une période de retour de 5ans. Nous utilisons pour notre projet, celles qui garantissent le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

#### IV.5.1.Ajustement à la loi normal (loi de Gauss) :[12]

On dit qu'une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \text{ (Fréquence au non dépassement)}$$

$u$  Est la variable réduite de Gauss .Elle est donnée par  $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$

Le procédé d'ajustement consiste à

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale
- Variable réduite de gauss  $u$
- Calcul des caractéristiques empiriques de loi  $\bar{x}$ ,  $\sigma$  ;  $Cv$  ;  $Cs$
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Avec :

L'équation de la droite de Henry est :  $x_{p\%} = \bar{x} + \sigma \cdot u_{p\%}$

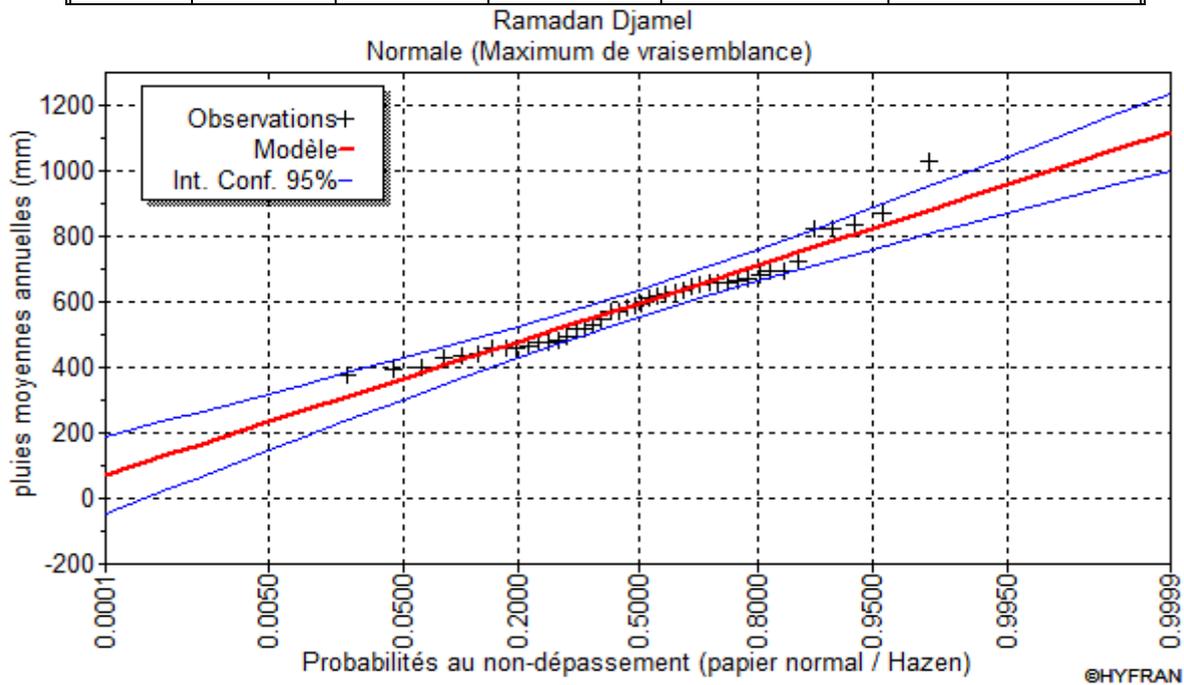
$\bar{x}$  : Moyenne arithmétique ;  $x_{p\%}$  : Précipitation de probabilité P% ;  $\sigma$  : Écart type

$Cv$  : Coefficient de variation ;  $Cs$  : Coefficient d'asymétrie .

L'ajustement est fait par logiciel Hyfran et les résultats sont regroupés dans le tableau IV.7 et la figure IV.2 :

**Tableau IV. 7: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale**

$T = 1/q$	$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	921	41.1	841	1000
50	0.98	883	37.6	809	957
20	0.95	826	32.7	762	890
10	0.90	775	28.7	718	831
5	0.80	713	24.7	665	761
2	0.50	595	21.2	553	636
1.25	0.20	477	24.7	428	525



**Figure IV. 2: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale**

**IV.5.2. Ajustement à la loi Log Normale (Loi de Galton) :[12]**

On dit qu'une Variable aléatoire  $X$  a une distribution log normal lorsque :  $Y = \ln X$  est normal. La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \text{ (Fréquence au non dépassement)}$$

Avec la valeur réduite  $u$  est donnée par :  $u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}}$

L'équation de la variable réduite présente sous forme de :  $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$  est l'équation d'une droite sur un papier Gausso-logarithmique en abscisse l'échelle gaussienne et en ordonnée l'échelle logarithmique.

Procédé de l'ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiale :  $\bar{x}$  et  $\sigma$  ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série transformée en logarithmique  $\overline{\ln x}$  et  $\sigma_{\ln x}$  ;
- Report des valeurs sur papier Gausso-logarithmique ;
- Détermination de la droite de Galton  $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$  .
- L'ajustement est fait par logiciel Hyfran et les résultats sont regroupés dans le tableau et la figure :

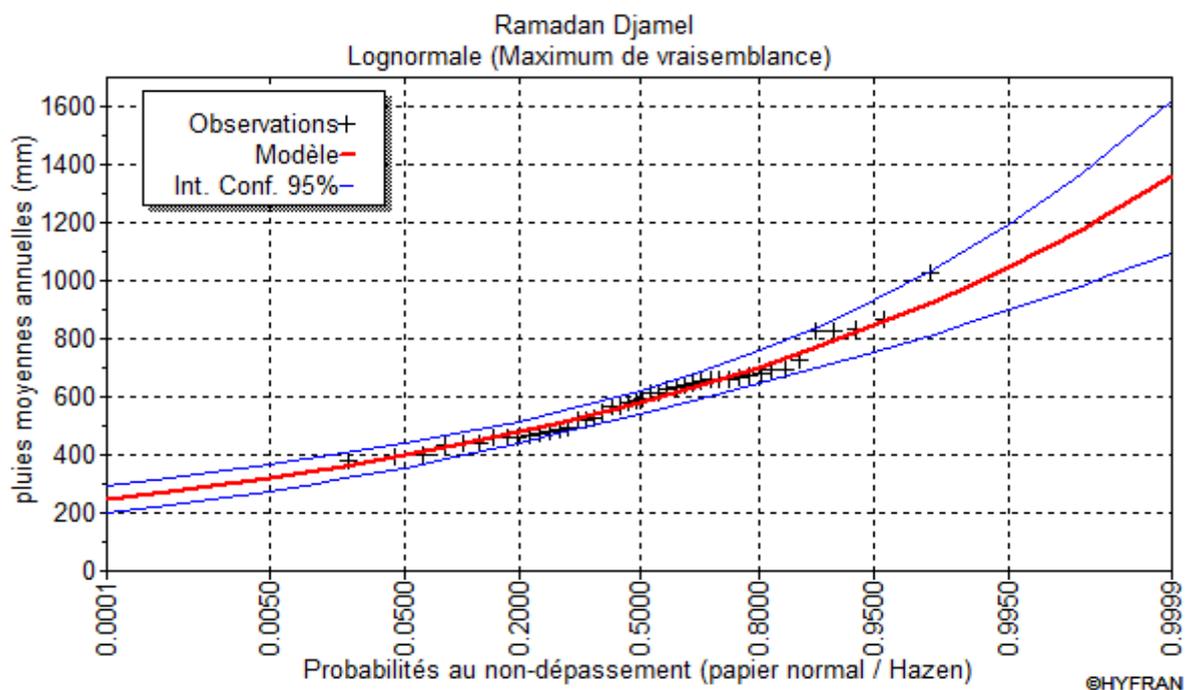


Figure IV. 3: Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale

**Tableau IV. 8: Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale**

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	987	66.1	857	1120
50	0.98	927	56.9	816	1040
20	0.95	845	45.0	756	933
10	0.90	777	36.4	706	848
5	0.80	703	28.3	647	758
2	0.50	580	20.0	540	619
1.25	0.20	478	19.2	440	516

**IV.6. Test de validité d'un ajustement : [12]**

Lorsque nous avons procédé un ajustement d'une loi de probabilité théorique, le problème qui se pose est de savoir si cette loi s'adapte adéquatement. L'examen graphique ne peut suffire, il faut pouvoir tester par le calcul la qualité de l'ajustement réalisé. L'un des tests les plus employés, est le test du Khi carré «  $\chi^2$  ».

Comme critère de comparaison, la variable  $\chi^2$  est utilisée pour un risque  $\alpha = 5\%$  et un nombre de degré de liberté  $\gamma = K - 1 - m$

Avec : K : nombre de classes ; m : nombre de paramètres de la loi

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - \mu_i)^2}{\mu_i}$$

Avec :

$n_i$  : Nombre d'observations contenues dans la classe i ;

$\mu_i$  : Nombre d'observations théoriques calculées dans la classe i.

On dit qu'un échantillon est provient d'une loi si  $\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$

Le test de  $\chi^2$  est fait à l'aide de logiciel Hyfran et les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV. 9: Résultats du test de Khi carré :**

	Loi Normale	Loi Log-Normale
Degré de liberté $\gamma$	6	6
$\chi^2_{calculé}$	12.45	7.14
$\chi^2_{théorique}$	12.592	12.592
$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$	Vérifier	Vérifier

D'après le test de Khi carré, la condition de validité d'ajustement est vérifiée donc les données de la série des précipitations moyennes annuelles de la Station Ramadan Djamel sont ajustables avec les deux lois à seuil de  $(1-\alpha)$  avec  $\alpha=0.05$ . Mais la loi log-Normale s'ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi normale.

**IV.7.Détermination de l'année de calcul :**

La détermination de l'année de calcul a pour but de connaître la pluie mensuelle de probabilité de 80% qui peut être utilisée par la plante. Puisque la loi log-normal est la plus adéquate, nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.[15]

Pour retrouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% , nous utilisons la loi suivante :

$$P_{moy80\% i} = P_{moy i} \frac{P_{théorique(80\%annuelle)}}{P_{théorique(50\%annuelle)}}$$

Avec  $i$  : mois concernée pour le calcul

D'après le tableau nous trouvons que :

$$P_{théorique(80\%annuelle)} = 478 \text{ Et } P_{théorique(50\%annuelle)} = 580$$

$$\text{Donc : } \frac{P_{théorique(80\%annuelle)}}{P_{théorique(50\%annuelle)}} = 0.824$$

Les résultats de calculs sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau IV. 10: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul :**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
$P_{moy i}$ (mm)	83.15	72.93	64.87	49.91	31.79	11.69	3.61	7.85	34.52	57.49	72.38	94.97
$P_{moy80\%}$ (mm)	68.53	60.10	53.46	41.13	26.20	9.63	2.98	6.47	28.45	47.38	59.65	78.27

### IV.8.Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons effectué une procédure de l'étude hydrologie de notre projet. Au premier lieu, nous avons commencé par le choix de la station pluviométrique et nous avons retenus la station de Ramadan Djamel qui est la station la plus proche de notre zone d'étude. En effet, elle est la plus représentative et qui a une longue durée de service (44ans) avec le moins nombre des lacunes. Ensuite, après avoir récupérer la série d'observations des pluies, nous avons comblé les lacunes mois par mois par la méthode de corrélation simple à l'aide du logiciel Hydrognomon et vérifier leurs homogénéités avec le test statistique de Wilcoxon.

L'ajustement des pluies moyennes annuelles est fait à l'aide du Hyfran pour la loi normale et la loi log normale. Ainsi, le test de validité de l'ajustement ( $\chi^2$ ) a montré que la série s'ajuste mieux avec la loi log normale.

Enfin, nous avons déterminé les pluies mensuelles qui caractérisent de calcul. Le but de la détermination de l'année de calcul le calcul des besoins en eau des cultures qui est le but du prochain chapitre.

Chapitre V :  
Etude des besoins en  
des cultures

**V.1.Introduction :**

Ce chapitre a pour but la détermination des besoins en eau des cultures. Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

**V.2.Occupation du sol et la répartition des cultures :**

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

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

L'occupation des sols retenue pour le projet est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau V. 1 L'occupation du sol et la répartition des cultures**

Cultures		Occupation du sol (ha)		
<b>Arboriculture</b>	Les agrumes : La clémentine, Mandarine, l'organe tardif et l'orange saison	375	600	1600
	Abricotier	125		
	Pêcher	75		
	Oliver	25		
<b>Industrielle</b>	Tomate	40	90	
	Coton	20		
	Betterave	30		
<b>Céréaliculture</b>	Blé dur	320.4	573	
	Blé tendre	142.6		
	orge	110		
<b>Fourragères</b>	Luzerne	75	242	
	Mais grain	110		
	sorgho	57		
<b>cultures maraîchères</b>	Piment	20	90	
	Poivron	25		
	Carotte	15		
	Pomme de terre	35		

Source : D.S.A Skikda

**V.3.assolement et rotation :**

Au sens agronomie, l'assolement est la répartition des cultures au cours d'une campagne culturale donnée sur les différentes parcelles d'une exploitation agricole. Le développement des maladies et des parasites spécifiques, cas des nématodes chez les solanacées et l'apparition de certaines espèces de mauvaises herbes ; sont dues à la pratique fréquente de la culture de la même espèce sur la même parcelle. Donc nous nous définirons la rotation par la succession des cultures sur une même sole pendant un nombre d'année correspondant au type d'assolement adopté.[16]

Le cycle végétatif des différentes cultures est donné par le calendrier culturel représenté dans le tableau suivant :

**Tableau V. 2 Le calendrier culturale**

Cultures	Mois												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Blé dur	→										←	←	←
Blé tendre	→										←	←	←
Orge	→										←	←	
Agrumes	←	→											
Abricotier	←	→											
Pécher	←	→											
Olivier	←	→											
Tomate industrielle			←					→					
Betterave	→										←	←	
Coton							←	→					
Luzerne	←	→											
Mais grain			←					→					
sorgho			←					→					
Piment			←					→					
Poivron			←					→					
Carotte								←	→				
Pomme de terre			←				→						

**Modèle d'assolement :**

## Chapitre V : Etude des besoins en eau des cultures

Pour l'établissement des différents assolements –rotation nous avons tenu compte de plusieurs Facteurs.

- La variation des profondeurs d'enracinement.
- L'équilibre du sol en éléments minéraux et en matière organique.
- La période de végétation.
- Le procédé cultural.

Trois modèles d'assolement ont été définies et sont rappelés dans le tableau, en tenant compte de la surface totale irriguée dans ce secteur est de 1600 (ha).

**Tableau V. 3 Les modèles d'assolement**

Cultures		Assolement A		Assolement B		Assolement C	
		Surface (ha)	Surface (%)	Surface (ha)	Surface (%)	Surface (ha)	Surface (%)
<b>Céréaliculture</b>	Blé dur	320.4	20.03	150	9.38	177.6	11.1
	Blé tendre	142.6	8.91	200	12.50	259.4	16.2125
	orge	110	6.88	250	15.63	160	10
<b>Fourragères</b>	Luzerne	75	4.69	50	3.13	65	4.0625
	Mais grain	110	6.88	45	2.81	35	2.1875
	sorgho	57	3.56	35	2.19	27	1.6875
<b>cultures maraîchères</b>	Piment	20	1.25	20	1.25	15	0.9375
	Poivron	25	1.56	34	2.13	25	1.5625
	Carotte	15	0.94	36	2.25	30	1.875
	Pomme de terre	35	2.19	45	2.81	100	6.25
<b>Industrielle</b>	Tomate	40	2.50	45	2.81	36	2.25
	Coton	20	1.25	60	3.75	40	2.5
	Betterave	30	1.88	30	1.88	30	1.875
<b>Arboriculture</b>	Agrumes	375	23.44	375	23.44	375	23.44
	Abricotier	125	7.81	125	7.81	125	7.81
	Pécher	75	4.69	75	4.69	75	4.69
	Olivier	25	1.56	25	1.56	25	1.56
<b>Total</b>		1600	100	1600	100	1600	100

Ces trois modèles d'assolement constitués de différents types des cultures : fourragères, industrielles, maraîchères, céréalicultures et arboricultures qui sont hors assolement.

### V.4. Les besoins en du périmètre : [17]

Le besoin d'irrigation, est défini comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à d'autres ressources naturelle tel que la pluviométrie, la remonté capillaire et la réserve initial du sol. Le calcul de ces besoins d'irrigation repose sur un bilan

hydrique, qui exprime la différence entre les besoins en eau de la culture et les apports d'eau d'origine naturelle, elle donné par la formule :

$$B = K_c \cdot ETP - (P_{eff} + RFU)$$

Avec :

**B** : les besoins en eau en (mm) ;

**K<sub>c</sub>** : Le coefficient cultural de la culture considérée ;

**ETP** : évapotranspiration potentielle de référence en mm ;

**P<sub>eff</sub>** : Pluie efficace en mm ;

**RFU** : la réserve facilement utilisable disponible au début de la période.

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

### V.5.L'évapotranspiration potentielle de référence ETP :

Elle est définit comme étant l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau ou le sol est à sa capacité de rétention, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration. Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15 cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.[15]

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisés, sont :

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

Parmi les méthodes empiriques, la formule de Penman et Montheith c'est la plus précise mais elle nécessite un nombre important d'informations climatiques. Pour les raisons de fiabilité nous utilisons la formule modifiée de Penman et Montheith donnée par l'expression suivante :

$$ET_o = C [ w \cdot R_n + (1 - w) \cdot F_U (e_a - e_d) ]$$

## Chapitre V : Etude des besoins en eau des cultures

Avec :

**ETo**: représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.

**w** : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

**Rn** : Rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/ j

**F<sub>v</sub>**: Fonction liée au vent.

**ea** : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

**ed**: Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

(**ea** - **ed**): constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques

**C** : facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques.

Vu la complexité de cette formule qui nécessite la détermination de différents paramètres climatiques, la FAO la informatisée dans son logiciel Cropwat pour éviter la manipulation manuelle. Les résultats de calcul par Cropwat sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau V. 4 Le calcul d'évapotranspiration en mm/jour**

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m <sup>2</sup> /jour	ETo mm/jour
Janvier	6.6	17.3	74	303	6.1	9.6	<b>2.04</b>
Février	6.8	18.4	74	307	7.2	13	<b>2.56</b>
Mars	8.5	21.5	74	250	7.4	16.3	<b>3.24</b>
Avril	9.4	23.6	74	265	8.4	20.4	<b>4.14</b>
Mai	12.8	29.1	75	213	8.5	22.2	<b>5.07</b>
Juin	16.6	33.3	74	197	9.5	24.1	<b>5.92</b>
Juillet	19.6	36.6	72	178	9.6	23.9	<b>6.28</b>
Août	20.5	37.5	74	212	9.3	22.2	<b>6.21</b>
Septembre	18.1	32.9	75	244	8.3	18.4	<b>4.73</b>
Octobre	15.4	28.5	74	304	7.4	14.2	<b>3.57</b>
Novembre	10.3	22.7	74	346	6.1	10.2	<b>2.66</b>
Décembre	7.9	17.8	74	253	5.7	8.6	<b>2.07</b>
<b>Moyenne</b>	<b>12.7</b>	<b>26.6</b>	<b>74</b>	<b>250.56</b>	<b>7.8</b>	<b>16.9</b>	<b>4.04</b>

D'après le tableau ci-dessus nous remarquons que les valeurs de l'évapotranspiration sont très élevées surtout dans la période d'été où elle atteint son maximum au mois de juillet avec une valeur de 6.28mm/jour.

### V.6.L'évapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC) : [17]

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration de référence, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. Elle est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETC = K_c \cdot ETP$$

Avec  $K_c$  le coefficient cultural ;

$ETP$  : Évapotranspiration potentielle de référence.

### Choix du coefficient cultural

Par définition, le coefficient cultural ( $K_c$ ) est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture (ETC) et l'évapotranspiration potentielle (ETP). Les facteurs qui influent sur la valeur de coefficient sont : les caractéristiques de la culture, les dates de plantation ou de semis, le rythme de son développement et la durée de son cycle végétatif, les conditions climatiques, en particulier au début de la croissance et la fréquence des pluies ou des irrigations. La courbe de  $K_c$  sur l'ensemble de la période de croissance permet de distinguer les 3 valeurs de  $K_c$  (initial, mi- saison, et d'arrière-saison).[17]

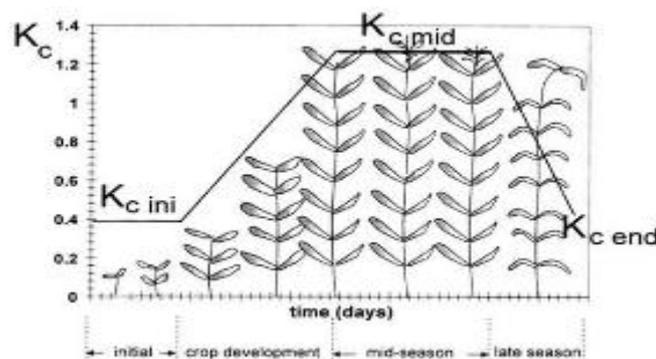


Figure V. 1 Courbe de coefficients culturaux et définition des phases

Nous avons déterminé les valeurs du coefficient cultural de différentes cultures à l'aide des Bulletins FAO-24 et 56. Les valeurs sont représentées par le tableau ci-dessus :

**Tableau V. 5 Les coefficients culturaux pour les différent cultures en chaque mois**

Cultures	Les coefficients culturaux											
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Blé dur	0.45	0.55	0.60	1.05	1.1	0.6					0.3	0.35
Blé tendre	0.45	0.55	0.60	1.05	1.1	0.6					0.3	0.35
orge	0.55	0.9	1.05	1.1	0.6						0.3	0.4
Luzerne	0.58	0.65	0.8	0.95	0.95	0.98	1.05	1.1	1.15	0.4	0.4	0.45
Mais grain			0.4	0.8	1.05	1.15	0.5					
sorgho			0.35	0.7	0.9	1.05	0.65					
Piment				0.6	0.8	1.05	1	0.9				
Poivron				0.6	0.8	1.05	1	0.9				
Carotte									0.8	1	1.1	0.75
Pomme de terre			0.75	1.1	1.2	0.7						
Tomate industrielle			0.5	0.9	1.05	1.15	0.7					
coton								0.4	0.7	1.1	1.0	0.8
Betterave	0.7	0.8	0.95	0.6							0.4	0.5
Agrumes	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.68	0.68	0.68
Abricotier	0.5	0.55	0.6	0.7	0.75	0.8	0.82	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
Pécher	0.5	0.55	0.6	0.7	0.75	0.8	0.82	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
Olivier	0.7	0.7	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

### V.7.La réserve facilement utilisable (RFU)

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU) [19], la quantité d'eau égale à 1 /3ou 2/3 de la RU. La valeur du RFU est donnée par l'expression suivante :

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

**Y** : Degré de tarissement des cultures généralement égal à 2/3 ;

**Da** : Densité apparente du sol ;

**Hcc** : Humidité à la capacité au champ ;

**Hpf** : Humidité au point de flétrissement ;

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

Nous distinguons trois cas dans le calcul du  $RFU_{réel}$  :

- 1- pour les mois de décembre, janvier, février, mars  $RFU_{réel} = RFU_{théorique}$
- 2- pour les mois d'octobre, novembre, avril et mai :  $RFU_{réel} = K.RFU_{théorique}$  avec  $K = \frac{1}{2}$  ou  $\frac{1}{3}$
- 3- pour les mois de juin, juillet, août et septembre  $RFU_{réel} = 0$  :

Les valeurs de profondeur d'enracinement des différentes cultures sont données par le tableau ci-dessus :

**Tableau V. 6 Les profondeur d'enracinement des différentes cultures en chaque moi en m**

Cultures	Profondeur en d'enracinent (m)											
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>Blé dur</b>	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7					0.3	0.3
<b>Blé tendre</b>	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7					0.3	0.3
<b>orge</b>	0.4	0.55	0.6	0.7	0.7						0.2	0.3
<b>Luzerne</b>	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.2	1.2	0.2	0.3
<b>Mais grain</b>			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5					
<b>sorgho</b>			0.2	0.3	0.4	0.5	0.6					
<b>Piment</b>				0.4	0.5	0.7	0.7					
<b>Poivron</b>				0.4	0.5	0.7	0.7					
<b>Carotte</b>									0.1	0.2	0.25	0.6
<b>Pomme de terre</b>			0.1	0.2	0.3	0.35						
<b>Tomate</b>			0.4	0.8	0.9	1.2	1.2					
<b>Coton</b>								0.4	0.7	1.0	1.0	1.0
<b>Betterave</b>	0.9	0.95	0.9	0.7							0.5	0.9
<b>Agrumes</b>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
<b>Abricotier</b>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
<b>Pécher</b>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
<b>Olivier</b>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

### V.8.La pluie efficace

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur, etc. Autrement dit la pluie efficace c'est la quantité de la pluie retenue dans la zone racinaire. [19]

## Chapitre V : Etude des besoins en eau des cultures

L'estimation précise de cette quantité de pluie reste toujours difficile sans avoir effectué des mesures pendant de longues périodes, dans différents endroits [19]. Ce qui concerne notre projet nous avons approximativement estimé la pluie efficace de la manière suivante : [20]

$$P_{eff} = 0 \text{ si } P_{moy80\%i} < 5mm$$

$$\text{sinon } P_{eff} = A.P_{moy80\%i} \text{ avec } A = 0.8$$

Avec  $P_{moy80\%i}$  : Pluie moyenne mensuelle de probabilité 80% ;

$P_{eff}$  : La pluie efficace.

Les valeurs de précipitations de probabilité de 80% et la pluie efficace (Peff) sont groupées dans le tableau ci-après :

**Tableau V. 7 La pluie efficace en chaque mois**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
$P_{moy80\%}$ (mm)	68.53	60.10	53.46	41.13	26.20	9.63	2.98	6.47	28.45	47.38	59.65	78.27
$P_{eff}$ (mm)	54.83	48.08	42.77	32.91	20.96	7.71	0	5.18	22.76	37.94	47.72	62.62

### V.9.L'efficience de l'irrigation :

Les besoins en eau dépendent aussi des pertes dans le système d'apport de l'eau aux plantes, elles sont dues :

- Aux pertes du système d'irrigation à la parcelle.
- Aux pertes dans le système de mobilisation de l'eau et le réseau de transport de l'eau à la parcelle.

Donc nous définissons l'efficience de l'irrigation comme étant le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation. [19]

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante

$$E_i = E_d \cdot E_t \cdot E_u$$

Avec :

- $E_i$  : Efficience d'irrigation en (%)
- $E_t$  : Efficience de transport en (%)
- $E_d$  : Efficacité de type de distribution en (%)
- $E_u$  : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent. Donc dans notre cas  $E_i = 75\%$

### **V.10. Les besoins d'irrigation nets :**

Le besoin d'irrigation net, noté  $B_{net}$ , est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation théoriquement 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).[17]

### **V.11. Les besoins d'irrigation bruts**

Le besoin d'irrigation brut, noté  $B_{rut}$  : est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation nécessaire en pratique (y compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources).[17]

### **V.12. Détermination des besoins en eaux des cultures :**

Les besoins en en eaux des cultures sont représentés dans le dans suivant et pour les détails voir l'annexe :

## Chapitre V : Etude des besoins en eau des cultures

**Tableau V. 8 Besoins en eaux unitaires pour les différentes cultures**

Cultures		Les besoins en eau unitaire (mm)												$\sum B_{net}$ mm	Eff	$\sum B_{brut}$ mm
		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc.			
<b>Arboriculture</b>	Agrumes	-	-	-	10.73	45.75	116.62	136.28	136.28	136.28	136.28	136.28	136.28	990.75	0.75	1321.00
	Abricotier	-	-	-	10.73	53.61	159.64	9.73	76.57	-	-	-	-	310.28	0.75	413.70
	Pécher	-	-	-	10.73	53.61	159.64	9.73	76.57	-	-	-	-	310.28	0.75	413.70
	Olivier	-	-	-	-	30.04	107.74	136.28	7.87	76.57	-	-	-	358.48	0.75	477.98
<b>Industrielle</b>	Tomate	-	-	35.57	111.59	196.54	136.28	-	-	-	-	-	-	479.97	0.75	639.96
	Coton	-	-	-	-	-	-	-	2.28	76.57	47.74	-	-	126.59	0.75	168.79
	Betterave	-	-	-	-	16.35	-	-	-	-	-	-	-	16.35	0.75	21.81
<b>Céréaliculture</b>	Blé dur	-	-	-	72.24	126.66	276.46	-	-	-	-	-	-	475.36	0.75	633.82
	Blé tendre	-	-	-	72.24	126.66	276.46	-	-	-	-	-	-	475.36	0.75	633.82
	orge	-	-	-	78.45	48.08	0.00	-	-	-	-	-	-	126.53	0.75	168.71
<b>Fourragères</b>	Luzerne	-	-	-	59.82	99.48	166.34	204.41	15.32	-	-	-	-	545.38	0.75	727.17
	Mais grain	-	-	-	55.63	133.24	196.54	97.34	-	-	-	-	-	482.75	0.75	643.66
	sorgho	-	-	-	43.21	106.06	178.78	126.54	-	-	-	-	-	454.58	0.75	606.11
<b>cultures maraîchères</b>	Piment	-	-	-	27.18	86.73	178.78	175.21	-	-	-	-	-	467.90	0.75	623.87
	Poivron	-	-	-	27.18	86.73	178.78	175.21	-	-	-	-	-	467.90	0.75	623.87
	Carotte	-	-	-	-	-	-	-	-	90.76	65.55	26.53	-	182.83	0.75	243.78
	Pomme de terre	-	-	-	54.83	144.71	205.42	136.28	-	-	-	-	-	541.23	0.75	721.65
<b>Total (mm)</b>		-	0	35.57	634.57	1354.26	2337.44	1207.00	314.874	380.18	249.57	162.80	136.28			

### V.13. Calcul du débit fictif continu : [14]

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ce débit spécifique est défini par la formule et permet de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude :

$$q_s = \frac{B}{T \cdot t \cdot 3600 \cdot K} (l/s/ha)$$

Avec :

**B** : Besoin au mois de pointe net en m<sup>3</sup>/ha.

**T** : Temps d'irrigation par jour j h / 24

**t** : Durée d'irrigation en jours = 30 jours.

**K** : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation 0.75

D'après le tableau V.14, les besoins de pointe correspondent au mois de juin, soient donc 2337.44mm/mois.

Le débit spécifique calculé est très important, il est de 12.02 l/s/ha, ce débit dépasse les normes (1.5 l/s/ha), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement. Dans ce cas, on a deux méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante ;

Dans notre cas, la culture la plus exigeante est la pomme de terre (mois de juin), avec des besoins estimés à 205.42mm/mois, le débit spécifique est donc

$$q_s = 1.42 (l/s/ha)$$

Nous tenons compte la superficie irrigable de ce secteur le débit réseau sera :

$$Q_c = q_s \cdot S = 2275.36 l/s$$

### V.14. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

La gestion des périmètres d'irrigation nécessite de connaître d'une part le bilan de besoins en eau d'irrigation et d'une autre part les ressources en eau. Pour le calcul de volume total d'irrigation nous tenons compte de l'assolement le plus exigeant en plus des besoins de l'arboriculture. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessus :

## Chapitre V : Etude des besoins en eau des cultures

**Tableau V. 9 Le volume d'eau pour les différents assolements**

Cultures		$\Sigma B_{brut}$ mm	Assolement A		Assolement B		Assolement C	
			Surface (ha)	Volume ( m <sup>3</sup> )	Surface (ha)	Volume ( m <sup>3</sup> )	Surface (ha)	Volume ( m <sup>3</sup> )
<b>Arboriculture</b>	Les agrumes	1321.00	375	4953768.33	375	4953768.33	375	4953768.33
	Abricotier	413.70	125	517126.28	125	517126.28	125	517126.28
	Pêcher	413.70	75	310275.77	75	310275.77	75	310275.77
	Oliver	477.98	25	119494.11	25	119494.11	25	119494.11
<b>Industrielle</b>	Tomate	639.96	40	255983.91	45	287981.90	36	230385.52
	Coton	168.79	20	33757.36	60	101272.09	40	67514.73
	Betterave	21.81	30	6541.51	30	6541.51	30	6541.51
<b>Céréaliculture</b>	Blé dur	633.82	320.4	2030757.38	150	950729.11	177.6	1125663.27
	Blé tendre	633.82	142.6	903826.47	200	1267638.81	259.4	1644127.54
	orge	168.71	110	185582.55	250	421778.52	160	269938.25
<b>Fourragères</b>	Luzerne	727.17	75	545379.17	50	363586.11	65	472661.94
	Mais grain	643.66	110	708029.18	45	289648.30	35	225282.01
	sorgho	606.11	57	345484.43	35	212139.56	27	163650.52
<b>cultures maraîchères</b>	Piment	623.87	20	124773.33	20	124773.33	15	93580.00
	Poivron	623.87	25	155966.67	34	212114.67	25	155966.67
	Carotte	243.78	20	48755.97	36	87760.75	30	73133.96
	Pomme de terre	721.65	35	252575.81	45	324740.33	100	721645.19
<b>Total</b>			1600	11498078.24	1600	10551369.49	1600	11150755.59

D'après les trois modèles cités au-dessus, les besoins en eau totaux bruts pour l'irrigation du périmètre sont estimés à environ de  $11.5Mm^3$  (le 1er modèle est le plus exigeant). Mais si nous tenons compte que l'état ne donne pas l'eau pour l'irrigation les céréalicultures donc les besoins en eau totaux bruts annuelle sont estimés à l'ordre de  $8.45Mm^3$ . Ainsi d'après les données du volume d'eau alloué pour irriguer le périmètre Saf-Saf secteur I, et les besoins en eaux de ce périmètre sont récapitulés dans le tableau suivant:

**Tableau V. 10 récapitulatif de la situation hydrique dans le périmètre d'étude**

superficie totale (ha)	superficie irriguées (ha)	besoins en eau bruts ( $m^3$ )	volume d'eau alloué (2014) ( $m^3$ )
1720	1600	11498078.24	1606353.3

Les résultats obtenus nous confirment que la zone d'étude est une zone déficitaire de l'eau d'irrigation, ce déficit est dû à la diminution du volume utile dans le barrage de Zerdazas à cause d'envasement de ce dernier. Le volume d'eau déficitaire égale à  $98971724.94 m^3$  soit de  $9.9Mm^3$ . Si nous tenons compte que l'état ne donne pas l'eau pour l'irrigation les céréalicultures, le volume déficitaire sera égale à l'ordre de  $6.7Mm^3$

### V.15.Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé en détail les besoins eau des cultures qui représentent la base de tout projet d'irrigation ou de la gestion des périmètres et en conclusion nous pouvons dire que :

Le secteur I du périmètre SAF-SAF est caractérisé par une superficie de 1600ha cultivé dont les arboricultures et les céréalicultures occupent la plus grande partie

Après avoir calculé les besoins en eau des cultures sur la base de la définition du bilan hydrique et ces composantes, nous avons calculé le débit spécifique et estimé le volume d'eau nécessaire à l'irrigation en tenant compte l'assolement le plus exigeant. Le volume est de l'ordre de  $11.5Mm^3$ .

La comparaison entre le volume nécessaire à l'irrigation et le volume alloué par le barrage de Zerdazas nous montre que ce secteur est déficitaire, soit un déficit d'ordre  $9.9Mm^3$ , mais si nous tenons compte que l'état ne donne pas l'eau pour l'irrigation les céréalicultures le déficit sera d'ordre  $6.7Mm^3$

Le rôle du chapitre suivant est d'analyser l'état actuel du périmètre.

Chapitre VI :  
Analyse de la  
situation actuelle du  
périmètre

### VI.1.Introduction

Après avoir présenté le secteur d'étude, dégagé toutes les caractéristiques du milieu et calculé les besoins en eau des cultures, le présent chapitre a pour but d'analyser la situation actuelle du périmètre, autrement dit de faire un diagnostic général sur la situation du périmètre et de situer ses contraintes afin de donner les recommandations nécessaires pour la réhabilitation.

### VI.2.Objectifs :

Ce diagnostic a pour objectifs :

- De connaître l'état globale et fonctionnel du périmètre ;
- D'estimer les besoins en termes de restauration et entretien des ouvrages ;
- De situer les contraintes du périmètre ;
- D'analyser les causes des problèmes et les contraintes ;
- De proposer des solutions.

### VI.3.Méthodologie du diagnostic :

L'approche méthodologique du diagnostic et d'analyse de l'état actuel du périmètre comprennent deux étapes. La première étape consiste à étudier théoriquement l'état du réseau, les ouvrages et les accessoires concernés par ce diagnostic. Quant à la deuxième étape, nous avons complété l'étude théorique par des investigations sur terrain pour vérifier l'état des ouvrages et de déterminer les points de dysfonctionnements.

### VI.4.Fiche technique :

Avant de commencer l'analyse de la situation actuelle, il faut d'abord connaître les caractéristiques techniques du notre secteur d'étude :

- ❖ Superficie brute : 1720 ha ;
- ❖ Superficie irrigable : 1600ha ;
- ❖ Mode d'irrigation aspersion ;
- ❖ Mode de gestion de l'eau : à la demande ;
- ❖ Prise d'eau : réservoir de régulation journalière en tête ;
- ❖ Débit fictif continu 1.12 l/s/ha ;

**Source : ONID**

### VI.5.Schéma hydraulique :

De la source jusqu'aux bornes, nous passons par quatre phases :[21]

- **Phase 1** : transfert de l'eau à partir du barrage Zerzédas jusqu'au réservoir de régulation journalière n° 3 par le biais d'adduction de **8740 ml**. Le réservoir assure l'alimentation du secteur n°3 et se situe à la hauteur du cote de radier 159m.
- **Phase 2** : du réservoir n° 3 vers le réservoir n°2 sur un linéaire de **6740 ml** qui assure l'alimentation du secteur 2.Il se situe à la hauteur
- **Phase 3** : du réservoir n°2 vers le réservoir n° 1 sur un linéaire de **9432 ml** , il assure l'alimentation de notre secteur d'étude et se situe au tête du réseau sur une cote de radier de et cote maximal d'eau
- **Phase 4** : Le transfert de l'eau par des conduites gravitaires jusqu'aux bornes d'irrigation.

### VI.6.Les équipements hydrauliques :

Le réseau hydraulique dans notre secteur d'étude est composé par :

- Un réservoir de régulation journalière
- Une conduite principale et des conduites secondaires :
- Des bornes d'irrigation
- les adducteurs et les conduites latérales
- Des vannes de sectionnement et de vidanges.
- Un réseau de drainage.

### VI.7.Analyse de la situation actuelle :

Dans cette partie, nous nous intéressons à analyser la situation actuelle du périmètre et des ouvrages concernés par ce diagnostic :

#### VI.7.1.Réservoir de régulation journalière :

L'ouvrage de prise est constitué d'un réservoir de régulation journalière. Le réservoir de régulation se trouve en tête du réseau avec une capacité maximale de  $30000m^3$ .Il est présenté sous la forme d'un tronc conique avec une hauteur de régulation de 5 mètres [22]. Dans cette analyse, nous allons calculer le volume théoriquement nécessaire pour la régulation journalière et par la suite, nous comparons ce volume avec la capacité du réservoir. La deuxième étape consiste à analyser ces performances techniques sur terrain.

Le volume théorique nécessaire pour la régulation journalière est calculé par la méthode suivante :

$$V = Q_{car} \cdot T$$

Avec  $T$ : temps de remplissage du réservoir et  $Q_{car}$  : débit caractéristique

Or  $V = 2275 * 2 * 3.6$  D'où  $V = 16380m^3$

Donc, par simple comparaison entre le volume théorique nécessaire et la capacité du réservoir, nous trouvons que la capacité du réservoir est légèrement suffisante pour la régulation journalière.

### VI.7.2. Analyse de l'état des conduites :

Les conduites d'irrigation mises en place sont de nature ciment-amiante. Elles ont de différents diamètres suivant les débits à véhiculer. Dans cette partie du diagnostic et en raison du manque de ressources humaines et logistiques, nous nous intéressons seulement à l'analyse de la conduite principale et les conduites secondaires. Dans un premier temps, le diagnostic consiste à analyser théoriquement l'état des conduites par une simulation numérique à l'aide de l'EPANET, cette simulation a pour objectif de vérifier si les conduites peuvent théoriquement véhiculer les débits avec des conditions convenables, autrement dit :

- ✓ Les vitesses doivent être comprises entre 0.5m/s et 2m/s

La deuxième étape consiste à compléter cette étude par une enquête sur terrain pour vérifier l'état réel des conduites par des mesures sur terrain.

### VI.7.3. Analyse des bornes :

Il s'agit d'équipement complexe regroupant la vanne à pression aval constant, le limiteur de pression, la vanne d'arrêt et le compteur d'eau. Les bornes sont implantées au niveau du quartier ou de la parcelle, elle peut être équipée d'un, deux ou quatre orifices (prises). Chaque prise déversant un quartier ou une parcelle avec un débit qui lui est propre.[23]

Donc, une borne d'irrigation assure quatre fonctions :

- ✓ Le vannage
- ✓ La stabilisation de la pression
- ✓ La limite du débit
- ✓ Le comptage du volume d'eau délivrée

Notre secteur d'étude possède 92 bornes qui arrosent en moyenne 17.81ha/borne. Le type de borne qui prédomine est A150 pour les grandes parcelles, puis A100 et A80 pour les parcelles de taille moyenne, et enfin le type B pour la petite parcelle.[21]

**Tableau VI. 1 : Les caractéristiques des bornes d'irrigation**

Type de borne	Nombre de prises	Q théorique (l/s) par prise
A150	2	20
A100	2	15
A80	2	10
B	4	7

La première partie de ce diagnostic consiste à vérifier l'état théorique des bornes par la simulation numérique des pressions de service par EPANET. La deuxième étape consiste à compléter l'étude théorique par des mesures et des observations sur terrain et comparer les résultats.

### VI.7.4.L'analyse des ventouses :

Elles sont des équipements hydrauliques qui sont placées aux points hauts systématiques entre 2 vannes. Une ventouse a pour objectif trois fonctions :[19]

1. l'évacuation d'air à grand débit pendant le remplissage de la canalisation
2. le dégazage pendant le fonctionnement normal
3. l'admission d'air à grand débit lors de la vidange

Le diamètre de l'orifice des ventouses est en fonction du diamètre de la conduite à protéger comme il est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau VI. 2: Les différents diamètres de l'orifice des ventouses en fonction du diamètre de la conduite**

Diamètre de la conduite (mm)	Diamètre de l'orifice des ventouses (mm)
$\leq 350$	65
400 ÷ 600	100
700 ÷ 800	150
1250	200
1500	2XØ200

Le diagnostic technique des 47 ventouses qui sont placées dans ce réseau consiste à déverser l'eau sur le haut de la ventouse, l'eau doit s'échapper si non la ventouse est défectueuse.

### VI.7.5.L'analyse des vidanges :

Une vidange de fond est prévue au niveau de chaque point bas du réseau, afin de pouvoir vider les conduites en cas d'une réparation de cotés dernières. Il existe deux types de vidange

- ❖ **Vidange directe** : Ce type est utilisé lorsque nous pouvons évacuer les eaux dans un châaba ou n'importe quel collecteur naturel, d'une façon gravitaire.
- ❖ **Vidange indirecte** : Il est utilisé dans le cas ou dans les alentours il n'existe pas un collecteur suffisamment bas, pour vidanger directement la conduite.[24]

Dans cette partie, le diagnostic consiste à vérifier l'état des vidanges installées dans le réseau.

### VI.7.6.L'analyse du réseau de drainage :

Pour éliminer et évacuer l'excès de l'eau provient essentiellement des pluies pendant la période humide, un réseau de drainage était mis en place. Ce réseau est constitué d'un ensemble de collecteurs (des fossés) sous forme de section trapézoïdal.

Les collecteurs sont des différentes dimensions en fonction de la pente du terrain et le débit à évacuer. Le diagnostic du réseau de drainage consiste à faire une inspection visuelle de chaque ouvrage et ainsi de déterminer l'état de ces ouvrages.

## VI.8.Les Résultats du diagnostic

L'objectif de cette partie de l'étude est d'analyser les résultats du diagnostic et ainsi la détermination de l'état des ouvrages concernés par le diagnostic

### VI.8.1.Le réservoir de régulation journalière :

La comparaison entre le volume théorique nécessaire à la régulation journalière et la capacité théorique du réservoir nous a montré que cette dernière est suffisante pour la régulation. Or, les observations menées sur terrain ont montré que la capacité du réservoir est réduite à cause des dépôts (problème d'envasement), cette réduction est estimée par 15% de la capacité théorique.

Pour les ouvrages annexes du réservoir, il faut noter que la totalité de ces ouvrages sont en bonne état à l'exception de la vanne flottante qui ne fonctionne pas.



**Figure VI. 1: Problème d'envasement du réservoir**

### VI.8.2. Les conduites :

En ce qui concerne les conduites, la simulation numérique à l'aide de l'EPANET nous a montré que la majorité des tronçons peuvent véhiculer théoriquement les débits correspondants avec des vitesses acceptables, à l'exception des deux premiers kilomètres où les vitesses sont légèrement supérieures à 2m/s.

Le diagnostic techniques des conduites n'a pas été réalisé à cause de :

- ✓ L'absence et le manque des dispositifs de mesure ;
- ✓ Les conduites doivent être mises en charge ;
- ✓ les conduites sont sous la terre, donc il est impossible de vérifier l'état de pose

D'après les observations et les données requises par les services gestionnaires de l'ONID, nous pouvons dire que :

- ✓ Les pertes des eaux dans le réseau sont assez importantes dans la conduite principale et les conduites secondaires à cause des fuites, mais l'estimation exacte de ces pertes est difficile.
- ✓ Il faut noter aussi que vu à la qualité des eaux et la qualité des conduites, le problème de colmatage chimique et racinaire ne sont pas posés.
- ✓ Il existe cinq croisements de conduites sur l'oued et un sous le chemin de fer, mais d'après les observations, il faut noter que ces croisements ne sont pas protégés.

### VI.8.3. Les bornes d'irrigations :

En ce qui concerne les bornes, la simulation numérique nous a montré que les pressions de services en têtes de la majorité des bornes sont convenables pour l'irrigation par l'aspersion à l'exception de quelques bornes où les pressions sont moins de 3 bars.

En ce qui concerne le diagnostic technique des bornes, il n'a pas été réalisé complètement à cause du manque de dispositifs de mesure et que la conduite doit être mise en charge. Or, les observations sur terrain nous ont montré que la plus part des bornes sont dans un mauvais état. Il faut signaler aussi que les bornes manquent des pièces hydrodynamiques (limiteur de pression et le limiteur de débit)



Figure VI. 2: Une borne d'irrigation a deux prises

### VI.8.4. Les ventouses :

D'après les observations sur terrain, nous avons constaté que la plus part des ventouses sont utilisées comme des bornes par les agriculteurs. Ainsi, le diagnostic technique a montré qu'il y a juste cinq ventouses parmi les 47 ventouses installées dans le périmètre. Il faut noter que tous les ouvrages de protection sont déformés.



**Figure VI. 3: Une Ventouse**

**VI.8.5. Les vidanges :**

D'après les observations visuelles sur terrain, nous avons remarqué que la plus part des vidanges sont dans un état mauvais à cause de corrosion, en plus, les ouvrage de protections sont déformés.



**Figure VI. 4: Vidange**

### **VI.8.6. Réseau de drainage :**

En ce qui concerne le réseau de drainage et après les investigations sur terrain, nous avons remarqué que :

- ❖ Plusieurs tronçons de ce réseau de drainage sont déformés.
- ❖ L'envasement des canaux par le fait du transport solide
- ❖ Les dépôts des déchets solides dans tous les canaux

### **VI.8.7. Les aménagements :**

En ce qui concerne les aménagements dans notre secteur d'étude, nous avons remarqué après la visite sur terrain que :

1. Les ouvrages de protection sont déformés ;
2. L'inexistence des pistes ;
3. l'aménagement du Oued SAF-SAF n'est pas réalisé.

### **VI.9. Modalités de gestion de l'eau :**

Dans un réseau d'irrigation, la desserte de l'eau présente le mode de gestion ou de régulation ou de distribution de l'eau aux agriculteurs. Cette distribution est régie par un débit maximal que l'irrigant ne peut pas dépasser. Nous distinguons plusieurs modes de gestion, dans notre secteur d'étude, le mode de gestion utilisé est la distribution à la demande.

Dans une distribution à la demande, chaque agriculteur dispose d'une prise vannée sur le réseau collectif de distribution. Elle est effectuée dans le cas où le volume d'eau mobilisé est nettement supérieur au volume demandé, ce qui se répercute (poussivement) sur les débits.

Le rapport entre le débit affecté à chaque prise et le débit fictif continu caractérise la liberté offerte à l'agriculteur quant à l'organisation dans le temps de ses arrosages. Dans ce mode de gestion, l'agriculteur est libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit.[23]

### **VI.10. Étude d'impact :**

#### **VI.10.1. Impact de l'irrigation sur les sols :**

Une dégradation de la qualité des sols se produit sur le long terme à cause de l'utilisation des eaux de mauvaise qualité, l'utilisation intensive des engrais et l'absence ou mauvaise drainage.

### **VI.10.2. Impact sur la nappe :**

Pour combler le déficit agricole, les exploitants agricoles utilisent les eaux souterraines à l'aide des puits ou des forages. D'une part, ceci produit sur le long terme une perturbation des régimes d'écoulement naturel et facilite l'accès des contaminants vers la profondeur surtout avec l'utilisation des engrais hors les normes. Ce qui engendre une pollution des eaux souterraines. D'une autre part, l'utilisation intensive des eaux souterraines engendrent un abaissement du niveau de la nappe et par conséquent le phénomène de l'intrusion marine se produit.

### **VI.10.3. Impact des aménagements :**

Au cours d'un aménagement du périmètre, plusieurs travaux vont être effectués. Ces derniers ont des impacts que ce soient positifs ou négatifs sur l'environnement, parmi ces impacts, nous citons : les mouvements des sols, tassement de la terre, dépôts des matériaux inertes qui peuvent modifier la qualité des sols, la pollution de la nappe et les eaux superficielles.

### **VI.10.4. Impact environnemental des conduites d'amiante :**

Les conduites qui constituent le réseau d'irrigation dans notre secteur d'étude sont de nature ciment amiante. Ce dernier est un mélange de ciment et de fibres d'amiante. Le ciment contribue à la résistance à la compression, l'amiante donne une résistance à tension et à la flexion. Ce Type de canalisation est contre-indiqué pas seulement en raison de sa fragilité mais aussi en raison de l'amiante qui est une substance cancérigène.

L'exposition environnementale à l'amiante est une contamination de l'environnement extérieur et intérieur, qui affecte l'air, les sols et l'eau. Dans le cas des sols, la contamination se fait par les dépôts des résidus. Par contre la contamination des eaux se fait par la circulation des masses d'eau dans les conduites d'amiante. Ainsi, pour les nouveaux raccordements ou dans le cas d'une réparation des conduites, une poussière d'amiante va être dégagée, ce qui peut causer des maladies pulmonaires graves.

## **VI.11. Analyse des contraintes :**

### **VI.11.1. Contrainte liée à la disponibilité de l'eau :**

Notre secteur d'étude est alimenté principalement par le barrage de Zerdazas, mais le volume de ce dernier a diminué à cause du problème d'envasement. Par conséquent et après avoir calculé le volume nécessaire pour l'irrigation des cultures dans notre secteur et le comparé avec le volume alloué pour alimentation du notre secteur, nous avons conclu que ce dernier est insuffisant. Donc, notre zone d'étude est une zone déficitaire, soit un déficit d'ordre  $6.7Mm^3$ .

### VI.11.2. Contraintes techniques et d'entretien :

Après avoir analysé la situation actuelle du périmètre, nous avons distingué les contraintes suivantes :

- Problème d'envasement du réservoir et le dysfonctionnement du flottante ;
- Les fuites dans le réseau de distribution ;
- Les ouvrages de protection des conduites ne sont pas réalisés ;
- Le piquage illicite à partir de la conduite de distribution de l'eau potable, et ce au détriment des bornes d'irrigation ;
- L'absence des appareils des mesures et de contrôle ;
- Manque des équipements hydrauliques au niveau de la borne (limiteur de pression et limiteur de débit)
- Le mauvais état des bornes, des ventouses et des vidanges ;
- La majorité des ventouses sont utilisées comme des bornes d'irrigation par les agriculteurs ;
- Manques des pièces de rechange ;
- La déformation des ouvrages de protection de bornes, les ventouses et les vidanges ;
- Problème d'envasement et de déformation du réseau de drainage ;
- L'inexistence des pistes ;
- L'aménagement du Oued SAF-SAF n'est pas réalisé.

### VI.11.3. Les contraintes environnementales :

Les contraintes environnementales sont présentées par :

- ❖ Risque du rabattement de la nappe avec l'utilisation intensive des eaux souterraines ;
- ❖ Risque de pollution de la nappe et des sols avec l'utilisation des engrais ;
- ❖ Contamination de l'environnement intérieur et l'extérieur par les dépôts d'amiantes.

### VI.11.4. Les Contraintes financières et de la gestion :

- ❖ Le mode de la gestion de l'eau à la demande est inapproprié dans notre cas à cause de la disponibilité de l'eau ;
- ❖ Non maîtrise des outils de gestion ;
- ❖ Manque de collaboration entre les services.

### **VI.12. Les recommandations proposées :**

Dans cette partie, nous essayons de donner quelques recommandations pour régler et éliminer les contraintes présentes dans notre secteur d'étude.

#### **VI.12.1. Recommandations sur la disponibilité de l'eau :**

Pour éliminer le problème de la disponibilité l'eau et après avoir étudié la qualité et estimé la quantité des eaux sorties de la station d'épuration qui est égale environ  $15.33Mm^3$  par année, nous proposons d'alimenter le secteur de cette dernière. Cette solution nécessite une étude détaillée de renforcement et d'adduction.

#### **VI.12.2. Les recommandations concernant le réservoir :**

Pour la remise en état du réservoir, nous proposons les recommandations suivantes :

- ✓ Curage du réservoir pour éliminer la partie envasée.
- ✓ Entretien des appareils (flottants).

#### **VI.12.3. Les recommandations concernant les conduites de distribution :**

Les recommandations nécessaires concernant les conduites de distribution sont :

- ✓ Détection des fuites et la réparation rapide.
- ✓ Rechange des conduites à long terme par des conduites en PEHD et la fonte.

#### **VI.12.4. Les recommandations concernant les appareillages :**

Nous avons proposé les recommandations suivantes pour éliminer les contraintes techniques des appareillages :

- ✓ Installation des équipements hydromécaniques dans les bornes (limiteur de pression et limiteur de débit) ;
- ✓ Rechange des équipements dysfonctionnés.

#### **VI.12.5. Les recommandations concernant le réseau de drainage :**

Nécessitant le curage et le reprofilage à faciliter le ruissèlement des eaux excédentaires, de lutter contre l'engorgement des terres (salinité) et dans le but essentiel de préserver la nappe phréatique.

#### **VI.12.6. Les recommandations concernant les aménagements :**

En ce qui concerne l'aménagement, nous proposons les recommandations suivantes :

- ✓ La réalisation des ouvrages de protection pour les conduites dans les croisements avec l'oued et le chemin de fer ;
- ✓ La remise en état des ouvrages de protection des appareillages ;
- ✓ La réalisation des pistes ;
- ✓ L'aménagement de l'oued.

### **VI.12.7. Les recommandations concernant les contraintes de la gestion :**

Ce qui concerne la gestion nous proposons les recommandations suivantes :

- ✓ Encourager le travail associatif ;
- ✓ Faire des formations pour la maîtrise des outils de gestion ;
- ✓ Définir d'autre mode de gestion de l'eau approprié pour notre secteur ;
- ✓ Utilisation du pilotage d'irrigation.

### **VI.12.8. Aperçu sur le pilotage d'irrigation :**

Le pilotage de l'irrigation, appelé encore conduite ou programmation des arrosages, consiste à répondre à trois questions essentielles : quand irriguer, quelle dose prévoir, comment l'apporter ? Auxquelles il faut pouvoir répondre avec une précision maximale pour garantir un potentiel de production quantitatif et qualitatif à moindre coût en évitant tout apport d'eau inutile et parfois nuisible.

Le pilotage de l'irrigation aura donc pour but, d'éviter le stress hydrique sur l'ensemble du cycle de la culture afin d'avoir une production maximale sans contrainte d'alimentation en eau, et l'optimisation de l'utilisation de l'eau quand les ressources sont limitées.[17]

Parmi les méthodes de pilotage, nous trouvons que les capteurs d'humidité des sols sont les plus utilisés. Leur principe de fonctionnement consiste à irriguer, quand la valeur d'humidité du sol est inférieure à une valeur de référence, à ce moment, les électrovannes s'ouvrent et l'irrigation commence. Si la valeur de l'humidité du sol augmente jusqu'à ce qu'elle sera supérieure à la valeur de référence, les électrovannes se ferment et donc l'irrigation s'arrête. Ce fonctionnement est géré par un automate. Les figures VII.1 et VII.2 expliquent respectivement leur principe d'installation et du fonctionnement.

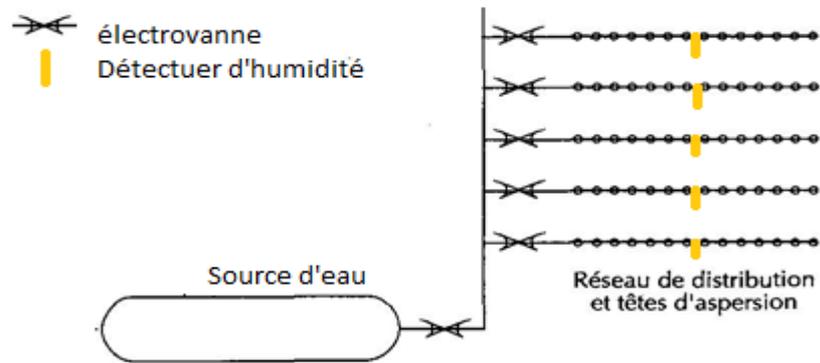


Figure VI. 5.Schéma synoptique d'installation des capteurs et des électrovannes

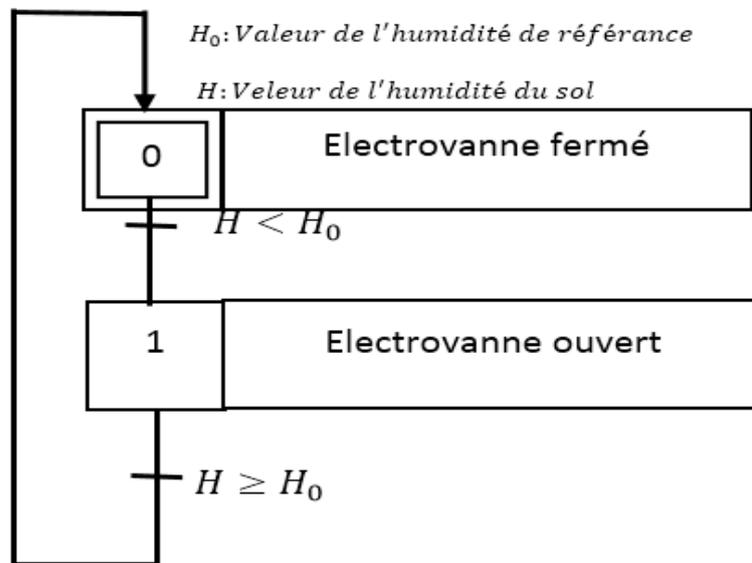


Figure VI. 6.Principe de Fonctionnement des capteurs par Grafset

#### VI.12.9.Aperçu sur le renforcement du périmètre à partir de la station d'épuration :

Dans cette partie, nous essayons de donner un aperçu sur la variante de renforcement du périmètre à partir de la station d'épuration, ainsi de donner une idée sur les caractéristiques de la station du pompage.

##### VI.12.9.1.Variante proposée :

Pour renforcer le périmètre, nous proposons la variante suivante : l'alimentation du réservoir de la régulation journalière en tête du périmètre à partir un bache d'eau existant de capacité totale de 4050m<sup>3</sup> par une conduite de refoulement de longueur 6030m, ce dernier est

alimenté par la station d'épuration par une conduite gravitaire en acier de diamètre 1200mm et d'une longueur de 5m.

Nous tenons compte des critères suivants dans le choix du matériau de la conduite :

- ✓ la disponibilité ;
- ✓ Le cout ;
- ✓ les diamètres disponibles ;
- ✓ la facilité de la pose et d'entretien ;
- ✓ le calcul technico-économique.

Le calcul du diamètre se fait sur la base du diamètre économique à l'aide de la formule du Bonin

$$D_{ec} = \sqrt{Q}$$

Donc  $D_{ec} = 1.42m$  or  $D_{nor} = 1500mm$  donc la nature des conduites seront en fonte ductile.

### VI.12.9.2.Caractéristiques de la pompe :

Notre station de pompage est dimensionnée à partir d'un débit maximal donc, il faudra choisir un nombre de pompes qui assure un débit total égal à ce débit maximum. Il faut aussi assurer le secours de la station, par une ou deux pompes de secours, pour les utiliser en cas de panne.

Les critères à respecter dans le choix sont :

- Nombre minimal de pompes
- Rendement plus important.
- NPSH requis minimum.
- Puissance absorbée minimale
- Le nombre de tours par min plus important

Pour le dimensionnement de la station du pompage nous avons besoins de :

- Hauteur manométrique totale (Hmt) 14m
- Débit à refoulé  $2.3m^3/s$

à l'aide du catalogue Caprari nous avons opté pour le choix suivant :

**Tableau VI. 3 : les caractéristiques de la pompe choisie**

N	Q (m3/s)	Hmt (m)	Pompe	n (%)	N (tr/min)	P(kw)	NPSHr (m)
6	0.37	14	PM(80/3A)	75.6	1450	152	4.94

### VI.13. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons analysé la situation actuelle de notre secteur d'étude. Cette analyse a pour objectif de faire un diagnostic général du périmètre, d'analyser l'état des ouvrages et de déterminer les points de dysfonctionnement afin de donner les recommandations nécessaires pour la réhabilitation.

En premier lieu, nous avons fait une étude théorique concernant l'état théorique de l'ouvrage de régulation, les conduites de distribution et les bornes d'irrigation. En deuxième lieu, nous avons complété l'étude théorique par des observations sur terrain afin de connaître l'état réel des ouvrages.

Par la suite nous avons tirés toutes les contraintes présentées dans notre secteur d'étude. Ces contraintes sont liées à la disponibilité de l'eau, des contraintes techniques et de l'estrien et des contraintes de la gestion.

Après avoir analysé ces contraintes, nous avons proposé les recommandations nécessaires pour la réhabilitation. Parmi elles, nous avons proposé un renforcement du périmètre à partir de la station d'épuration, une mise en état des ouvrages et des infrastructures dégradées, un reprofilage des fossés de drainage, une réalisation des aménagements nécessaires et un système de pilotage d'irrigation.

Le chapitre suivant a pour but de détailler le calcul de dimensionnement du nouveau réseau de distribution ainsi le dimensionnement à la parcelle.

Chapitre VI :  
Dimensionnement du  
réseau de distribution  
et le  
dimensionnement à  
la parcelle

### **VII.1.Introduction**

Après avoir tiré les contraintes techniques dans notre secteur d'étude et proposé les recommandations nécessaires pour la réhabilitation, ce chapitre a pour objectif de redimensionner le réseau de distribution. Ainsi de faire le dimensionnement à la parcelle, nous tenons considération la technique la plus appropriée pour notre secteur d'étude.

### **VII.2.Dimensionnement du réseau de distribution :**

Dans cette partie, nous essayons de redimensionner le réseau de distribution avec un autre matériau hors le ciment-amiante. Cette solution est efficace mais elle est couteuse, il faut noter aussi qu'il s'agit d'une solution rentable et efficace mais elle est couteuse, donc nous le recommandé pour long terme et que le remplacement du réseau ne se fait pas immédiatement.

#### **VII.2.1.Choix du matériau des conduites :**

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique. Parmi les matériaux utilisés on peut citer : la fonte, le PVC, le PEHD et Béton précontraint. Nous utiliserons les conduites en PEHD (polyéthylène à haute densité) pour les conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 400 mm et inférieur à 25 Bars, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 630 mm.

#### **VII.2.2.Les ilots et les bornes d'irrigation :**

Ce qui concerne les ilots et les parcelles, nous avons gardé le même découpage existant. Donc les surfaces des bornes restent les mêmes.

#### **VII.2.3.Tracé du réseau de distribution :**

Lors du tracé du réseau de distribution, nous prenons en considération les critères suivants :

- ✓ Chercher le tracé le plus court ;
- ✓ Eviter les traversés des routes et des oueds s'il est possible ;
- ✓ Eviter les changements de direction brusque.[23]

#### **VII.2.4.Le calcul hydraulique :**

Le dimensionnement des conduites est parmi les problématiques auxquelles doit résoudre l'ingénieur. Dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doit répondre aux normes hydrauliques des vitesses admissibles, c'est-à-dire il faut éviter les vitesses supérieures à 2m/s et inférieures à 0.5m/s. Dans notre étude, on prend une vitesse dans la conduite égale à 1.25 m/s.

### VII.2.4.1. Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses :

$$D = 1000 \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Avec :

- D : diamètre du tronçon en (mm) ;
- Q : le débit véhiculé par le tronçon en  $m^3/s$  ;
- V : la vitesse admissible pour notre cas, elle est égale à 1.25m/s.

### VII.2.4.2. Calcul des pertes de charge et les pressions de services :

Ce qui concerne le calcul des pertes de charges et les pressions de service aux têtes des bornes, le calcul se fait à l'aide d'une simulation numérique par EPANET après le calcul et la normalisation des diamètres. Nous rappelons que la formule utilisée pour le calcul des pertes de charge par EPANET est celle de Hazen-Williams et elle est donnée par l'expression suivante :

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

$C_{hw}$  est le coefficient de perte de charge qui dépend du type de matériau il varie entre 130 et 150 pour le PEHD et la fonte.

### VII.2.5. Les résultats de dimensionnement et de la simulation :

#### VII.2.5.1. Les Diamètres :

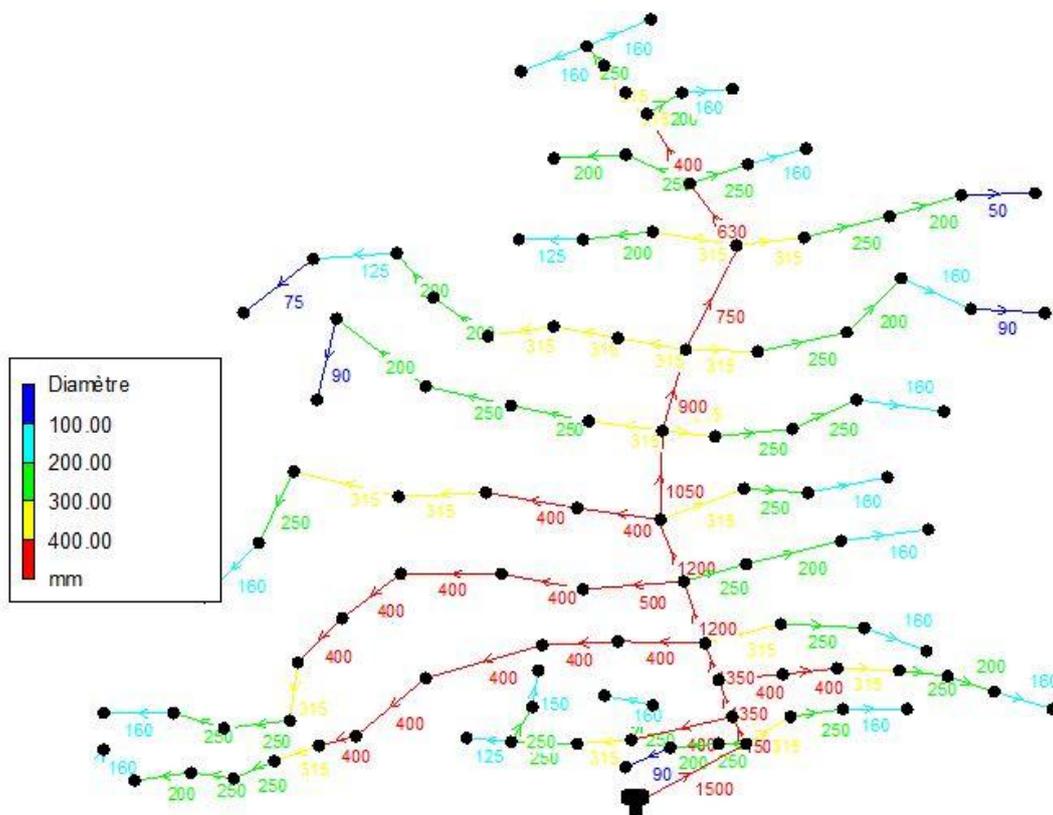
D'après le dimensionnement, nous avons eu les diamètres normalisés comme suite

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

**Tableau VII. 1 : Etat quantitatif des diamètres utilisés pour les conduites en fonte :**

Matériaux	D (mm)	Longueur (m)	
<b>Fonte</b>	1500	990	<b>4305</b>
	1350	1040	
	1200	1035	
	1050	420	
	900	360	
	750	460	
<b>PEHD</b>	630	340	<b>11626</b>
	500	250	
	400	1774	
	315	2470	
	250	1335	
	200	1735	
	160	2240	
	125	562	
	90	320	
	75	260	
	50	340	

Ainsi la répartition spatiale des diamètres dans le réseau est donnée par le schéma suivant :



**Figure VII. 1 : La répartition des diamètres dans le réseau de la distribution**

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

### VII.2.5.2. Les vitesses :

Ce qui concerne les vitesses et d'après l'exploitation des résultats de la simulation nous avons observé que les vitesses varient entre 1.11m/s et 1.77m/s, ces valeurs sont acceptables et ne posent aucun danger, La répartition des vitesses dans le réseau est donné par le figure suivant :

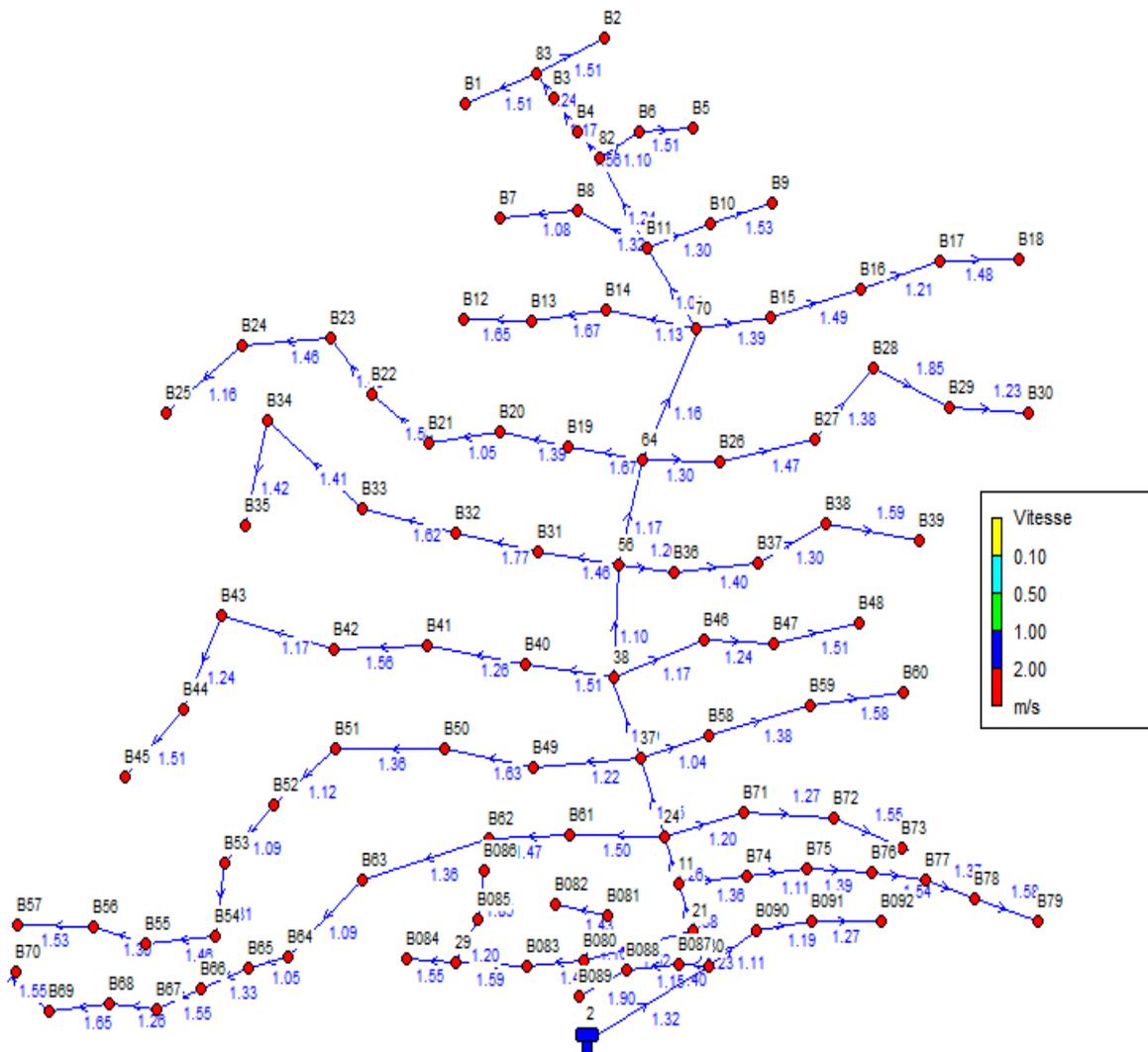


Figure VII. 2 La répartition des vitesses dans le réseau

### VII.2.5.3. Les pressions de services :

Les pressions de services aux têtes des bornes varient entre 52.20 et 82.9m c'est-à-dire entre 5.2 bar et 8.3 bar. D'après ces résultats, nous avons conclu que ces pressions sont bonnes pour n'importe qu'elle technique d'arrosage et qu'il faut utiliser des conduites de pression nominale PN16 et que les bornes doivent être équipées par des limiteurs de pression. Les répartition des pressions sont données par le schéma suivant :

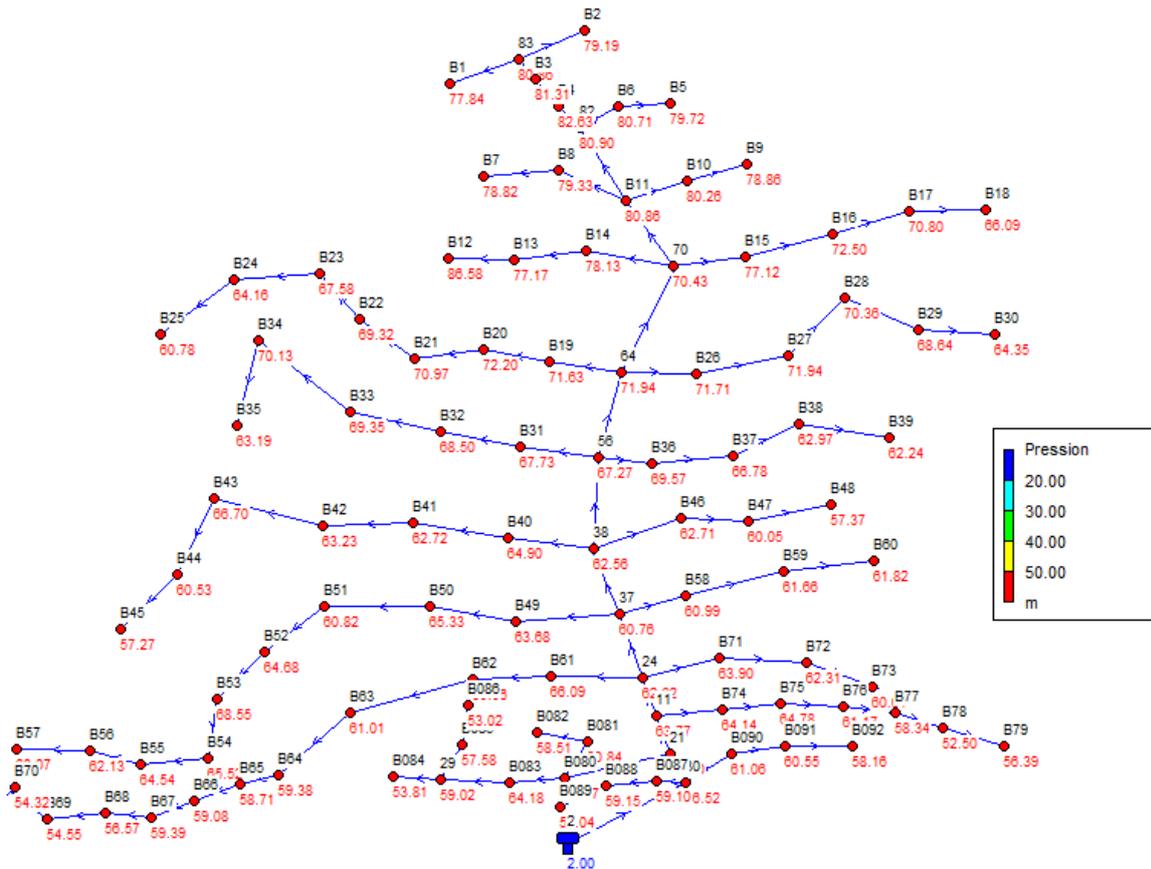


Figure VII.3 Les valeurs des pressions de services aux têtes des bornes

### VII.3. Les techniques d'irrigation :

#### VII.3.1. Les différentes techniques d'irrigation : [25]

Les techniques d'arrosages peuvent être regroupées en trois (03) classes :

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

#### VII.3.2. L'irrigation de surface :

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

### **VII.3.3.L'irrigation par aspersion**

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures sous forme de gouttes de pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression. Pour cette technique d'irrigation, aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Pour ce qui est de type de sol, l'irrigation par aspersion s'adapte à tous les types de sols ayant une bonne capacité d'infiltration ( $I > 4$  mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à  $I < 50$  mm /h pour sols perméables). Dans le cas de sols très argileux et très peu perméables, l'irrigation par aspersion est déconseillée

### **VII.3.4.L'irrigation localisée**

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

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

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surfaces plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs)

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 80% à 95%.

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

### **VII.3.5.Choix des techniques d'irrigation :**

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

- La pente du terrain à irriguer ;
- Le débit dont on dispose ;
- Nature du sol (perméabilité) ;
- La qualité de l'eau ;
- Facteur économiques ;
- Rentabilité de l'opération.

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

---

Donc, après avoir analysé les facteurs des choix, nous avons choisi d'utiliser l'irrigation localisée (goutte à goutte).

### VII.4. Dimensionnement à la parcelle :

#### VII.4.1. Données générales :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

- ✓ **Culture** : agrume
  - Espacement entre arbres : 4 m
  - Espacement entre rangs : 4 m
- ✓ **Caractéristique du goutteur** :
  - Débit nominal : 4 l/h
  - Pression nominale : 10 m.c.e
  - Espacement des goutteurs : 1 m
  - Le nombre de goutteur par arbre : 2
- ✓ **Caractéristiques des conditions climatiques**
  - Besoins en eau de pointe = 136.28 mm/mois = 4.4mm/jour (mois de juillet)
- ✓ **Caractéristiques des conditions de travail**
  - Temps maximum journaliers de travail : 22 heures
- ✓ **Détermination des données de bases** :
  - Surface totale à irriguer  $s(t) = 3.6$  ha
- ✓ **Influence du taux de couverture du sol**

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite, nous appliquons alors la notion du coefficient de réduction :  $K_r$

$K_r$  dépend du taux de couverture du sol ( $C_s = 60\%$ ) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

- ❖ KELLER et KARMELI (1974) :  $K_r = \frac{C_s}{0.85}$
- ❖ La formule de Freeman et Garzoli :  $K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$
- ❖ La formule de Decroix (CTGREF) :  $K_r = 1 + C_s$

Pour notre cas, nous considérons un taux de couverture égal à 60% (pour les arbres adultes) donc :

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

**Tableau VII. 2 Les valeurs du coefficient de réduction par les différentes méthodes**

Méthode	Keller et Karmeli	Keller et Karmeli	Decroix (CTGREF)
<b>Kr</b>	0.7	0.8	0.7

☞ **On prendra un coefficient Kr = 0.80**

Donc, les besoins en eau d'irrigation localisée seront calculés par la formule suivante :

$$ETM_r = ETP \cdot K_r \qquad \text{OR } ETM_r = 3.52mm/j$$

✓ **Besoins en eau brut :**

Pour le calcul des besoins en eau brut dans l'irrigation localisé, nous devons diviser les besoins nets par le rendement de l'irrigation à la parcelle qui est égal à 0.9

Donc :  $B_{brut} = 3.62mm/j$

✓ **Dose pratique (Dose nette) :**

Elle est définie comme étant une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire, elle est donnée par l'expression suivante :

$$D_{net p} = RFU \cdot P$$

Avec **RFU** : réserve facilement utilisable ;

**P** : pourcentage de sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre (2 par arbre)

S<sub>pd</sub> : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)

S<sub>h</sub> : Largeur de la bande humidifiée (1m)

S<sub>r</sub> : Ecartement entre rangs d'arbre (4m)

S<sub>a</sub> : espacement des arbres sur les rangs (4m)

D'où P = 25% et donc la dose nette corrigée est égale  $D_{net} = 32.48mm$

✓ **Fréquence des arrosages**

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

---

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{Bjl} = \frac{32.48}{3.52} = 9.23 \text{ jours}$$

Donc, on prend une fréquence d'arrosage de **Fr = 10 jours**.

Après détermination de la fréquence d'arrosage, on recalcule :

✓ **La dose réelle**

Elle est définie par l'expression suivante :

$$D_r = F_r \cdot B_j$$

Donc  $D_r = 10 \cdot 3.52 = 35.2 \text{ mm}$

✓ **La dose brute**

$$D_{\text{brute}} = \frac{D_r}{C_u \cdot \text{eff}} = \frac{35.2}{0.9 \cdot 0.9} = 43.45 \text{ mm}$$

✓ **Durée d'arrosage par mois :**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$\theta = \frac{D_n \cdot S_a \cdot S_r}{n \cdot q_g}$$

Sr et Sd espacement entre rang et distributeur, n et Qg nombre et débit du goutteur

$$\theta = 43.45 \text{ heures/mois}$$

✓ **Durée d'arrosage journalier :**

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{F_r} = \frac{43.45}{10} = 4.4 \text{ heures/jour}$$

✓ **Nombre de poste :**

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{4.4} = 5 \text{ postes}$$

✓ **Surface du poste (théorique) :**

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{3.6}{5} = 0.72 \text{ ha}$$

✓ **Nombre des goutteurs**

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

---

Le nombre de goutteurs par hectare = nbre d'arbre par hectare x Nbre goutteurs

$$10000 / (4 \times 2) \times 3.6 = 4500 \text{ goutteurs}$$

### VII.4.2. Conditions hydrauliques de base

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

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

La variation maximale de la pression

$$q = K \times H^x \quad \text{Avec } x=0.5 \text{ (caractéristique du goutteur)}$$

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec : **q(g)** : débit nominal du goutteur

**H(n)** : pression nominale

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\text{max.})}{10}$$

$$\Delta H(\text{max}) = 1/0.5 = 2 \text{ m.c.e}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$\text{Perte de charge singulière : } \Delta H = p.c.s + p.c.l$$

$$\text{Avec } p.c.s = 10\% * \Delta H = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{Perte de charge linéaire : } p.c.l = \Delta H - p.c.s = 1.8 \text{ m}$$

- 1/3 sur les porte- rampes P.d.c (pr) = 0,6 m c e ;
- 2/3 sur les rampes P.d.c (r) = 1,2 m c e.

#### VII.4.3.1. Calcul des débits :

$$Q_r = Q_g \times N_r$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_p$$

**Q<sub>r</sub>** : débit de la rampe ; **Q<sub>g</sub>** : débit de goutteur ; **N<sub>r</sub>** : nombre de rampe ; **N<sub>pr</sub>** : nombre de porte rampe

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

- Longueur du terrain = 500 m
- Largeur du terrain = 72 m, donc la surface est de 3.6 ha.
- La porte rampe coupe la surface du terrain au milieu de la parcelle, donc on a :
- La longueur de la rampe : 72 m
- La longueur de la porte rampe : 250;
- La longueur de la conduite secondaire : 20 ;

### VII.4.3.2. Dimensionnement des canalisations du réseau :

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes sont calculés d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left[ \frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[ \frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- Ør (cal) : le diamètre de rampes
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe

### VII.4.3.3. Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges qui sont calculées par la formule de Hazen-williams :

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

Cw : coefficient de la perte de charge (120 à 140 pour PEBD)

### VII.4.3. Le Calcul hydraulique

Les résultats de calcul sont représentés dans les tableaux suivants :

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

**Tableau VII. 3: Les résultats de dimensionnement hydraulique de la rampe**

Paramètres Calculées	Lr (m)	Qr (l/h)	Hl(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Pdc (m)
<b>Résultats</b>	72	253	1.2	12.37	16	0.92

**Tableau VII. 4: Les résultats de dimensionnement hydraulique de porte rampe**

Paramètres calculées	Lpr (m)	Qpr (l/h)	Hl(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Pdc (m)
<b>Résultats</b>	250	15876	0.6	86.93	90	0.3

D'après les résultats obtenus, nous concluons que la règle de Christiansen est vérifiée.

### VII.4.3.1. Calcul de diamètre de la conduite d'approche (C. tertiaire)

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

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

avec : Q : débit de la conduite considérée (m<sup>3</sup>/s) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s).

**Tableau VII. 5 Calcul de diamètre de la conduite tertiaire**

Surface ha	L(m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
1.74	30	0.0441	1.05	69	90	0.43	0.11

### VII.4.3.2. La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution à la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

Les pertes de charge de la borne jusqu'au gouteur le plus défavorable :

Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle

**Tableau VII. 6 Calcul de diamètre de la conduite tertiaire**

	La rampe	Porte rampe	Conduite tertiaire
Longueur(m)	150	58	30
Diamètre(m)	16	90	90
Débit (l/h)	253	15876	15876
Pertes de charge(m)	0.92	0.3	0.11

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ;

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 11.17 = 1.2 \text{ bars.}$$

### **VII.5 Conclusion :**

Dans ce chapitre et dans le cadre de la réhabilitation de secteur I du périmètre SAF-SAF dans la willaya de Skikda, nous avons dimensionné le réseau de distribution. La première étape dans ce dimensionnement était le choix des matériaux des conduites et le tracé du réseau. Ce qui concerne les conduites, nous avons utilisé la fonte ductile pour les diamètres supérieurs à 630mm et PEHD pour les diamètres inférieurs ou égaux 630mm. Alors, dans le tracé, nous avons considéré le tracé le plus court et nous avons évité les croisements avec l'oued au maximum mais nous avons eu quatre croisements.

Pour le calcul des diamètres, nous avons pris en considération les vitesses admissibles dans l'utilisation de l'équation de continuité. La vérification des vitesses et le calcul des pertes de charges et les pressions en service sont faits à l'aide de la simulation numériques par EPANET. Nous avons remarqué que les vitesses varient entre 1.02 et 1.77m/s et les pressions varient entre 5.2 et 8.3 bar.

Après avoir dimensionné le réseau de distribution, nous avons abordé le choix de technique d'irrigation utilisé ainsi le dimensionnement de l'irrigation à la parcelle, effectué par le système goutte à goutte, qui est un système plus efficace. Dans notre cas, nous avons dimensionné une parcelle d'agrumes. Le dimensionnement prend en considération des facteurs agronomiques et hydrauliques.

Dans le prochain chapitre nous abordons l'organisation de chantier et l'estimation du coût du projet.

Chapitre VI :  
Organisation du  
chantier et estimation  
du cout

### VIII.1.Introduction :

Afin que notre projet soit exécuté dans les meilleures conditions possibles, deux opérations doivent être étudiées. Ces deux opérations sont l'organisation de chantier et l'estimation des devis. L'objectif de ces deux opérations est de déterminer et de coordonner la mise des moyens nécessaires pour une réalisation et une exécution des travaux dans des délais courts et de moindre coûts.

### VIII.2.Les différents travaux sur chantier :

La réhabilitation du notre secteur d'étude nécessite un remplacement des conduites en ciment amiante par des conduites en PEHD et fonte ductile. Pour affecter ce projet de réhabilitation, nous devons exécuter les travaux suivants :[26]

#### VIII.2.1.Exécution de la tranchée

L'installation des conduites d'irrigation nécessite l'exécution du tranché. La largeur de ce dernier 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.

#### VIII.2.2.Assise de la conduite :

Lorsque l'excavation 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.

#### VIII.2.3.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.

#### VIII.2.4.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.

#### VIII.2.5.Engins nécessaires pour l'exécution des travaux :

- ✓ Pelle excavatrice pour le terrassement de la tranchée.

- ✓ Bulldozer 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.

### VIII.3. Devis estimatif des travaux :

Dans cette partie, nous essayons de donner un devis estimatif du cout, en premier lieu nous allons faire une estimation approximative du devis concernant les travaux ensuite nous calculons le cout des conduites.

#### VIII.3.1. Calcul volume du travail

Pour calculer le volume total du travail il faut calculer au début le volume du travail pour les opérations suivantes :

➤ **Le volume de décapage :**

$$V_{cv} = B.h.L \text{ (m}^3\text{)} \quad S = B.h \text{ (m}^2\text{)}$$

Avec L : longueur du tranché

B : largeur du tranché

h : hauteur de la couche

➤ **Le Volume du déblai**

$$V_d = L . b . H$$

V<sub>d</sub> : Volume des déblais de la tranchée en (m<sup>3</sup>) ;

L : Longueur de la tranchée en (m) ;

H : profondeur de la tranchée (m).

➤ **Volume du lit de sable**

$$V_s = L.b .e$$

Avec : V<sub>s</sub> : volume du sable en (m<sup>3</sup>) ;

e : épaisseur du sable, e = 10 cm.

➤ **Remblaiement des tranchées**

$$V_r = V_d - [V_{cdt} + V_s]$$

Avec :  $V_r$  : Volume du remblai en (m3) ;

$V_d$  : Volume du déblai en (m3) ;

$V_{cdt}$  : Volume occupée par la conduite (m3) ;

$V_s$  : Volume du lit de sable (m3).

➤ **Le volume excédentaire**

$$V_{exc} = V_d - V_r$$

Le tableau suivant regroupe les résultats :

**Tableau VIII. 1 : estimation du cout d'enlèvement de l'ancienne canalisation et pose de la nouvelle canalisation du réseau de distribution**

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
déblai en terrain	m3	384.02	300.00	10080900
Lit de sable	m3	3.6	800.00	1340000
Remblais de la tranchée	m3	250000	200.00	50000000
Volume de la couche végétale	m3	20.6	400.00	6702400
volume excédentaire	m3	8603	200.00	1720600
			<b>TOTAL 1 (HT)</b>	<b>69843900</b>
			<b>TVA 1 (17%)</b>	<b>11873463</b>
			<b>Montant TTC 1</b>	<b>81717363</b>

**Tableau VIII. 2 : estimation du quantité et cout de travail pour la réalisation du station du pompage**

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Décapage	m3	20	300.00	6000
excavation	m3	438	800.00	350400
Remblais compacté	m3	1047	200.00	209400
Béton de propreté	m3	3.6	8000.00	28800
Béton armé	m3	72	35000.00	252000
Maçonnerie	u	16400	40	65600
<b>TOTAL 1 (HT)</b>				<b>3770600</b>
<b>TVA 1 (17%)</b>				<b>641002</b>
<b>Montant TTC 1</b>				<b>4411602</b>

**Tableau VIII. 3 : estimation du quantité et cout de travail pour la réalisation de l'adduction :**

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
déblai en terrain	m3	82295	300.00	24688500
Lit de sable	m3	12813	800.00	1025400
Remblaiement de la tranchée	m3	58824.8	200.00	11764960
volume de la couche végétale	m3	500.6	400.00	200240
volume excédentaire	m3	23470.2	200.00	2694040
<b>TOTAL 1 (HT)</b>				<b>51598140</b>
<b>TVA 1 (17%)</b>				<b>8771683.8</b>
<b>Montant TTC 1</b>				<b>60396824</b>

### VIII.3.2. Devis estimatif de la

Dans le calcul du devis estimatif pour le réseau de distribution, nous avons tenu compte des considérations suivantes :

- 1- Transport et pose 10% du coût de la conduite.
- 2- Pièces spéciales 20% du coût de la conduite,

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau VIII. 4 : estimation des prix des conduites du réseau de distribution**

Type	D(mm)	Longueur (m)	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)	transports et Pièces spéciale (DA)
<b>PEHD</b>	630	340	11409	3879060	1163718
	500	250	8672	2168000	650400
	400	1774	6542	11605508	3481652.4
	315	2470	2606	6436820	1931046
	250	1335	1689	2254815	676444.5
	200	1796	1081	1941476	582442.8
	160	2240	980	2195200	658560
	125	562	872	490064	147019.2
	90	320	632	202240	60672
	75	260	534	138840	41652
	50	340	450	153000	45900
<b>Fonte</b>	1500	7290	49781	362903490	108871047
	1350	1040	44566	46348640	13904592
	1200	1035	39647	41034645	12310393.5
	1050	420	32548	13670160	4101048
	900	360	26728	9622080	2886624
	750	460	22456	10329760	3098928
<b>Total (HT)(DA)</b>				<b>524373798</b>	<b>157312139.4</b>
<b>Total (HT) (DA)</b>				<b>681685937.4</b>	
<b>TVA (17%) (DA)</b>				<b>115886609.358</b>	
<b>Montant TTC (DA)</b>				<b>797572546.758</b>	

Le devis total sera donc la somme du cout de travaux et le cout des conduites, après le calcul nous avons trouvé que le projet de réhabilitation coute **944098335.758 DA.**

#### **VIII.4.Sécurité et protection de travail :**

Dans cette partie, nous essayons de donner un aperçu sur les instructions et la réglementation lors de l'enlèvement des conduites du ciment-amiante et l'emplacement du nouveau réseau.

Dans le cas de la pose ou de l'enlèvement des conduites, il convient de rappeler que tout travail qui n'exige pas des excavations est dangereux par nature. Ce risque est aggravé lorsque nous sommes en présence de matériaux reconnus par leurs fragilités et leurs dangers sur la santé et l'environnement. Pour cette raison, il est indispensable de définir la réglementation et les instructions nécessaires lors de ces travaux pour la protection de la vie humaine et l'environnement. Parmi ces mesures de sécurité dans ce cas exceptionnel, nous citons :

- ✓ Personnel portant les équipements de protection individuelle (EPI).
- ✓ Travaillez avec précaution
- ✓ Mouillez le matériau
- ✓ N'utilisez pas d'outil de coupe rapide pour ne pas alerter le matériau.
- ✓ Contrôle des mesures d'air ambiant par un laboratoire agréé.
- ✓ Zone balisée d'un périmètre minimum de 5 mètres pour protéger les alentours.
- ✓ Emballage spécial des déchets par des sacs à double couche.
- ✓ Les déchets doivent être évacués vers des centres de tri-regroupement de déchets de ce type, ainsi que vers des centres d'enfouissement technique.

Les mesures de protection dans le cas normal lors l'enlèvement ou la pose des conduites sont :

- ✓ L'utilisation des équipements de protection individuelle.
- ✓ L'échafaudage et le blindage des tranchées supérieures à 2m de profondeur.
- ✓ Le balisage et la signalisation.

### **VIII.5. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons défini la notion d'organisation de chantier et l'estimation des devis. Le but essentiel de ces notions est de garantir l'exécution du projet dans les meilleures conditions. Tout d'abord, nous avons défini toutes les tâches et les opérations nécessaires pour le projet de réhabilitation. Puis, nous avons choisi les engins les plus appropriés pour le bon déroulement des différentes étapes du projet. Par la suite, nous avons passé au calcul des délais des projets et la définition du chemin critique par la méthode du réseau à nœud. Enfin, nous avons calculé le devis estimatif des travaux de réhabilitation.

# Conclusion générale

## Conclusion générale :

Durant la dernière décennie, l'Algérie a connu une pénurie d'eau en cause de la sécheresse chronique qui sévit dans le pays, suivie d'une exploitation abusive des ressources en eau sans étude préalable ayant répandu un gaspillage énorme qui a causé des dégradations et des dysfonctionnements des infrastructures dans les périmètres d'irrigation.

Pour cette raison et dans le cadre d'obtenir un diplôme d'ingénieur en hydraulique, l'inutilité de notre projet de fin d'étude est « étude de diagnostic et de la réhabilitation du périmètre SAF-SAF (secteur 1) à partir du barrage de Zerdazas de la willaya de Skikda (1720ha). »

Pour atteindre notre objectif, nous avons mise en évidence une analyse des conditions naturelles du milieu et nous avons conclu que notre région est caractérisée par un climat de type Subhumide TEMPERES, qui reçoit une moyenne de pluies (dont les moyennes annuelles sont de 670mm). Cela nous a permis de distinguer deux saisons :

- Une saison caractérisée par des températures supérieures à 20°C ( de Mai à Octobre ) ;
- Une saison où les températures ne dépassent pas les 20°C et ne descendent que rarement au-dessous de 12°C

Par la suite nous avons étudié la problématique liée à la disponibilité de l'eau et nous avons conclu que le volume utile du barrage de Zerdazas est diminué à cause du problème d'envasement. Donc nous avons étudié la possibilité d'irrigué à partir d'autre source comme la nappe du SAF-SAF et la station d'épuration. Après avoir analysé les ressources en nous avons abordé l'étude agro-pédologie qui est une étape très essentielle dans les projets d'irrigation et nous avons tirés les paramètres qui entre dans notre étude.

A partir des données pluviométrique requit par les services de gestionnaire de L'ANRH, nous avons abordé l'étude hydrologie a fin de déterminer l'année de calcul. Dans cette partie nous avons comblé les lacunes par la méthode de régression linaires, tester l'homogénéité par le teste de Wilcoxon, ajustement par des lois statistiques et nous avons conclu à partir de teste de khi carré que notre échantillon s'ajuste mieux avec la loi normal.

Après la détermination de l'année de calcul, nous avons calculé les besoins en eau d'irrigation nous basons sur l'équation du bilan hydrique. Les besoins sont estimés à l'ordre de 9.9Mm<sup>3</sup> qui nous donne un déficit de l'ordre de 6.7Mm<sup>3</sup>.

L'analyse de l'état actuelle du périmètre et l'analyse des contraintes nous a montré que la plus part des infrastructures sont dégradés et les appareillages sont trouvées dans un mauvais état. Notre recommandation pour la réhabilité ce périmètre est de mise en état les infrastructures dysfonctionné, remplacement des conduites en ciment-amiante par des conduites en PEHD et de fonte, le renforcement du périmètre à partir de la station d'épuration et réalisé les aménagements nécessaires. Par la suite nous avons abordé le dimensionnement détaillé le nouveau réseau de distribution et le dimensionnement à la parcelle.

À la fin nous avons complété notre étude par une étude d'organisation de chantier et d'estimation du devis

# Référence bibliographie

## Référence Bibliographie

- [1] : MOKHBI, Raoua. Irrigation du périmètre SAF-SAF secteur 1 à partir de la station d'épuration de la Wilaya de Skikda. Mémoire de fin d'étude. ENSH BLIDA. 2012
- [2] : HADEF, Djaber Abdellah. Irrigation du périmètre SAF SAF « secteur 1 » à partir des eaux épurées de la STEP de Hamadi Krouma (W.Skikda). Mémoire de fin d'étude. ENSH BLIDA.2013.
- [3] : MEDJANI, Fethi. Ressources en eau, vulnérabilité et développement durable dans la plaine de SKIKDA (NE Algérien). Mémoire du Magister. UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA, Faculté des Sciences de la Terre, Département de géologie.2007
- [4] : BEN RABAH, Samia. Etat actuel des ressources en eau dans la Wilaya de Skikda (essai de synthèse) bilan – gestion perspective. Mémoire du Magister. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA Faculté des sciences de la Terre Département de Géologie.2006
- [5] : BOURAZI, Hania. Protection contre les inondations de la ville de Skikda. Mémoire de fin d'étude .ENSH . 2010
- [6] : Gobat J.M, Agrano M., Matthey W, 2010 : Le sol vivant, base de pédologie biologie des sols. Presses universitaires et romandes, EPFL, Lausanne, Suisse.
- [7] : AZOUZ, Soria. Diagnostic d'un réseau d'irrigation localisée d'une parcelle située à Guerrouaou. Mémoire de fin d'étude .ENSH BLIDA . 2005.
- [8] : AMEURI, M'HAMED ANOUAR. Drainage Agricole De La Plaine De Ghriss (W.MASCARA) . Mémoire de fin d'étude .ENSH BLIDA. 2011.
- [9] : LOUAMRI, Abdelaziz. LE BASSIN-VERSANTDE LA SEYBOUSE (Algérie orientale) : HYDROLOGIE ET AMENAGEMENTDES EAUX. UNIVERSITE DE CONSTANTINE. THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES.2013.
- [10] Meddi M., Meddi H. (2005) : étude de la persistance de la sécheresse au niveau de sept plaines algériennes par utilisation des chaînes de Markov (1930-2003) Courrier du Savoir N°09. Mars 2009
- [11] BELAGOUNE, FARES. ETUDE ET MODÉLISATION DES CRUES DES COURS D'EAUX EN MILIEU SEMI ARIDE « Cas des grands bassins versants 05, 06 et 07 ». Mémoire du Magister. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE ET SCIENCES DE LA MATIERE Département d'hydraulique et de génie civil.2012.
- [12] Touaibia, Benina. Manuel pratique d'hydrologie.2ème édition. Alger18. Mars 2004.
- [13] Girault, M. Eléments de méthodologie statistique.1<sup>er</sup> edition. Paris : Dunod, 1967

- [14] AOUATA, IBRAHIM. ETUDE DE PERMETTRE D'IRRIGATION D'AIN KERCHA PARTIE OUEST WILAYA D'OUM BOUAGHI. Mémoire de fin d'étude .ENSH BLIDA. 2014
- [15] BOUDJERADA, IDRIS. ETUDE DE PERIMETRE D'IRRIGATION D'AIN KERCHA PARTIE EST WILAYA D'OUM EL BOUAGHI Mémoire de fin d'étude .ENSH BLIDA. 2014.
- [16] Lasnier-Lachaise, L. Agronomie. Paris : Flammarion, 1963
- [17] Boudjelal ,Ammar. Détermination des besoin en eau des cultures à l'aide de logiciel cropwat 4.3 dans la wilaya de tipaza. Mémoire de fin d'étude. Ecole nationale supérieure agronomique EL-Harrach.2007
- [18] HOUICHER, Hocine. Indicateurs de performance de l'irrigation à l'échelle de l'exploitation agricole et de la parcelle. Cas de l'exploitation agricole de la Mitidja Ouest Tranche . Mémoire de fin d'étude .ENSH BLIDA. 2007.
- [19] BOULIFA, IBRAHIM. Etude du périmètre d'irrigation de F'kirina à l'aval de la retenue collinaire d'Oulmène (W -OUM EL BOUAGHI). Mémoire de fin d'étude .ENSH BLIDA. 2011.
- [20] A. Phocaidès. MANUEL DES TECHNIQUES D'IRRIGATION SOUS PRESSION.2ème édition. ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE ROME, 2008
- [21] Projet d'irrigation de la vallée SAF-SAF et de la plaine d'EMZEJ EDCHICH. Dossier2 (Secteur1).INECSA.1977.
- [22] Guerifi, Chahinez. Périmètre irrigué SAF-SAF. Université du 20 Aout 1955 Skikda Faculté des sciences, département d'agronomie. Rapport de stage.2012
- [23] Bulletin FAO d'irrigation et de drainage. Conception et optimisation des réseaux d'irrigation et de drainage. Rome 1996.
- [24] BOUADEM, Ali. Extension du périmètre SAF-SAF secteur 3. Université du 20 Aout 1955 Skikda Faculté des sciences, département d'agronomie. Mémoire de fin d'étude.2010
- [25] Léopold Rieul; Pierre Ruelle, Guide pratique d'irrigation, 3ème édition. Antony (Hauts de Seine) : Cemegref.2003
- [26] LARKAM ,AHMED. ETUDE D'UN PERIMETRE IRRIGUE A PARTIR D'UNE RETENUE COLLINAIRE DE M'GHILA W.TISSEMSILT.ENSH BLIDA. Mémoire de fin d'étude.2012.



# Annexes

# Annexe 1

7

## VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL $K_c$ EN FONCTION DU STADE DE CROISSANCE DE DIFFERENTES CULTURES ANNUELLES

Tableau n° 3

cultures annuelles	POURCENTAGE DE LA PERIODE DE CROISSANCE									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Betterave à sucre	0,45	0,50	0,70	0,90	1,05	1,15	1,25	1,25	1,15	1,10
Coton	0,20	0,30	0,40	0,60	0,90	1,00	1,00	0,90	0,700	0,60
Haricots	0,50	0,65	0,80	1,00	1,10	1,15	1,10	0,95	,80	0,70
* Mais Grains	0,45	0,55	0,65	0,80	1,00	1,05	1,05	1,02	0,95	0,85
Mais Fourrage	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1,02	1,10	1,10	1,05	0,85
Maralchage	0,35	0,50	0,65	0,75	0,80	0,82	0,80	0,75	0,65	0,50
Melons	0,45	0,55	0,60	0,70	0,80	0,82	0,80	0,75	0,72	0,70
Pomme de terre	0,35	0,45	0,60	0,85	1,10	1,25	1,35	1,35	1,35	1,25
Sorgho grain	0,30	0,50	0,70	0,50	1,10	1,05	0,95	0,80	0,70	0,60
Tomates	0,45	0,45	0,55	0,65	0,85	1,00	1,02	0,95	0,65	0,75

## Annexe 2

### VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc POUR LES CULTURES PERENNES

Tableau n° 5

CULTURES PERENNES	MOIS ( Hemisphere Nord )											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Agrumes	0.64	0.66	0.88	0.70	0.71	0.72	0.72	0.78	0.85	0.67	0.66	0.65
Arbres fruitiers à feuilles caduques	0.17	0.25	0.40	0.65	0.68	0.95	0.90	0.80	0.56	0.30	0.20	0.15
Arbres fruitiers avec couchages	0.65	0.75	0.85	0.95	1.10	1.15	1.10	1.05	0.85	0.90	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.78	0.62	0.52	0.42	0.32
Luzerne	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	1.00	0.30	0.80	0.65
Prairies	0.50	0.60	0.75	0.85	0.90	0.92	0.92	0.90	0.86	0.80	0.65	0.55
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.95	1.00	0.85	0.65	0.65	0.30	0.15
Vigne	0.20	0.25	0.30	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.65	0.50	0.35	0.20



### Annexe 3

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 5**

## Annexe 6 : les besoins en eau

### Olivier

Mois	$P_{eff}$ (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	$K_C$ (mm)	ETM (mm)	$B_{net}$ (mm)	$B_{Brut}$ (mm)	$q_s$ (l/s/ha)
Jan	54.82	63.24	1.2	129.92	129.92	0.7	44.27	0.00	0.00	0.00
Fév	48.08	71.68	1.2	129.92	129.92	0.7	50.18	0.00	0.00	0.00
Mar	42.77	100.44	1.2	129.92	129.92	0.5	50.22	0.00	0.00	0.00
Avr	32.90	124.2	1.2	129.92	43.31	0.55	68.31	0.00	0.00	0.00
Mai	20.96	157.17	1.2	129.92	43.31	0.6	94.30	30.04	40.05	0.15
Juin	7.70	177.6	1.2	129.92	0	0.65	115.44	107.74	143.65	0.55
Juie	0.00	194.68	1.2	129.92	0	0.7	136.28	136.28	181.70	0.70
Aout	5.18	18.63	1.2	129.92	0	0.7	13.04	7.87	10.49	0.04
Sept	22.76	141.9	1.2	129.92	0	0.7	99.33	76.57	102.09	0.39
Oct	37.90	110.67	1.2	129.92	43.31	0.7	77.47	0.00	0.00	0.00
Nov	47.72	79.8	1.2	129.92	43.31	0.7	55.86	0.00	0.00	0.00
Dec	62.62	64.17	1.2	129.92	129.92	0.7	44.92	0.00	0.00	0.00

### peche

Mois	$P_{eff}$ (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	$K_C$ (mm)	ETM (mm)	$B_{net}$ (mm)	$B_{Brut}$ (mm)	$q_s$ (l/s/ha)
Jan	54.82	63.24	1.2	129.92	129.92	0.5	31.62	0	0	0.00
Fév	48.08	71.68	1.2	129.92	129.92	0.55	39.42	0	0	0.00
Mar	42.77	100.44	1.2	129.92	129.92	0.6	60.26	0.00	0.00	0
Avr	32.90	124.2	1.2	129.92	43.31	0.7	86.94	10.73	14.31	0.06
Mai	20.96	157.17	1.2	129.92	43.31	0.75	117.88	53.61	71.48	0.28
Juin	7.70	177.6	1.2	129.92	0	0.8	142.08	134.38	179.17	0.69
Juie	0.00	194.68	1.2	129.92	0	0.85	159.64	159.64	212.85	0.82
Aout	5.18	18.63	1.2	129.92	0	0.8	14.90	9.73	12.97	0.05
Sept	22.76	141.9	1.2	129.92	0	0.7	99.33	76.57	102.09	0.39
Oct	37.90	110.67	1.2	129.92	43.31	0.6	66.40	0.00	0.00	0.00
Nov	47.72	79.8	1.2	129.92	43.31	0.5	39.9	0	0	0.00
Dec	62.62	64.17	1.2	129.92	129.92	0.5	32.09	0	0	0.00

### agrumes

Mois	$P_{eff}$ (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	$K_C$ (mm)	ETM (mm)	$B_{net}$ (mm)	$B_{Brut}$ (mm)	$q_s$ (l/s/ha)
Jan	54.82	63.24	1.2	129.92	129.92	0.7	44.27	0	0	0.00
Fév	48.08	71.68	1.2	129.92	129.92	0.7	50.18	0.00	0	0.00
Mar	42.77	100.44	1.2	129.92	129.92	0.7	70.31	0.00	0	0.00
Avr	32.90	124.2	1.2	129.92	43.31	0.7	86.94	10.73	8.047	0.06
Mai	20.96	157.17	1.2	129.92	43.31	0.7	110.02	45.75	34.31425	0.24
Juin	7.70	177.6	1.2	129.92	0	0.7	124.32	116.62	87.462	0.60
Juie	0.00	194.68	1.2	129.92	0	0.7	136.28	136.28	102.207	0.70
Aout	5.18	18.63	1.2	129.92	0	0.7	13.04	7.87	5.89875	0.04
Sept	22.76	141.9	1.2	129.92	0	0.7	99.33	76.57	57.4275	0.39
Oct	37.90	110.67	1.2	129.92	43.31	0.65	75.26	0.00	0	0.00
Nov	47.72	79.8	1.2	129.92	43.31	0.65	54.26	0.00	0	0.00
Dec	62.62	64.17	1.2	129.92	129.92	0.65	43.64	0	0	0.00



## Annexe 6 : les besoins en eau

### bettrave:

Mois	$P_{eff}$ (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	$K_C$ (mm)	ETM (mm)	$B_{net}$ (mm)	$B_{Brut}$ (mm)	$q_s$ (l/s/ha)
Jan	54.82	63.24	0.9	97.44	97.44	0.7	44.27	0	0	0
Fév	48.08	71.68	0.95	102.85	102.85	0.8	57.34	0	0.00	0.00
Mar	42.77	100.44	0.9	97.44	97.44	0.95	95.42	0	0	0.00
Avr	32.90	124.2	0.7	75.79	25.26	0.6	74.52	16.35	21.81	0.08
Mai	20.96	157.17								
Juin	7.70	177.6								
Juie	0.00	194.68								
Aout	5.18	18.63								
Sept	22.76	141.9								
Oct	37.90	110.67								
Nov	47.72	79.8	0.5	54.13	27.07	0.4	31.92	0	0	0
Dec	62.62	64.17	0.9	97.44	97.44	0.5	32.09	0	0	0

### Cotton

Mois	$P_{eff}$ (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	$K_C$ (mm)	ETM (mm)	$B_{net}$ (mm)	$B_{Brut}$ (mm)	$q_s$ (l/s/ha)
Jan	54.82	63.24								
Fév	48.08	71.68								
Mar	42.77	100.44								
Avr	32.90	124.2								
Mai	20.96	157.17								
Juin	7.70	177.6								
Juie	0.00	194.68								
Aout	5.18	18.63	0.4	43.31	0	0.4	7.45	2.28	3.03	0.01
Sept	22.76	141.9	0.7	75.79	0	0.7	99.33	76.57	102.09	0.39
Oct	37.90	110.67	1	108.27	36.09	1.1	121.74	47.74	63.66	0.25
Nov	47.72	79.8	1	108.27	36.09	1	79.80	0.00	0.00	0.00
Dec	62.62	64.17	1	108.27	108.27	0.8	51.34	0	0	0

### Luzerne :

Mois	$P_{eff}$ (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	$K_C$ (mm)	ETM (mm)	$B_{net}$ (mm)	$B_{Brut}$ (mm)	$q_s$ (l/s/ha)
Jan	54.82	63.24	0.5	54.13	54.13	0.55	36.68	0	0	0
Fév	48.08	71.68	0.7	75.79	75.79	0.65	48.74	0.00	0.00	0.00
Mar	42.77	100.44	0.7	75.79	75.79	0.8	80.35	0.00	0.00	0.00
Avr	32.90	124.2	0.7	75.79	25.26	0.95	117.99	59.82	79.77	0.31
Mai	20.96	157.17	0.8	86.61	28.87	0.95	149.31	99.48	132.64	0.51
Juin	7.70	177.6	0.9	97.44	0	1	174.05	166.34	221.79	0.86
Juie	0.00	194.68	1	108.27	0	1.05	204.41	204.41	272.55	1.05
Aout	5.18	18.63	1.2	129.92	0	1.1	20.49	15.32	20.42	0.08
Sept	22.76	141.9	1.2	129.92	0	0.15	21.29	0.00	0.00	0.00
Oct	37.90	110.67	1.2	129.92	43.31	0.4	44.27	0.00	0.00	0.00
Nov	47.72	79.8	0.2	21.65	7.22	0.4	31.92	0	0	0
Dec	62.62	64.17	0.3	32.48	32.48	0.45	28.88	0	0	0



## Annexe 6 : les besoins en eau

### carrote

Mois	$P_{eff}$ (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	$K_C$ (mm)	ETM (mm)	$B_{net}$ (mm)	$B_{Brut}$ (mm)	$q_s$ (l/s/ha)
Jan	54.82	63.24								
Fév	48.08	71.68								
Mar	42.77	100.44								
Avr	32.90	124.2								
Mai	20.96	157.17								
Juin	7.70	177.6								
Juie	0.00	194.68								
Aout	5.18	18.63								
Sept	22.76	141.9	0.1	10.83	0	0.8	113.52	90.76	121.01	0.47
Oct	37.90	110.67	0.2	21.65	7.22	1	110.67	65.55	87.40	0.34
Nov	47.72	79.8	0.25	27.07	13.53	1.1	87.78	26.53	35.37	0.14
Dec	62.62	64.17	0.6	64.96	64.96	0.75	48.13	0	0	0.00

### pomme de terre

Mois	$P_{eff}$ (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	$K_C$ (mm)	ETM (mm)	$B_{net}$ (mm)	$B_{Brut}$ (mm)	$q_s$ (l/s/ha)
Jan	54.82	63.24		0			0	0	0	0.00
Fév	48.08	71.68		0			0	0	0	0.00
Mar	42.77	100.44		0			0	0	0	0.00
Avr	32.90	124.2	0.1	10.83	5.41	0.75	93.15	54.83	73.11	0.28
Mai	20.96	157.17	0.2	21.65	7.22	1.1	172.89	144.71	192.95	0.74
Juin	7.70	177.6	0.3	32.48	0	1.2	213.12	205.42	273.89	1.42
Juie	0.00	194.68	0.35	37.89	0	0.7	136.28	136.28	181.70	0.70
Aout	5.18	18.63		0			0	0	0	0.00
Sept	22.76	141.9		0			0	0	0	0.00
Oct	37.90	110.67		0			0	0	0	0.00
Nov	47.72	79.8		0			0	0	0	0.00
Dec	62.62	64.17		0			0	0	0	0.00