



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
جامعة زيان عاشور-الجلفة
Université Ziane Achour-Djelfa
كلية علوم الطبيعة و الحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم علوم الارض و الكون
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Mémoire de fin d'étude

En Vue De l'obtention Du Diplôme De Master En Géographie et Aménagement
du Territoire
Option : Villes et Dynamiques Spatiales .

Thème

Evaluation de la sécheresse et comparaison de son impact sur la gestion des ressources en eau des agglomérations des sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia.

Présenté par : BENLAHRECH Amria Ines

Promoteur : M. HAIED Nadjib.....MCA UNIVERSITE Z.A. DJELFA

DEVANT LE JURY :

Président : M. DJEDDAOUI Farid.....MCB UNIVERSITE Z.A. DJELFA

Examineurs : M. FOUFOU Atif.....MCB UNIVERSITE Z.A. DJELFA

M. GUERGUIT Abdelkader.....MAA UNIVERSITE Z.A. DJELFA

Année Universitaire 2018/2019

REMERCIEMENT

Avant toute chose je tiens à remercier Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la force et la patience.

*Je tiens surtout à adresser mes plus vifs remerciements à mon promoteur Monsieur **HAIED Nadjib** pour sa disponibilité, sa compétence et ses recommandations continues pour moi, et pour la confiance qu'il a voulu m'accorder en réalisant ce modeste travail.*

*J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur **DJEDDAOUI Farid** d'avoir accepté de présider le Jury de ce mémoire.*

*J'adresse mes remerciements à Monsieur **FOUFOU Atif** et Monsieur **GUERGUIT Abdelkader** d'avoir accepté de faire partie du Jury.*

Mes remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, et notamment à :

*Monsieur **FOUFOU Atif***

*Madame **KHADRI SAMIRA***

*M^{lle}. **MAKAOUI FATIMA***

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé à la Réalisation de ce manuscrit.

* M^{lle}. **BENLAHRECHE Amria Ines**.*

DEDICACES :

Je dédie ce travail :

A ma mère:

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point de te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles; je t'aime... MAMON.

A mes sœurs et frères NABILA, HOUDA et MARWA ; surtout mon frère HAMZA.

A mes petites filles LOLO ,ZADA.

Votre soutien sans réserve et vos encouragements m'ont permis d'affronter beaucoup d'épreuves. Ce travail est le votre. A vous toute ma reconnaissance.

A mes chères amie :Walid et Nadjat Z.

A toutes les personnes de près ou de loin qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

A mes camarades de promotion, pour tout ce que nous avons partagé et échangé ensemble durant ces cinq petites années.

Que DIEU nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

✍ Amria Ines.

SOMMAIRE

Résumé.

Remerciement.

Dédicace.

Sommaire.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des annexes.

Liste des abréviations et des paramètres.

Introduction générale..... 01

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.

I.1. Introduction.....	04
I.2. Cadre général de la région d'étude.....	04
I.2.1. Situation géographique et limites administratives.....	04
A- Présentation du Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	04
B- Présentation du sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	04
I.2.2. Caractéristiques du milieu physique.....	06
I.2.2.1. Relief.....	06
A –Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	06
B –Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	06
I.2.2.2. Géomorphologie.....	07
A- Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	07
A-1. Les terrasses de la Seybouse.....	08
A-2. Les montagnes.....	08
A-3. Le domaine des plaines.....	08
A-4. La dépression de lac Fetzara.....	09
B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	09
B-1. Les montagnes.....	09
B-2. Les dépressions.....	10
B-3. Les piémonts.....	10
B-4. Les plateaux.....	10
B-5. Les pentes.....	10
I.2.2.3. Couvert végétal.....	11
A- Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	11
B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	11
I.2.3. Cadre géologique.....	12
A- Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	12
A-1. Le Néo protérozoïque-Paléozoïque.....	13
A-2. Le Mésozoïque - Cénozoïque.....	13

A-3. Le Quaternaire.....	14
B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	15
B-1. Le Trias.....	16
B-2. Le Jurassique.....	16
B-3. Le Crétacé.....	17
B-3.1. Le Barrémien.....	17
B-3.2. L'Aptien.....	17
B-3.3. L'Albien.....	17
B-3.4. Le Cénomanién.....	17
B-3.5. Le Turonien.....	17
B-3.6. Le Sénonien.....	18
B-4. Néogène.....	18
B-4.1. Le Mio-pliocène.....	18
B-4.2. Le Quaternaire.....	18
I.2.4. Tectonique.....	19
A- Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	19
B- Sous bassin versant de l'Oued Djelf-Hadjia.....	19
I.3. Conclusion.....	20

Chapitre II : Hydroclimatologie.

II.1. Introduction.....	21
II.2. Le climat.....	21
II.2.1. Diagramme ombrothermique.....	21
II.3. Les précipitations.....	23
II.3.1. Les précipitations moyennes mensuelles.....	23
II.3.2. Les précipitations moyennes annuelles.....	24
II.4. Les températures.....	26
II.4.1. Températures moyennes mensuelles.....	26
II.4.2. Les températures moyennes annuelles.....	27
II.5. Estimation des paramètres du bilan hydrique.....	29
II.5.1. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR).....	29
II. 5.2. Interprétation du bilan hydrique.....	34
II.6. Estimation de la lame d'eau écoulée.....	34
II.6. 1. Le ruissellement.....	34
II.6.2 Infiltration efficace.....	35
II.7. Hydrologie.....	35
II.7.1. Hydrographie.....	36
A-Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	36
B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	36
II.7.2. Hydrogéologie.....	38
A-Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	38
B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	40
II.8. conclusion.....	41

Chapitre III : Evaluation et Prédiction de la sécheresse.

III.1 Introduction.....	42
III.2. La sècheresse.....	42
III.2.1. La sècheresse un risque naturel.....	42
III.2.2. Classification et caractéristiques de la sècheresse.....	42
III.2.3. Les indices de l'évaluation de la sècheresse.....	44
A- L'indice des précipitations normalisées.....	45
B- L'indice de la reconnaissance de la sécheresse.....	45
C- Evaporation potentielle de température (ETP).....	46
C-1. La méthode de Hargreaves-Samani.....	46
C-2. La méthode de Thornthwaite.....	46
C-3. La méthode de Blaney-Cridle.....	46
III.3. Evaluation de la sécheresse météorologique.....	47
A- Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	47
A-1. Sécheresse météorologique à court terme.....	47
A-2. La Sécheresse à moyen et à long terme.....	48
B-Sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia.....	51
B-1. Sécheresse Météorologique à court terme.....	51
B-2. Sécheresse à moyen et à long terme.....	52
III.4. Prédiction de la sécheresse.....	54
III. 4. 1. Projections des climats futurs.....	54
A- Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	55
A-1. Sécheresse à court terme (SPI & RDI 1 et 3).....	55
A-2. Sécheresse à moyen et à long terme (SPI & RDI 6, 9 et 12).....	57
B- Sous Bassin versant de L'Oued Djelfa-Hadjia.....	60
B-1. Sécheresse à court terme.....	60
B-2. Sécheresse à moyen et à long terme.....	62
III.5. Conclusion.....	64

Chapitre IV : Gestion des ressources en eau.

IV.1. Introduction.....	66
IV.2. Diagnostique quantitatif des ressources en eau.....	66
IV.2.1. Les potentialités hydriques.....	66
IV.2.1.1. Le potentiel hydrique superficiel.....	66
A- Sous bassin versant de la Seybouse aval.....	66
B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	66
IV.2.1.2. Le potentiel hydrique souterrain.....	66
A-Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	66
B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	67
IV.2.2. Mobilisation des ressources en eaux.....	67
IV.3. Calcul des besoins en eau.....	68
IV.3.1 L'alimentation en eau potable (AEP).....	68

IV.3.1.1. Les ressources et l'approvisionnement en eau potable.....	68
IV.3.1.2. Les besoins et les demandes en eau potable futurs; Essai de Prospective.	68
IV.3.2. L'alimentation en eau de l'agriculture (AEA).....	71
IV.3.2.1. Le périmètre irrigué.....	71
IV.3.2.2. Le cheptel.....	71
IV.3.2.3. Les besoins et l'alimentation en eau de l'agriculture.....	71
A- Les besoins en eau de l'irrigation.....	71
B- Les besoins en eau du cheptel.....	73
IV.3.3. L'alimentation en eau de l'industrielle (AEI).....	77
IV.3.3.1. Les besoins future en eau industrielle.....	77
IV.3.4. Les besoins en eaux globaux	79
IV.4. La confrontation "Besoins/ Ressources" en eaux.....	81
IV.5. Impact de la sécheresse projetée sur le bilan hydrique.....	84
IV.5.1. Les paramètres climatiques.	84
A- Les précipitations.....	84
A-1.Les précipitations moyennes mensuelles.....	84
A-2 .Les précipitations moyennes annuelles.....	85
B- La Température.....	86
B-1.La température moyenne mensuelle.	86
B-2.La température moyenne annuelle.....	87
IV.5.2.Estimation des paramètres du bilan hydrique.....	88
A-Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR).....	88
A-1. Sous bassin versant de la basse Seybouse.....	88
A-2. Sous Bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia.....	89
B- Interprétation du bilan hydrique.....	90
C- Estimation de la lame d'eau écoulée.....	91
C.1.Le ruissellement.....	91
C.2.Infiltration efficace.....	91
IV.6. Scénario pour la gestion des ressources en eaux.....	91
IV.6.1. Impact de la sècheresse future sur les ressources en eau.....	91
IV.6.2.L'Apport des eaux non-conventionnelles (les eaux épurées).....	93
IV.7. Conclusion.....	94
Conclusion générale.....	96
Références bibliographique	
Annexes	

Liste des Figures.

Figure 01 :	Carte de localisation des sous bassins versants.....	05
Figure 02 :	Situation administrative des agglomérations des zones d'étude	06
Figure 03 :	Géologie du sous bassin versant de la basse Seybouse (MOUCHARA N., 2009).....	13
Figure 04 :	Géologie du sous bassin versant de la basse Seybouse (MOUCHARA N., 2009).....	14
Figure 05 :	Schéma tectonique du sous bassin versant de la basse Seybouse (Extrait de Villa J. M., 1980).....	18
Figure 06 :	Schéma tectonique du monts des Ouled Nail et bassin des Zahrez (D'après Cornet G., 1952, complété par J.TRAYSAC 1981 in RAHMANI B., 2015).....	20
Figure 07 :	Diagramme ombrothermique de la station des Salines (1982-2018)....	22
Figure 08 :	Diagramme ombrothermique de la station de Guelma (1982-2018)....	23
Figure 09 :	Diagramme ombrothermique de la station de Djelfa (1982-2018).....	23
Figure 10 :	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations des Salines, de Guelma et de Djelfa (1982-2018).....	24
Figure 11 :	Les variations du coefficient pluviométrique pour les stations des Salines de Guelma et de Djelfa (1982-2018).....	26
Figure 12 :	Histogramme des températures moyennes mensuelles aux stations des Salines, de Guelma et de Djelfa (1982-2018).....	27
Figure 13 :	Courbe de variation des températures moyennes annuelles aux stations des Salines, de Guelma et de Djelfa (1982-2018).....	28
Figure 14 :	Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station des Salines pour la période (1982-2018).....	30
Figure 15 :	Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent à la station des Salines pour la période (1982-2018).....	31
Figure 16 :	Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station des Guelma pour la période (1982-2018).....	32
Figure 17 :	Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent à la station des Guelma pour la période (1982-2018).....	32
Figure 18 :	Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station des Djelfa pour la période (1982-2018).....	33
Figure 19 :	Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent à la station de Djelfa pour la période (1982-2018).....	34
Figure 20 :	Carte de réseau hydrographique de sous bassin versant Seybouse aval	37
Figure 21 :	Carte hydrographie de sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (ANRH, 2014).....	39
Figure 22 :	Comparaison des SPI 1 et RDI 1 pour la station de Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 1 mois.....	48

Liste des figures

Figure 23 :	Comparaison des SPI 3 et RDI 3 pour la station de Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 3 mois.....	48
Figure 24 :	Comparaison des SPI 6 et RDI 6 pour la station des Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 6 mois.....	50
Figure 25 :	Comparaison des SPI 9 et RDI 9 pour la station des Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 9 mois.....	50
Figure 26 :	Comparaison des SPI 12 et RDI 12 pour la station des Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 12 mois.....	50
Figure 27 :	Comparaison des SPI 1 et RDI 1 pour la station de Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 1 mois.....	51
Figure 28 :	Comparaison des SPI 3 et RDI 3 pour la station Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 3 mois.....	51
Figure 29 :	Comparaison des SPI 6 et RDI 6 pour la station de Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 6 mois.....	52
Figure 30 :	Comparaison des SPI 9 et RDI 9 pour la station de Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 9 mois.....	52
Figure 31 :	Comparaison des SPI 12 et RDI 12 pour la station de Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 12 mois.....	54
Figure 32 :	Modèles du climat général et régional.....	55
Figure 33 :	Comparaison des SPI1 et RDI1 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 1 mois.....	56
Figure 34 :	Comparaison des SPI 3 et RDI3 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 3 mois.....	56
Figure 35 :	Comparaison des SPI6 et RDI6 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 6 mois.....	59
Figure 36 :	Comparaison des SPI9 et RDI9 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 9 mois.....	59
Figure 37 :	Comparaison des SPI12 et RDI12 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 12 mois.....	60
Figure 38 :	Comparaison des SPI1 et RDI1 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 1 mois.....	61
Figure 39 :	Comparaison des SPI3 et RDI3 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 3 mois.....	62
Figure 40 :	Comparaison des SPI6 et RDI6 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 6 mois.....	63
Figure 41 :	Comparaison des SPI9 et RDI9 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 9 mois.....	64
Figure 42 :	Comparaison des SPI12 et RDI12 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 12 mois.....	64
Figure 43 :	Grphe des Perspectives de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).....	65

Liste des figures

Figure 44 :	Graphe des perspectives de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).....	71
Figure 45 :	Evolution dans le temps des surfaces irriguées et leurs besoins en eaux de sous bassin versant de la basse Seybouse(2008-2100).....	71
Figure 46 :	Evolution dans le temps des surfaces irriguées et leurs besoins en eaux du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).....	74
Figure 47 :	Evolution dans le temps du cheptel et ces besoins en eaux dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).....	74
Figure 48 :	Evolution dans le temps du cheptel et ces besoins en eaux dans le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).....	76
Figure 49 :	Evolution dans le temps des besoins en eau de l'agriculture dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).....	76
Figure 50 :	Evolution dans le temps des besoins en eau de l'agriculture dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).....	77
Figure 51 :	Evolution dans le temps des besoins en eau de l'industrie dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).....	78
Figure 52 :	Evolution dans le temps des besoins en eau de l'industrie dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia(2008-2100).....	79
Figure 53 :	Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).....	80
Figure 54 :	Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).....	81
Figure 55 :	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de la basse Seybouse aux différents horizons (2008-2100) : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées(D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).....	82
Figure 56 :	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia aux différents horizons (2008-2100) : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées(D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).....	84
Figure 57 :	Précipitations moyennes mensuelles projetées des stations des Salines et de Djelfa pour la période (2019-2100).....	85
Figure 58 :	Précipitations moyennes annuelles projetées de la station des Salines pour la période (2019-2100).....	86
Figure 59 :	Précipitations moyennes annuelles projetées de la station de Djelfa pour la période (2019-2100).....	87
Figure 60 :	Températures moyennes mensuelles projetées des stations des Salines et de Djelfa pour la période (2019-2100).....	

Liste des figures

		87
Figure 61 :	Températures moyennes annuelles projetées des stations des Salines et de Djelfa pour la période (2019-2100).....	88
Figure 62 :	Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques de la station des Salines pour la période (2019-2100).....	88
Figure 63 :	Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent de la station des Salines pour la période (2019-2100).....	89
Figure 64 :	Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques de la station de Djelfa pour la période (2019-2100).....	90
Figure 65 :	Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent de la station de Djelfa pour la période (2019-2100).....	91
Figure 66 :	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de la basse Seybouse pour le scénario « impact de la sécheresse future » : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et les ressources mobilisées. (D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).....	91
Figure 67 :	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia pour le scénario « impact de la sécheresse future » : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et les ressources mobilisées. (D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).....	93
Figure 68 :	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de la basse Seybouse pour le scénario "apport des eaux non-conventionnelles" (D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).....	93
Figure 69 :	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia pour le scénario "apport des eaux non-conventionnelles" : (D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).....	94

Liste des Tableaux.

Tableau n° 01 :	Caractéristiques des stations de mesure.....	22
Tableau n° 02 :	Précipitations moyennes mensuelles (mm).....	23
Tableau n° 03 :	Précipitations moyennes annuelles.....	25
Tableau n° 04 :	Températures moyennes mensuelles (C°).....	27
Tableau n° 05 :	Températures moyen annuelles(C°).....	28
Tableau n° 06 :	Bilan hydrique à la station des Salines pour la période (1982-2018).....	30
Tableau n° 07 :	Bilan hydrique à la station de Guelma pour la période (1982-2018).....	31
Tableau n° 08 :	Bilan hydrique à la station de Djelfa pour la période (1982-2018).....	33
Tableau n° 09 :	Ruissellement selon la formule de Tixerant-Berckaloff.....	35
Tableau n° 10 :	Les valeurs de l'infiltration efficace.....	35
Tableau n° 11 :	Caractéristiques Morphométriques du sous bassin de la basse Seybouse	36
Tableau n° 12 :	Caractéristiques Morphométriques du sous bassin d'Oued Djelfa-Hadjia.....	38
Tableau n° 13 :	Description géologique et hydrogéologique de la basse Seybouse.....	40
Tableau n° 14 :	Classification des Indices de sechresse météorologiques selon le SPI et le RDI (Zarch MAA, 2011).....	45
Tableau n° 15 :	Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse hydrologique.....	49
Tableau n° 16 :	Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse agricole.....	53
Tableau n° 17 :	Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à court terme.....	57
Tableau n° 18 :	Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à moyen et à long terme.....	58
Tableau n° 19 :	Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à court terme.....	61
Tableau n° 20 :	Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à moyen et à long terme.....	63
Tableau n° 21 :	Barrages dans le sous bassin versant de la basse Seybouse	66
Tableau n° 22 :	Etat des forages dans le sous bassin versant de la basse Seybouse.....	67
Tableau n° 23 :	Potentiel hydrique global du sous bassin versant de la basse Seybouse	67
Tableau n° 24 :	Potentiel hydrique global du sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.....	68
Tableau n° 25 :	Evolution dans le temps des besoins en eau de population du sous bassin versant de la basse Seybouse (2008 - 2100).....	69
Tableau n° 26 :	Evolution dans le temps des besoins en eau de population du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008 – 2100).....	69
Tableau n° 27 :	Présentation du périmètre agricole irrigué dans le sous bassin versant de la basse Seybouse.....	71
Tableau n° 28 :	Présentation du périmètre agricole irrigué dans le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia.....	71
Tableau n° 29 :	Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation du sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).....	72
Tableau n° 30 :	Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).....	72

Liste des Tableau

Tableau n° 31 :	Evolution dans le temps des besoins en eau pour le cheptel dans sous bassin versant de la basse Seybouse (2008 - 2100).....	74
Tableau n° 32 :	Evolution dans le temps des besoins en eau pour le cheptel dans Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008 - 2100).....	74
Tableau n° 33 :	Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'agriculture dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008 - 2100).....	76
Tableau n° 34 :	Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'agriculture dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008 - 2100).....	76
Tableau n° 35 :	Consommation d'eau par secteur de production industrielle.....	77
Tableau n° 36 :	Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'Industrie dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008 - 2100).....	78
Tableau n° 37 :	Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'Industrie dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008 - 2100).....	78
Tableau n° 38 :	Besoins en eaux globaux des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).....	79
Tableau n° 39 :	Besoins en eaux globaux des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).....	80
Tableau n° 40 :	Besoins en eaux globaux et indices de consommation des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant La basse Seybouse (2008-2100).....	82
Tableau n° 41 :	Besoins en eaux globaux et indices de consommation des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).....	82
Tableau n° 42 :	Précipitations moyennes mensuelles projetées(2019– 2100).....	84
Tableau n° 43 :	Températures moyennes mensuelles projetées des station des Salines et de Djelfa pour la période (2019-2100).....	86
Tableau n° 44 :	Bilan hydrique de la station des Salines pour la période (2019-2100).....	88
Tableau n° 45 :	Bilan hydrique de la station de Djelfa pour la période (2019-2100).....	89
Tableau n° 46 :	Ruissellement selon la formule de Tixerant-Berckaloff.....	91
Tableau n° 47 :	Les valeurs de l'infiltration efficace.....	91

Liste des annexes.

- Annexe n° 1** Répartition des retenues collinaires dans le sous bassin versant de la basse Seybouse.
- Annexe n°2** Etat des forages dans le sous bassin versant de la La basse Seybouse .
- Annexe n°3** Etat des forages dans le Sous bassin versant de la l'oued Djelfa Hadjia.
- Annexe n°4** Population de sous bassin versant par RGBH (2008) .
- Annexe n°5** Précipitations moyennes annuelles projetés (2019-2100) .
- Annexe n°6** Température moyennes annuelles projetés (2019-2100) .

Liste des abréviations

%	Pourcentage
a	Taux d'accroissement démographique
AEA	Alimentation en eau de l'agriculture.
AEI	Alimentation en eau de l'industrie.
AEP	Alimentation en eau potable.
ANRH	Agence Nationale de Ressources en Eau.
°C	Degré Celsius.
BV	Bassin Versant
CMIP	Projet d'Intercomparaison des Modèles Couplés
CP	Coefficient Pluviométrique.
DA	Déficit Agricole
DHW	Direction d'Hydraulique de la Wilaya
DPAT	Direction de Planification et Aménagement du Territoire
DPSB.	Direction de Planification et de Subvention Budgétaire
DrinC	Drought Indices Calculator
E	Est
ETP	Evapotranspiration potentielle
ETR	Evapotranspiration Réelle
Exc	Excédent en eau du sol.
GCM	Global Climate Models (Modèles de Circulation Générale)
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Expert sur le Climat
ha	Hectare.
hab	Habitant.
Hm ³ /an	Hectomètre cube par an.
Ie	Infiltration efficace
IPCC	Panel Intergouvernemental du changement du climat
Km	Kilomètre
Km ²	Kilomètre carré.
l/j/hab	Litre par jours et par habitant.
l/j/tête	Litre par jours et par tête.
m ³	Mètre cube.
m ³ /an	Mètre cube par an.
mm	Millimètre.
mm/an	Millimètre par an.
N	Nord
NE	Nord Est
ONM	Office Nationale de Météorologie.
ONS	Office Nationale de Statistique.
P	Précipitation
R ²	Coefficient de Corrélation.
R	Ruissellement
R ^{ces}	Ressources
RDI	Indice de Reconnaissance de la Sécheresse.

Liste des abréviations

RFU	Réserve Facilement Utilisable.
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RN	Route Nationale
SAT	Surface Agricole Totale.
SAU	Surface Agricole Utilisée.
SBV	Sous Bassin Versant.
SPI	Indice des Précipitations Standardisées.
STEP	Station d'Épuration.
SW	South West
T	Température
T _m	Température minimale
T _M	Température Maximale
WCRP	World Climate Research Project (Projet de Recherche sur le Climat Mondial)

Introduction générale :

Les ressources en eau de surface et souterraine sont l'une des richesses capitales du pays. L'eau reste une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie au développement et à l'environnement (Burton., 2006).

L'Algérie, qui appartient à la diagonale aride, est soumise, en plus de la relative faiblesse des précipitations, à leur très grande variabilité spatiale et temporelle. Ce sont les données pluviométriques et géologiques (structurales) qui expliquent l'inégale répartition spatiale des ressources en eau. L'Algérie compte 17 bassins-versants. Schématiquement, les ressources en eau en Algérie se différencient en fonction des grandes zones structurales. Les eaux de surface correspondent plus à la zone tellienne. C'est la zone des grands bassins-versants à écoulement exoréique (Chellif, Tafna, Macta, Soummam, Kébir-Rhumel, Seybouse). Les eaux souterraines se localisent plus dans les zones des Hautes Plaines et du Sahara (Zehrez , Chott Melrhir et Sahara, Hauts Plateaux Oranais) (Côte, 1996), même si les écoulements ne sont pas absents : oueds dans le bassin du Hodna, les bassins du versant Nord des Aurès et sur le piémont saharien des Aurès (Louamri A., 2013).

L'Algérie septentrionale présente un climat semi-aride qui se caractérise par une forte irrégularité pluviométrique. D'une manière générale, les bassins versants sont imperméables (ANRH, 1993). Ce qui donne sur le plan des régimes hydrologiques : (a) une extrême irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements qui est accentuée par de longues périodes de sécheresse; (b) des crues violentes et rapides; et (c) une érosion intense et des transports solides importants.

Les bassins versants sont regroupés en trois zones (ANRH, 1993) (i) les bassins tributaires de la Méditerranée situés au nord de l'Algérie ont un apport moyen annuel estimé à 11 milliards de m³; (ii) les bassins endoréiques occupant les Hautes Plaines dont les eaux se perdent en grande partie par évaporation dans les chotts. L'écoulement annuel moyen est estimé à 700 hm³; (iii) les bassins sahariens apportent en moyenne 650 hm³ par an. L'écart pluviométrique moyen montre un déficit accentué d'Est en Ouest (Alili, 1993).

Depuis les années 90, la notion des changements climatiques met en débat les ressources en eau et les risques qui leurs sont liées en les situant au cœur même du problème. Selon les experts, à l'horizon 2100 l'Algérie connaîtra une réduction des précipitations de l'ordre de 10% et une augmentation des températures de 3°C. A cet horizon non lointain, l'Algérie, pays semi-aride, subirait des sècheresses récursives et les besoins en eau doubleront

de volume sous la pression de la croissance démographique et l'urbanisation continue. Le pays connaît déjà une accentuation des sécheresses et donc l'aggravation des phénomènes de désertification, salinisation des sols, pollution des eaux superficielles et par conséquent dégradation progressive des ressources en eau.

La sécheresse vécue durant une longue période a touché les apports en eau, en causant des déficits allant de 50 % et 40 % dans les régions de l'Est et du centre. Ce phénomène extrême, accentué par une faiblesse des moyens de mobilisation et de stockage a failli pousser l'Algérie en 2018 d'importer des ressources en eau par bateau. Ainsi, l'augmentation des besoins domestiques et agricoles ont exercé une pression sur le secteur de l'eau (Kherbache N., 2014)

Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à la poussée démographique, la croissance urbaine, les besoins industriels et agricoles. Le diagnostic quantitatif des ressources en eau ainsi que l'impact de la sécheresse actuelle et future sont les conditions nécessaires pour une bonne gestion intégrée. Les instruments de gestion sont un outil indispensable pour l'organisation des institutions juridiques, économiques et administratives de la dite gestion (Erhard Cassegrain & Margat, 1979).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui a pour but une évaluation de la sécheresse et comparaison de son impact sur la gestion des ressources en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de la basse Seybouse (Annaba) et les agglomérations du sous bassin versant de l'oued Djelfa Hadjia.

Objectifs :

Dans le cadre de cette étude on vise plusieurs objectifs qui sont :

- ✓ Présenter les caractéristiques physiques des sous bassins versants étudiés : reliefs, géomorphologie, géologie et climatologie.
- ✓ Evaluer et surveiller la sécheresse actuelle et future à l'aide des données climatiques mesurées (1977-2018) et projetées (2019-2100) (Modèle du Climat Global "GCM" et plus précisément un Projet d'Intercomparaison des Modèles Couplés CMIP) tout en comparant (la sécheresse actuelle et future) dans les deux sous bassins versants.
- ✓ La quantification des potentialités hydriques ainsi que la détermination des besoins futurs des trois secteurs consommateurs (AEP, AEA et AEI) pour faire une confrontation entre l'offre et la demande (un scénario réel) ainsi que l'élaboration des

scénarios basés sur la prédiction de la sécheresse et l'apport des eaux non-conventionnelles (les eaux épurées) pour proposer une gestion efficace des ressources existantes.

Collecte de données :

Les données nécessaires pour notre étude ont été collectées à partir des directions et des organismes suivants :

- **ONM** : Office National de la Météorologie (Annaba et Djelfa).
- **DPSB** : Direction de Planification et de Subvention Budgétaire (Annaba et Djelfa).
- **RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat (Annaba, Guelma El Tarf et Djelfa).
- **ANRH** : Agence National de Ressources Hydrique (Annaba et Djelfa).

Problématique de l'étude:

La problématique de cette recherche s'articule autour d'un certain nombre de questions et d'essayer de donner des éléments de réponse :

- Quel est le volume des ressources hydriques alimentant les deux régions d'étude ?
- Est ce que la sécheresse aggrave le déficit en terme de ressources hydriques ?
- Par quoi peut-on apaiser le déficit ?

Organisation du mémoire :

Le mémoire contient quatre chapitres, une introduction générale et une conclusion Générale :

- **Le premier chapitre** présentant géographiquement, administrativement, géologiquement et le cadre physique de la zone d'étude ;
- **Le deuxième chapitre** déterminant les paramètres du bilan hydrique, et donnant idée sur l'hydrologie et l'hydrogéologie.
- **Le troisième chapitre** concerne l'évaluation et la prédiction de la sécheresse historique et future, et leurs comparaisons dans les deux sous bassins versants.
- **Le quatrième chapitre** représenté est consacré à la détermination des différents besoins et leurs confrontations avec les ressources existantes et un essai de gestion des ressources en eau sur la base de l'impact de la sécheresse future sur le bilan hydrique ainsi que l'apport des ressources en eau non-conventionnelles (les eaux épurées).

A la fin, nous terminons notre travail par une conclusion générale.

I.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation et la localisation des deux sous bassin versant (les sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia) ainsi que les caractéristiques géomorphologiques et géologiques des deux régions d'étude.

I.2. Cadre général de la région d'étude :**I.2.1. Situation géographique et limites administratives :****A-Présentation du Sous bassin versant de la basse Seybouse :**

Le sous bassin versant de la basse Seybouse s'inscrit dans le territoire de trois wilayas. Il occupe la partie centrale de la wilaya de Guelma, et la partie Ouest de la wilaya d'El Tarf et la majorité de la wilaya d'Annaba.

La Seybouse est l'un des Oueds les plus importants d'Algérie par la longueur de son parcours, le nombre de ses affluents et la superficie de son bassin. La région d'étude fait partie du grand bassin versant de l'Oued Seybouse qui couvre au total une superficie de 1796 Km². Il possède trois parties : les hautes plaines (haute Seybouse), le tell méridional (moyenne Seybouse) et tell septentrional (basse Seybouse).

La zone d'étude couvre quinze (15) commune : Annaba, Kherazas, El Bouni, Sidi Salem, El Hadjar, Sidi Amar, HadjarDiss, Ain berda, Chihani, Chebaita Mokhtar, Drean, Ain Ben Beida, Nechmaya, Oued Fragha et Bouchegouf. Elle est située au Nord-Est Algérien entre les latitudes 36°15' et 37° Nord et longitudes 7°15' et 7°55' Est (Fig.n°2), ses limites naturelles sont (fig.n°1) :

-au Nord la mer méditerranée ;

-au Sud les monts de Mahouna, Ain Larbi et Sedrata;

-à l'Ouest le massif de l'Edough, les monts de Houara et Débagh ;

-à l'Est : le prolongement oriental du système aquifère Annaba-Bouteldja et les monts de Nador N'bail.

B- Présentation du sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :

La zone d'étude est située dans la partie Sud-Ouest de Djelfa entre les latitudes 34°59' et 34°24' Nord et longitudes 2°58' et 3°01' Est .

Le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia fait partie du grand bassin versant de Zahrez. Il se situe dans l'Atlas saharien avec une superficie de 2297 Km² et un périmètre de 264.1 km. Selon le découpage des bassins versants de l'ANRH, notre sous bassin versant codé 1702 est délimité par (Figure1) :

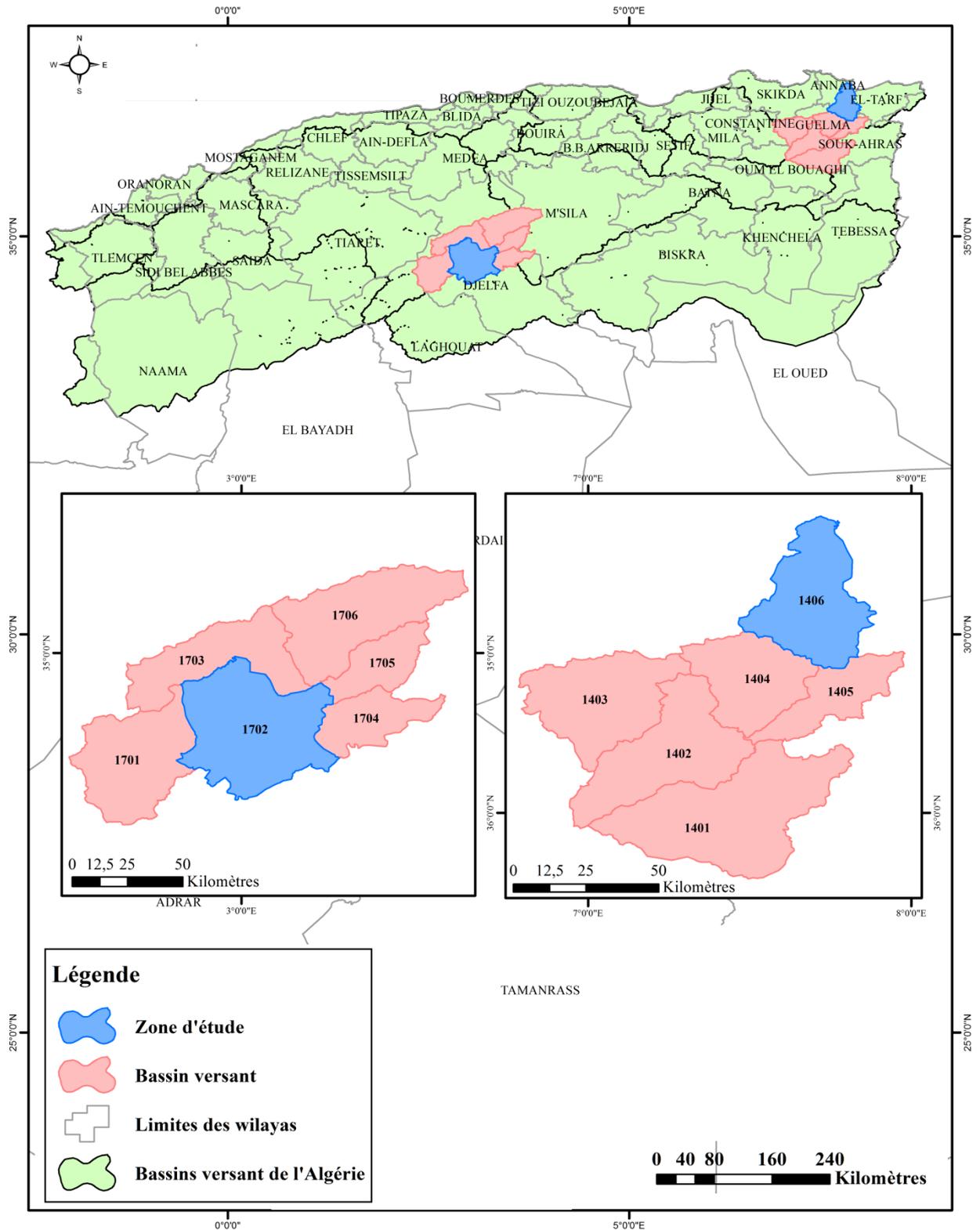


Figure 01 : Carte de localisation des sous bassins versants.

- Au Nord et Nord-Est par le sous bassin versant 1703 (Oued Zahrez Gharbi), y compris les monts de Zahrez Gharbi ;

- A l'Est par les sous bassins versants 1706 (Zahraz Chergui), 1705 (Oued Medjadel) et 1704 (DaietMefiteg) ;
- Au Sud-Est par le sous bassin versant 606 (Oued Demmed) ;
- Au Sud et Sud-Ouest par le sous bassin versant 605 (Oued Taadmiet) ;
- A l'Ouest : le sous bassin versant 1701(Oued El Mesrane).

Le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia est situé sur le territoire de la wilaya de Djelfa, et couvre 12 communes : Djelfa, Ain Maabad, Dar Chioukh, HassiBahbah, Moudjbara, Zakkar, Ain El Ibel, Taadmit, Beni Yagoub, Charef, El Gueddid et Zaafrane. (Figure2).

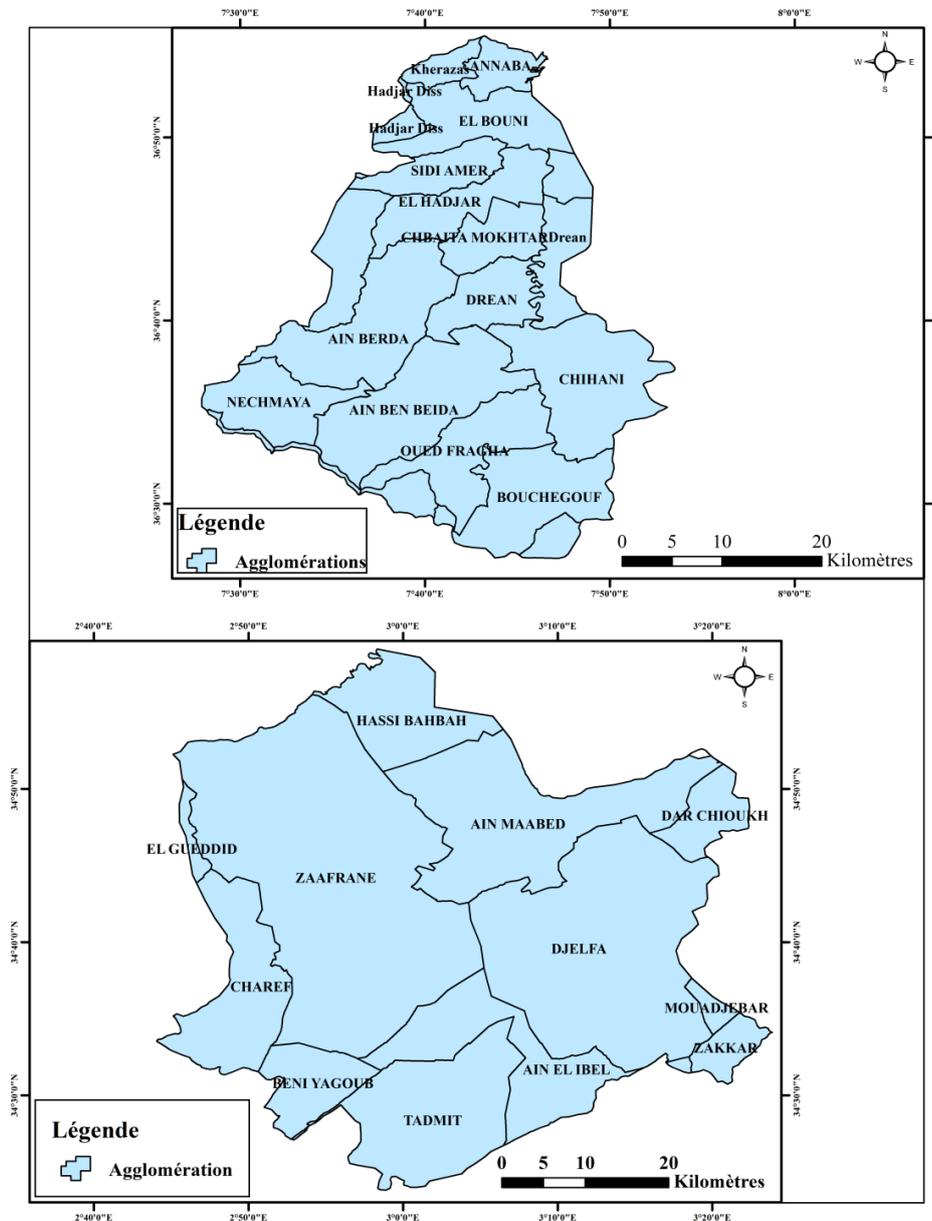


Figure 02 :Situation administrative des agglomérations des zones d'étude.

I.2.2. Caractéristiques du milieu physique :

I.2.2.1. Relief :

A–Sous bassin versant de labasse Seybouse :

La basse Seybouse présente un relief dissymétrique avec une zone de moyennes montagnes, relativement accentué sur la rive gauche de l'oued Seybouse.

A l'extrême Nord-Ouest, le massif de l'Edough, est à une altitude de 1008m (Kef Seba) et avec une altitude moyen de la chaîne Numidienne est à 500m (Louamri A., 2013).

B–Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :

Le relief du territoire communal est généralement élevé, ses altitudes varient de 1020 m à 1489 m. Trois grands ensembles morphologiques caractérisent la commune de Djelfa (Sassoui A., 2006).

Les monts, les piémonts et les plateaux.

- **Les monts** : ils représentent plus du tiers de la superficie totale (soit 21600 ha). Caractérisées par Djebel Senelba, Djebel El Ouast et kefHaouas. Cette zone de montagnes, formant une série de lignes de crêtes, est située au Nord de la ville, sa direction est Sud-Ouest Nord-Est. Le Djebel Senelba s'étend sur une grande partie et représente le point le plus élevé avec 1489 m.

- **Les piémonts** : c'est la phase intermédiaire entre monts et plateaux. Ils se localisent au Sud-Est et au Nord de la ville, occupant une superficie de 4505 ha, soit 8.2 % de la superficie totale.

- **Les plateaux** : ils font partie du plateau Moudjebara–Mouilah, occupant la plus grande partie de la superficie de la commune, avec 28825 ha, et se localisant en deux parties :

a- La partie allant du Sud-Ouest jusqu'au Sud-Est de la commune. C'est la plus grande partie des plateaux.

b- La partie se trouvant à l'extrême Nord-Est de la commune. Ces plateaux sont caractérisés par des ondulations formant de petites collines et sont traversés par des oueds plus au moins importants. Une grande partie de la population éparsse se localise sur ces terres, où s'exerce activité agricole.

I.2.2.2. Géomorphologie :

A-Sous bassin versant de labasse Seybouse:

Dans le large espace drainé par l'oued Seybouse, plusieurs milieux naturels apparaissent ce qui laisse entrevoir les formes géomorphologiques suivantes :

A-1. Les terrasses de la Seybouse :

La Seybouse présente le long de son cours des terrasses alluviales étagées à des cotes diverses (Khadri S., 2009). Les principales unités géomorphologiques que l'on pouvait remarquer sont :

- **Hautes terrasses** (située à des altitudes allant de 100 à 150 m) : ce sont des formations argileuses pratiquement imperméables qui ne présentent aucun intérêt hydrogéologique. Elles sont localisées surtout entre Drean et Ain Berda.
- **Moyennes terrasses** (située à des altitudes variant entre 20 et 50 m) : ce sont des formations constituées de cailloutis à la base, assez fines au sommet, formées de graviers, de galets et spécialement d'argiles sableuses. Elles présentent un intérêt hydrogéologique peu important.
- **Basses terrasses** (situées à une altitudes moyenne de 15 m) : elles sont formées par des dépôts alluvionnaires constitués d'un matériel argilo-limoneux avec des galets, graviers et sables. Ce sont des formations accumulatives d'eaux souterraines.

A-2. Les montagnes :

- **Le massif de l'Edough :**

C'est le massif principal qui caractérise la région de Annaba. De plus de 1008 m, il s'élève brusquement au dessus des autres reliefs qui l'entourent. Sa masse principale de direction NE-SW, présente une ligne de crête longue de 26 km qui débute depuis le lac de Fetzara au Sud et s'élève progressivement jusqu'au point culminant (1008 m) à Kef Sebaa pour redescendre ensuite depuis Seraidi vers Cap de Garde au Nord. Au Sud, ce massif est flanqué par le Djebel Boukantas (511 m) et Belilieta (287 m) et se prolonge vers Annaba par le petit massif de Boukhadra (156 m) (Khadri S., 2009).

- **Le tell Nord-Guelmien :**

Le tell Nord-Guelmien présente une allure nettement dissymétrique. Le versant Sud domine, par les fortes pentes, les vallées de l'Oued Bou Hamdane et le bassin de Guelma drainé par l'Oued Seybouse. En revanche, le versant nord descend plus lentement vers le lac Fetzara. Le Djebel Haouara culminant à 981 m, domine fièrement toute cette région. Plus au nord, un massif gréseux affleure en allant de Bouati Mahmoud à Ain Berda. Il est relayé à l'Est d'Ain Berda par les Djebels Hadjar Nahal et Oust (Khadri S., 2009).

A-3. Le domaine des plaines :

- **La plaine de Annaba :**

C'est la plaine drainée par les deux oueds : Seybouse au Sud et Bounamoussa au Nord (Figure 03). Elle se situe au centre d'un synclinaurium limitée par le massif de l'Edough au Nord et la chaîne numidienne au Sud (Khadri S., 2009).

- **La plaine d'El Hadjar :**

Elle présente une forme inclinée vers la mer et occupe la partie Est du fond de la cuvette du lac Fetzara et se prolonge vers la plaine de Annaba. La liaison entre le lac et la plaine d'El Hadjar se fait par l'oued Meboudja (KhadriS., 2009).

A-4. La dépression de lac Fetzara :

La dépression du lac Fetzara est séparée de la plaine de Guerbes par les petits massifs de Boumaiza et Berrahel, tous deux forment un arc de cercle qui sépare le massif de l'Edough du Tell Nord Guelmien (Figure 03). La bordure Nord correspond à la retombée du massif del'Edough et Belilieta. Le lac est couvert de joncs (plantes aquatiques) vers le littoral, puis de sripes et enfin de phragmites à 2 m ou 3 m de la côte. Son fond est limoneux, riche en matières organiques résultant de la décomposition sur place des plantes. Cette vase repose, par l'intermédiaire d'argile molle d'épaisseur variant entre 0 et 40 m , sur une argile compacte (argile de Numidie).

B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :**B-1. Les montagnes :**

Elles représentent plus du tiers de la superficie totale (soit 21600 Ha). La région d'étude s'intègre dans deux vastes compartiments topographiquement parallèles, représentés par Djebel Senalba et les deux Djebels Djellal. Ils sont orientés Sud-OuestNord-Est. Ces deux parties sont parfaitement distinctes par des limites bien marquées et des dénivellements assez accusés. Sur le bord Nord de la dépression, le Djebel Senalba suit un tracé rectiligne. Il s'élève entre 1400 et 1600m d'altitude et sur le bord Sud de la dépression, les deux Djebels Djellal, opposent un tracé sinueux dû aux différents accidents qui l'affectent. Ils s'élèvent jusqu'à 1450 m d'altitude.

B-2. Les dépressions :

La dépression est formée de petites plaines dont l'altitude varie entre 1100 m et 1300 m, les plaines les plus importantes sont celles de Maalba et de Mouilah à l'Est de la ville de Djelfa (RahmaniB., 2016).

B-3. Les piémonts :

C'est la phase intermédiaire entre les monts et les plateaux. Les piémonts se localisent au Sud- Est et au Nord de la commune.Ils occupent une superficie de 4505 Ha, soit 8.20% de la superficie totale (ANRH, 2016).

B-4. Les plateaux :

Ils font partie du grand plateau Moudjbara-Mouilah, occupant la plus grande partie de la superficie communale de Djelfa, soit 28825 Ha et se localisent en deux parties :

- La partie allant du Sud-Ouest (à partir du C. W 164) jusqu'au Sud- Est et Est de la commune. C'est la plus grande partie de ces plateaux ;
- La deuxième partie se trouvant à l'extrême Nord- Est de la commune. Ces plateaux sont caractérisés par des ondulations formant des petites collines et sont traversés par des Oueds plus ou moins importants. Une grande partie de la population éparsée se localise sur ces terres où s'exerce l'activité agricole (DPAT, 2014).

B-5. Les pentes :

La commune de Djelfa est formée de petites plaines dont les altitudes varient de 1020 à 1489 m. La partie haute de la dépression est constituée de la chaîne montagneuse de Ouled Nail. Cette chaîne orientée Sud- Ouest et Nord-Est est formée des principales montagnes de la Wilaya (DPAT, 2014).

Les pentes ont été classées en 5 classes:

- 0 – 3% } Pentas faibles
- 3 – 5% }
- Inférieur de 5% : Pentas faibles à moyennes.
- 12.5 – 25%: Pentas moyennes.
- Plus de 25%: Pentas fortes.

Les terrains se caractérisent par des pentes faibles qui oscillent entre 0 à 8 % avec une prédominance de la classe (0-3%) qui se trouve au niveau des plateaux au Sud, Sud- Ouest, à l'Est et au Nord- Est. Au Nord et au Nord- Ouest se trouvent les pentes moyennes à fortes. La classe (12.5 - 25 %) est répandue, surtout au niveau des versants des Montagnes où la couverture végétale est dense. Par contre, la classe (plus de 25 %) est localisée sur tout le long des crêtes de Senelba et Kef Haoues.

I.2.2.3. Couvert végétal :

A-Sousbassin versant de la basse Seybouse :

Le couvert végétal a une influence directe sur l'écoulement fluvial ainsi que les facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. dans la région d'étude (Khadri S., 2009).

La nature des terrains du sous bassin de la basse Seybouse combinée d'altitudes, donc d'humidité et de température, détermine un couvert végétal très varié. L'essentiel de la couverture végétale est représenté par des cultures diverses. On distingue deux catégories :

- Le domaine agricole : est représenté par les grandes cultures et parcours, les oliviers.

-la végétation naturelle : regroupe toute la végétation naturelle; les forêts, les maquis, et les broussailles.

B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :

Les principales formations végétales existantes au niveau des bassins versants sont: le forêt, la steppe et le matorral(Rahmani B., 2016).

- La forêt: Elle est localisée dans les zones montagneuses, c'est une forêt formée de pins d'Alep qui a du mal à s'adapter au climat de la région.

- La steppe: Elle se présente comme une formation discontinue, formée de touffes de xérophiles, plantes herbacées implantées sur les sols non salés. Elles sont spécifiques des régions de climat continental semi-aride.

- Le matorral: Il occupe une surface inférieure à celle de la forêt. Il s'agit d'une steppe arbustive, constituée de petits chênes, d'oliviers sauvages et d'arbousiers.

I.2.3.Cadre géologique :

A-Sous bassin versant de la basse Seybouse :

Les études géologiques réalisées dans la région (Joleaud, 1936 ; Hilly, 1962 ; Vila, 1980;Lahondère 1987 ; Gleizes, 1988 ; Hammor 1992) montrent l'existence de deux types de terrains;métamorphiques et sédimentaires (Figure 03). Les âges de ces terrains se répartissent duNeoprotérozoïque au Quaternaire.

A-1. Le Néoprotérozoïque-Paléozoïque :

Le massif de l'Edough constitue le complexe métamorphique le plus oriental du littoralalgérien. Il est composé d'une variété de roches métamorphiques d'âge Précambrien àPaléozoïque; l'ensemble de ces roches forme un antiforme d'axe NE-SW (Figure05) (Hilly, 1962;Vila, 1970; Gleizes et al. 1988; Marignac et Zimmermann, 1983; Marignac, 1985; Bouguerra,1990 ; Monié et al. 1992; Hammor, 1992; Aissa et al. 1995; Hammor et Lancelot, 1998; Laouaret al. 2002). Les gneiss forment la base et les métapélites viennent juste au-dessus des gneiss etconsistent deux unités principales: des micaschistes à grenat et souvent à disthène en alternanceavec des niveaux de marbre et de skarns d'épaisseur métrique, et une unité supérieure d'âgePaléozoïque (Ilavsky et Snopkova, 1987) constituée de schistes alumineux à andalousite etstaurotide en alternance avec des quartzites feldspathiques.

A-2. Le Mésozoïque - Cénozoïque :

Le massif de l'Edough est couvert vers le Sud et l'Ouest par des terrains sédimentairesformant une série de nappes assez complexe (Neumann et Vila, 1967 ; Marignac, 1985). De base haut, la structure est la suivante (Figure 03) :

- L'autochtone est représenté par une formation néritique d'âge crétacé. Il est composé surtout de calcaires épais, massifs, avec parfois des fissures ou vides karstiques;
- Le flysch mauritanien affleure à Ain Berda. Ce sont des formations d'âge Cénomane à Oligocène, constituées de plusieurs faciès : brèches, schiste, calcaires et grès micacés;
- Le dorsale kabyle est composé de deux unités : une unité inférieure (Néocomien à Eocène) composée de sédiments pélagiques et une unité supérieure (Eocène à Oligocène) caractérisée par des formations néritiques;
- Le flysch missilien d'âge crétacé est composé de grès, argiles et marnes;
- Le flysch Numidien est composé de grès d'âge Oligo-Miocène.

La plus part de ces roches sédimentaires sont recouvertes par des sables Mio-Pliocène jusqu'au Quaternaire. Le Trias affleure à quelque kilomètres au Sud de la région de Bouchegouf (A et Talbi 1991).

La structure de la couverture sédimentaire s'explique par le phénomène de diapir triasique. Il comporte des formations évaporitiques composées par des marnes gypseuses, argiles bariolées, dolomies, calcaires et sels.

- Le Mio-Pliocène est constitué par les faciès suivants:

- **Faciès marin (Plaisancien) :** Il est caractérisé par des marnes bleues avec des intercalations calcaires.
- **Faciès continental :** Il est caractérisé par des conglomérats, des grès et des argiles qui sont liés aux dépôts d'effondrement, et qui constituent le réservoir de la nappe captive des plaines de Annaba - Bouteldja.
- **Faciès fluviatile :** Il est bien développé dans la plaine d'Annaba et est formé essentiellement par de galets et d'argiles le long des oueds.

La prospection par sismique réflexion (SONATRACH, 1969 ; Strojexport, 1975) a permis de mettre en évidence l'existence de deux fosses : (1) la fosse de Ben-Ahmed, orientée S-N et (2) la fosse de Ben-M'hidi, orientée SW-NE. Ces deux fosses sont séparées par le haut fond (ou élévation) de Daroussa (Hani A., 2003). L'effondrement qui a provoqué la naissance des deux fosses s'est produit probablement au cours du Mio-Pliocène.

A-3. Le Quaternaire :

L. Joleaud (1936) a donné une description détaillée du Quaternaire dans la région. Il a pu distinguer trois niveaux :

- **Le Quaternaire ancien (haute terrasse) :** Il est constitué par des formations alluviales (argile, limon, sable, gravier et galets) et qui est un réservoir d'eau superficielle. Son altitude varie entre 75 et 150m ;

- Le Quaternaire moyen : Il correspond à la basse terrasse avec une épaisseur de 20 à 50m et est constitué par des argiles et des sables. Cette terrasse supporte des terres cultivées et se développe sur toute la région, surtout au niveau de la vallée d'oued Seybouse.

- Le Quaternaire récent : Il correspond aux sables des cordons dunaires littoraux et aux limons alluvionnaires de la Seybouse.

Le Quaternaire actuel est formé par des alluvions représentées par des dépôts du lit actuel de l'oued Seybouse, généralement de matériaux variés (argiles, sables et des cailloux) résultant de l'érosion des formations traversées par l'Oued.

Cette description géologique a fait apparaître que dans la zone d'étude, seules les formations du Mio-Pliocène et du Quaternaire peuvent constituer des réservoirs d'eau importants. Par contre, les formations anciennes qui apparaissent à l'entourage du site, sont rarement exploitées.

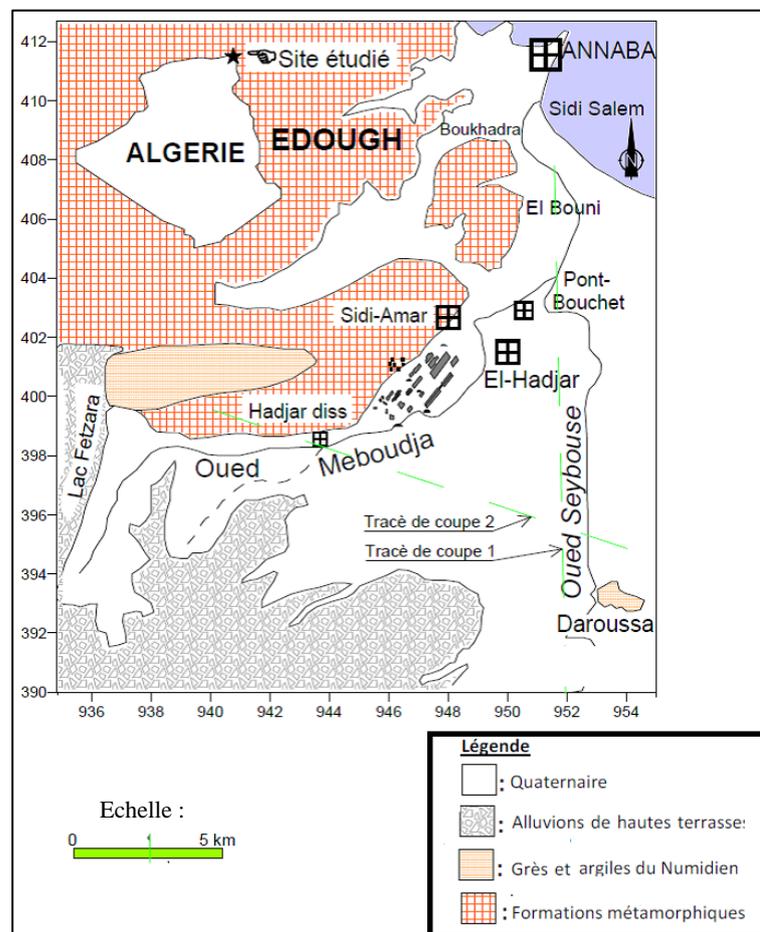


Figure 03: Géologie du sous bassin versant de la basse Seybouse(MOUCHARA N., 2009).

B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :

Le Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia fait partie de la région de Djelfa qui appartient aux hauts plateaux et l'Atlas saharien. Du point de vue géologique, elle peut être divisée en deux parties structurales :

- Le grand synclinal Sud de Djelfa, dont l'axe s'oriente dans le sens Est, Nord-Est et s'incline vers le Nord-Est. Avec cette inclinaison, il forme du côté Sud-Ouest une assise semi fermée, ayant une base large, à pente modérée.

- Le petit synclinal Nord : suivant la même orientation que le précédent, mais caractérisé par ses diapirs rapprochés les uns des autres, par l'importance d'angle d'inclinaison de roches et par le développement de ses formes dû aux plissements.

Géologiquement, cette zone est constituée par des formations d'âge allant du secondaire jusqu'au Quaternaire.

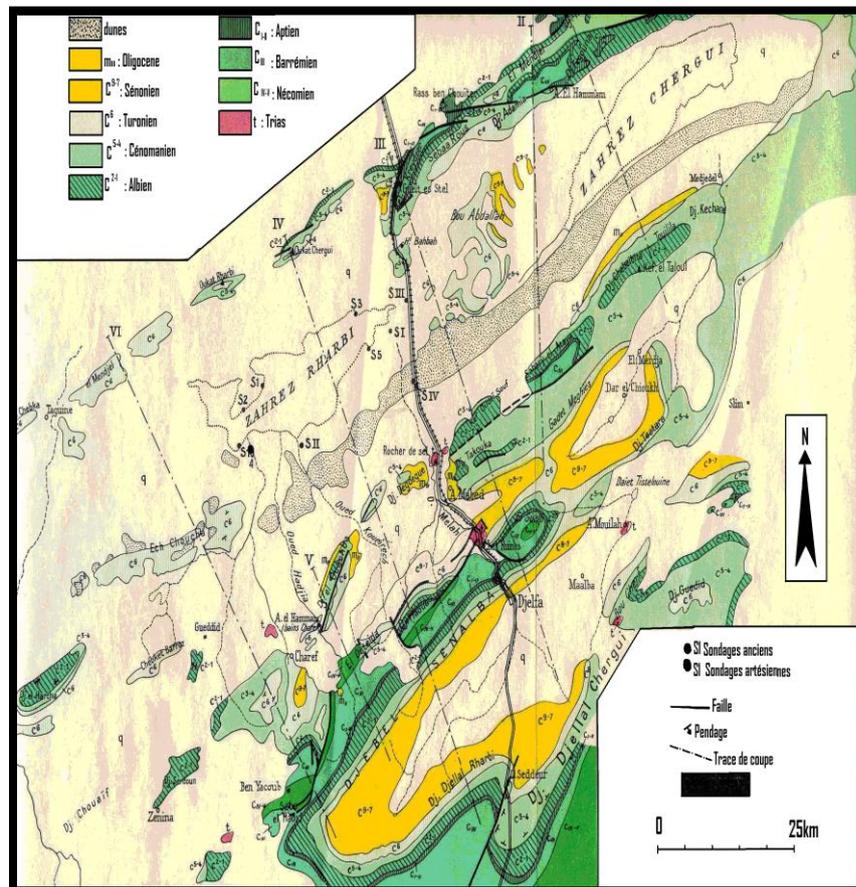


Figure 04: Géologie du bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (D'après Cornet G., 1952).

B-1. Le Trias :

Les affleurements attribués au Trias n'occupent qu'une place très restreinte. Il s'agit d'une grosse intumescence axiale de sel gemme (NaCl), situé à une vingt kilomètres au Nord de Djelfa, qui s'élève à plus de 80 m au dessus du talweg de l'oued Djelfa-Hadjia, avec un diamètre de 1500

m environ. Ce diapircerné par des crêts de calcaire qui ne rattachent à aucun faciès créacé connu sur le terrain, il s'agit d'un faciès Jurassique, ramené par la montée du diapir qui se trouve sur l'accident Nord-atlasique (Trayssac, 1980).

B-2. Le Jurassique :

Les formations Jurassiques sont constituées par une alternance de calcaire dur et calcaire graveleux avec marne multicouche, ces dépôts sont rencontrés surtout dans la partie Nord-Ouest de Djelfa.

B-3. Le Crétacé :

Le créacé apparait au niveau des crêtes (Dj. Senlaba, Dj. Aissa et Kef Haouas). Constitué de calcaires, de marnes et de grès (Cornet, 1952).

B-3.1. Le Barrémien :

Cette formation correspond à un énorme ensemble gréseux ou argilo-gréseux. Les grès sont souvent à grains grossiers en général mal classés, leur couleur peut être blanchâtre, beige mais souvent rougeâtre.

La limite inférieure correspond à l'ensemble carbonaté inférieur du fin Jurassique.

La limite supérieure correspond à la disparition des grès et des argiles gréseuses.

B-3.2. L'Aptien :

Cette formation est bien représentée dans la région puisqu'elle affleure tout autour du Synclinal de Djelfa. L'Aptien forme une bande étroite, continue bien visible dans le paysage, parfois elle est discontinue quand elle est cachée par le quaternaire et sa couleur est grise blanchâtre. L'Aptien est essentiellement carbonaté, il est formé de marnes verdâtres à grisâtres marno-calcaire.

Parfois on rencontre des bancs de calcaires fins gréseux avec une épaisseur moyenne de 50 m au niveau de Dj. Djellal et Senlaba Chargui.

B-3.3. L'Albien :

sa partie inférieure est d'une épaisseur de 400 m, formée de grès massifs fins de couleurs rouge, parfois blancs pâles, tachés de points noirs. Ils sont intercalés par des passées d'argiles grisâtres.

Sa partie supérieure d'une épaisseur, d'environ 200 m, constituée de calcaires et marnes en alternance. Les deux parties présentent un intérêt hydrogéologique.

L'Albien est caractérisé par une perméabilité d'interstices.

B-3.4. Le Cénomaniens :

Cette série est formée essentiellement par des séries marneuses souvent salées (Dj. Boukhil) et rarement marno-calcaire.

La limite inférieure est représentée par la limite supérieure de l'Albien et la limite supérieure est matérialisée par la grande falaise sous-jacente.

Les épaisseurs sont plus importantes à l'Est qu'à l'Ouest et elles varient de 732 à 530 m.

B-3.5. Le Turonien :

On trouve cette formation au niveau de la grande structure centrale ainsi qu'à l'Ouest. Elle se présente essentiellement comme une grande falaise dominant le reste des formations sous-jacentes, par suite de l'inversion du relief : elle forme l'ossature de grande structure de Djelfa.

Cette formation est formée essentiellement du calcaire de couleur claire ou grisâtre.

A la base, le calcaire est massif à silex et à beaucoup de débris de rudistes.

B-3.6. Le Sénonien:

Cette formation est constituée d'une alternance de calcaire avec des courbes marneuses jaunes, avec une épaisseur d'environ 100 m.

La limite inférieure est matérialisée par l'apparition des alternances marneuses-calcaires et la limite supérieure est indéterminée.

Du point de vue hydrogéologique, le Sénonien est une formation caractérisée par une faible perméabilité et peu productrice.

B-4. Néogène :

B-4.1. Le Mio-pliocène :

Cette formation est caractérisée par la présence des marnes, argiles rouges à jaune verdâtre, de banc de calcaire peu épais à massif de conglomérats à éléments calcaires et de gypse. Le mio-pliocène est déposé sur les séries sous-jacentes.

B-4.2. Le Quaternaire :

Représenté par un premier glaciaire, constitué d'une croûte très épaisse dure presque dépourvue du matériel grossier.

Il est situé au flanc Sud de Dj. Djellal El Gharbi, formant des terrasses dans le paysage.

C'est un quaternaire consolidé, compact et discordant.

- **Le Quaternaire moyen (Tensiftien) :**

Représenté par le troisième glaciaire, qui est caractérisé par une superposition des deux horizons carbonatés :

L'un limoneux à la base ; Pulvérulent à faciès gréseux. L'autre de type bréchiq ue englobant une forte proportion de galets et de calcaire et recouvert d'une croûte zonaire, son épaisseur varie de 0.5 à 1.5 m.

Les terrasses à poudings sont fortement consolidées, deux sont visibles le long de l'oued Djelfa-Mellah et de ces affluents principaux (O. Msekka et O. Ben-Naam).

L'épaisseur de ces terrasses est en moyenne de 2 à 3 m.

- **Le Quaternaire récent :**

Il apparaît en amas ou taches irrégulières de grise ou gris claire et il est discordant. Présent dans toute la carte. Il donne l'aspect de veines, car il suit l'allure des oueds ou des dépressions et discordants (Cornet, 1952),(Voir le figure 04).

I.2.4.Tectonique :

A-Sous bassin versant de la basse Seybouse :

La région d'étude est caractérisée par une tectonique très complexe(Figure 05), elle peut être subdivisée en deux unités structurales (Vila J. M., 1980) :

- Les monts de cheffia : Ce sont des formations grés-argileuses occupant la partie sud de la région et se présentent comme une ride tectonique marquée par des anticlinaux à noyaux argileux, parfois faillés.

- La plaine d'Annaba qui a subi deux événements tectoniques. Dans un premier temps, durant le Miocène inférieure au Miocène supérieure, les mouvements tectoniques provoquent l'enfoncement progressif des grés numidiens (conséquence de la deuxième phase alpine). Par la suite, il y a eu un remplissage Plio-Quaternaire par des matériaux détritiques (formations continentales).

Pendant le Miocène inférieure, l'ensemble de la région a été soumis à des phénomènes orogéniques et à un isolement complet du massif de l'Edough. Ainsi, la plaine se trouve au centre d'un bassin limité au Nord par l'antiforme du massif de l'Edough et au sud par l'anticlinal principal de la chaîne numidique. A partir de Pliocène et pendant le Quaternaire, un effondrement a lancé des processus de formations et de comblement des deux fosses, celle de Ben Ahmed orientée Nord-Sud et celle de Ben M'hidi orientée Sud-Ouest-Nord Est. Ces deux fosses sont limitées par des failles à très forts pendages (60 à 80°) et séparées par un horst subméridien représenté par l'élévation de Daroussa à laquelle appartient la butte de Daroussa. Le Trias, probablement diapirique, affleure dans la zone Bouchegouf –Drean. Il recoupe les divers plis dirigés Nord Est-Sud-Ouest (Blayac, 1912).

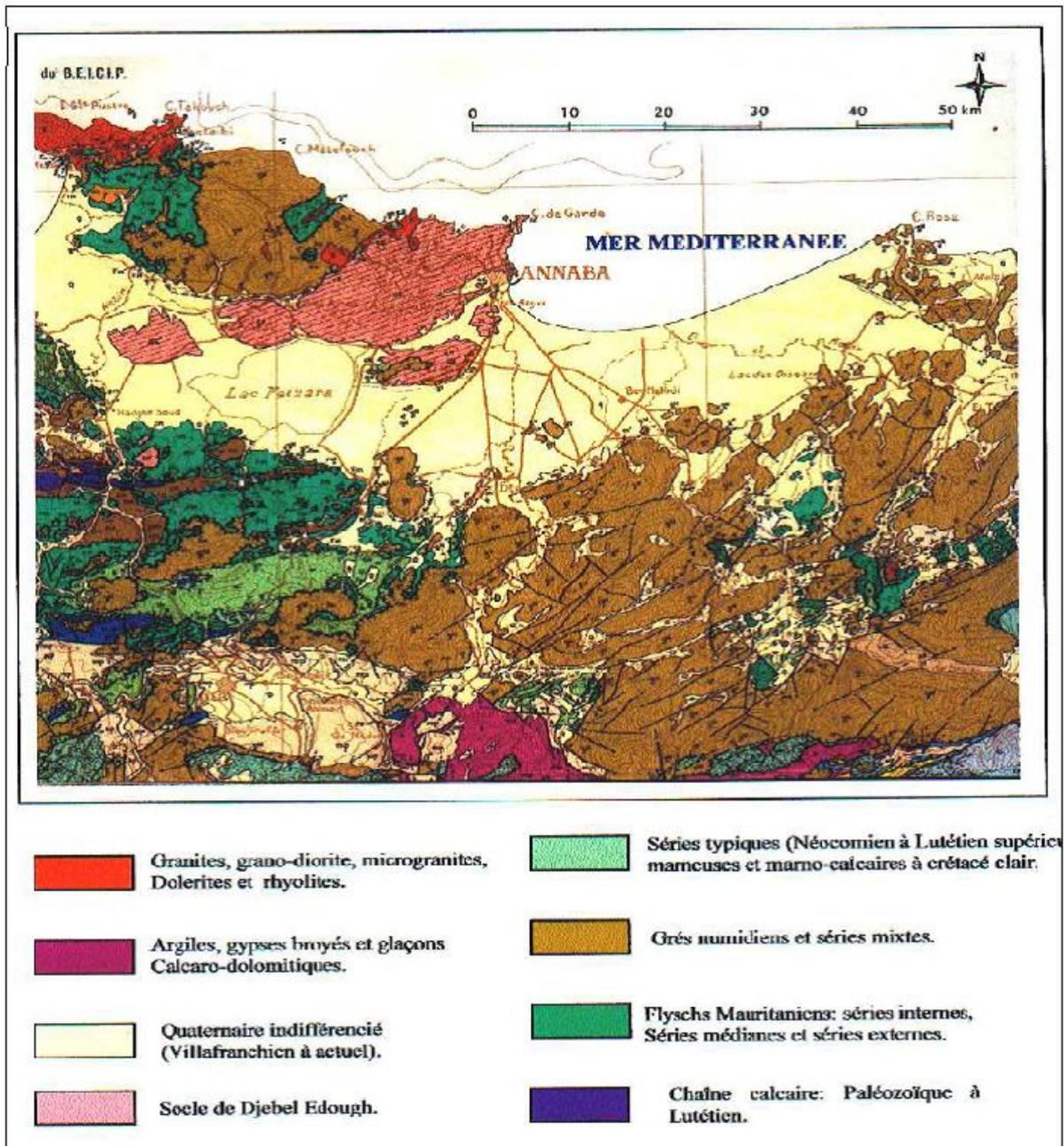


Figure 05 : Schéma tectonique du sous bassin versant de la basse Seybouse (Extrait de Villa J. M.,1980).

B-Sous bassin versant de l'Oued Djelf-Hadjia :

La structure géologique actuelle des monts des OuledNails et la région des Chott est issue des plissements tertiaires de l'orogénèse Alpine. Les séries du Crétacé qui constituent l'ossature de ces monts ont été plissées selon une direction SW-NE (Trayssac J., 1981).

En effet, dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia nous rencontrerons une série d'axes synclinaux et anticlinaux (Figure 06).Le synclinal est subdivisé en deux parties :

- La partie centrale (axiale)
- Les flancs Nord et Sud du synclinal.

- La partie centrale (axiale) :

La zone axiale caractérisée par une orographie basse, correspond à une vaste cuvette d'axe SW-NE. Elle est comblée par des dépôts continentaux du Néogène et du Quaternaire.

- Les flancs Nord et Sud du synclinal :

- **Le flanc Nord :**

Est constitué de deux sous-ensembles séparés par un contact tectonique majeur d'une direction conforme à la direction globale du synclinal.

- Le premier sous-ensemble de pendage supérieur à 40° est formé par une série monoclinale d'âge Sénonien à Néocomien. Ce qui correspond à une zone montagneuse parcourue par un réseau hydrographique orienté SE-NW dont l'oued principal est celui de Djelfa-Melah.

- Le deuxième sous-ensemble de même série à pendage NW inversé SE formant des plis au niveau de Kef-Haouas.

- **Le flanc Sud :**

Il est constitué par une série monoclinale de pendage NW relativement plus faible de 12° à 30°. Ce flanc est affecté par un accident tectonique important, c'est un décrochement dextre dont le rejet horizontal dépasse les 5 Km subdivisant le flanc Sud du synclinal de Djelfa en deux parties (Djebels): Djebel Djellal Gharbi à l'Ouest de la route Djelfa-Laghouat et Djebel Djellal Chergui à l'Est de cette route.

L'observation de la Figure montre que le flanc Nord de la dépression de Djelfa est beaucoup plus affecté par les accidents tectoniques que le flanc Sud. En générale la fracturation prend deux familles de directions différentes qui sont :

- Une famille orientée NW-SE a pour trois directions préférentielles : N 110° à N 120°, N 120° à N 130°, N 130° à N 140°.

- Une famille orientée N-S a pour direction N 0° à N 10°.

Notant également, l'existence des fractures orientées NE-SW.

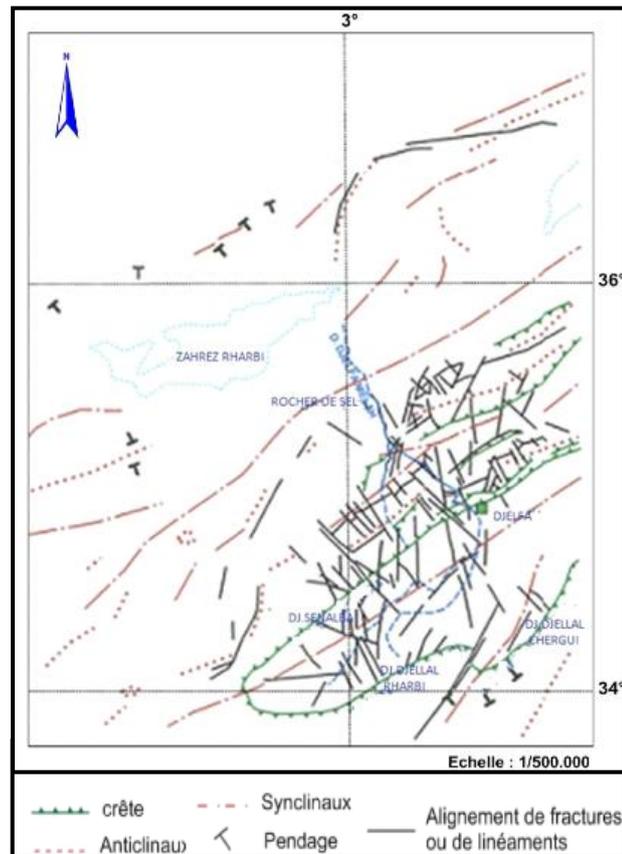


Figure 06 : Schéma tectonique du monts des Ouled Nail et bassin des Zahrez (D'après Cornet G., 1952, complété par Traysac J., 1981 in Rahmani B., 2015).

I.3. Conclusion :

D'après cette étude on peut conclure que du point de vue géomorphologique et géologique les deux régions d'étude sont complètement différentes. Le sous bassin de la basse Seybouse fait partie du versant Nord du tell et il couvre la plaine de Annaba et la cuvette du lac Fetzara, alors que le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia appartient à l'Atlas saharien et se caractérise par des monts qui atteignent les 1600 m et couvre une partie du plateau Moudjbara-Mouilah.

L'étude géologique et structurale des deux régions d'études fait ressortir que :

- Les formations géologiques de la région de la Seybouse ont un âge du Néoprotérozoïque-Paléozoïque jusqu'au quaternaire récent. Le quaternaire occupe une grande majorité des terrains.
- La région de l'oued Djelfa-Hadjia est caractérisée par des formations géologiques d'âge allant du crétacé (secondaire) jusqu'au quaternaire.

II.1.Introduction :

L'étude des caractéristiques hydroclimatologiques joue un rôle primordial dans la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. Pour cela, l'élaboration du bilan hydrique est indispensable pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydraulique de surface.

Dans ce chapitre on va utiliser les observation climatiques (P et T) sur une période de 36 ans .

II.2. Le climat :

L'étude du climat se base sur les mesures enregistrés aux différentes stations d'éléments Météorologiques divers et parmi les plus importants nous citons les précipitations et la Température, on s'est basé sur les données climatiques de trois stations : les Salines, Guelma et Djelfa qui couvrent une période de 36 ans entre les années (1982-2018).

Tableau n°01:Caractéristiques des stations de mesure.

Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observation
Salines	7°49 E	36°49 N	5	1982-2018
Guelma	07°28 E	36° 27'N	215	1982-2018
Djelfa	3°26'E	34°67' N	1125	1982-2018

II.2.1.Diagramme ombrothermique :

Il s'agit de la combinaison des températures et des précipitations moyennes mensuelles. Il permet de déterminer les saisons sèches et humides.

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est considéré comme sec, si le total des précipitations (P) exprimées en millimètre est égal ou inférieur au double de la température moyenne (T) du mois, exprimée en degré centigrade ($P \leq 2T$).

D'après ces diagrammes mentionnés en Figure 08, 09 et10, nous pouvons déduire deux périodes bien distinctes :

- Une saison sèche et chaude qui s'étale du mois de Mai (18.38 C° aux Salines, 19.03C° à Guelma et 16.93 C° à Djelfa) jusqu'au mois : de Septembre (aux Salines : 23.17 C° et à Guelma:20.47 C°) et fin Octobre à Djelfa:15.33C°.
- Une saison humide qui s'étend du mois de Septembre (pour les Salines et Guelma)et fin Octobre (pour Djelfa) jusqu'au mois de Mai.

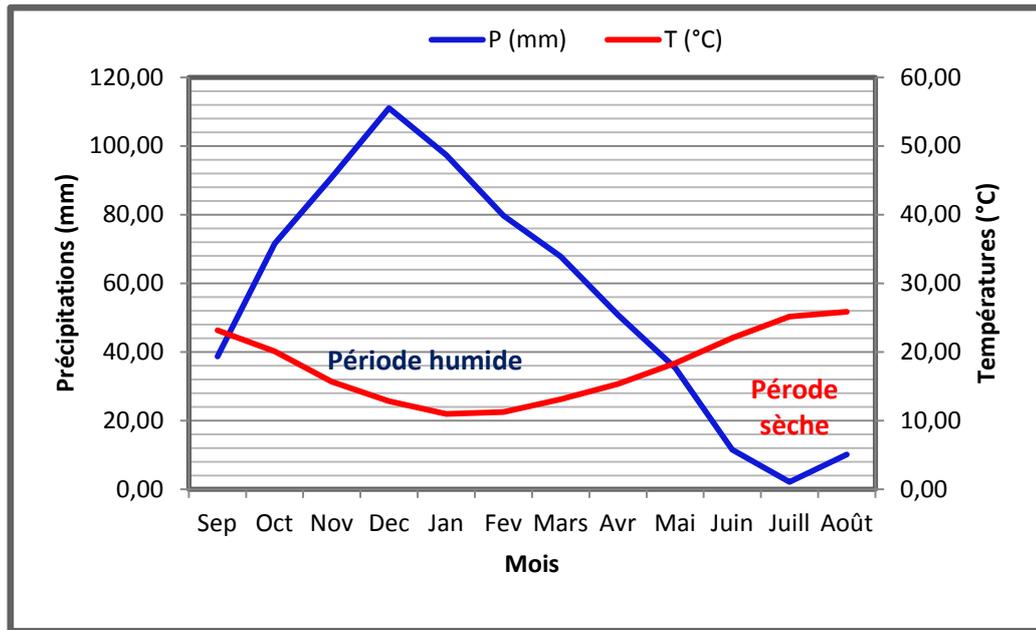


Figure 07 : Diagramme ombrothermique de la station des Salines (1982-2018).

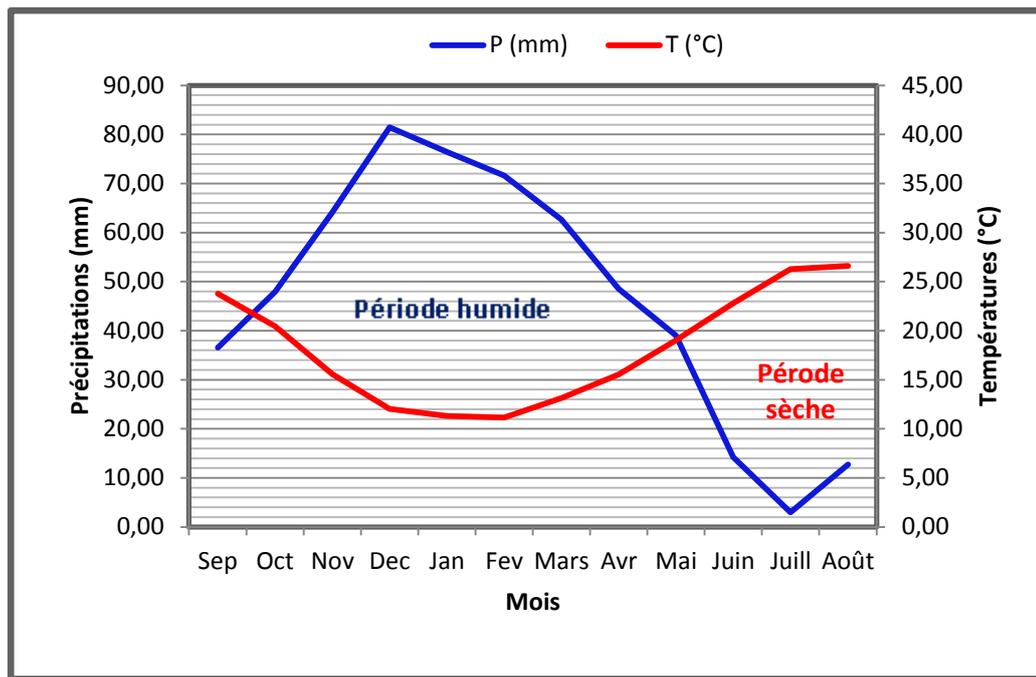


Figure 08 : Diagramme ombrothermique de la station de Guelma(1982-2018).

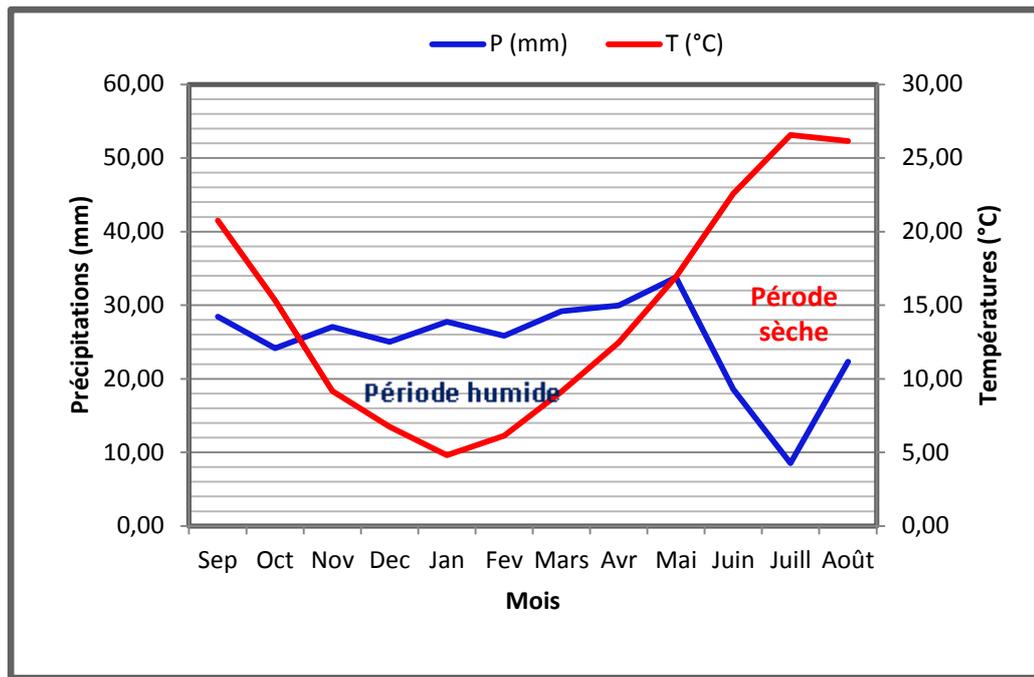


Figure 09 : Diagramme ombrothermique de la station de Djelfa (1982-2018).

II.3. Les précipitations :

Les précipitations sont un facteur essentiel caractérisant le climat d'une région et un élément principal du bilan hydrique. Les précipitations jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eaux et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines pour constituer à moyen terme des ressources mobilisables non négligeables.

II.3.1. Les précipitations moyennes mensuelles :

Les précipitations moyennes mensuelles sont calculées à partir des données des hauteurs des précipitations de chaque mois sur une période de 36 ans (1982-2018) pour les trois stations. Les variations mensuelles et pluriannuelles des précipitations sont résumées dans le (Tableau n°02):

Tableau n°02 : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

Mois Stations	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Jui.	Juill.	Août	Moyenne
Salines	38,75	71,62	90,92	111,09	97,44	79,71	67,83	50,85	35,36	11,57	2,21	10,17	667,51
Guelma	36,56	47,91	64,17	81,45	76,45	71,62	62,67	48,53	39,02	14,23	2,99	12,74	558,33
Djelfa	28,44	24,14	27,05	25,03	27,74	25,84	29,19	29,94	33,78	18,60	8,55	22,34	300,64

Sources: ONM Annaba, Guelma, et Djelfa 2019.

- L'histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Figure 10) des stations des Salines, de Guelma et de Djelfa montre une hétérogénéité importante des précipitations d'un mois à l'autre avec un maximum de l'ordre de 111.09 mm aux Salines et 81.45 mm à Guelma durant le mois de Décembre et 33.78mm à Djelfa durant le mois de Mai, et avec un minimum de 2.21mm à la

station des Salines, 2.99 mm et à la station de Guelma et 8.55mm à station de Djelfa pendant le mois de Juillet.

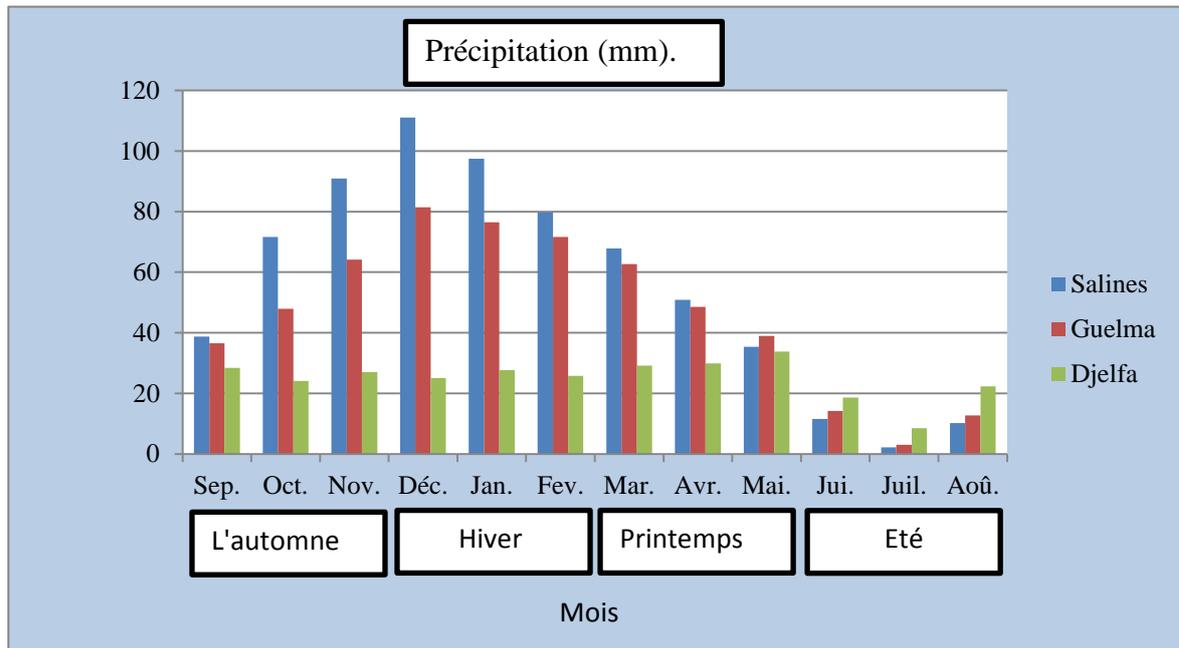


Figure 10 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations des Salines, de Guelma et de Djelfa (1982-2018).

II.3.2. Les précipitations moyennes annuelles :

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 654,02 mm pour les Salines, 558,6mm pour Guelma et 307,36 mm pour Djelfa. Les variations interannuelles sont reportées dans (le tableau n°03).

La variabilité interannuelle des précipitations est exprimée par le coefficient pluviométrique (CP). Ce paramètre est très important dans la détermination des années excédentaires et déficitaires. Il est obtenu par le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne d'une série à une station donnée.

$$CP = \frac{P}{\bar{P}}$$

Le coefficient pluviométrique est en relation proportionnelle avec la pluviométrie (Tableau n°2) Nous avons deux cas :

-CP > 1 : année excédentaire.

-CP < 1 : année déficitaire.

Remarque : la pluviométrie annuelle moyenne (p) de chaque station est :

- Station des Saline : P= 667.51 mm
- Station de Guelma : P= 558,33 mm

- Station de Djelfa : P= 300,64mm

Tableau n°03 : Précipitations moyennes annuelles .

Année	Salines	CP des Salines	Les années déficitaires et excédentaires	Guelma	CP de Guelma	Les années déficitaires et excédentaires	Djelfa	CP de Djelfa	Les années déficitaires et excédentaires
1982/83	678,1	1,02	Excédentaire	454,85	0,81	Déficitaire	323,2	1,08	Excédentaire
1983/84	937,8	1,40	Excédentaire	769,37	1,38	Excédentaire	138,3	0,46	Déficitaire
1984/85	927	1,39	Excédentaire	798,81	1,43	Excédentaire	346,3	1,15	Excédentaire
1985/86	543	0,81	Déficitaire	342,85	0,61	Déficitaire	378,3	1,26	Excédentaire
1986/87	909,3	1,36	Excédentaire	858,84	1,54	Excédentaire	376,9	1,25	Excédentaire
1987/88	491	0,74	Déficitaire	514,81	0,92	Déficitaire	333,2	1,11	Excédentaire
1988/89	557	0,83	Déficitaire	376,4	0,67	Déficitaire	339,8	1,13	Excédentaire
1989/90	535	0,80	Déficitaire	504	0,90	Déficitaire	363,1	1,21	Excédentaire
1990/91	689,3	1,03	Excédentaire	596,13	1,07	Excédentaire	327,3	1,09	Excédentaire
1991/92	684,6	1,03	Excédentaire	595,3	1,07	Excédentaire	290,2	0,97	Déficitaire
1992/93	644,1	0,96	Déficitaire	359,9	0,64	Déficitaire	292,7	0,97	Déficitaire
1993/94	519,7	0,78	Déficitaire	491,8	0,88	Déficitaire	225	0,75	Déficitaire
1994/95	548,3	0,82	Déficitaire	651,2	1,17	Excédentaire	399	1,33	Excédentaire
1995/96	807	1,21	Excédentaire	310,8	0,56	Déficitaire	487,9	1,62	Excédentaire
1996/97	422,8	0,63	Déficitaire	597	1,07	Excédentaire	278	0,92	Déficitaire
1997/98	941	1,41	Excédentaire	540	0,97	Déficitaire	294	0,98	Déficitaire
1998/99	841	1,26	Excédentaire	603	1,08	Excédentaire	178	0,59	Déficitaire
1999/00	559,6	0,84	Déficitaire	522,5	0,94	Déficitaire	109,1	0,36	Déficitaire
2000/01	550,7	0,83	Déficitaire	294,5	0,53	Déficitaire	215	0,72	Déficitaire
2001/02	460,3	0,69	Déficitaire	837,5	1,50	Excédentaire	250,9	0,83	Déficitaire
2002/03	842,1	1,26	Excédentaire	735,5	1,32	Excédentaire	249,2	0,83	Déficitaire
2003/04	708	1,06	Excédentaire	718,5	1,29	Excédentaire	371,5	1,24	Excédentaire
2004/05	987,7	1,48	Excédentaire	469	0,84	Déficitaire	376	1,25	Excédentaire
2005/06	612,5	0,92	Déficitaire	498,5	0,89	Déficitaire	357,6	1,19	Excédentaire
2006/07	648,1	0,97	Déficitaire	347,3	0,62	Déficitaire	289	0,96	Déficitaire
2007/08	539,7	0,81	Déficitaire	624	1,12	Excédentaire	328,3	1,09	Excédentaire
2008/09	853,6	1,28	Excédentaire	463	0,83	Déficitaire	410,5	1,37	Excédentaire
2009/10	627,1	0,94	Déficitaire	809,3	1,45	Excédentaire	358,6	1,19	Excédentaire
2010/11	670,4	1,00	Excédentaire	482,94	0,86	Déficitaire	330,7	1,10	Excédentaire
2011/12	608	0,91	Déficitaire	708,87	1,27	Excédentaire	241,8	0,80	Déficitaire
2012/13	575,26	0,86	Déficitaire	506,44	0,91	Déficitaire	248,2	0,83	Déficitaire
2013/14	610,1	0,91	Déficitaire	557,65	1,00	Excédentaire	310,72	1,03	Excédentaire
2014/15	811,1	1,22	Excédentaire	690,67	1,24	Excédentaire	204,74	0,68	Déficitaire
2015/16	551,24	0,83	Déficitaire	406,58	0,73	Déficitaire	252,6	0,84	Déficitaire
2016/17	397,03	0,59	Déficitaire	413,26	0,74	Déficitaire	202,21	0,67	Déficitaire
2017/18	741,9	1,11	Excédentaire	648,93	1,16	Excédentaire	345,1	1,15	Excédentaire
Moyenne	667,51			558,33			300,64		

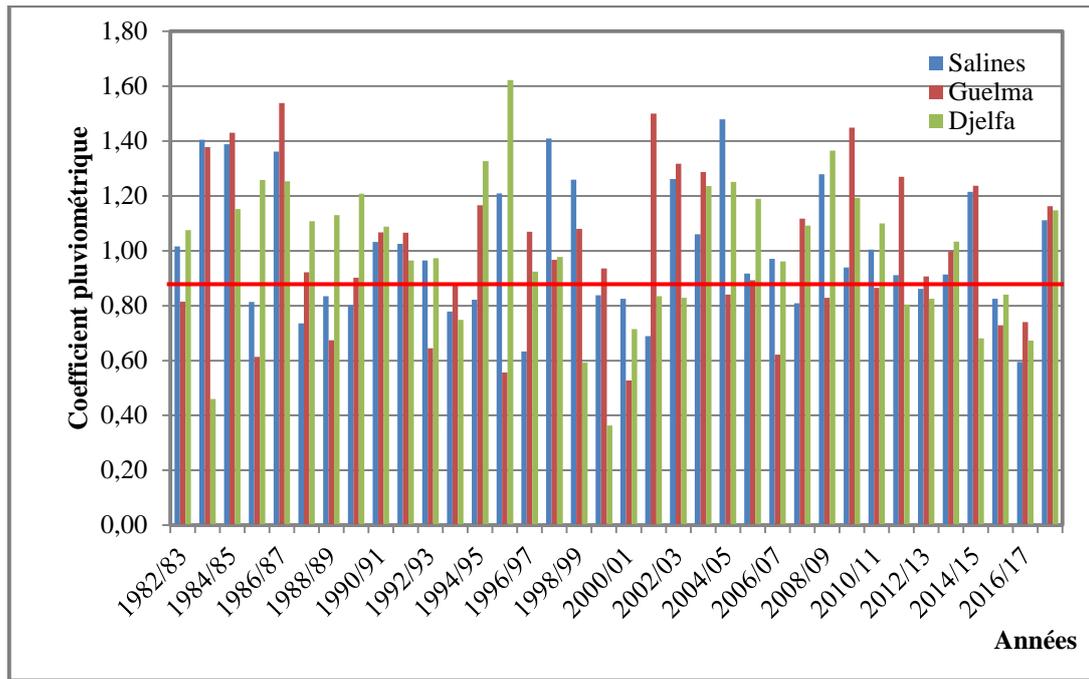


Figure 11 : Les variations du coefficient pluviométrique pour les stations des Salines de Guelma et de Djelfa (1982-2018).

D’après cet histogramme (Figure 11), on peut remarquer que les années excédentaires sont parfois inférieurs ou égales et parfois supérieurs que les années déficitaires. Les années déficitaires sont de l'ordre de 20, 19 et 17 ans aux Salines, Guelma et Djelfa respectivement.

II.4. Les températures :

La température est le deuxième facteur dans l’étude climatique, car elle agit directement sur le phénomène d’évapotranspiration et par conséquent le déficit d’écoulement annuel et saisonnier. On dispose des données de températures moyennes mensuelles de trois stations pour la période (1982-2018).

II.4.1. Températures moyennes mensuelles :

La température moyenne mensuelle mesurée aux stations des Salines et Guelma , Djelfa (1982-2018), sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau n°04 : Températures moyennes mensuelles (C°).

Mois Stations	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Jui.	Juill.	Août
Salines	23,17	20,12	15,67	12,86	11,01	11,28	13,13	15,37	18,38	22,06	25,19	25,85
Guelma	23,79	20,47	15,56	12,04	11,32	11,15	13,14	15,55	19,03	22,79	26,29	26,62
Djelfa	20,89	15,58	9,43	6,81	4,79	6,02	9,17	12,67	17,21	22,83	27,02	26,08

Sources: ONM Annaba, Guelma, et Djelfa 2019.

- L'histogramme de la température moyenne mensuelle Figure 13 nous montre une différence assez proche des valeurs de la température entre les stations des Salines et de Guelma et une grande différence entre les valeurs de ces deux dernières et celles de Djelfa. Nous remarquons aussi que le mois le plus chaud est le mois d'Août (avec une température de l'ordre de aux Salines 25.85 °C et 26.62 °C à Guelma), et le mois de juillet à Djelfa 27.02°C à Djelfa. Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec 11.01 °C à la station des Salines et 4.81 °C à Djelfa et le mois de Février avec 11.15 °C à Guelma .

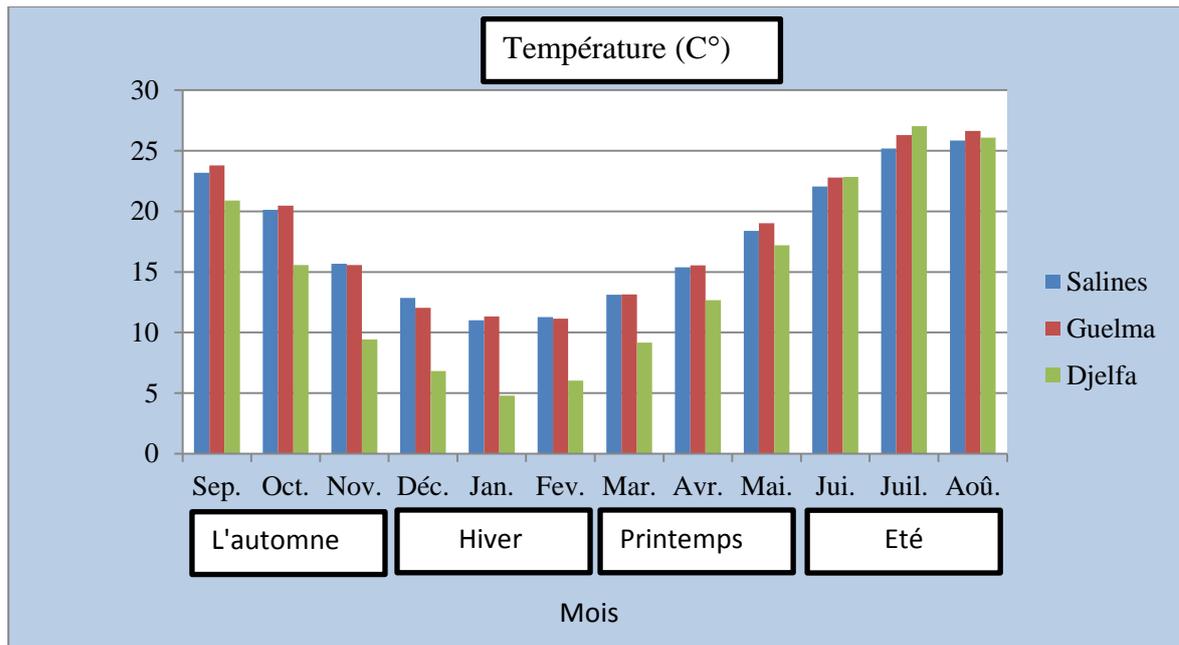


Figure 12: Histogramme des températures moyennes mensuelles aux stations des Salines, de Guelma et de Djelfa (1982-2018).

II .4.2. Les températures moyennes annuelles :

La température moyenne annuelle sur une période de 36 ans pour les trois stations de mesure sont reportées dans le tableau n°05 et sont respectivement de 17.84 °C pour les Salines, et 18.14 °C à Guelma et 14.87 °C à Djelfa .

Tableau n°05 : Températures moyen annuelles(C°).

Année	Les Salines	Guelma	Djelfa	Année	Les Salines	Guelma	Djelfa
1982/83	17,07	16,39	14,32	2000/01	17,96	18,38	15,28
1983/84	17,54	17,28	14,41	2001/02	17,71	17,99	15,13
1984/85	17,68	18,16	14,63	2002/03	18,55	18,56	15,16
1985/86	17,81	18,37	14,50	2003/04	17,68	17,58	14,58
1986/87	17,79	17,85	14,77	2004/05	17,39	17,56	15,06
1987/88	18,88	18,61	15,41	2005/06	17,75	18,21	15,11
1988/89	17,58	18,17	14,29	2006/07	18,09	18,04	15,47
1989/90	18,64	18,41	15,30	2007/08	17,60	17,49	15,25
1990/91	17,70	17,74	14,18	2008/09	17,63	17,74	14,43
1991/92	17,17	17,81	13,11	2009/10	17,72	17,91	15,39
1992/93	17,83	17,87	14,56	2010/11	17,61	17,81	14,95
1993/94	16,94	17,55	14,01	2011/12	17,94	17,96	15,10
1994/95	18,30	17,97	14,78	2012/13	17,06	17,84	14,51
1995/96	18,59	18,37	13,98	2013/14	17,92	18,10	15,28
1996/97	18,15	18,54	14,47	2014/15	17,59	18,48	15,22
1997/98	18,02	18,36	14,68	2015/16	17,88	20,37	15,48
1998/99	17,94	17,33	14,83	2016/17	18,61	21,19	15,80
1999/00	18,28	18,67	14,86	2017/18	17,63	19,56	17,19
	Moyenne				17,84	18,14	14,87

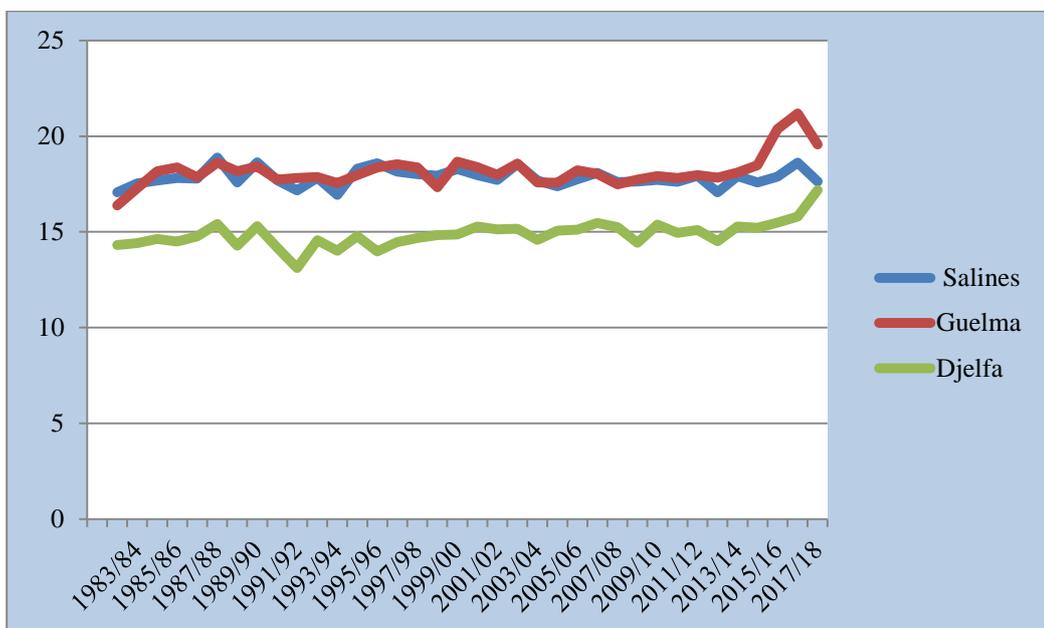


Figure 13 : Courbe de variation des températures moyennes annuelles aux stations des Salines, de Guelma et de Djelfa (1982-2018).

II.5. Estimation des paramètres du bilan hydrique :

Le bilan hydrique est établi pour un lieu et une période donnés par comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Les apports d'eau sont effectués par les précipitations. Les pertes sont essentiellement dues à la combinaison de l'évaporation et la transpiration, que l'on désigne sous le terme d'évapotranspiration. Le bilan hydrique englobe l'étude des paramètres suivants :

- L'évapotranspiration.
- Les écoulements de surface ou ruissellement.
- L'infiltration.

II.5.1. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

L'évapotranspiration réelle s'identifie au déficit d'écoulement et peut se calculer à partir de nombreuses formules qui induisent l'utilisation de deux paramètres climatiques à savoir : la pluviométrie et la température. L'évapotranspiration réelle dépend de plusieurs facteurs selon la formule utilisée, mais les plus importantes sont la quantité de pluie tombée dans le bassin mais également la réserve maximale en eau dans le sol, le couvert végétal et la température de l'air. Pour le calcul de l'ETR on a utilisé la formule de Thornthwaite.

Il est à rappeler que dans le cas où l'évapotranspiration potentielle est égale aux précipitations ceci implique que l'évapotranspiration potentielle représente l'évapotranspiration réelle.

L'excédent des précipitations sur l'évapotranspiration potentielle est emmagasiné dans le sol. Ce qui augmente les réserves (RU) jusqu'à ce que ce dernier soit saturé.

Tableau n°06 : Bilan hydrique à la station des Salines pour la période (1982-2018).

	TP	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	23,17	10,2	1,03	106,4	38,75	-67,6	-0,6	0,0	0,0	38,7	67,6	0,0
O	20,12	8,2	0,97	77,1	71,62	-5,5	-0,1	0,0	0,0	71,6	5,5	0,0
N	15,67	5,6	0,86	43,0	90,92	48,0	1,1	48,0	48,0	43,0	0,0	0,0
D	12,86	4,2	0,81	28,0	111,09	83,1	3,0	52,0	100,0	28,0	0,0	31,1
J	11,01	3,3	0,87	22,5	97,44	74,9	3,3	0,0	100,0	22,5	0,0	74,9
F	11,28	3,4	0,85	23,0	79,71	56,7	2,5	0,0	100,0	23,0	0,0	56,7
M	13,13	4,3	1,03	37,0	67,83	30,8	0,8	0,0	100,0	37,0	0,0	30,8
A	15,37	5,5	1,10	53,0	50,85	-2,1	0,0	-2,1	97,9	53,0	0,0	0,0
M	18,38	7,2	1,21	81,2	35,36	-45,9	-0,6	-45,9	52,0	81,2	0,0	0,0
J	22,06	9,5	1,22	115,0	11,57	-103,5	-0,9	-52,0	0,0	63,6	51,5	0,0
J	25,19	11,6	1,24	149,6	2,21	-147,4	-1,0	0,0	0,0	2,2	147,4	0,0
A	25,85	12,0	1,16	146,9	10,17	-136,7	-0,9	0,0	0,0	10,2	136,7	0,0
Annuel	17,8	85,0		882,7	667,5	-215,2				474,0	408,7	193,5

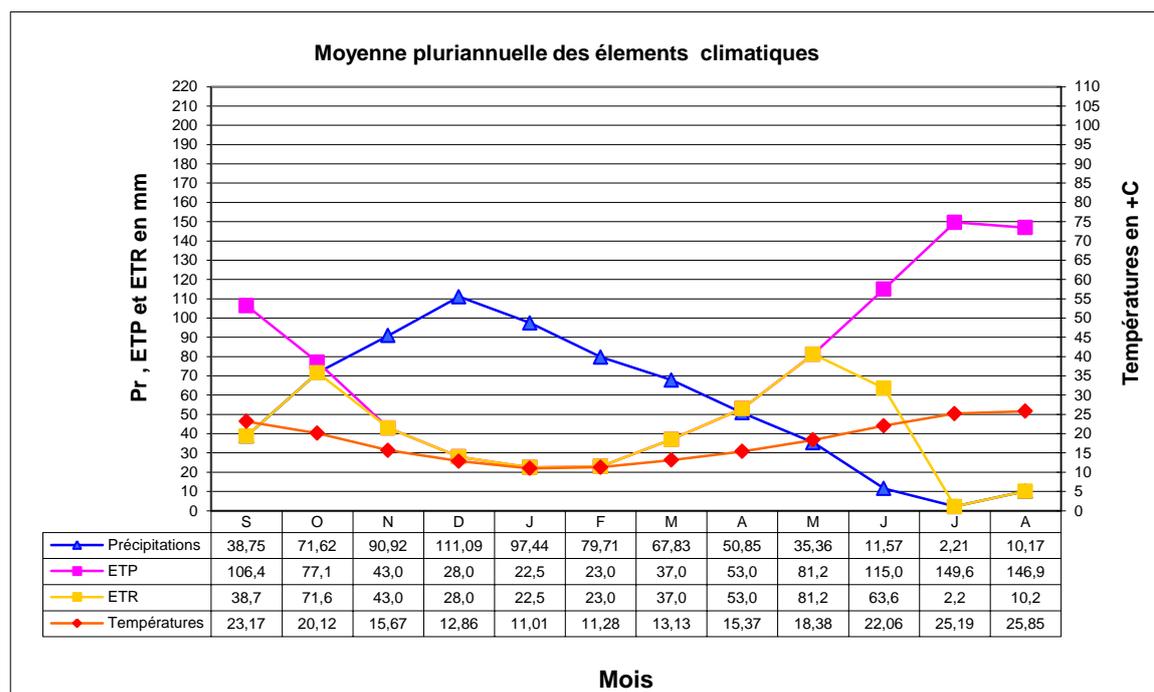


Figure 14: Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station des Salines pour la période (1982-2018).

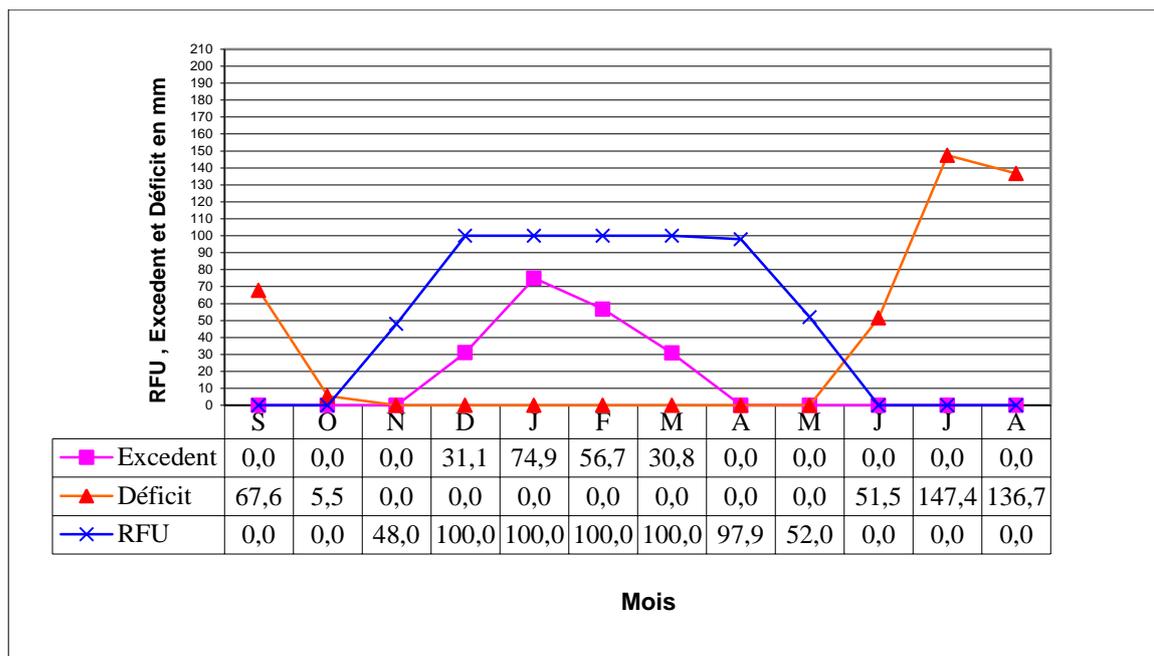


Figure 15: Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent à la station des Salines pour la période (1982-2018).

Tableau n°07 : Bilan hydrique à la station de Guelma pour la période (1982-2018).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	23,79	10,6	1,03	110,2	36,56	-73,6	-0,7	0,0	0,0	36,6	73,6	0,0
O	20,47	8,4	0,97	78,0	47,91	-30,1	-0,4	0,0	0,0	47,9	30,1	0,0
N	15,56	5,6	0,86	41,1	64,17	23,1	0,6	23,1	23,1	41,1	0,0	0,0
D	12,04	3,8	0,81	23,8	81,45	57,7	2,4	57,7	80,8	23,8	0,0	0,0
J	11,32	3,4	0,87	22,7	76,45	53,8	2,4	19,2	100,0	22,7	0,0	34,5
F	11,15	3,4	0,85	21,5	71,62	50,1	2,3	0,0	100,0	21,5	0,0	50,1
M	13,14	4,3	1,03	35,6	62,67	27,0	0,8	0,0	100,0	35,6	0,0	27,0
A	15,55	5,6	1,10	52,4	48,53	-3,9	-0,1	-3,9	96,1	52,4	0,0	0,0
M	19,03	7,6	1,21	84,7	39,02	-45,7	-0,5	-45,7	50,4	84,7	0,0	0,0
J	22,79	9,9	1,22	120,3	14,23	-106,0	-0,9	-50,4	0,0	64,7	55,6	0,0
J	26,29	12,3	1,24	160,5	2,99	-157,5	-1,0	0,0	0,0	3,0	157,5	0,0
A	26,62	12,6	1,16	153,6	12,74	-140,9	-0,9	0,0	0,0	12,7	140,9	0,0
Annuel	18,1	87,5		904,3	558,3	-346,0				446,7	457,6	111,6

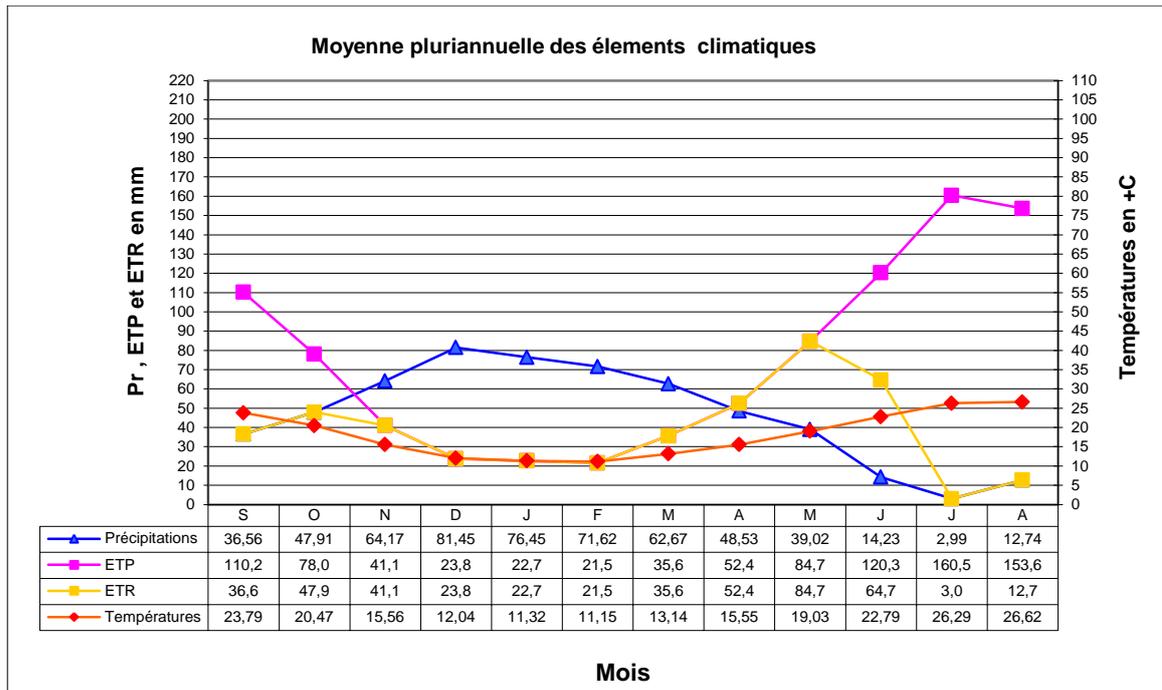


Figure 16: Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station des Guelma pour la période (1982-2018).

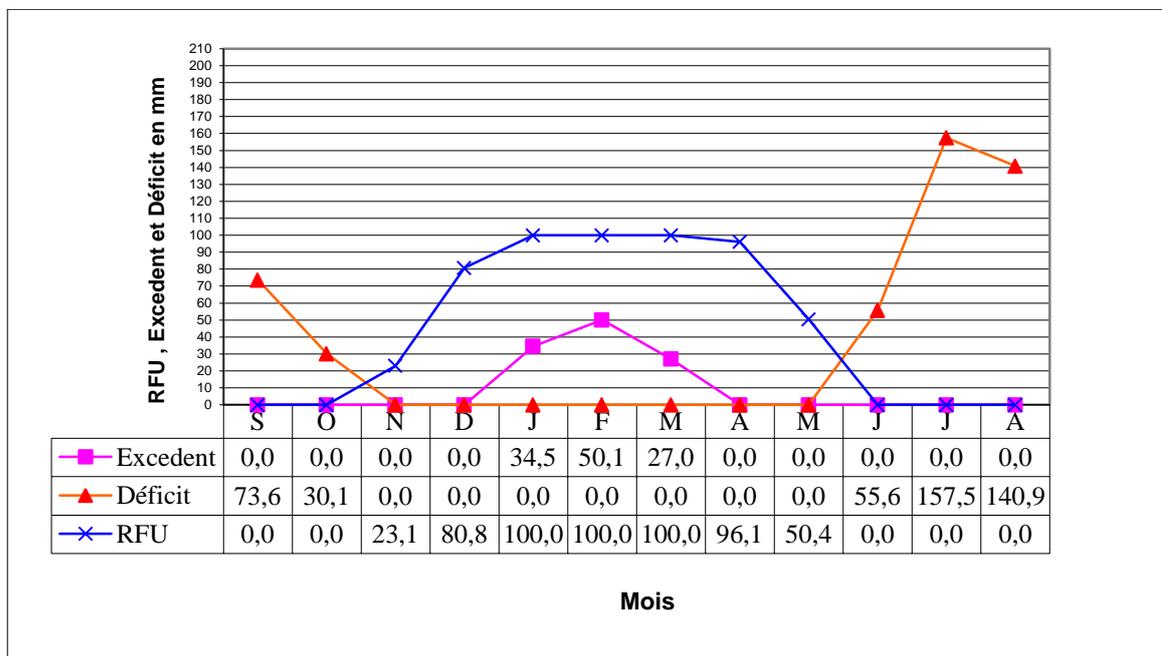


Figure 17: Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent à la station des Guelma pour la période (1982-2018).

Tableau n°08 : Bilan hydrique à la station de Djelfa pour la période (1982-2018).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	20,89	8,7	1,03	97,5	26,36	-71,1	-0,7	0,0	0,0	26,4	71,1	0,0
O	15,58	5,6	0,97	57,4	26,59	-30,8	-0,5	0,0	0,0	26,6	30,8	0,0
N	9,425	2,6	0,86	22,7	27,75	5,0	0,2	5,0	5,0	22,7	0,0	0,0
D	6,814	1,6	0,81	12,7	24,45	11,7	0,9	11,7	16,7	12,7	0,0	0,0
J	4,791	0,9	0,87	7,8	21,94	14,2	1,8	9,3	26,0	7,8	0,0	4,9
F	6,022	1,3	0,85	11,0	31,53	20,6	1,9	0,0	26,0	11,0	0,0	20,6
M	9,167	2,5	1,03	26,1	31,47	5,4	0,2	0,0	26,0	26,1	0,0	5,4
A	12,67	4,1	1,10	46,7	30,34	-16,4	-0,4	-16,4	9,6	46,7	0,0	0,0
M	17,21	6,5	1,21	84,0	27,92	-56,1	-0,7	-9,6	0,0	37,5	46,5	0,0
J	22,83	10,0	1,22	133,1	24,28	-108,8	-0,8	0,0	0,0	24,3	108,8	0,0
J	27,02	12,9	1,24	177,2	12,18	-165,0	-0,9	0,0	0,0	12,2	165,0	0,0
A	26,08	12,2	1,16	156,6	21,26	-135,3	-0,9	0,0	0,0	21,3	135,3	0,0
Annuel	14,9	68,9		832,7	306,1	-526,7				275,2	557,5	30,8

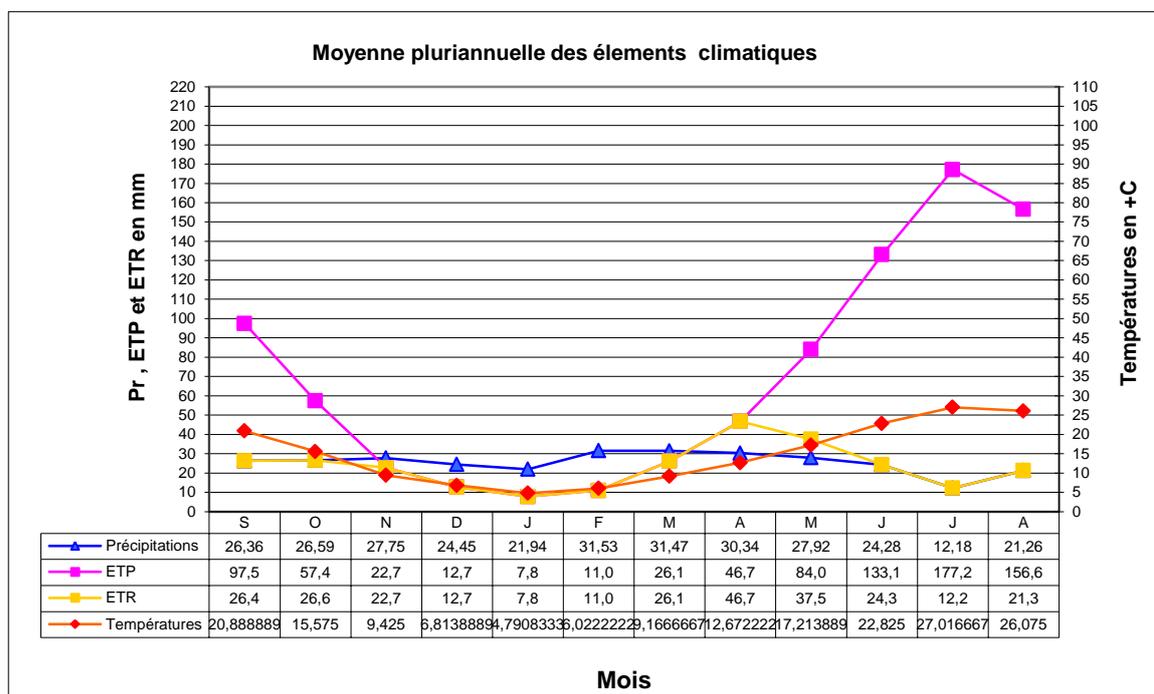


Figure 18: Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station des Djelfa pour la période (1982-2018).

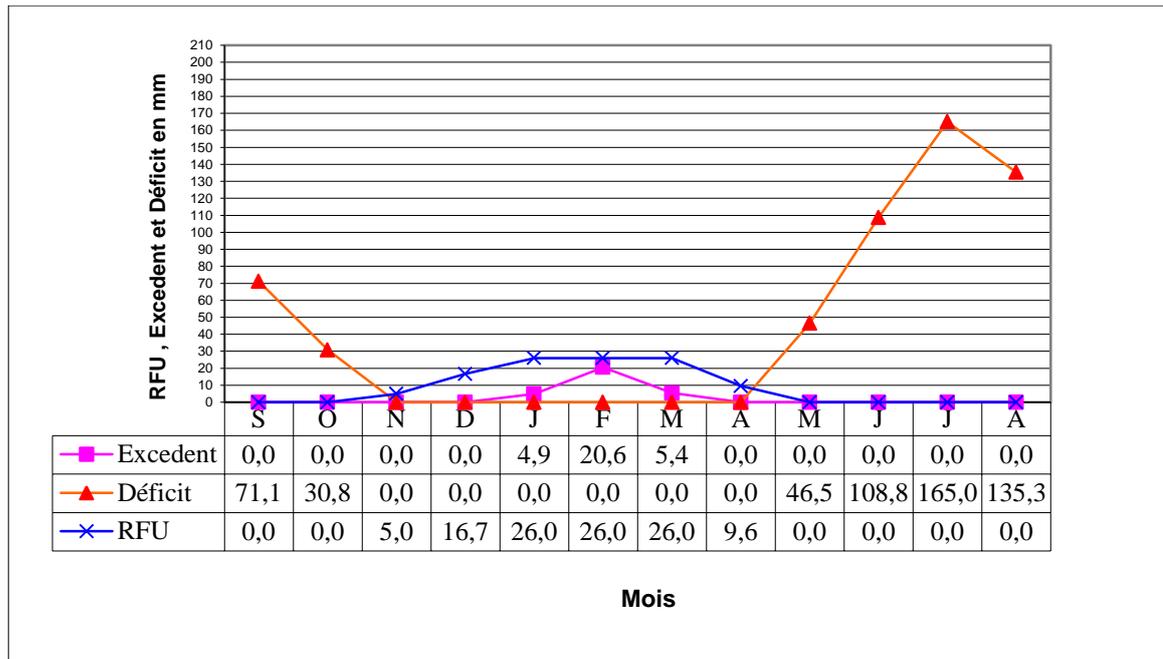


Figure 19: Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent à la station de Djelfa pour la période (1982-2018).

II. 5.2. Interprétation du bilan hydrique :

D'après le bilan hydrique pour les trois stations, selon la méthode de Thornthwaite, la RFU (réserve facilement utilisable) commence à se reconstituer à partir du mois de Novembre dans les trois stations pour atteindre son maximum (100mm et 26mm) de Décembre à Mars et s'épuise totalement au mois de Juin aux Salines et Guelma et au mois de Mai à Djelfa accompagnée par l'apparition du Déficit Agricole (DA) qui s'étend jusqu'au mois d'Octobre. L'excédent est enregistré entre Décembre et Mars aux les Saline et Janvier et Mars à Guelma et Djelfa.

L'ETP atteint son maximum au mois de Juillet (149.6 mm aux Salines et 160.5 mm à Guelma et 177.2 mm à Djelfa), son minimum au mois de Janvier (22.5mm aux Salines et 7.8 mm à Djelfa)et Février (21.5 mm à Guelma).

II.6. Estimation de la lame d'eau écoulée :

1. Le ruissellement:

L'évaluation du ruissellement est nécessaire pour évaluer l'apport en eau de surface et d'apprécier l'érosion mécanique et chimique qui affecte la surface du sol.

- Formule de Tixerant-Berckaloff :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

Avec :

P : Précipitation moyenne en **m**.

R : Ruissellement en **m**.

ETP : Evaporation potentiel en **m**

Tableau n°09 : Ruissellement selon la formule de Tixerant-Berckaloff.

Paramètres Station	P (m)	ETP(m)	R(m)
Salines	0,667	0,882	0,12
Guelma	0,558	0,904	0,07
Djelfa	0,300	0,832	0,013

Le bilan hydrique est défini selon l'équation suivante.

Avec :

$$P = ETR + R + Ie$$

P : Précipitations moyennes annuelles en mm/an.

ETR : Evapotranspiration réelle en mm /an.

Ie : Infiltration efficace en mm/an.

II.4.4.2 Infiltration efficace:

L'infiltration efficace est déduite de l'équation du bilan hydrique:

$$Ie = P - ETR - R.$$

- Si $Ie > 0$: Les entrées sont supérieures aux sorties.
- Si $Ie < 0$: Les entrées sont inférieures aux sorties.

Tableau n°10 : Les valeurs de l'infiltration efficace.

Paramètres Station	P (mm)	ETR		R		Ie	
		(mm/an)	(%)	(mm/an)	(%)	(mm/an)	(%)
Saline	667,51	474,0	71,01	120	17,98	73,51	11,01
Guelma	558,33	446,7	80,01	70	12,54	41,63	7,46
Djelfa	300,64	275,2	91,54	13	4,32	12,44	4,14

II.5.Hydrologie :

L'étude de l'écoulement des eaux de surface nous permet de connaître leurs régimes de circulation, premier véhicule d'éléments polluants. L'écoulement superficiel demeure un facteur très marquant de l'étude d'une éventuelle pollution, car la disponibilité potentielle de l'eau est étroitement liée à son réseau hydrographique et au comportement hydrologique d'un cours d'eau ou au régime pluvial.

II.5.1. Hydrographie :

A-Sous bassin versant de la basse Seybouse:

L'oued Seybouse est le plus important, il résulte de la jonction des oueds, Bouhamdène et Charef dans la région de Medjaz Ammar (W. Guelma) (Figure 20). A l'est de la moyenne Seybouse se trouve oued Mellah à Bouchegouf. Au niveau de la basse Seybouse, le sous bassin est traversé essentiellement par:

- l'oued Seybouse, présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 6471 Km² ;
- l'oued Fragha, Djefeli et oued Oglat el Feli, affluents de l'oued Seybouse ;
- l'oued Ressoul à Ain Berda ;
- l'oued Meboudja, le dernier affluent de l'oued Seybouse, assure la vidange du lac Fetzara. par un canal d'assèchement de 14 Km.

Il est caractérisé du Sud au Nord par une densité de drainage forte au Sud et faible au Nord où la pente devienne quasi nulle, l'oued prend une forme méandreuse et les vitesses d'écoulement se réduisent. De l'Est à l'Ouest, la densité de drainage est moins faible à l'Est qu'à l'Oued (présence des séries montagneuses plus importante à l'Ouest) (Bechiri N., 2011).

Tableau n°11 :CaractéristiquesMorphométriquesdusous bassin de la basse Seybouse.

Paramètres	Valeur	
	Station Ressoul (Ain Berda)	Station Seybouse à Merbek
Superficie du bassin versant (km ²)	257	1568
Indice de compacité (K _c)	1.25	1.57
Densité de drainage (Km/Km ²)	3.3	2.4
Indice de pente moyen (m/Km)	156	132
Altitude Min du bassin versant (m)	58	10
Altitude Max du bassin versant (m)	939	1543

Source : ANRH Constantine, 2010.

B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :

Le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia, qui est codé « 17.02 », a été nommé ainsi vu que les oueds de Djelfa et Hadjia sont les plus importants de la région. Il appartient au grand bassin versant de Zahrez qui compte six (06) sous bassins versants (Figure 21).

Le réseau hydrographique du sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia est fortement ramifié par de nombreux affluents. Le parcours des cours d'eau est conditionné par la structure du bassin. En effet, la topographie accentuée des flancs du synclinal délimite les versants, d'où dérivent des thalwegs qui s'ordonnent et forment des entailles plus ou moins importantes au niveau des dépôts Mio-Plio-Quaternaires. Au niveau de ce réseau, on distingue l'Oued principal qui est

l'Oued Djelfa-Hadjia, draine toute la partie occidentale du synclinal de Djelfa sur une étendue de 1294 Km². Oued Msekka et Oued Ben-Naam formant les affluents de l'Oued Djelfa-Hadjia(Maoui A., 2007).

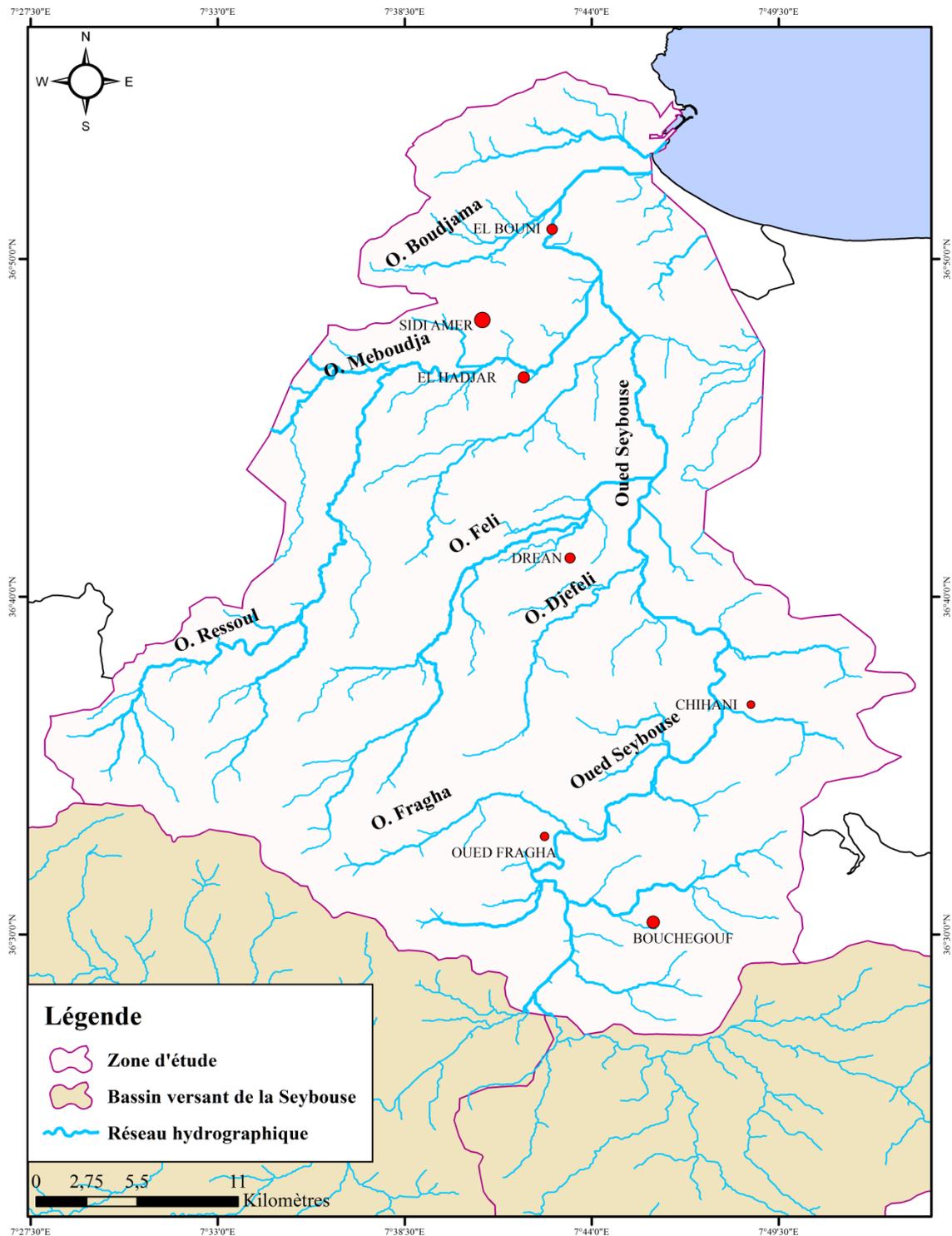


Figure 20 : Carte de réseau hydrographique du sous bassin versant de la basse Seybouse.

Tableau n°12 :Caractéristiques Morphométriques du sous bassin d'Oued Djelfa-Hadjia.

Paramètres	Valeurs
Superficie du bassin versant (km ²)	2386
Périmètre(km)	254
Indice de compacité (K _c)	1.5
Densité de drainage (Km/Km ²)	0,47
Coefficient de Torrentialité	0.04
Indice de pente globale (%)	0.46
Altitude Min du bassin versant (m)	828
Altitude Max. du bassin versant (m)	1598

Source :Maoui A., 2007.

II.5.2.Hydrogéologie :

A-Sous bassin versant de la basse Seybouse:

A- 1. Identification des nappes :

Le sous bassin versant de la basse Seybouse contient plusieurs nappes d'eau souterraines (Khadri S., 2009).

➤ La nappe des formations superficielles :

Cette nappe est contenue dans des formations sablo-argileuses incluant des lentilles de sables. Les argiles grises compactes constituent le substratum. Les lentilles de sables sont plus fréquentes à proximité de l'oued Seybouse, et à la périphérie on note des affleurements des grès numidiens. Cette nappe est globalement libre sauf en quelques points où elle est captive sous des niveaux d'argiles. L'épaisseur de cette nappe varie de 5 à 18 m.

➤ La nappe des graviers :

Elle se situe en dessous de l'aquifère superficiel, couvre l'ensemble de la zone d'étude. Elle est contenue dans des graviers, sable et cailloutis Plio-quadernaires est perméable et semi-perméable, et se développe sur toute leur étendue latérale. L'épaisseur de l'horizon aquifère varie de 2 à 70m. Le coefficient d'emmagasinement est parfois très faible de l'ordre de 10^{-4} . Captive dans sa presque totalité, elle devient libre en bordure Sud-Ouest, quand les graviers affleurent en surface. Cette présente de bonnes qualités hydrauliques.

➤ La nappe des sables du massif dunaire de Bouteldja :

Située à l'Est de la zone d'étude, c'est la nappe libre du massif dunaire et est contenue dans les sables éoliens reposant sur le remplissage Mio-pliocène de la fosse de Ben-M'hidi.

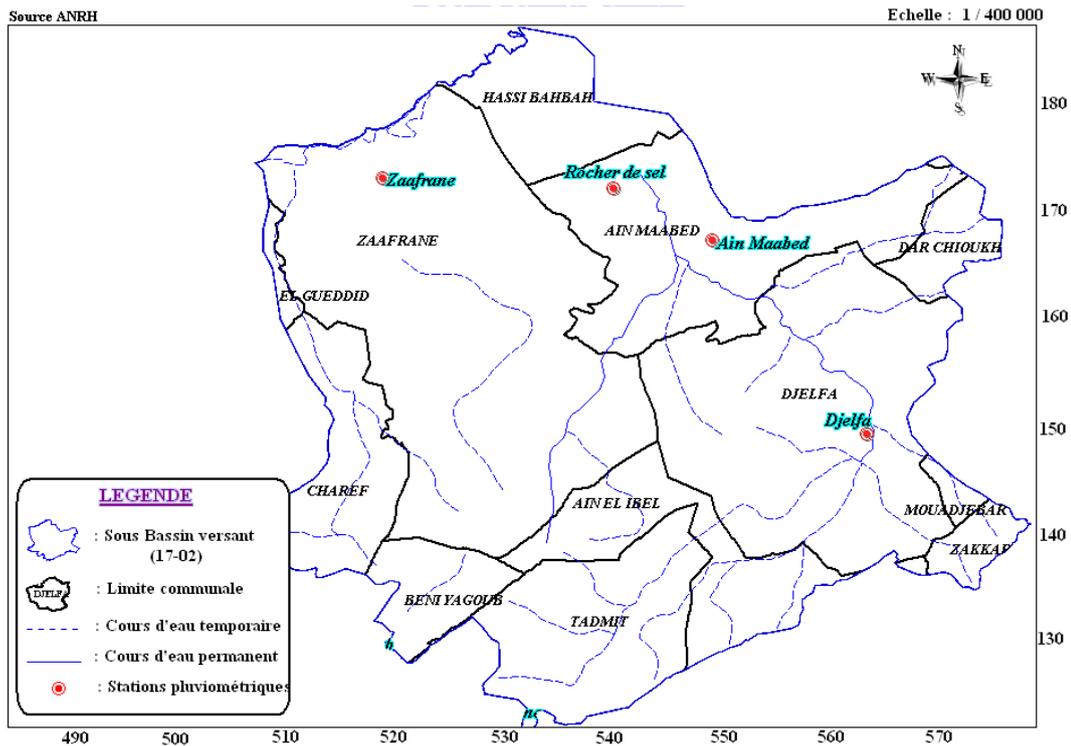


Figure 21 : Carte hydrographique de sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (ANRH, 2014).

➤ **La nappe des alluvions de la haute terrasse :**

Elle s'étend le long des massifs numidiens à l'Ouest et au Sud de la plaine de Annaba. Ces alluvions graveleuses et caillouteuses à matrice argileuse ont des possibilités aquifères très limitées.

➤ **La nappe des cipolins :**

Elle se situe dans les massifs de bordure du Belilieta et de Boukhadra (proche du massif de l'Edough). Elle est contenue dans des lentilles de cipolins, fissurés, existant au sein des gneiss et micaschistes du monoclinale métamorphique du Boukhadra. Ces calcaires sont en contact avec les alluvions de la plaine. Leur superficie est inférieure à 100ha.

➤ **La nappe des travertins :**

Elle est mal délimitée. Elle a été localisée dans le secteur compris entre Fardaous, la butte de Daroussa, Chbaïta et la ferme Hallal Aïssa,

➤ **La nappe libre du cordon dunaire :**

Elle est contenue dans les dunes le long de la Méditerranée, à l'Ouest de la Mafragh. Elle présente l'intérêt de protéger la nappe phréatique des venues d'eau salées.

Tableau n°13 : Description géologique et hydrogéologique de la basse Seybouse.

Ere	Système	Lithologie	Epaisseur(m)	Hydrogéologie	
				perméabilité	Type de nappe
Quaternaire	Récant	Sable	5 _15	perméable	Nappe de condor dunaire
	Moyen	Sable-argileuse	0-20	Semi-perméable	Nappe phréatique
	Ancien	Argile avec des lentilles sableuses	50 -150	Imperméable à semi perméable	Substratum
Tertiaire	Pliocène	Graviers et galets	10-150	Perméable	Nappe de graviers
	Miocène	Argile	250	Imperméable	Substratum
	Oligocène	Argilo-gréseux	150	Semi-perméable	Numidienne
	Eocèneinf	Calcaire massif	-	Formations fissurées	Nappe karstique
Secondaire	Crétacé	Calcaire dolomitique	-		
	Jurassique	Dolomie	-		
	Trias	Dolomie-calcaire et gypse	-	-	-
Primaire	Supérieur	Micaschistes et gneiss	-	Formations altérées	Nappe du socle métamorphique
	Intermédiaire	Schistes	-		
	Inférieur	Gneiss	-		

Source : Bechiri N., 2011.

B-Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :

Le Synclinal de Djelfa fait partie dans le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia, il est formé par les formations du crétacé qui affleurent au niveau des flancs nord et sud et le mio-pliocène qui couvre le cœur du synclinal(Figure 21).

Les potentialités hydriques du synclinal sont estimées à 29.07 Hm³ (D.R.E., 2011).

- **Le Flanc Nord du synclinal** : Contient l'ancien champ de captage qui alimente la ville de Djelfa en eau potable, il exploite les nappes du Turonien calcaireux marneux et l'Albien et le Barrémien gréseux argileux, la croissance démographique de la ville de Djelfa et l'exploitation excessive par défaut d'autres ressources alternatives a affaibli les potentialités de cette partie du synclinal qui ne répond plus aux besoins de la Ville.
- **Le Flanc Sud du synclinal** : Il est symétrique par rapport au flanc Nord. Il a été mis en exploitation en 2006 par la création d'un nouveau champ de captage dont le but est de renforcer l'AEP de la Ville Djelfa. Ce champ de captage est protégé par un périmètre de protection.

- **Le Mio-pliocène** : il est formé par une alternance grésocalcaireuse avec passées d'argile rouge, les potentialités de ce derniers sont liées directement au volume des précipitations, et vu les années de sécheresse que connaissait la région, cette nappe se trouve dans un état critique. A cet effet, La nappe a fait l'objet d'une protection partiel à Maalba et à Rous Laayoun.

La qualité d'eau fournie par ces nappes est généralement bonne.

II.6. conclusion :

Suite à cette étude hydroclimatologique, on peut conclure que les deux régions appartiennent à deux climats différents. Le sous bassins versant de la basse Seybouse se caractérise par un climatsub-humide alors que le sous bassin de l'oued Djelfa-Hadjia appartient à une région d'un climat de type semi-aride. Les précipitations durant la période (1982-2018) sont de l'ordre de 667.51mm, 558.33mm et 300.64mm en moyenne annuelle, la température moyenne annuelle est de 17.84 °C, 18.14 °C, 14.87 °C aux Salines, à Guelma et à Djelfa respectivement.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR) déterminées par la méthode de Thornthwaite, sont respectivement égales à: 882.7mm/an aux Salines, 904.3mm/an à Guelma et 832.7mm/an à Djelfa et 474.0mm/an (89 % des précipitations) aux Salines, 446.7mm/an (89 % des précipitations) à Guelma et 275.2mm/an (89 % des précipitations) à Djelfa.

Le sous bassin versant est drainé par les oueds Seybouse, Fragha, Djefeli, Oglat el Feli, Ressoul et Meboudja. Au niveau du deuxième sous bassin, l'oued principal est oued Djelfa-Hadjia qui draine toute la partie occidentale du synclinal de Djelfa sur une étendue de 1294 Km², oued Msekka et oued Ben-Naam forment les affluents de l'oued principal.

III.1. Introduction :

La gestion des ressources en eau dans les systèmes fluviaux est de plus en plus difficile ces derniers temps en raison de la fréquence et de l'intensité des sécheresses. L'Algérie, comme la plupart des régions dans le monde, a connu une alternance de périodes humide et sèche. Dans un contexte climatique de plus en plus perturbé par les activités anthropiques, il est indispensable d'analyser les épisodes secs à diverses échelles temporelles et par divers indices (SPI et RDI dans notre cas) en vue de proposer un scénario présentant des mesures d'atténuation ou d'adaptation en matière de gestion de l'eau.

III.2. La sécheresse :

La sécheresse est un phénomène naturel récurrent associé à une disponibilité déficitaire des ressources en eau sur une grande zone géographique et s'étend sur une période de temps considérable (Rossi G. 2000).

III.2.1. La sécheresse un risque naturel :

Un risque naturel est une menace d'un événement naturel qui aura un effet négatif sur les personnes ou sur l'environnement, et la sécheresse est un type de risque naturel qui est encore aggravé par la demande croissante en eau. (Mishra A. K. & Singh V. P. 2010).

III.2.2. Classification et caractéristiques de la sécheresse :

La sécheresse se classe en quatre catégories (Wilhite and Glantz, 1985; American Meteorological Society, 2004), qui sont :

(i) **Sécheresse Météorologique** définie comme un manque de précipitations sur une région pendant une période de temps. Les précipitations ont été couramment utilisées pour l'analyse de la sécheresse météorologique (Pinkeye, 1966; Santos, 1983; Chang, 1991; Eltahir, 1992).

(ii) **Sécheresse Hydrologique** est liée à une période de sécheresse touchant les ressources hydriques superficielles et souterraines ce qui les rend insuffisantes pour les diverses utilisations de l'eau données par un système de gestion des ressources en eau. Les données de débit ont été largement utilisées pour l'analyse hydrologique de la sécheresse (Dracup et al., 1980; Sen, 1980; Zelenhasic and Salvai, 1987; Chang and Stenson, 1990; Frick et al., 1990; Mohan and Rangacharya, 1991; Clausen and Pearson, 1995).

(iii) **Sécheresse Agricole** : En général, se réfère à une période avec une baisse de l'humidité du sol résultant une mauvaise récolte, sans aucune référence aux ressources en eau de surface. La diminution de l'humidité du sol dépend de plusieurs facteurs qui affectent les sécheresses météorologiques et hydrologiques, ainsi que des différences entre l'évapotranspiration réelle et l'évapotranspiration potentielle.

(iv) **Sécheresse Socio-économique** : est associée à l'échec des systèmes de ressources en eau pour répondre à la demande en eau résultant des sécheresses associées à l'offre et à la demande d'un bien économique (eau) (American Meteorological Society AMS 2004).

En plus des types, les sécheresses sont fondamentalement caractérisées en trois dimensions: sévérité, durée et distribution spatiale (voir ce qui suit). Les caractéristiques supplémentaires incluent: fréquence, ampleur (déficit cumulé), prévisibilité, taux d'apparition et le moment. Nous utilisons ici la terminologie largement adoptée de Salas (1993) :

- **La durée** : selon la région, la durée de la sécheresse peut varier d'une semaine à quelques années. En raison de la nature dynamique de la sécheresse, une région peut subir des sorts humides et secs simultanément en tenant compte des différents pas de temps (NCDC 2010).
- **La magnitude** : déficit accumulé en eau (précipitations, humidité du sol ou ruissellement, par exemple) en dessous d'un certain seuil en période de sécheresse (Zargar A. et al. 2011).
- **L'intensité** : c'est le rapport de la magnitude de la sécheresse par sa durée (Zargar A. et al. 2011).
- **La sévérité** : deux usages sont prévus pour la sévérité de la sécheresse : le degré du déficit de précipitation, ou le degré d'impact résultant du déficit (Wilhite 2004).
- **L'étendue géographique** : la superficie que couvre la sécheresse qui est variable au cours de l'événement. Cette zone peut couvrir un ou plusieurs pixels (cellules), bassins versants ou régions (Zargar A. 2011).
- **La fréquence ou la période de retour** : la fréquence ou la période de retour d'une sécheresse est définie comme le temps moyen entre les événements de sécheresse qui ont une gravité égale ou supérieure à un seuil (Zargar A. 2011).

III.2.3. Les indices de l'évaluation de la sécheresse :

Plusieurs méthodologies de caractérisation de la sécheresse existent; Cependant, l'utilisation d'indices de sécheresse est répandue (Tsakiris et al. 2007). Selon le type de sécheresse, l'indice de sécheresse approprié est sélectionné.

Sur le plan opérationnel, l'utilisation d'un indice pour la caractérisation de la sécheresse a les objectifs suivants:

- détection de la sécheresse et surveillance en temps réel (Niemeyer 2008)
- déclarer le début ou la fin d'une période de sécheresse (Tsakiris et al. 2007)
- permettre aux gestionnaires en cas de sécheresse de déclarer les niveaux de sécheresse et de mettre en place des mesures de lutte contre la sécheresse;
- évaluation de la sécheresse (Niemeyer 2008)
- représenter le concept de sécheresse dans une région (Tsakiris et al. 2007)
- corrélation avec les impacts quantitatifs de la sécheresse sur différentes échelles géographiques et temporelles; et
- faciliter la communication des conditions de sécheresse entre les différentes entités intéressées.

Plusieurs indices ont été développés (plus de 150 indices (Niemeyer S. 2008)). Parmi eux : l'indice de sévérité de la sécheresse de Palmer (PDSI; Palmer 1965), l'indice d'anomalie pluviométrique (RAI; van Rooy, 1965), les déciles (Gibbs et Maher, 1967), l'indice d'humidité des cultures (CMI; Palmer, 1968), l'indice de sécheresse de Bhalme et Mooly (BMDI; Bhalme et Mooley, 1980), indice de l'offre en eau de surface (SWSI; Shafer et Dezman, 1982), indice national des précipitations (NRI; Gommel et Petrassi, 1994), indice des précipitations standardisées (SPI; McKee et al., 1993, 1995) et l'indice de récupération de la sécheresse (RDI; Weghorst, 1996) et l'indice de reconnaissance de la sécheresse (RDI) (Tsakiris et al., 2005, Tsakiris et al. 2007a, 2007b). L'indice de sécheresse de l'humidité du sol (SMDI; Hollinger et al., 1993) et l'indice de la sécheresse spécifique à la culture (CSDI; Meyer et Hubbard, 1995) sont apparus après CMI. De plus, le CSDI est divisé en un indice de sécheresse de maïs (CDI; Meyer et Pulliam, 1992) et un indice de sécheresse du soja (SDI; Meyer et Hubbard, 1995) et un indice de condition de la végétation (VCI; Liu et Kogan, 1996). Outre ces indices, des indices de Penman (1948), Thornthwaite (1948, 1963) et de Keetch et Byram (1968) ont été utilisés dans des cas limités (Hayes, 1996). Dans notre étude on va utiliser deux parmi les indices météorologiques les plus

connus, l'indice des précipitations normalisées (SPI) et l'indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI).

A- L'indice des précipitations normalisées :

Développé par McKee et al, l'indice SPI est utilisé pour quantifier le déficit en précipitations. Le calcul de l'indice SPI à n'importe quel endroit est basé sur l'historique des précipitations sur une longue période correspondant à la période étudiée.

Il est exprimé mathématiquement comme suit:

$$SPI = (p_i - p_m) / \sigma$$

Sachant que :

P_i : est la Précipitation de l'année i ;

P_m : la Précipitation moyenne ;

σ : la Déviation standard ou écart type.

B- L'indice de la reconnaissance de la sécheresse :

Il a été développé pour aborder le déficit en eau de manière plus précise, comme une sorte d'équilibre entre débit dans un système d'eau (Tsakiris G. & Vangelis H. 2005, Tsakiris G. et al., 2007c). Il intègre l'évapotranspiration potentielle avec les précipitations, il est calculé comme suivant :

$$RDI = \frac{Y^{(t)} - \bar{Y}}{\hat{\sigma}_y}$$

Tableau 14 : Classification des Indices de sechresse météorologiques selon le SPI et le RDI (Zarch M. A. A.,2011).

Catégories	Sécheresse météorologique	
	SPI	RDI
Extrêmement sec	≤ -2	$RDI < -2$
sévèrement sec	$[-1,5 \text{ à } -1,99]$	$-2 \leq RDI \leq -1,5$
Modérément sèche	$[-1 \text{ à } -1,49]$	$-1,5 \leq RDI \leq -1$
Ordinaire	$[-0,99 \text{ à } 0,99]$	$-0,5 \leq RDI \leq +0,5$
Modérément humide	$[1 \text{ à } 1,49]$	$+1 \leq RDI \leq +1,5$
Très humide	$[1,5 \text{ à } 1,99]$	$+1,5 \leq RDI \leq +2$
Extrêmement humide	$\geq +2$	$RDI > +2$

C- Evaporation potentielle de température (ETP) :

Les méthodes d'estimations de l'évapotranspiration potentielle se divisent en deux catégories, les équations basées sur la température qui contiennent trois méthodes et qui seront utilisées dans notre travail (les méthodes : de Hargreaves-Samani, de Thornthwaite et de Blaney-Criddle), et les méthodes réduites : de Priestley-Taylor, de Makkink, de Turc, de Jensen et Haise.

C-1. La méthode de Hargreaves-Samani :

C'est une méthode empirique basée sur la température, elle a été développée entre 1975 et 1985. L'équation est écrite selon Hargreaves-Samani 1985.

$$PET = 0.0023 R_a (T + 17.8) (T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

Où : R_a est la radiation extraterrestre en mm/j, T est la température moyenne en °C, T_{max} est la moyenne de la température journalière maximale et T_{min} est la moyenne de la température journalière minimale.

C-2. La méthode de Thornthwaite :

Largement utilisée à travers le monde, elle a été développée par Thornthwaite en 1948 pour estimer ET_0 pour les végétations courtes avec un approvisionnement adéquat en eau dans certaines parties des Etats Unies. Le calcul de cette méthode est basée sur l'équation suivante :

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_{mean}}{5} \right)^{1.514}$$

Où : T_{mean} est la température moyenne mensuelle (°C).

C-3. La méthode de Blaney-Criddle:

Crée par Blaney and Criddle (1950) et modifiée par Doorenbos and Pruitt (1977). L'équation de la méthode Blaney-Criddle est écrite comme suit :

$$PET = \alpha + \beta [P(0.46T + 8.13)]$$

$$\alpha = 0.0043(RH_{min}) - \frac{n}{N} - 1.41$$

$$\beta = 0.82 - 0.0041(RH_{min}) + 1.07 \left(\frac{n}{N} \right) + 0.066(U_{day}) - 0.006(RH_{min}) \left(\frac{n}{N} \right) - 0.0006(RH_{min})(U_{day})$$

$$P = 100. \left(\frac{\sum_{i=d_1}^{d_2} N_i}{\sum_{i=1}^{365} N_i} \right)$$

Où :

α et β sont la calibration des paramètres, T est la température moyenne mensuelle, P est le pourcentage moyen annuel des heures de la journée, RH_{\min} est la moyenne de l'humidité relative minimale, n est la moyenne mensuelle des heures réelles ensoleillées, N est la moyenne mensuelle des heures ensoleillées possibles et U_{day} est la vitesse du vent à 2 m d'altitude.

III.3. Evaluation de la sécheresse météorologique:

A- Sous bassin versant de la basse Seybouse :

A-1. Sécheresse météorologique à court terme:

Les pas de temps 1 et 3 sont ceux qui représentent le court terme de la sécheresse.

Les figures n°22 et n°23 montrent la comparaison entre le SPI & RDI1 et 3 déterminés par trois méthodes d'évapotranspiration potentielle "ETP" (Hargreaves, Thornthwaite, Blaney-Criddle)

- Les durées les plus longues de la sécheresse sont observées entre 1988-1991; 1996-1998; 2003-2008 et 2013-2016 selon le SPI&RDI1; et entre 1988-1990; 1996-2000 et 2016-2018 selon le SPI3 et RDI3, toutes ces périodes ont une sévérité modérée à extrême.
- La sévérité maximale de la sécheresse s'observe durant l'année 1988-1992 pour SPI1=-2,05 et RDI1 par la méthode de Blaney-Criddle (RDI=-2.56 avec une sécheresse sévèrement à extrêmement sec), et durant l'année 1988-1990 pour SPI&RDI3 (SPI=-1,86 et RDI=-2,18 avec une sécheresse sévèrement à extrêmement sec).

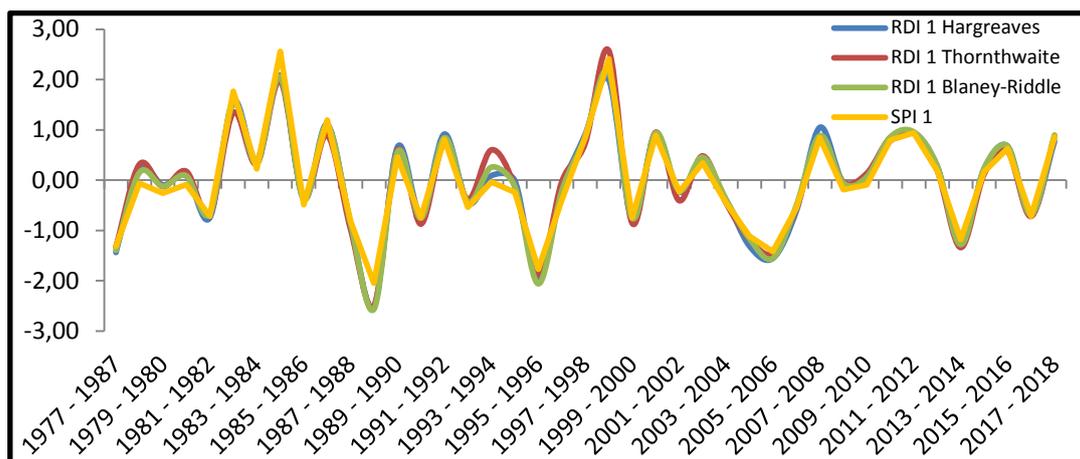


Figure 22 : Comparaison des SPI 1 et RDI 1 pour la station de Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 1 mois.

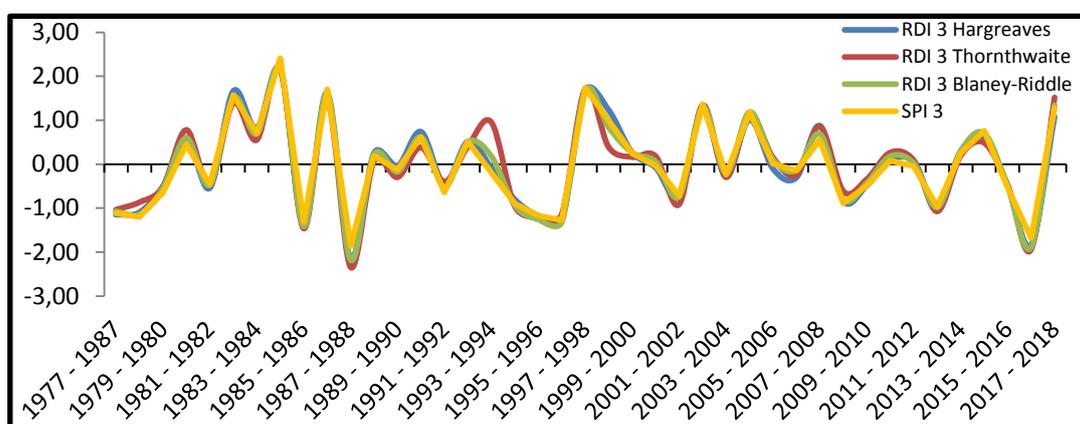


Figure 23 : Comparaison des SPI 3 et RDI 3 pour la station de Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 3 mois.

A-2. La Sécheresse à moyen et à long terme:

Le pas de temps 6 représente le moyen terme alors que ceux de 9 et 12 mois représentent l'évaluation de la sécheresse à long terme (Figure 24, 25 et 26). Les SPI & RDI6 montrent les durées suivantes : entre 1987-1992; 1995-1998; 1999-2004 et 2015-2017, ces durées se caractérisent par une sévérité extrême.

Les SPI & RDI 9 et 12 montrent la même durée de sécheresse au cours des années : 1986-1991; 1996-1998; 1999-2003 et 2014-2017, ces périodes sèches sont d'une sévérité modéré à extrême.

Les valeurs maximales des SPI & RDI pour le moyen et long terme sont observées durant les années :

- 2001-2002 : SPI 6 = -1.83 et RDI 6 = -1.95 où une sécheresse sévère.
- 2014-2017 : SPI 9 = -2.14 et RDI 9 = -2.35 où une sécheresse extrême.

- 2014-2017 : SPI 12 = -2.24 et RDI 12 = -2.29 où une sécheresse extrême.

Le Tableau 15 résume les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse hydrologique.

Tableau 15 : Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse hydrologique.

Stations	Pas de temps	Méthode	Durées		Sévérités	Intensités
			Année	Mois		
SALINES	SPI-RDI 9	Hargreaves	1986-1991	41	-30,43	-0,74
			1996-1998	10	-12,79	-1,28
			1999-2003	35	-38,17	-1,09
			2015-2018	24	-28,46	-1,19
		Thorthwaite	1986-1991	37	-32,07	-0,87
			1996-1998	23	-17,89	-0,78
			1999-2003	29	-28,84	-0,99
			2015-2018	25	-30,29	-1,21
		Blaney-Criddle	1986-1991	45	-34,85	-0,77
			1996-1998	19	-20,62	-1,09
			1999-2003	43	-24,85	-0,58
			2015-2018	24	-28,85	-1,20
	SPI-RDI 12	Hargreaves	1987-1991	45	-31,16	-0,69
			1996-1998	39	-34,42	-0,88
			1999-2003	44	-42,26	-0,96
			2015-2018	28	-31,64	-1,13
		Thorthwaite	1987-1991	45	-37,48	-0,83
			1996-1998	19	-18,80	-0,99
			1999-2003	36	-31,47	-0,87
			2015-2018	30	-34,40	-1,15
		Blaney-Criddle	1987-1991	48	-36,73	-0,77
			1996-1998	29	-28,88	-1,00
			1999-2003	43	-35,83	-0,83
			2015-2018	27	-31,13	-1,15

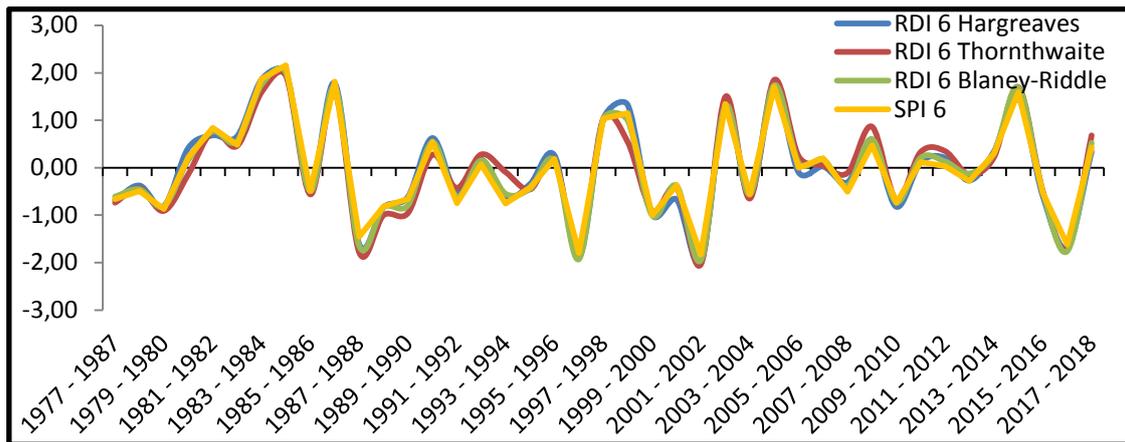


Figure 24 : Comparaison des SPI 6 et RDI 6 pour la station des Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 6 mois.

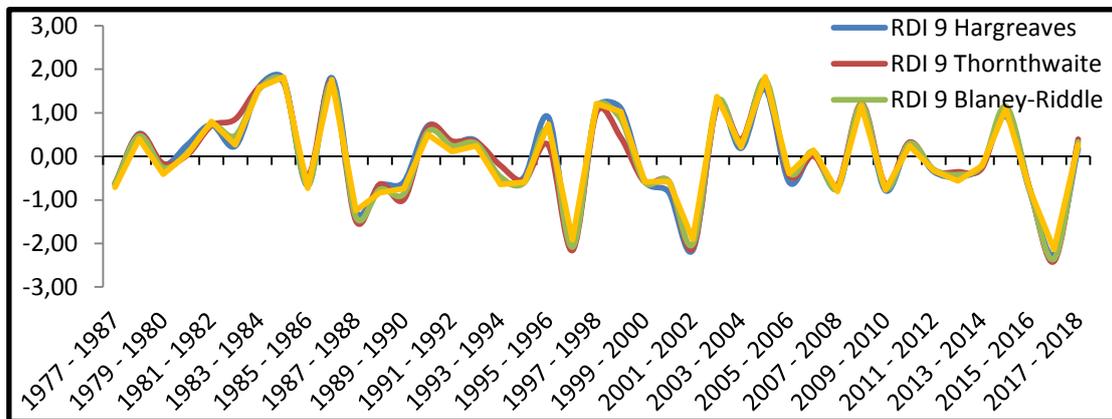


Figure 25 : Comparaison des SPI 9 et RDI 9 pour la station des Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 9 mois.

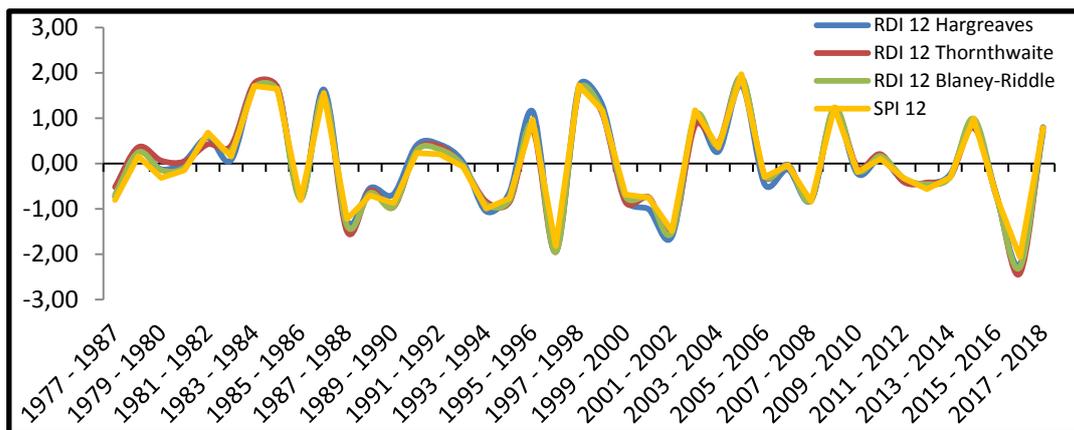


Figure 26 : Comparaison des SPI 12 et RDI 12 pour la station des Salines (1977-2018) avec un pas de temps de 12 mois.

B-Sous bassin versant de l’oued Djelfa-Hadjia :

B-1. Sécheresse Météorologique à court terme :

Pour la station de Djelfa (1977-2018), les Figures 27 et 28 démontrent la comparaison entre le SPI& RDI1 et le SPI & RD3 déterminés par les mêmes méthodes d'évapotranspiration potentielle que le premier sous bassin.

- Les durées les plus longues de la sécheresse sont s'observent entre 1983-1986; 1992-1994; 1996-1998; 2005-2008 et 2014-2016 à l'aide du pas de temps 1; et entre 1984-1986 et 1997-2000; par le pas de temps 3, ces périodes sont caractérisées par une sévérité modérée à extrême.
- La sévérité maximale de la sécheresse est de -2.00 pour SPI1 et de -2.62 pour RDI1 déterminé par la méthode de Blaney-Criddle (avec une sécheresse extrêmement sèche) observé durant l’année 2007-2008, et durant l’année 2000-2001 pour SPI3 et RDI3 (SPI=-2.32 et RDI = -2.45 avec une sécheresse extrêmement sèche).

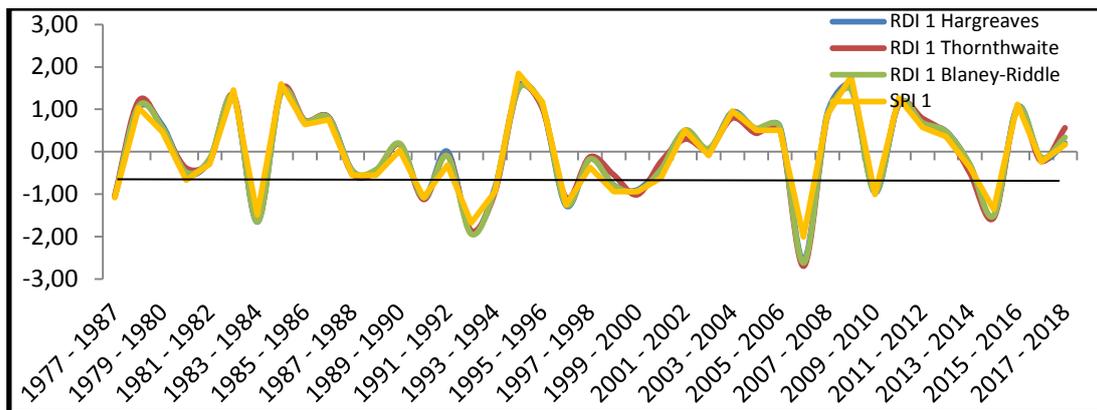


Figure 27 : Comparaison des SPI 1 et RDI 1 pour la station de Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 1 mois.

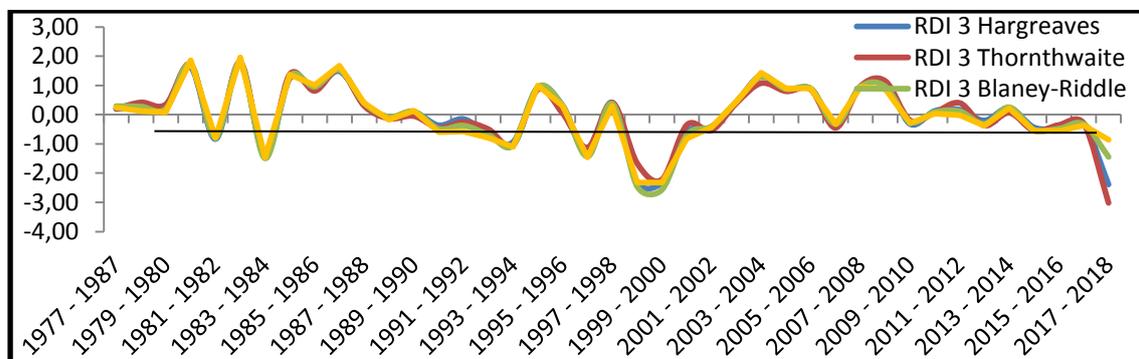


Figure 28 : Comparaison des SPI 3 et RDI 3 pour la station Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 3 mois.

B-2. Sécheresse à moyen et à long terme:

D’après les SPI & RDI 6 (Figure 29) on remarque les durées suivantes : entre 1987-1991 et 1997-2001, ces durées sont modérément à extrêmement sèches.

Les SPI & RDI 9 et 12 montrent les mêmes durées de sécheresse au cours des années : 1982-1984; 1997-2003 et 2014-2017 d'une sévérité modéré à extrême.

Les valeurs maximales des SPI et RDI pour le moyen et long terme sont observées durant l'année

- 1999-2000: SPI 6 = -2.78 et RDI 6 = -3.10 où une sécheresse extrême.
- 1999-2000 : SPI 9 = -2.80 et RDI 9 = -3.07 où une sécheresse extrême.
- 1999-2000 : SPI 12 = -2.97 et RDI 12 = -3.22où une sécheresse extrême.

Le Tableau 16 résume les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse agricole.

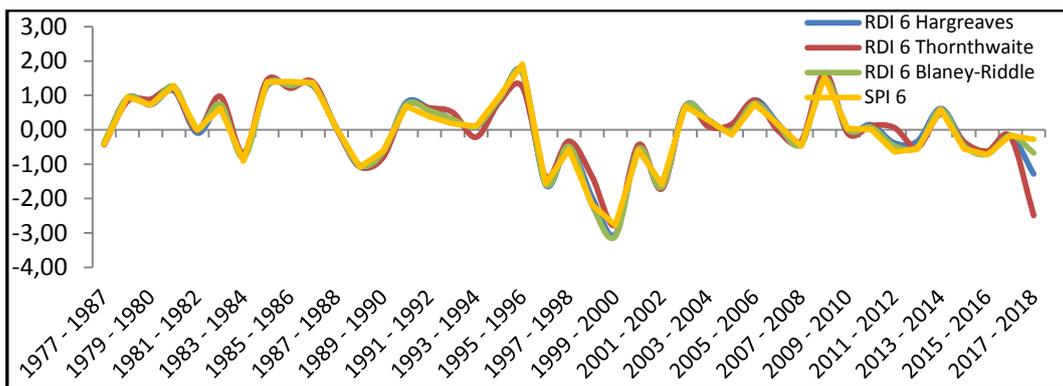


Figure 29 : Comparaison des SPI 6 et RDI 6 pour la station de Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 6 mois.

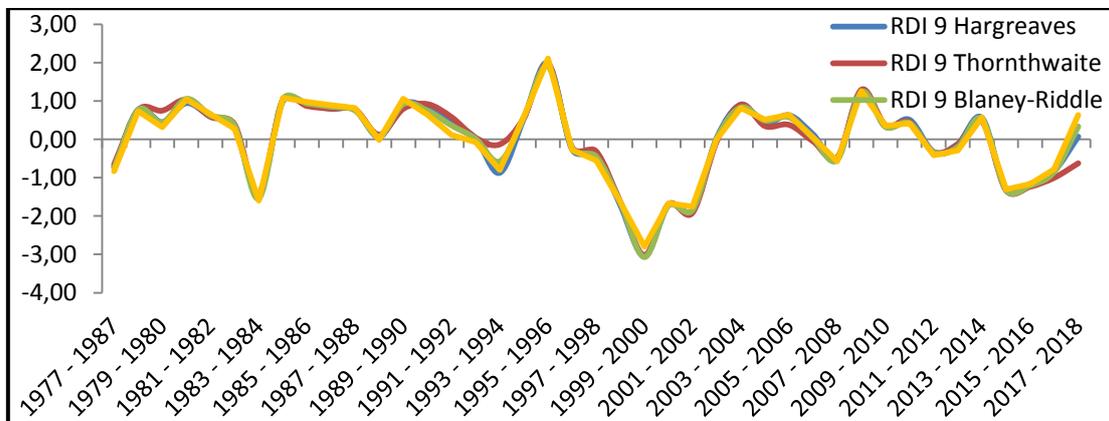


Figure 30 : Comparaison des SPI 9 et RDI 9 pour la station de Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 9 mois.

Tableau 16 : Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse agricole.

Stations	Pas de temps	Méthode	Durées		Sévérités	Intensités
			Année	Mois		
DJELFA	SPI-RDI 1	Hargreaves	1983-1984	12	-11,50	-0,96
			1989-1991	12	-7,83	-0,65
			1992-1994	15	-10,15	-0,68
			1997-2002	46	-46,29	-1,01
			2006-2008	12	-14,57	-1,21
			2009-2010	8	-4,09	-0,51
		2014-2016	24	-28,50	-1,19	
		Thornthwaite	1983-1984	16	-16,77	-1,05
			1989-1991	13	-8,68	-0,67
			1992-1994	18	-8,98	-0,50
			1997-2002	45	-43,34	-0,96
			2006-2008	11	-14,74	-1,34
			2009-2010	9	-4,83	-0,54
		2014-2016	29	-31,48	-1,09	
		Blaney-Cridd	1983-1984	13	-16,21	-1,25
			1989-1991	12	-7,85	-0,65
			1992-1994	15	-10,59	-0,71
			1997-2002	45	-46,81	-1,04
	2006-2008		12	-14,84	-1,24	
	2009-2010		7	-4,50	-0,64	
	2014-2016	24	-29,00	-1,21		
	SPI-RDI 3	Hargreaves	1983-1984	16	-14,03	-0,88
			1990-1994	27	-22,17	-0,82
			1995-1997	10	-6,30	-0,63
			1998-2002	44	-49,13	-1,12
		Thornthwaite	1983-1984	17	-12,93	-0,76
			1990-1994	29	-20,64	-0,71
			1995-1997	8	-6,09	-0,76
1998-2002			43	-44,96	-1,05	
Blaney-Cridd		1983-1984	17	-14,34	-0,84	
		1990-1994	27	-21,56	-0,80	
	1995-1997	9	-6,09	-0,68		
	1998-2002	43	-50,28	-1,17		

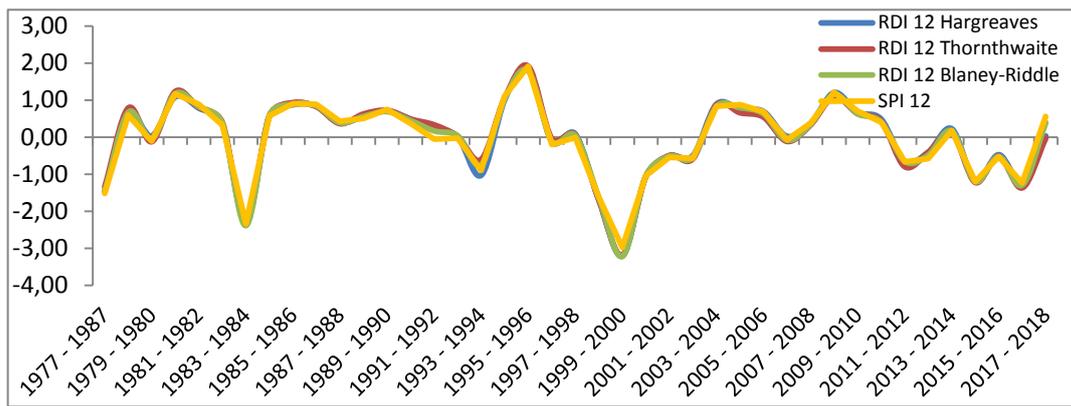


Figure 31 : Comparaison des SPI 12 et RDI 12 pour la station de Djelfa (1977-2018) avec un pas de temps de 12 mois.

D'après la comparaison de l'évaluation de la sécheresse entre les deux régions, on peut conclure qu'elles ne présentent pas les mêmes périodes de sécheresse ce qui laisse conclure que le type de climat a un impact différent sur la sécheresse.

III.4. Prédiction de la sécheresse :

Cette prédiction va baser sur les données climatiques projetées afin de faire une prévision de la sécheresse future sur une période de 81 ans entre 2019 et 2100. Les mêmes indices météorologiques (SPI et RDI) sont utilisés sauf que le RDI est déterminé à la base de la méthode de l'évapotranspiration de Thornthwaite seulement parce que les deux autres méthodes ont donné presque les mêmes résultats de l'RDI. On note que l'interprétation de la prédiction de la sécheresse (2019-2100) va être faite sur trois termes (Court : 2019-2040; Moyen : 2040-2070 et Long : 2070-2100).

III. 4. 1. Projections des climats futurs :

Ces projections sont basées essentiellement sur les modèles du climat global (Global Climate Models GCM). Un modèle climatique est une modélisation mathématique du climat dans une zone géographique donnée. Ces modèles sont en différentes formes, de modèles simples energy-balance, de modèles système-terre (Earth-system) d'une complexité moyenne à des modèles compréhensifs tridimensionnels de la circulation générale de l'atmosphère et l'océan ou modèles du climat global. Les GCM sont les outils les plus sophistiqués existants pour la simulation du climat actuel et les projections des scénarii futurs du climat. Ces modèles ce sont développés avec le temps, ils prennent en considération non seulement la simple précipitation, mais aussi les émissions du CO₂ des complexes biogéochimiques (incluant la vapeur d'eau). L'IPCC (le Panel Intergouvernemental du

changement du climat) considère six scénarios pour le changement du climat projeté pour le 21^{ème} siècle. Ce ci inclue les trois rapports spéciaux des scénarios de l'émission (SRES) de l'émission : bas (B1), moyen (A1B) et élevé (B1) (Le Treut et al., 2007) (Nakic'enovic' N., Swart R., 2000)

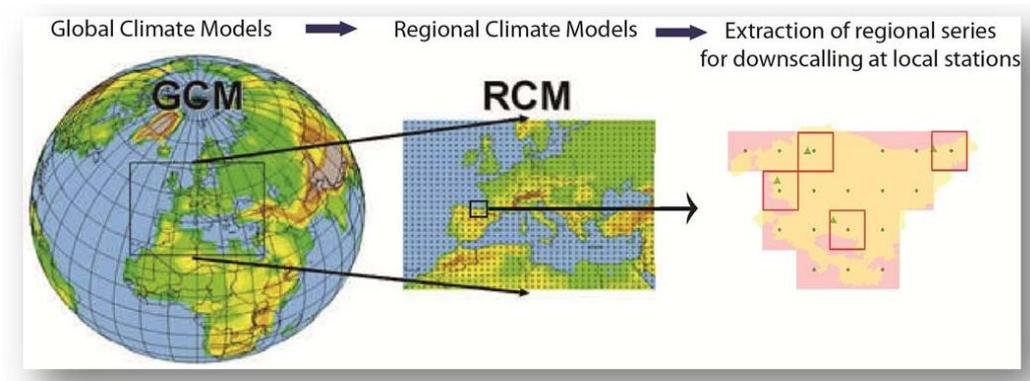


Figure 32 : Modèles du climat général et régional.

Le projet d'Intercomparaison des Modèles Couplés (CMIP: Coupled Model Intercomparison Project) est un projet du programme mondial de recherche sur le climat (WCRP: World Climate Research Project). Ce projet vise à réaliser des simulations climatiques de façons coordonnées entre les différents groupes de recherche, permettant une meilleure estimation et compréhension des différences entre les modèles climatiques. Il permet, en outre, d'estimer l'incertitude due à l'imperfection des modèles dans l'estimation du changement climatique lié à l'homme. Les résultats des recherches basées sur ces simulations sont pris en compte dans l'évaluation de l'état des connaissances sur le climat par le groupe intergouvernemental d'expert sur le climat (GIEC). Dans notre cas on va utiliser le modèle CMIP2 pour la projection des températures et des précipitations futures (Mekkaoui F., 2018).

A- Sous bassin versant de la basse Seybouse :

A-1. Sécheresse à court terme (SPI & RDI 1) :

D'après la figure n°33 (SPI & RDI1) on remarque que la sévérité maximale de la sécheresse s'observe durant les années :

- 2031-2032 : SPI= -1.99 et RDI = -1.82, (avec une sévérité sévèrement sèche) pour le court terme.
- 1958-1959: SPI= -4.13 et RDI = -5.50, à moyen terme.
- 2085-2086 : SPI= -2.30 et RDI = -2.42, pour le long terme.

La sécheresse est extrême pour le moyen et le long terme.

Les SPI & RDI3 (Figure 34) montrent que :

- au court terme, la sévérité maximale de la sécheresse s'observe durant l'année 2031-2032 (SPI= -1.45 et RDI = -1.13 avec une sévérité modérée) ;
- à moyen terme, la sévérité maximale observé durant l'année 1942-1943 (1950 (SPI= -7.8 et RDI = -2.46 avec une sévérité extrême) ;
- à long terme, durant l'année 2070-2071 (SPI= -1.73 et RDI = -1.88 avec une sévérité sévère).

Le Tableau 17 résume les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à court terme.

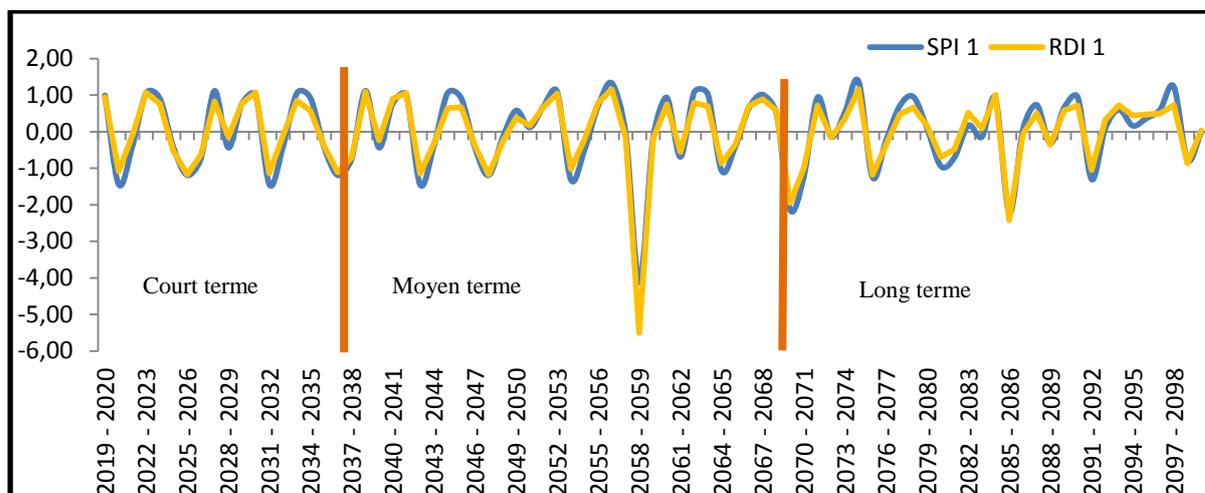


Figure 33 : Comparaison des SPI1 et RDI1 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 1 mois.

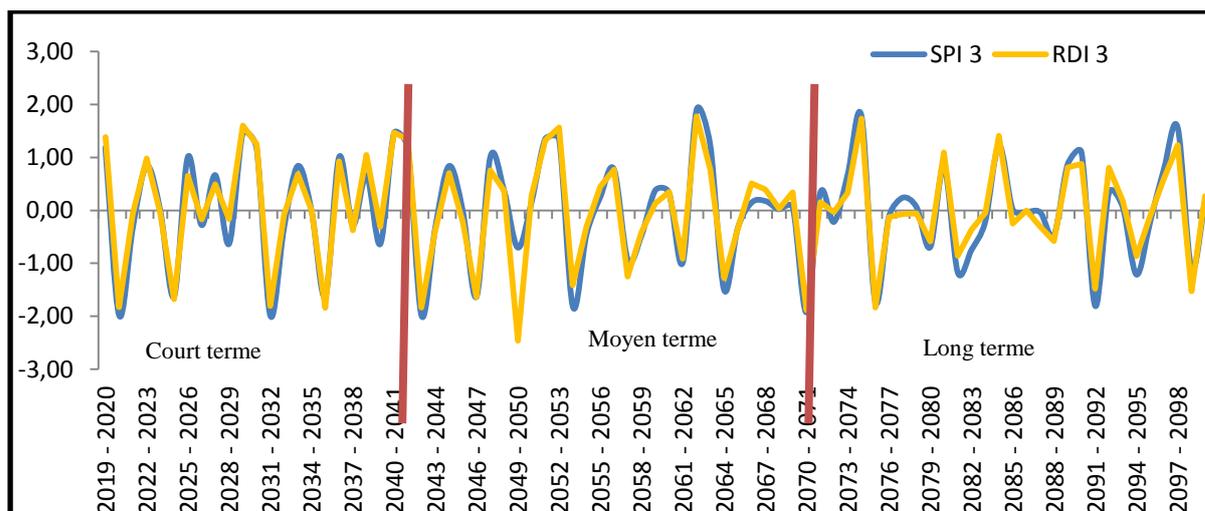


Figure 34 : Comparaison des SPI 3 et RDI3 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 3 mois.

Tableau 17 : Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à courts terme.

Stations	Pas de temps	Court terme				Moyen terme				Long terme			
		Durées		Sévérités	Intensités	Durées		Sévérités	Intensités	Durées		Sévérités	Intensités
		Année	Mois			Année	Mois			Année	Mois		
Salines	SPI RDI 1	2020-2022	20	-14,3	-0,715	2041-2043	13	-11,55	-0,89	2070-2073	25	-19,72	0,79
		2024-2026	29	-20,5	-0,7069	2046-2050	26	-22,76	-0,88	2076-2078	13	-5,93	-0,46
		2030-2033	29	-18,03	-0,62172	2053-2056	13	-11,33	-0,87	2084-2087	12	-10,18	-0,85
		2036-2038	28	-19,32	-0,69	2057-2059	15	-17,38	-1,16	2090-2092	11	-12,71	-1,16
		/	/	/	/	2064-2066	18	-10,06	-0,56	/	/	/	/
		/	/	/	/					/	/	/	/
		/	/	/	/					/	/	/	/
		/	/	/	/					/	/	/	/
	SPI RDI 3	2020-2022	23	-17,85	-0,77609	2041-2043	19	-18,55	-0,98	2070-2072	17	-21,32	-1,25
		2024-2026	26	-29,8	-1,14615	2045-2047	24	-27,58	-1,15	2075-2078	17	-9,71	-0,57
		2030-2032	29	-19,32	-0,66621	2049-2051	8	-17,24	-2,15	2080-2082	15	-4,78	-0,32
		2034-2036	24	-22,83	-0,95125	2053-2055	21	-16,28	-0,78	2090-2092	21	-17,66	-0,84
		/	/	/	/	2057-2059	20	-24,24	-1,21	2094-2096	21	-20,63	-0,98
		/	/	/	/	2061-2063	8	-5,70	-0,71	2098-2099	9	-5,97	-0,66
		/	/	/	/	2064-2066	19	-11,15	-0,59	/	/	/	/
		/	/	/	/					/	/	/	/

A-2. Sécheresse à moyen et à long terme(SPI & RDI 6, 9 et 12) :

Selon les SPI& RDI6 (Figure 35) les sévérités maximales de la sécheresse s’observons:

- au court terme, durant l’année 2023-2024 (SPI= -2.10 et RDI = -2.46)
- à moyen terme, durant l’année 1945-1946 (SPI= -2.39 et RDI = -2.46)
- et à long terme, durant l’année 2081-2082(SPI= -1.80 et RDI = -1.92

La sécheresse est extrême pour le court et le moyen terme et sévèrement sèche au cours du long terme.

Cependant pour les SPI& RDI9 (Figure 36), les sévérités maximales de la sécheresse s’observées :

- au court terme durant l’année 2024-2025 (SPI= -2.09 et RDI = -2.42) ;
- à moyen terme durant l’année 1946-1947 (SPI= -2.20 et RDI = -2.47) ;
- et à long terme durant l’année 2070-2072 (SPI= -2.19 et RDI = -2.37).

Le court et le moyen terme présentent une sécheresse extrême.

Ainsi que pour les SPI12 et RDI12 (Figure 37) les sévérités maximales de la sécheresse sont au cours des années :

- 2024-2025 (SPI= -2.19 et RDI = -2.13) pour le court terme ;
- 1946-1947(SPI= -2.24 et RDI = -2.28) (moyen terme);
- 2070-2071 (SPI= -2.20 et RDI = -2.37) pour le long terme.

Ces sévérités sont extrêmes.

Le tableau suivant résume les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à moyen et à long terme.

Tableau 18 : Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à moyen et à long terme.

Stations	Pas de temps	Court terme				Moyen terme				Long terme			
		Durées		Sévérités	Intensités	Durées		Sévérités	Intensités	Durées		Sévérités	Intensités
		Année	Mois			Année	Mois			Année	Mois		
Salines	SPI RDI 6	2023-2025	19,00	-27,39	-1,44	2045-2047	20	-30,15	-1,51	2069-2071	25	-22,61	-0,97
		2034-2036	21,00	-26,33	-1,25	2048-2050	16	-19,28	-1,21	2084-2085	25	-21,37	-0,85
		/	/	/	/	2053-2055	21	-15,43	-0,73	2085-2087	11	-7,80	-0,71
		/	/	/	/	2056-2059	28	-31,23	-1,12	2092-2095	27	-25,04	-0,93
		/	/	/	/	2046-2048	18	-32,46	-1,80	2070-2072	21	-24,16	-1,15
	SPI RDI 9	2035-2038	19	-28,72	-1,51	2049-2051	14	-18,77	-1,34	2082-2084	18	-22,91	-1,27
		/	/	/	/	2054-2056	9	-8,66	-0,96	2085-2088	18	-11,86	-0,66
		/	/	/	/	2058-2060	26	-33,26	-1,28	2094-2096	24	-27,23	-1,13
		/	/	/	/	2069-2070	32	-29,74	-0,93	/	/	/	/
		/	/	/	/	2070-2071	32	-29,74	-0,93	/	/	/	/
	SPI RDI 12	2024-2026	28	-32,7969	-1,17	2046-2048	19	-34,88	-1,84	2070-2072	20	-26,93	-1,35
		2034-2037	19	-11,9583	-0,63	2049-2051	16	-18,16	-1,14	2082-2084	17	-23,59	-1,39
		/	/	/	/	2058-2060	17	-27,08	-1,59	2085-2086	10	-6,80	-0,68
		/	/	/	/					2094-2096	25	-29,18	-1,17
		/	/	/	/								

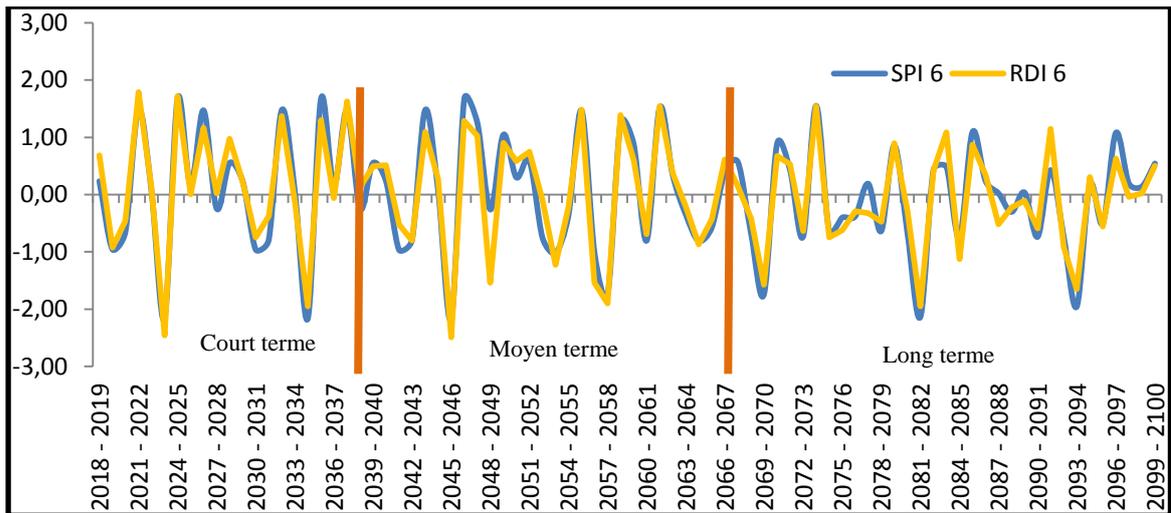


Figure 35 : Comparaison des SPI6 et RDI6 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 6 mois.

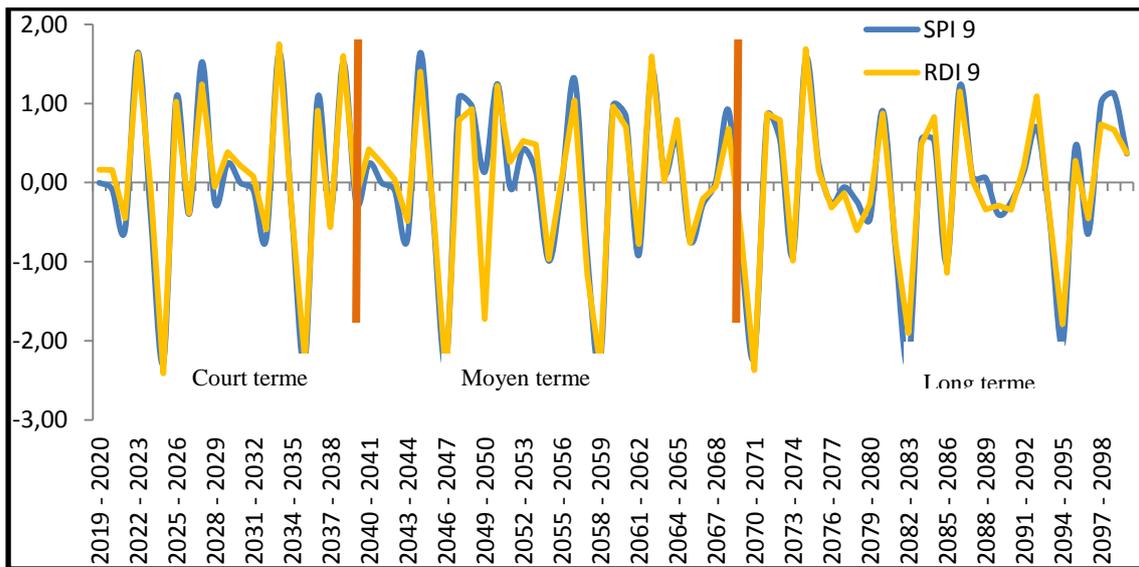


Figure 36 : Comparaison des SPI9 et RDI9 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 9 mois.

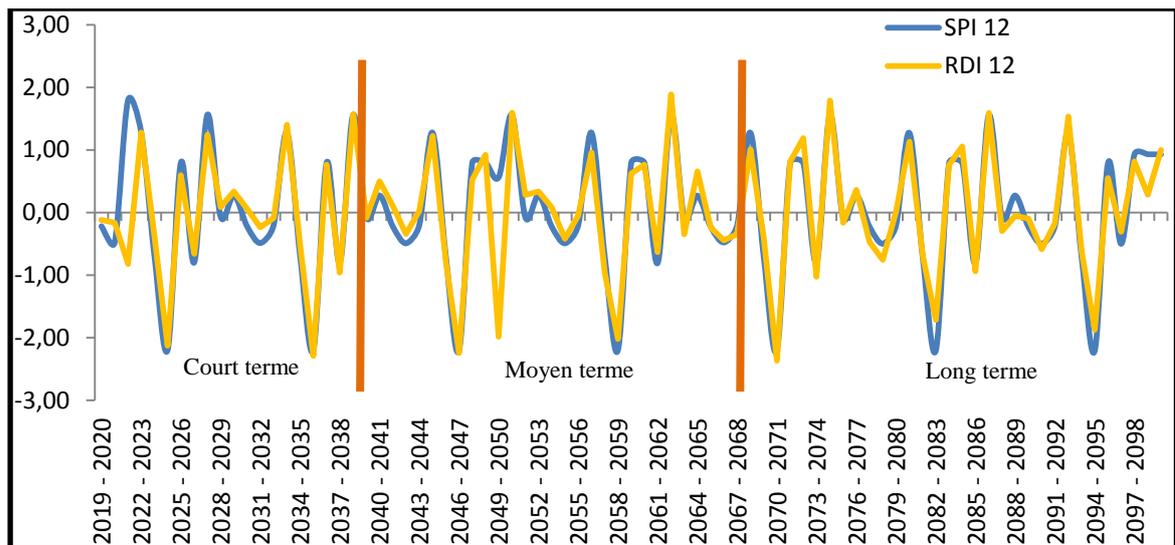


Figure 37 : Comparaison des SPI12 et RDI12 pour la station des Salines (2019-2100) avec un pas de temps de 12 mois.

B- Sous Bassin versant de L'Oued Djelfa-Hadjia :

B-1. Sécheresse à court terme :

La figure n°38 (SPI& RDI1) montre que la sévérité maximale de la sécheresse s'observe :

- au court terme durant l'année 2025-2028 (SPI= -2.22 et RDI = -2.40) ;
- à moyen terme durant l'année 1949-1950 (SPI=-2.30 et RDI = -2.39);
- et à long terme durant l'année 2097-2098 (SPI= -2.50 et RDI = -2.58).

Ces périodes présentent une sécheresse extrême.

Pour les SPI& RDI3 (Figure 39) les sévérités maximales de la sécheresse sont :

- Au court terme durant l'année 2029-2030(SPI= -1.29 et RDI = -1.02 avec une sévérité Modérément sèche) ;
- à moyen terme durant l'année 1962-1963(SPI= -3.18 et RDI = -3.22) ;
- et à long terme durant l'année 2073-2074 (SPI= -2.79 et RDI = -2.57).

Pour les deux dernières périodes la sécheresse est extrême.

Tableau 19 : Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à court terme.

Stations	Pas de temps	Court terme				Moyen terme				Long terme			
		Durées		Sévérités	Intensités	Durées		Sévérités	Intensités	Durées		Sévérités	Intensités
		Année	Mois			Année	Mois			Année	Mois		
Djelfa	SPI RDI 1	2021-2023	12	-10,08	-0,84	2043-2045	13	-9,61	-0,74	2072-2076	22	-21,95	-1,00
		2025-2028	33	-47,86	-1,45	2046-2050	35	-42,61	-1,22	2076-2078	8	-6,96	-0,87
		2032-2034	14	-9,08	-0,65	2058-2060	23	-18,39	-0,80	2084-2086	10	-14,04	-1,40
		2035-2039	42	-41,96	-1,00	2062-2064	18	-10,36	-0,58	2094-2099	38	-30,47	/
		/	/	/	/	2065-2067	9	-6,77	-0,75	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SPI RDI 3	2025-2031	42	-50,76	-1,21	2051-2053	14	-18,13	-1,30	2072-2074	13	-9,21	-0,71
		/	/	/	/	2061-2064	27	-23,05	-0,85	2075-2077	22	-22,22	-1,01
		/	/	/	/	/	/	/	/	2084-2086	16	-22,22	-1,39
		/	/	/	/	/	/	/	/	2087-2091	41	-38,67	-0,94
		/	/	/	/	/	/	/	/	2094-2097	33	-25,41	-0,77

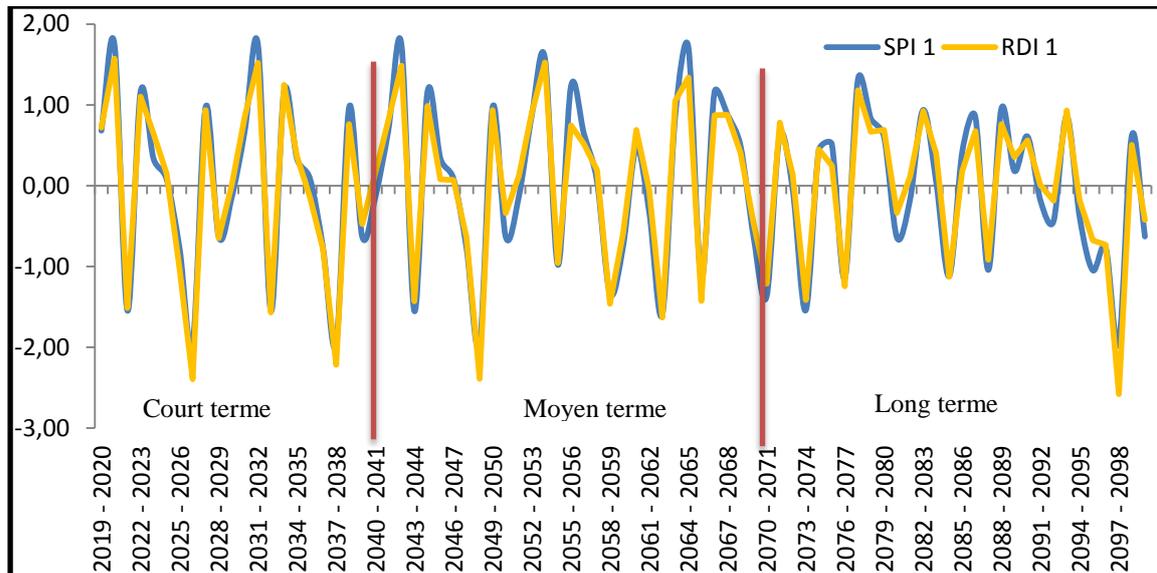


Figure 38 : Comparaison des SPI1 et RDI1 pour la station de Djelfa(2019-2100) avec un pas de temps de 1 mois.

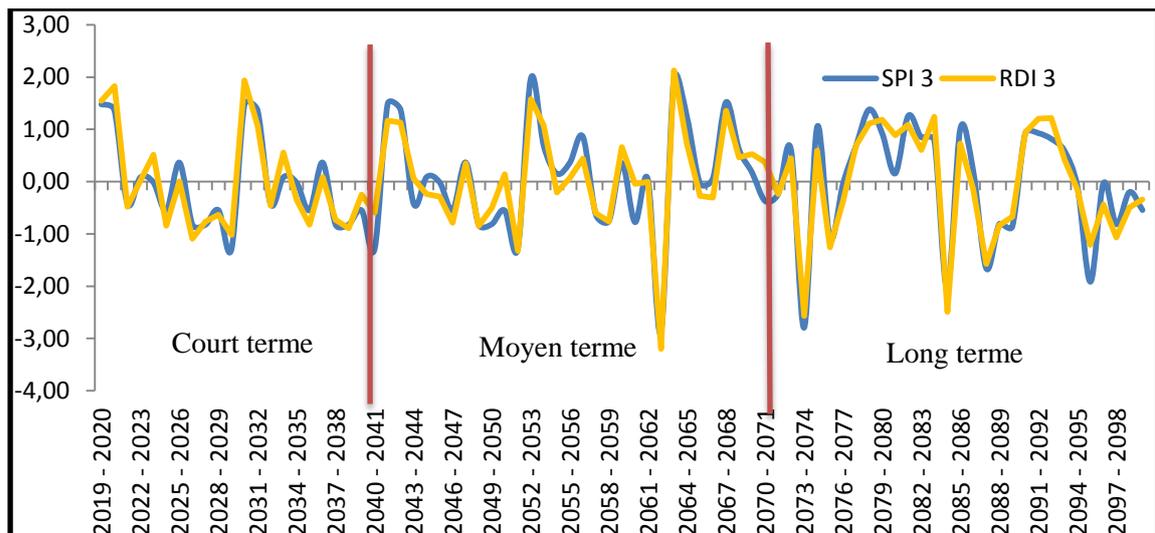


Figure 39 : Comparaison des SPI3 et RDI3 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 3 mois.

B-2. Sécheresse à moyen et à long terme :

D’après les SPI& RDI6 (Figure 40) on ne constate que la sévérité maximale de la sécheresse qui s'observe durant les années suivantes :

- 2038-2039 (court terme): SPI=-1.10 et RDI= -1.29(modérément sèche)
- 1962-1963 (moyen terme): SPI= -1.73 et RDI=-1.76(sévèrement sèche)
- 2087-2088 (long terme) : SPI= -2.01 et RDI = -2.14 avec une sécheresse extrême)

La figure n°41 (SPI& RDI9) présente les sévérités maximales de la sécheresse qui se produisent :

- Au court terme durant l’année 2037-2038(SPI= -1.57 et RDI= -1.67) ;
- à moyen terme durant l’année 1948-1949 (SPI= -1.60 et RDI = -1.75) ;
- et à long terme durant l’année 2073-2074 (SPI= -1.69 et RDI = -1.84).

Ces périodes présentent une sécheresse sévèrement sèche.

Pour les SPI& RDI12, la figure n°42 montre que les sévérités maximales de la sécheresse sont :

- durant l’année 2028-2029(court terme) : SPI= -1.51 et RDI = -1.66 (sécheresse modérée) ;
- entre 1951-1952(moyen terme) : SPI= -1.52 et RDI = -1.52 (sécheresse modérée) ;
- et durant l’année 2073-2074(long terme) : SPI= -1.45 et RDI = -1.80(sécheresse modérée à sévère).

Tableau 20 : Les durées annuelles et mensuelles, les sévérités et les intensités de la sécheresse à moyen et à long terme.

Stations	Pas de temps	Court terme				Moyen terme				Long terme			
		Durées		Sévérités	Intensités	Durées		Sévérités	Intensités	Durées		Sévérités	Intensités
		Année	Mois			Année	Mois			Année	Mois		
Djelfa	SPI RDI 6	2021-2026	39,00	-35,79	-0,92	2041-2042	15	-22,06	-1,47	2071-2072	26	-16,01	-0,62
		2027-2037	39,00	-35,79	-0,92	2044-2048	22	-13,58	-0,62	2074-2077	29	-26,76	-0,92
		2034-2037	32	-32,59	-1,02	2049-2051	28	-24,80	-0,89	2084-2087	30	-27,08	-0,90
		2038-2041	30	-31,70	-1,06	2057-2060	50	-13,58	-0,27	2088-2091	18	-14,16	-0,79
		/	/	/	/	2059-2064	13	-8,57	-0,66	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SPI RDI 9	2026-2030	41	-58,31	-1,42	2048-2052	36	-39,19	-1,09	2072-2076	39	-37,70	-0,97
		2037-2041	40	-43,01	-1,08	2060-2064	32	-30,78	-0,96	2084-2087	24	-19,66	-0,82
		/	/	/	/	/	/	/	/	2088-2091	30	-23,72	-0,79
		/	/	/	/	/	/	/	/	2097-2098	29	-22,88	-0,79
	SPI RDI 12	2023-2030	66	-77,44	-1,17	2047-2052	58	-50,19	-0,87	2073-2077	49,00	-43,48	-0,89
		2037-2040	29	-31,04	-1,07	2059-2064	47	-37,18	-0,79	2086-2091	67,00	-53,12	-0,79
		/	/	/	/	/	/	/	/	2096-2100	53,00	-43,13	-0,81

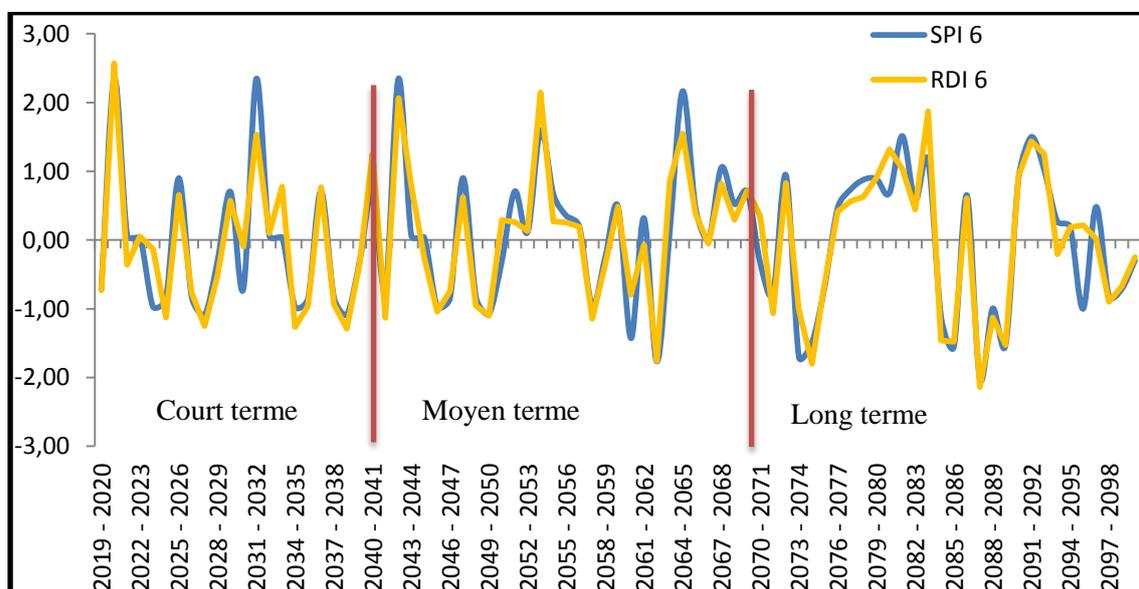


Figure 40 : Comparaison des SPI6 et RDI6 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 6 mois.

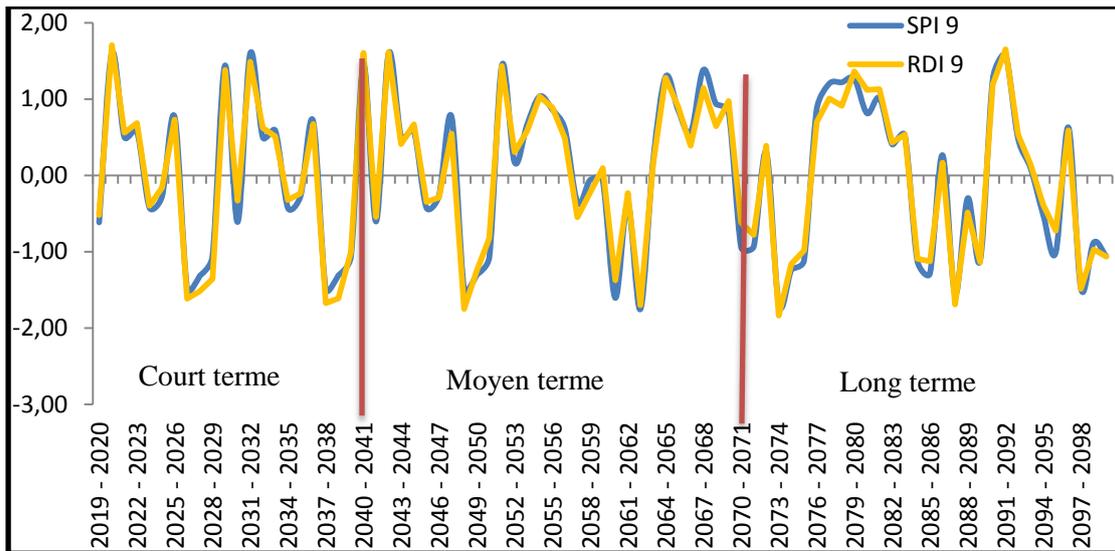


Figure 41 : Comparaison des SPI9 et RDI9 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 9 mois.

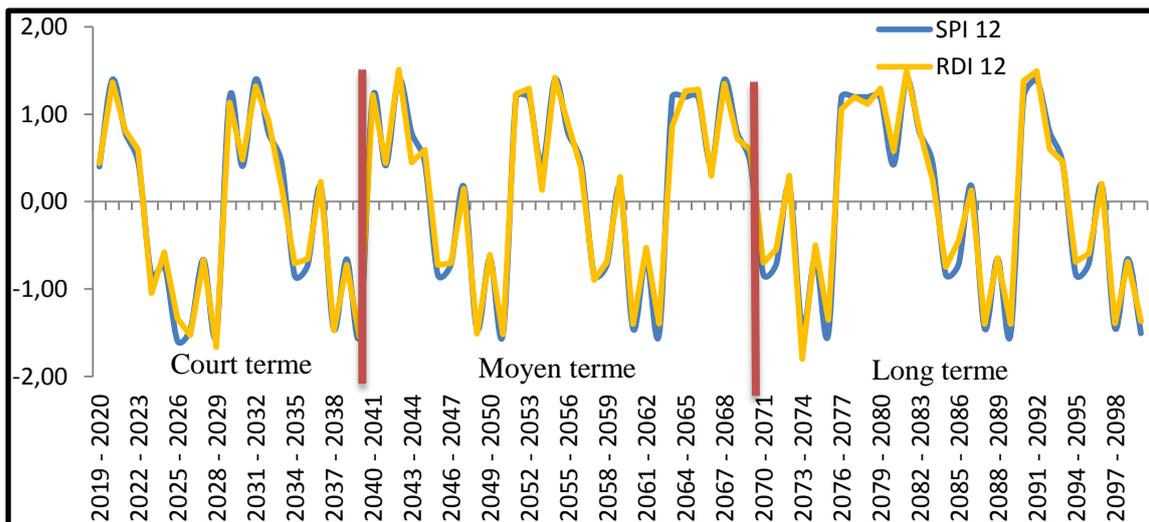


Figure 42 : Comparaison des SPI12 et RDI12 pour la station de Djelfa (2019-2100) avec un pas de temps de 12 mois.

III.5. Conclusion :

D’après l’évaluation et la prédiction de la sécheresse on voit clairement que les sécheresses historiques (1977-2018) dans la région du sous bassin versant de la basse Seybouse concerne beaucoup plus l’hydrologie ce qui n’est pas le cas pour le sous bassin de l’oued Djelfa-Hadjia où les sécheresses connues sont des sécheresses agricoles. Ceci peut être interprété par le fait que surtout dans la région littorale (la basse Seybouse) il y’a un manque des apports pluviométrique sur toute l’année alors

que ces apports sont présents au cours d'un ou trois mois (les pas de temps caractérisant la sécheresse hydrologique).

C'est le cas inverse pour le sous bassin de Djelfa-Hadjia par rapport à la basse Seybouse. Puisque dans la région semi-aride (dont ce sous bassin fait partie), il y'a un déficit de précipitations au cours d'un ou plusieurs mois (un ou trois mois de suite caractérisant une sécheresse agricole). Alors qu'au cours de l'ensemble de l'année (neuf et douze mois) les apports pluviométriques (les pluies torrentielles caractérisant les climats semi-arides et arides) sont présents et éliminent la sécheresse hydrologique.

La prédiction de la sécheresse (2019-2100) démontre que la sécheresse hydrologique (basse Seybouse) va stabiliser (avec l'apparition d'une sécheresse agricole surtout à moyen (2040-2070) et à long terme (2070-2100)), ainsi que l'apparition des sécheresses hydrologiques entre les années 2040-2100 avec plus ou moins une diminution de la sécheresses agricole pour le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia.

IV.1. Introduction :

Bien gérer la problématique de l'eau, implique une connaissance aussi parfaite que possible de la disponibilité de la ressource et de sa variabilité dans le temps et dans l'espace, et de proposer des scénarios prospectifs pour l'analyse du risque et la gestion des crises, dans un avenir où les changements climatiques et les effets anthropiques sont mal maîtrisés.

Ce chapitre est consacré à l'évaluation quantitative des ressources en eau existantes dans les sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia, à calculer les différents besoins et élaborer des scénarios de gestion basés sur les résultats de l'évaluation et la prédiction de la sécheresse ainsi que sur le recours aux apports des eaux non conventionnelles telles que les eaux épurées.

IV.2. Diagnostique quantitatif des ressources en eau :

IV.2.1. Les potentialités hydriques :

IV.2.1.1. Le potentiel hydrique superficiel :

- **Les retenues collinaires :**

A- Sous bassin versant de la Seybouse aval :

Le sous bassin versant de la Seybouse compte trente (30) retenues collinaires d'une capacité totale 4084617 m³ (voir annexe 1).

B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :

Les eaux superficielles sont insignifiantes compte tenu de l'absence de barrages et de retenues collinaires importantes en dehors de celles résumées dans le Tableau qui suit :

Tableau 21 : Barrages dans le sous bassin versant de la basse Seybouse.

Commune	Capacité (Hm ³)
Cheref (Hadjia)	1.87

Ouanouki B., 2011.

IV.2.1.2. Le potentiel hydrique souterrain:

- **Les Forages :**

A- Sous bassin versant de la basse Seybouse :

Selon les renseignements recueillis, un grand nombre de forages plus ou moins profonds été exécuté dans la wilaya d'Annaba avec parfois la présence de piézomètres nécessaires pour l'observation et le suivi des systèmes hydrogéologiques. Ainsi, on

dénombrer quatre vingt treize (93) forages actuellement en service (Tableau 22) pour satisfaire diverses utilisations (AEP, industrie, irrigation et élevage).

Tableau 22 : Etat des forages dans le sous bassin versant de la basse Seybouse.

Nombre de Forages	Destination	Exploités	Non exploités
47	AEP	15	28
08	AEI	08	6
38	Irrigation	28	21

Source ABH Annaba, 2018.

B- Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia :

- **Forages :**

Les ressources souterraines mobilisées par le biais de 46 forages sont affectées pour l'alimentation en eau potable des populations de 29.07 Hm³/an, et 0.31 Hm³/an pour le secteur industriel.

IV.2.2. Mobilisation des ressources en eaux :

Globalement, les ressources en eau mobilisées des sous bassins versants de l'Oued la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia sont de l'ordre de 90.12 Hm³ par an, soit à peu près 73 % des ressources en eau mobilisables (Tableau n° 23).

Tableau 23 : Potentiel hydrique global du sous bassin versant de la basse Seybouse.

Ressources en eau	Potentiel reconnu	R ^{ces} Mobilisables	R ^{ces} Mobilisé
Superficielles	15.08	13.57	13.57
Souterraines	130.00	78.00	45.65
Total	145.08	91.57	59.22

Source : ABH 2018.

Tableau 24 : Potentiel hydrique global du sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia.

Ressources en eau	Potentiel reconnu	R ^{ces} Mobilisables	R ^{ces} Mobilisé
Superficielles	1.80	1.71	1.71
Souterraines	40.00	30.00	29.19
Total	41.80	31.71	30.90

Source : ANAT 2003 In Ouanouki 2011.

IV.3. Calcul des besoins en eau :

IV.3.1 L'alimentation en eau potable (AEP) :

IV.3.1.1. Les ressources et l'approvisionnement en eau potable :

En matière d'approvisionnement en eau potable, la dotation moyenne en Algérie est 175 litres par jour et par habitant, et 250 litres par jour et par habitant fixé par l'OMS (Mozas M. et Ghosn A., 2013).

IV.3.1.2. Les besoins et les demandes en eau potable futurs; Essai de Prospective:

La connaissance assez précise et complète des utilisations d'eau présentes, par tous les secteurs économiques, est la base nécessaire des projections de la demande en eau. Cette connaissance est cependant encore imparfaite, et elle se heurte à diverses difficultés.

Les statistiques disponibles sur les demandes et les prélèvements en eau potable à l'échelle des deux régions : les sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia reposent plus sur des estimations que sur des recensements, donc elles sont affectées d'une certaine incertitude.

Le plus souvent, on rapporte la demande en eau potable au nombre d'habitants. Pour calculer l'évolution de la population des deux régions, nous avons fait recours à la formule fréquemment utilisée par les services des statistiques et de la population (ONS).

$$P_f = P_n (1 + a)^n$$

Où: **P_f** : Population à l'horizon voulu.

P_n: Population à une année de référence.

a: Taux d'accroissement démographique global moyen (%)

n: Nombre d'années qui séparent l'année de référence à l'horizon voulu.

Dans le cadre de notre étude, les horizons voulus vont de 2008 entant qu'une année de référence jusqu'au 2100, avec un pas de cinq ans.

Le taux d'accroissement démographique des agglomérations globaux moyens est de l'ordre de 1,92% du sous bassin versant de la basse Seybouse et 2,16% pour le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia selon les données de la RGPH.

Les Tableau 25 et 26 ci-dessous résument l'évolution des besoins en eau avec l'évolution de la population, selon les dotations moyennes de 172 et 148 l/j/hab dans les deux sous bassins versants respectivement.

Tableau 25 : Evolution dans le temps des besoins en eau de population du sous bassin versant de la basse Seybouse (2008 - 2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Population	685286	711854	782867	860964	946852	1041307	1145186	1259427	1385065	1523236
Besoins AEP Hm³/an	43,02	44,69	49,15	54,05	59,44	65,37	71,89	79,07	86,95	95,63
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
Population	1675191	1842305	2026089	2228207	2450488	2694944	2963786	3259447	3584602	3942194
Besoins AEP Hm³/an	105,17	115,66	127,20	139,89	153,84	169,19	186,07	204,63	225,04	247,49

Tableau 26 : Evolution dans le temps des besoins en eau de population du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008 - 2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Population	539419	562974	626459	697103	775713	863189	960528	1068845	1189375	1323498
Besoins AEP Hm³/an	29,14	30,41	33,84	37,66	41,90	46,63	51,89	57,74	64,25	71,50
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
Population	1472746	1638824	1823630	2029276	2258112	2512754	2796110	3111421	3462288	3852721
Besoins AEP Hm³/an	79,56	88,53	98,51	109,62	121,98	135,74	151,05	168,08	187,03	208,12

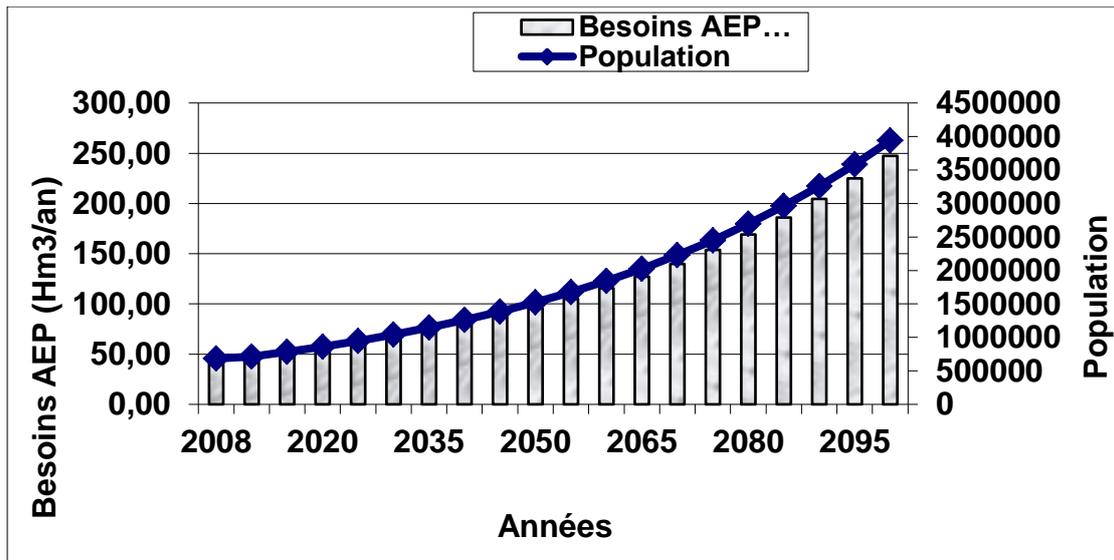


Figure 43 : Graphe des Perspectives de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).

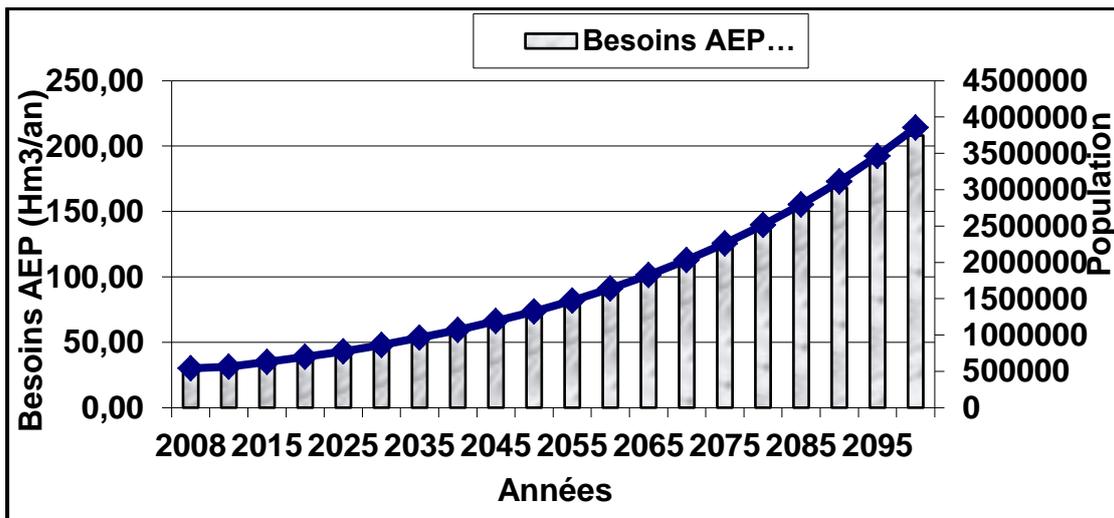


Figure 44 : Graphe des Perspectives de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

La population de la région est passée de 685286 à 844745 habitants et de 539419 à 682364habitants entre 2008 et 2019, et selon les projections, cette population peut dépasser les 3942194 et les 3852721 habitants à l'horizon 2100.

D'après les Tableau x précédents (Tableau 25 et 26), on observe que les besoins en AEP ont augmentés de 43,02 et de 29,14 millions de m³ en 2008, pour atteindre en 2019 environ de 53,03 et de 36,86 millions de m³ et ils s'élèveraient au

total en 2100 à plus de trois fois de leur volume actuel, qui correspond à environ 247,49 et 208,12 millions de m³.

IV.3.2. L'alimentation en eau de l'agriculture (AEA) :

IV.3.2.1. Le périmètre irrigué :

Les surfaces agricoles totales dépassent les 68185 milles hectares et 571887 milles hectares, dont les superficies utilisées sont de 29484 ha et de 111 830 ha, cependant les surfaces irriguées ne dépassent pas les 3082ha et 9252ha (Tableau 27 et 28).

Tableau 27 : Présentation du périmètre agricole irrigué dans le sous bassin versant de la basse Seybouse.

Région	SAT	SAU	SAU en Irrigué	total
La basse Seybouse	35619	29484	3082	68185

Source : Monographie de la wilaya annaba, El Tarf et Guelma,2008.

Tableau 28 : Présentation du périmètre agricole irrigué dans le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia.

Région	SAT	SAU	SAU en Irrigué	total
l'oued Djelfa-Hadjia	450 805	111 830	9 252	571887

Source : Monographie de la wilaya de Djelfa,2008.

IV.3.2.2. Le cheptel :

Le nombre total du cheptel est de l'ordre de 249143 et 1186720tête respectivement dans les sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia.

IV.3.2.3. Les besoins et l'alimentation en eau de l'agriculture :

A- Les besoins en eau de l'irrigation :

L'évolution des besoins en eau d'irrigation est liée directement à l'augmentation des terres irrigables, en effet, en projetant une augmentation de 100 ha toute les cinq années avenir avec une dose moyenne annuelle de l'ordre de 806

m³/ha/an (s.b.v. de la basse Seybouse) et de 1270 m³/ha/an (s.b.v. de l'oued Djelfa-Hadjia).

Tableau 29 : Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation du sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Superficie irrigée (ha)	3082	3122	3222	3322	3422	3522	3622	3722	3822	3922
Besoins eau Hm ³ /an	2,48409	2,51633	2,59693	2,67753	2,75813	2,83873	2,91933	2,99993	3,08053	3,16113
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
Superficie irrigée (ha)	4022	4122	4222	4322	4422	4522	4622	4722	4822	4922
Besoins eau Hm ³ /an	3,24173	3,32233	3,40293	3,48353	3,56413	3,64473	3,72533	3,80593	3,88653	3,96713

Tableau 30 : Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Superficie irrigée (ha)	9252	9292	9392	9492	9592	9692	9792	9892	9992	10092
Besoins eau Hm ³ /an	11,75	11,8008	11,9278	12,0548	12,1818	12,3088	12,4358	12,5628	12,6898	12,8168
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
Superficie irrigée (ha)	10192	10292	10392	10492	10592	10692	10792	10892	10992	11092
Besoins eau Hm ³ /an	12,9438	13,0708	13,1978	13,3248	13,4518	13,5788	13,7058	13,8328	13,9598	14,0868

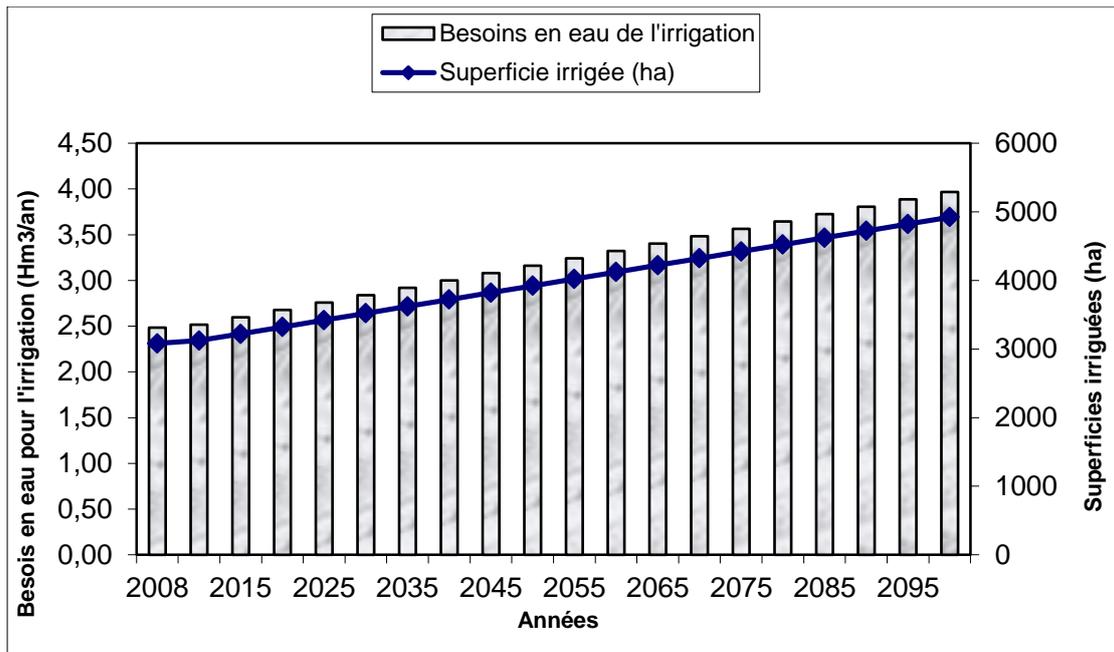


Figure 45 : Evolution dans le temps des surfaces irriguées et leurs besoins en eaux de sous bassin versant de la basse Seybouse(2008-2100).

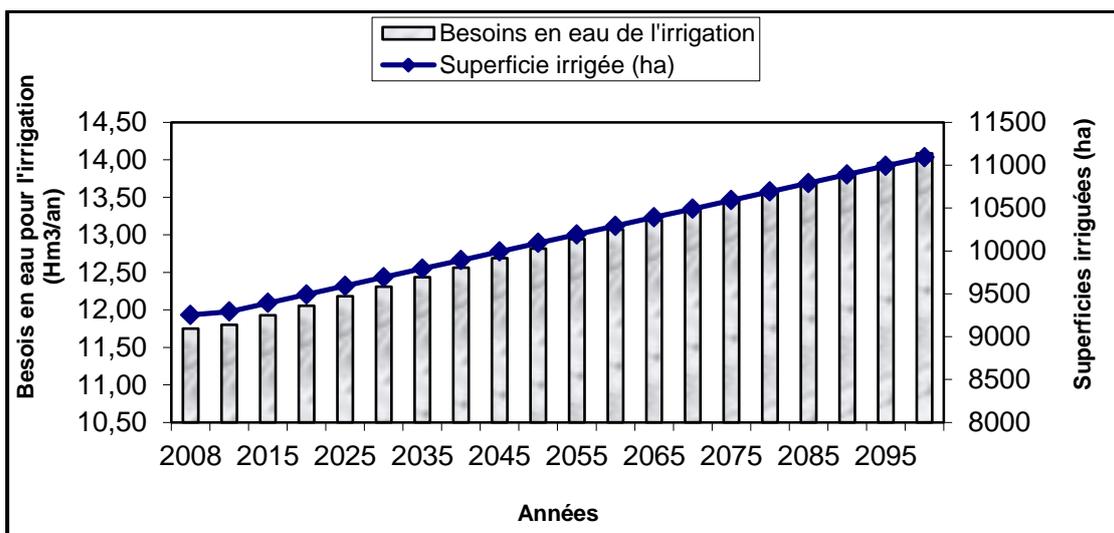


Figure 46 : Evolution dans le temps des surfaces irriguées et leurs besoins en eaux du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

B- Les besoins en eau du cheptel :

Les besoins en eau du cheptel pour l'année 2019 sont de l'ordre de 1,00Hm³ (s.b.v. de la basse Seybouse) et de 4,76Hm³ (s.b.v. de l'oued Djelfa-Hadjia) avec une dotation moyenne de 10 l/j/tête. Le taux d'évolution envisagé des espèces élevés est de 5% chaque cinq année.

**Tableau 31 : Evolution dans le temps des besoins en eau pour le cheptel dans
sous bassin versant de la basse Seybouse (2008 - 2100).**

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
N° Du Cheptel (Tête)	249143	254126	266832	280174	294182	308892	324336	340553	357581	375460
Besoins eau Hm ³ /an	0,91	0,93	0,97	1,02	1,07	1,13	1,18	1,24	1,31	1,37
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
N° Du Cheptel (Tête)	394233	413944	434641	456374	479192	503152	528309	554725	582461	611584
Besoins eau Hm ³ /an	1,44	1,51	1,59	1,67	1,75	1,84	1,93	2,02	2,13	2,23

**Tableau 32 : Evolution dans le temps des besoins en eau pour le cheptel dans
Sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008 - 2100).**

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
N° Du Cheptel (Tête)	1186720	1210454	1270977	1334526	1401252	1471315	1544881	1622125	1703231	1788392
Besoins eau Hm ³ /an	4,33	4,42	4,64	4,87	5,11	5,37	5,64	5,92	6,22	6,53
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
N° Du Cheptel (Tête)	1877812	1971703	2070288	2173802	2282492	2396617	2516448	2642270	2774384	2913103
Besoins eau Hm ³ /an	6,85	7,20	7,56	7,93	8,33	8,75	9,19	9,64	10,13	10,63

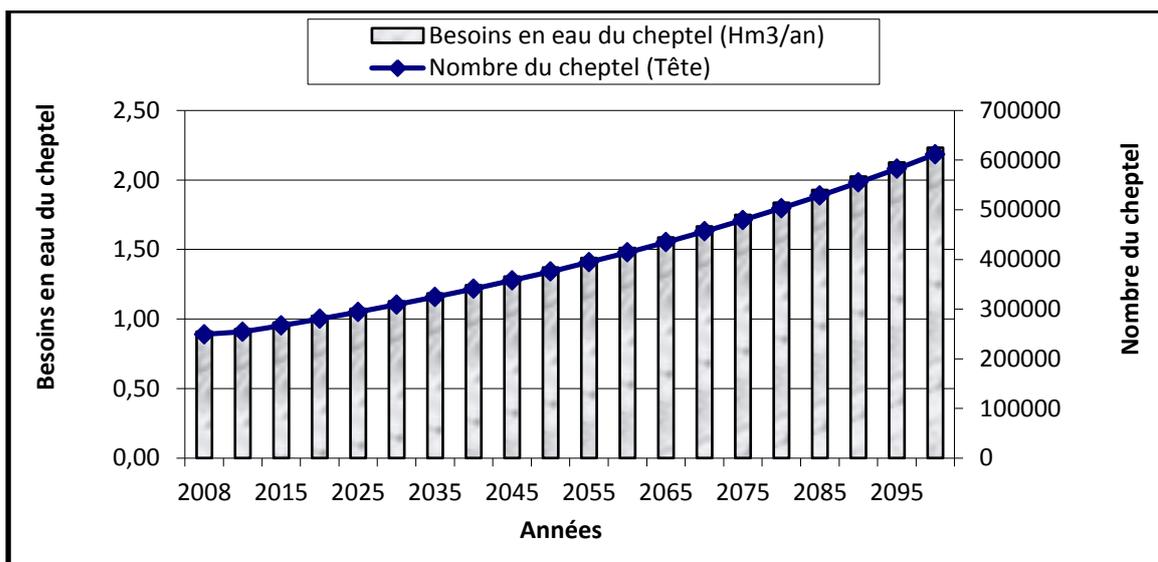


Figure 47 : Evolution dans le temps du cheptel et ces besoins en eaux dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).

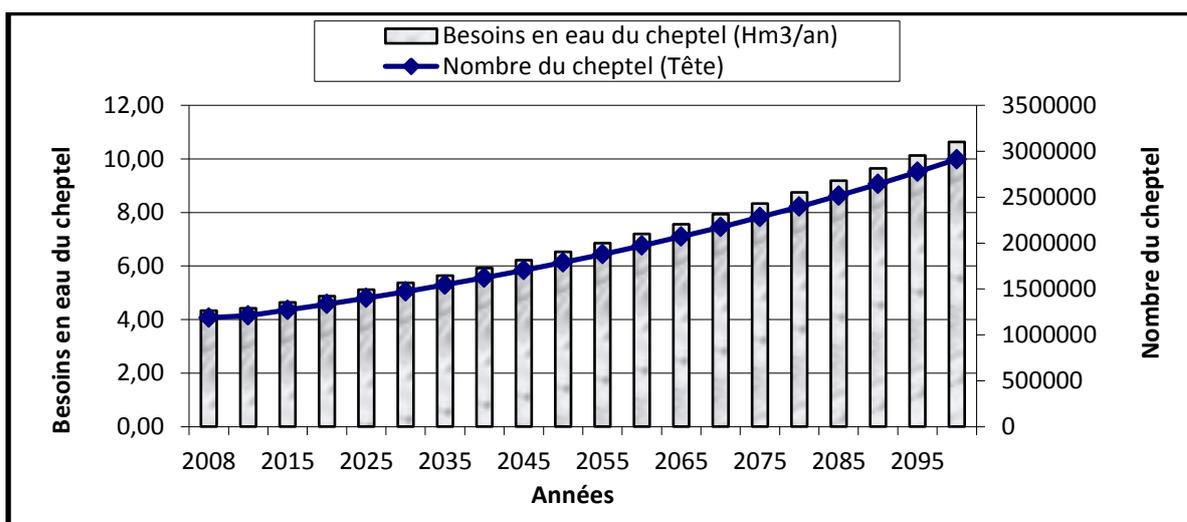


Figure 48: Evolution dans le temps du cheptel et ces besoins en eaux dans le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

La somme entre les besoins en eau de l'irrigation et les besoins en eau du cheptel nous donne les besoins en eau de l'agriculture AEA, les résultats sont dans les Tableau 33 et 34 suivants :

Tableau 33 : Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'agriculture dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008 - 2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
AEA Hm ³ /an	3,39	3,44	3,57	3,70	3,83	3,97	4,10	4,24	4,39	4,53
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
AEA Hm ³ /an	4,68	4,83	4,99	5,15	5,31	5,48	5,65	5,83	6,01	6,20

Tableau 34 : Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'agriculture dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008 - 2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
AEA Hm ³ /an	16,08	16,22	16,57	16,93	17,30	17,68	18,07	18,48	18,91	19,34
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
AEA Hm ³ /an	19,80	20,27	20,75	21,26	21,78	22,33	22,89	23,48	24,09	24,72

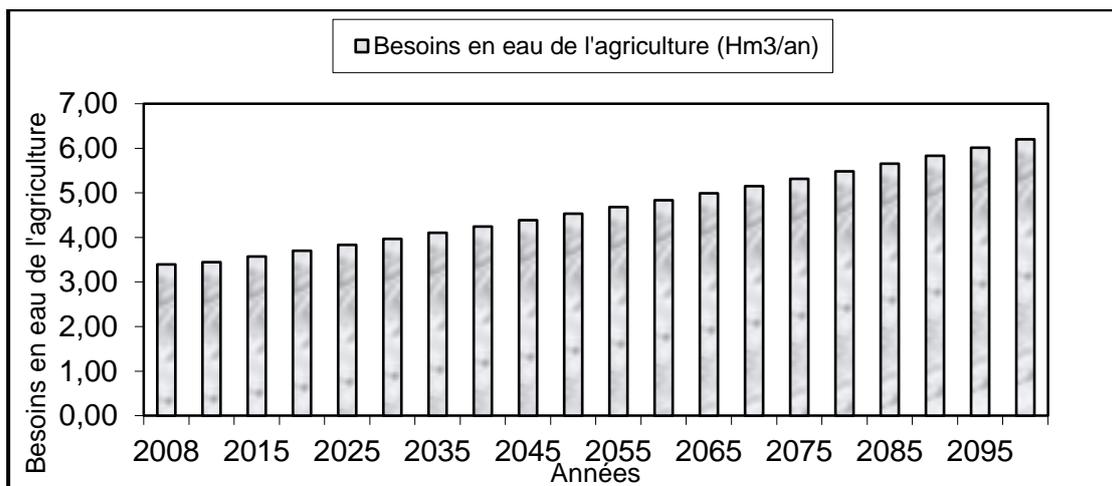


Figure 49 : Evolution dans le temps des besoins en eau de l'agriculture dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).

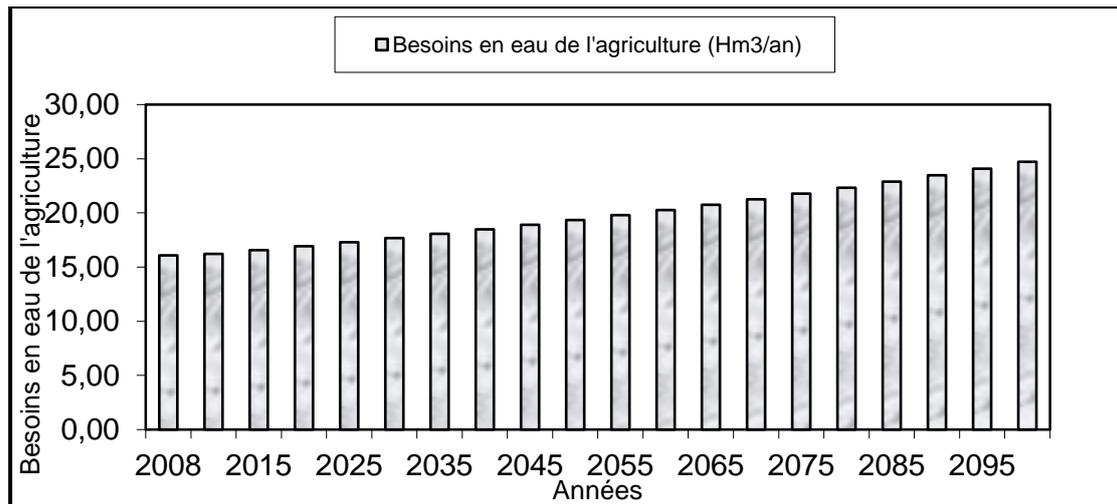


Figure 50 : Evolution dans le temps des besoins en eau de l'agriculture dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

IV.3.3. L'alimentation en eau de l'industrielle (AEI) :

Le secteur industriel est donc le troisième consommateur d'eau après l'irrigation (AEP) et la consommation domestique (AEP).

Dans les zones où l'industrie n'est pas définie «future parc industrielle » en prévoie environ (4.5 l/j/m²) (Source : BOUSLIMI M. 2004)

En général la consommation est reliée à la production, voici quelques exemples :

Tableau 35 : Consommation d'eau par secteur de production industrielle.

Produit	Consommation d'eau (m ³ /tonne)
Conserverie	9 à 90
Alimentaire (Pain,...)	3 à 75
Textiles	40 à 430
Acier	300 à 600
Papier	environ 500
Sucre	2 à 3
Carton	60 à 400
Ciment	environ 35
Savon	1 à 35
Matière plastique	1 à 2

Source : Bousselimi M., 2004.

La consommation totale de l'eau par l'industrie dans les deux Wilaya est estimée par le calcul de la somme des consommations de chaque zone industrielle ou d'activité on se référant au Tableau n° 35 pour chaque type d'industrie.

IV.3.3.1. Les besoins future en eau industrielle :

En effet, pour les années à venir, on projette les besoins en eau pour l'industrie, avec une augmentation de 2% des besoins actuels toutes les cinq années. Les besoins

en eau industrielle pour l'année 2019 sont de l'ordre de 10,56Hm³ (s.b.v. de la basse Seybouse) et de 0,41Hm³ (s.b.v. de l'oued Djelfa-Hadjia) avec la consommation est reliée à la production est 7407m³/tonne dans le s.b.v. de la basse Seybouse. On aboutira donc aux résultats mentionnés dans les Tableau 36 et 37 suivants:

Tableau 36 : Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'Industrie dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008 - 2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Superficie industrielle (m ²)	3755000	3785040	3860740,8	3937956	4016715	4097049	4178990	4262570	4347821	4434778
AEIHm ³ /an	10,15	10,23	10,44	10,65	10,86	11,08	11,30	11,52	11,75	11,99
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
Superficie industrielle (m ²)	4523473	4613943	4706221	4800346	4896353	4994279,9	5094165	5196049	5299970	5405969
AEIHm ³ /an	12,23	12,47	12,72	12,98	13,24	13,50	13,77	14,05	14,33	14,62

Tableau 37 : Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'Industrie dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008 - 2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Superficie industrielle (m ²)	2400000	2419200	2467584	2516936	2567274	2618620	2670992	2724412	2778900	2834478
AEIHm ³ /an	0,39	0,40	0,41	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
Superficie industrielle (m ²)	2891168	2948991	3007971	3068131	3129493	3192083	3255925	3321043	3387464	3455213
AEIHm ³ /an	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,55	0,56	0,57

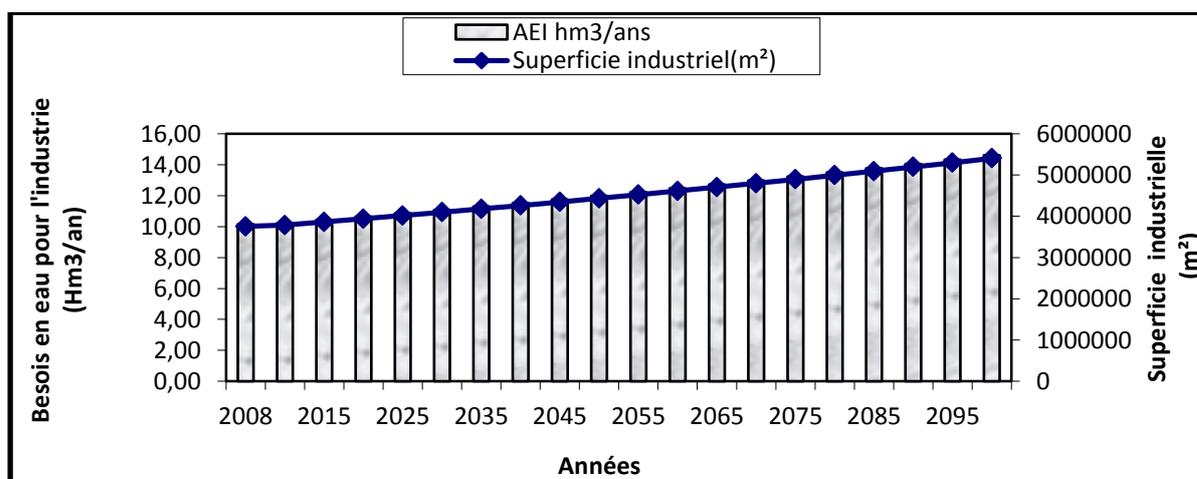


Figure 51 : Evolution dans le temps des besoins en eau de l'industrie dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).

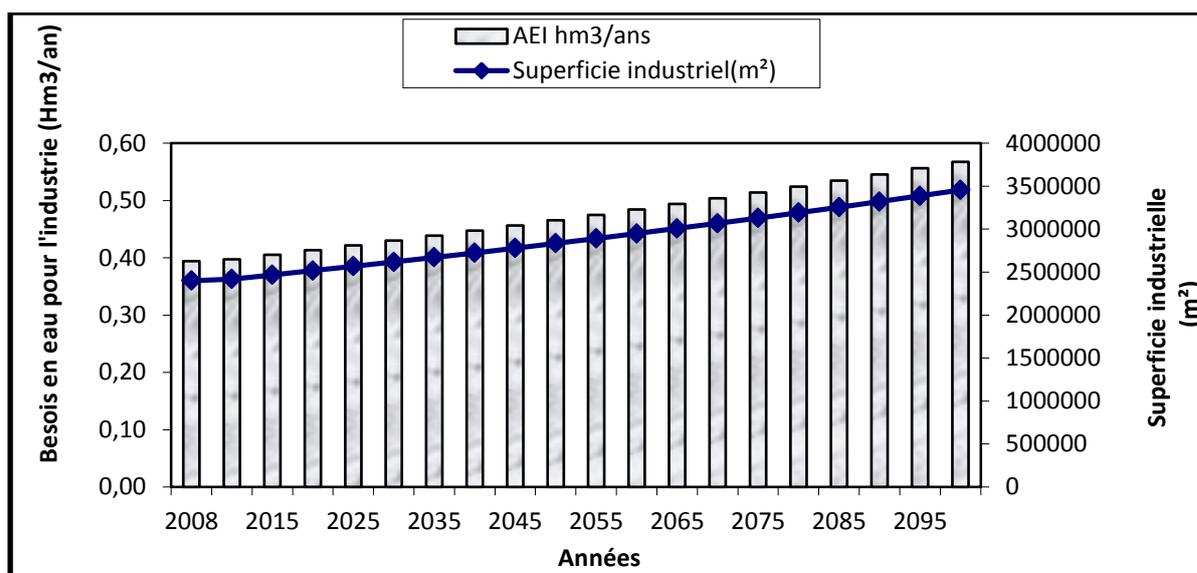


Figure 52 : Evolution dans le temps des besoins en eau de l'industrie dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

IV.3.4. Les besoins en eaux globaux :

Les besoins en eau globaux pour les différents secteurs dans les deux sous bassins versants s'élèvent en 2019 à près de 67,88 de Hm³/ans et de 55,06 de Hm³/ans. Et selon les projections dans le temps, les besoins en eau globaux se situeront en l'an 2030 à près de 80,42 et de 64,74 de Hm³/ans, et ils s'élèveront à moyen terme (2070) à 158,01 de Hm³/ans et à 131,38 Hm³/ans. Ces besoins atteindront à l'horizon 2100 les 268,31 de Hm³/ans et 233,41 Hm³/ans respectivement pour les deux sous bassins versants.

Tableau 38 : Besoins en eaux globaux des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Besoins AEP Hm ³ /an	43,02	44,69	49,15	54,05	59,44	65,37	71,89	79,07	86,95	95,63
AEA Hm ³ /an	3,39	3,44	3,57	3,70	3,83	3,97	4,10	4,24	4,39	4,53
AEIH m ³ /an	10,15	10,23	10,44	10,65	10,86	11,08	11,30	11,52	11,75	11,99
Besoins Globaux	56,57	58,37	63,16	68,40	74,13	80,42	87,30	94,83	103,09	112,15
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
Besoins AEP Hm ³ /an	105,17	115,66	127,20	139,89	153,84	169,19	186,07	204,63	225,04	247,49
AEA Hm ³ /an	4,68	4,83	4,99	5,15	5,31	5,48	5,65	5,83	6,01	6,20
AEIH m ³ /an	12,23	12,47	12,72	12,98	13,24	13,50	13,77	14,05	14,33	14,62
Besoins Globaux	122,08	132,97	144,91	158,01	172,39	188,17	205,49	224,51	245,38	268,31

Tableau 39 : Besoins en eaux globaux des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de l’oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Besoins AEP Hm ³ /an	29,14	30,41	33,84	37,66	41,90	46,63	51,89	57,74	64,25	71,50
AEA Hm ³ /an	16,08	16,22	16,57	16,93	17,30	17,68	18,07	18,48	18,91	19,34
AEIH m ³ /an	0,39	0,40	0,41	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47
BesoinsGlobaux	45,62	47,03	50,81	55,00	59,62	64,74	70,40	76,67	83,61	91,31
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
Besoins AEP Hm ³ /an	79,56	88,53	98,51	109,62	121,98	135,74	151,05	168,08	187,03	208,12
AEA Hm ³ /an	19,80	20,27	20,75	21,26	21,78	22,33	22,89	23,48	24,09	24,72
AEIH m ³ /an	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,55	0,56	0,57
BesoinsGlobaux	99,83	109,28	119,76	131,38	144,28	158,59	174,47	192,10	211,68	233,41

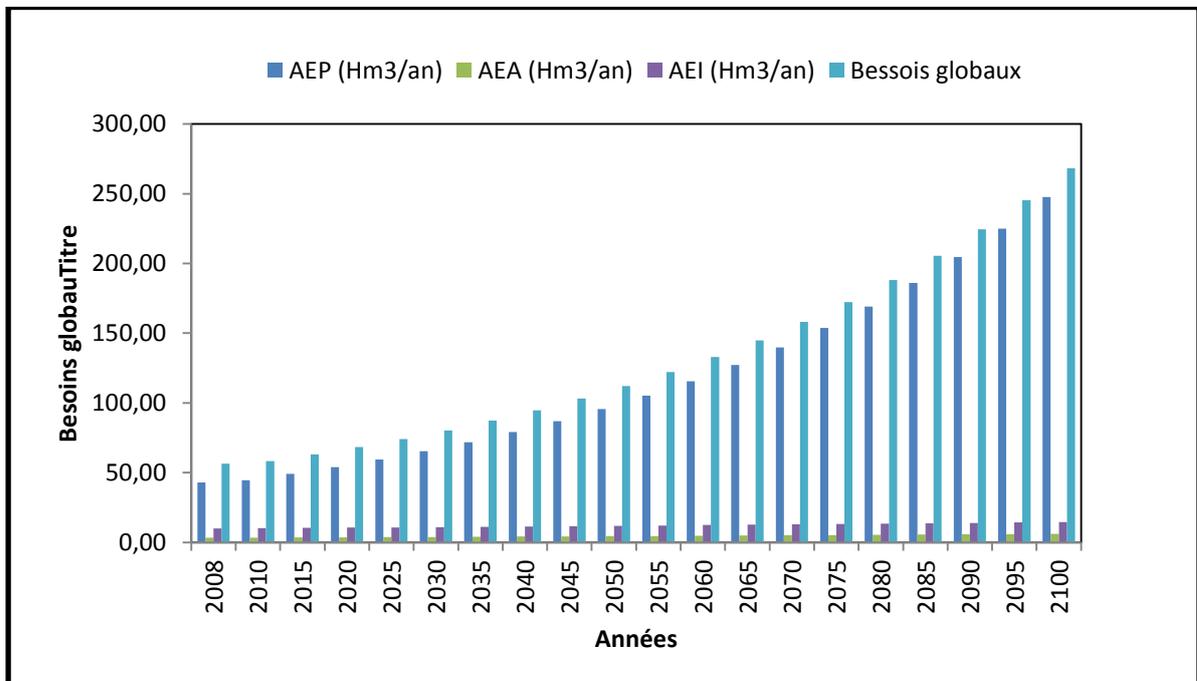


Figure 53 : Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de la basse Seybouse (2008-2100).

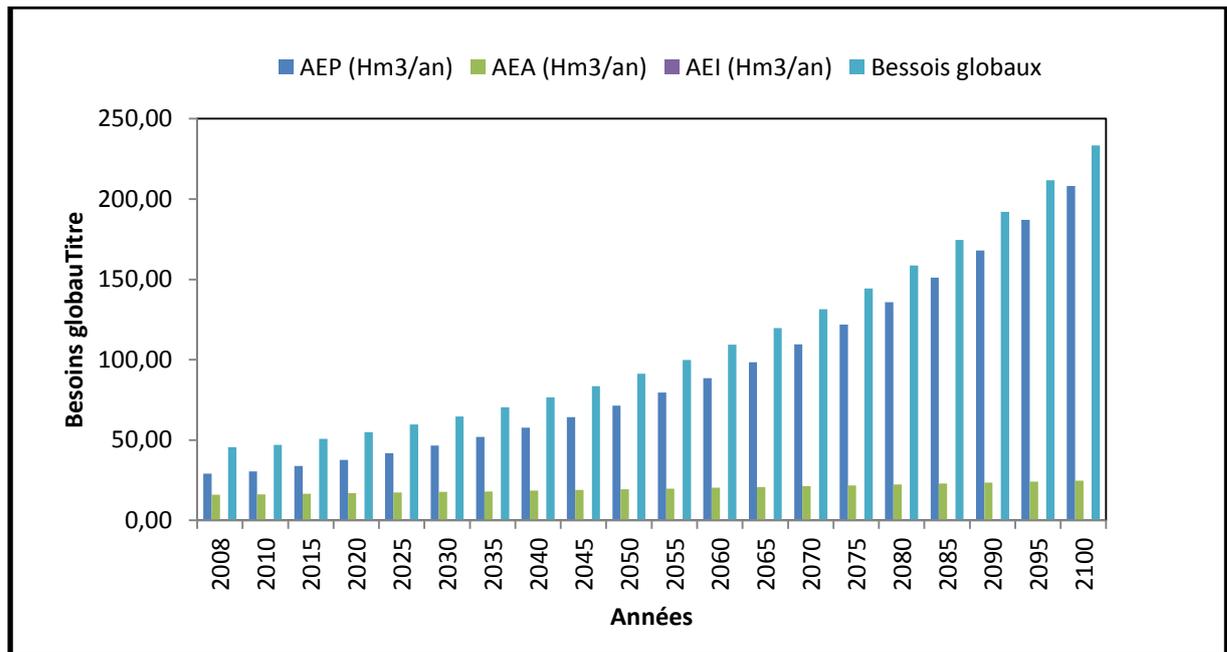


Figure 54 : Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

IV.4. La confrontation "Besoins/ Ressources" en eaux :

La confrontation entre les besoins et les ressources en eau au sens d'une comparaison des données actuelles ou projetées, elle sert en principe à constater l'adéquation des ressources, ou à révéler les problèmes posés par l'éventualité d'une pénurie d'eau plus ou moins à long terme.

Les besoins en eau globaux dans les sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia égales à près de 46,79 et 131,71 millions de m³ par an en 2019. A court terme (2040), l'indice de consommation est de l'ordre de 65,37% et 183,42%, à moyen terme il s'élève à l'horizon 2070 à 108,92% et 314,32%. À long terme (2100), il est de l'ordre de 184,94% et 558,40% respectivement. Signalant une future pénurie, nécessitant une gestion rationnelle des ressources en eau souterraines.

Tableau 40 : Besoins en eaux globaux et indices de consommation des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant La basse Seybouse (2008-2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
besoins global	56,57	58,37	63,16	68,40	74,13	80,42	87,30	94,83	103,09	112,15
indice de consommation	38,99	40,23	43,53	47,14	51,10	55,43	60,17	65,37	71,06	77,30
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
besoins global	122,08	132,97	144,91	158,01	172,39	188,17	205,49	224,51	245,38	268,31
indice de consommation	84,15	91,65	99,88	108,92	118,83	129,70	141,64	154,75	169,14	184,94

Tableau 41 : Besoins en eaux globaux et indices de consommation des différents secteurs usagers dans le sous bassin versant de l'Oued Djelfa-Hadjia (2008-2100).

Années	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
besoins global	45,62	47,03	50,81	55,00	59,62	64,74	70,40	76,67	83,61	91,31
indice de consommation	109,13	112,51	121,56	131,57	142,64	154,88	168,42	183,42	200,03	218,43
Années	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100
besoins global	99,83	109,28	119,76	131,38	144,28	158,59	174,47	192,10	211,68	233,41
indice de consommation	238,83	261,44	286,51	314,32	345,17	379,40	417,40	459,57	506,40	558,40

- **Scénario de référence (réel) :**

D'après les Figure s n° 53 et n° 54 on remarque que la transition vers la rareté, lorsque les besoins en eau atteignent la quantité d'eau mobilisée, commence en 2014 à Seybouse.

A partir de l'an 2038 (Seybouse) les demandes en eau excéderont les ressources en eau renouvelables, et c'est à ce point où la gestion par l'offre atteint sa limite, et laisse la place à la nouvelle approche de la gestion de cette ressource rare, c'est l'approche de la gestion de la demande. cette approche peut être confirmé dans le graphe en voyant la courbe de tendance des besoins au-dessus des ressources mobilisables même à long terme, et l'utilisation des ressources non conventionnelles reste la solution écartée dans notre bassin. La rareté et le déficit à Djelfa-Hadjia existent déjà depuis un peu de temps.

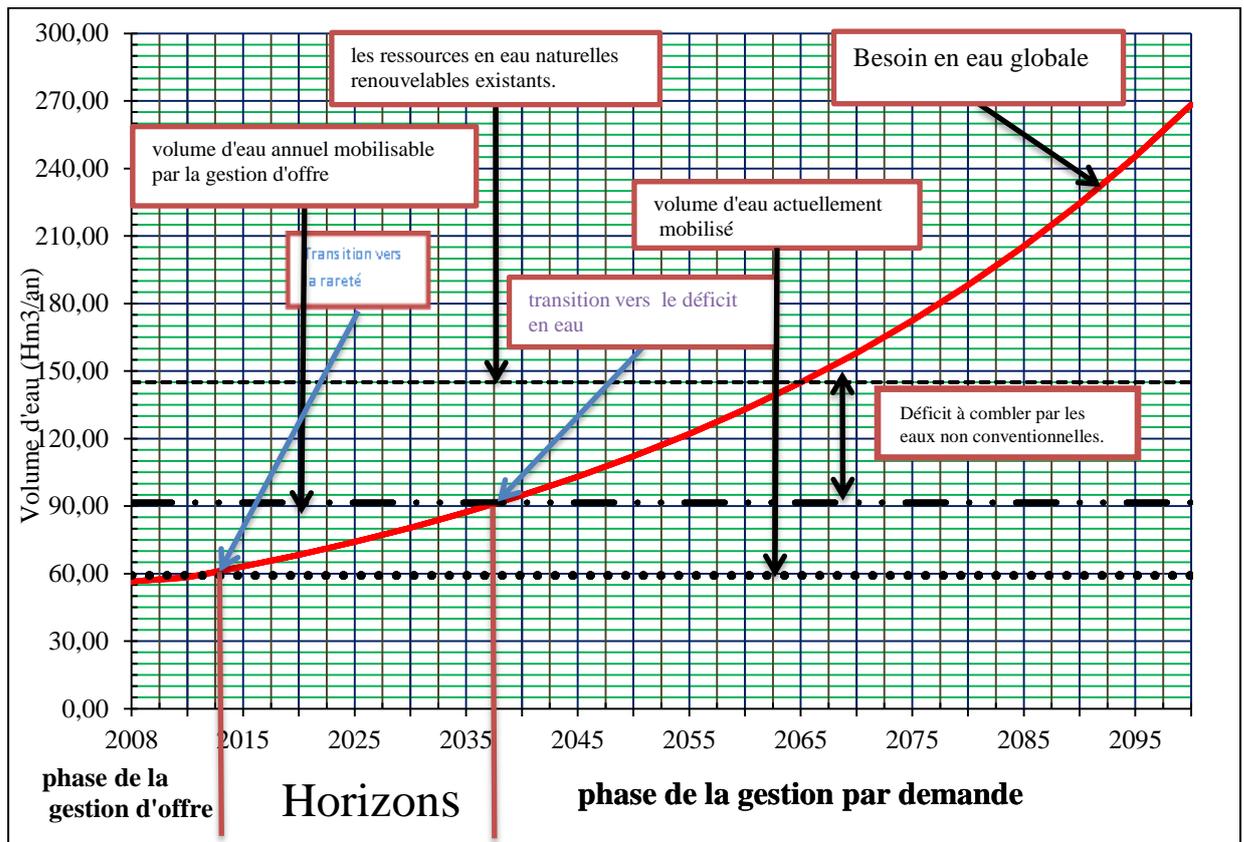


Figure 55 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de la basse Seybouse aux différents horizons (2008-2100) : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées (D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).

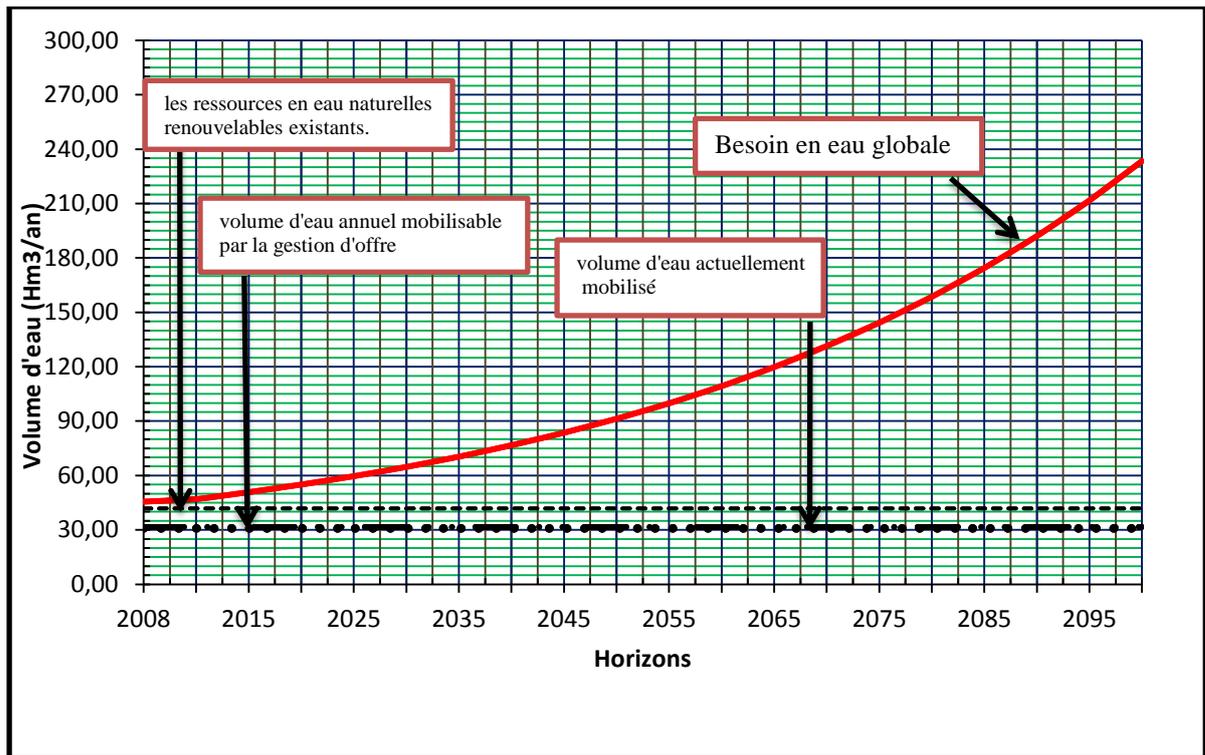


Figure 56 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l’eau par l’offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de l’oued Djelfa-Hadjia aux différents horizons (2008-2100) : courbe de l’évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées (D’après S. Treyer. 2006, Modifiée).

IV.5. Impact de la sécheresse projetée sur le bilan hydrique :

IV.5.1. Les paramètres climatiques:

A- Les précipitations :

- Les précipitations moyennes mensuelles:

Le Tableau 42 contient les variations mensuelles et pluriannuelles des précipitations :

Tableau 42 : Précipitations moyennes mensuelles projetées (2019– 2100).

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Total
Salines	43,85	71,82	89,27	73,26	78,72	75,00	70,64	42,91	36,26	20,39	19,12	21,83	643,07
Djelfa	28,91	27,93	25,04	20,71	28,34	26,77	29,52	29,50	25,30	24,87	12,30	26,08	305,26

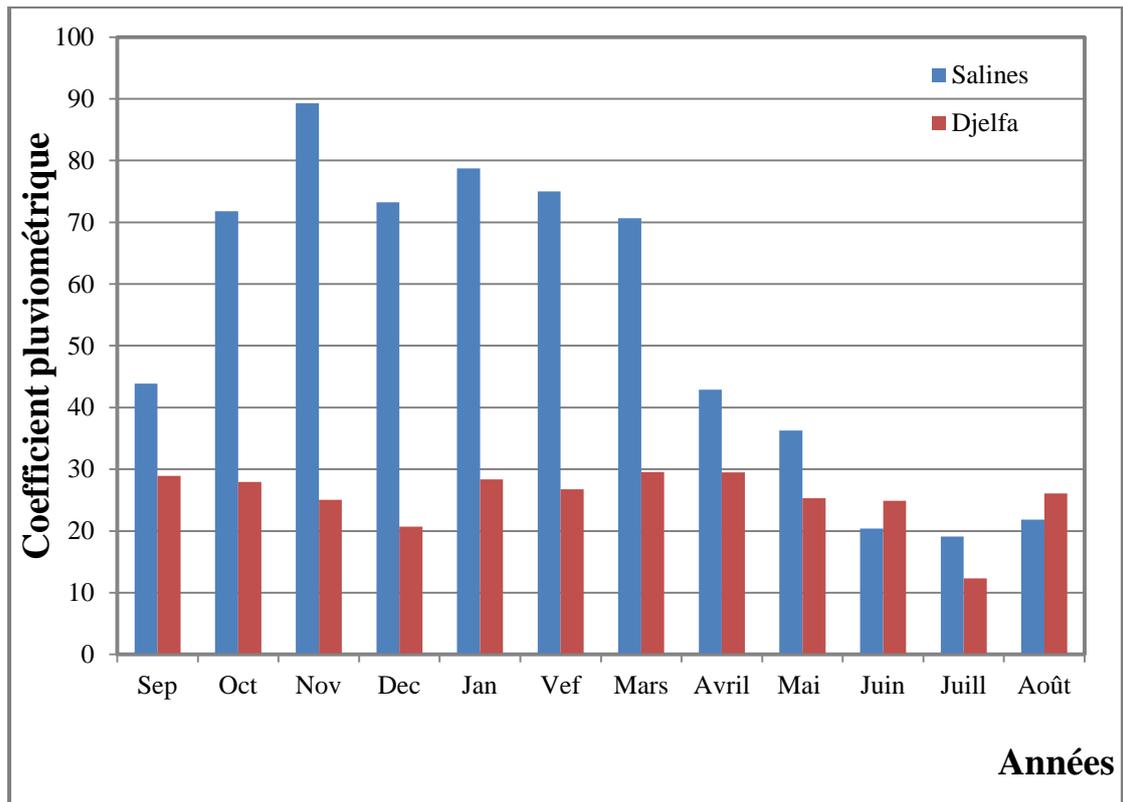


Figure 57 : Précipitations moyennes mensuelles projetées des stations des Salines et de Djelfa pour la période (2019-2100).

Le diagramme des précipitations moyennes mensuelles (Figure 57) montre que l'hétérogénéité des précipitations est importante entre les deux stations. La pluviométrie maximum est enregistrée pendant les mois de Novembre et de Mars (Salines : 89.27 mm et Djelfa 29,52 respectivement), et un minimum de 19.12 mm et 12,30 durant le mois de Juillet.

- **Les précipitations moyennes annuelles :**

Les Figure n°58 et 59 représente les précipitations moyennes annuelles projetées (annexe n°2) :

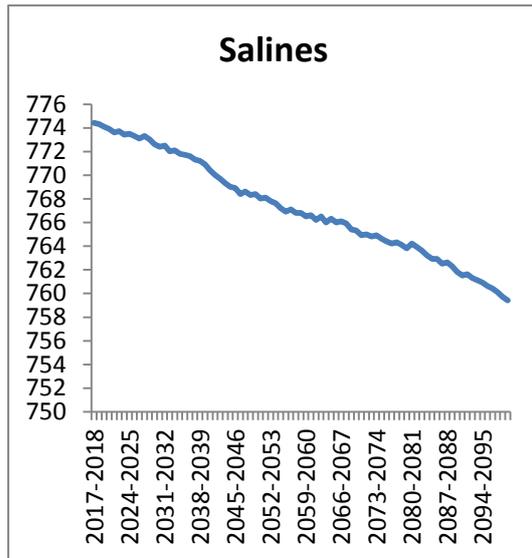


Figure 58 : Précipitations moyennes annuelles projetées de la station des Salines pour la période (2019-2100).

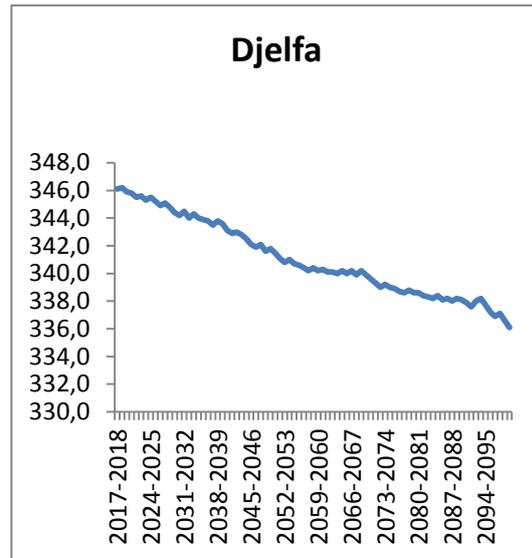


Figure 59 : Précipitations moyennes annuelles projetées de la station de Djelfa pour la période (2019-2100).

A-2. La Température :

- La température moyenne mensuelle:

Les températures moyennes mensuelles projetées (2018-2100) sont les suivant :

Tableau 43 : Températures moyennes mensuelles projetées des station des Salines et de Djelfa pour la période (2019-2100).

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
Salines	23,84	20,58	15,9	12,44	10,27	10,68	13,16	15,55	18,59	22,64	25,6	25,94
Djelfa	22,73	17,54	10,88	7,31	6,9	7,42	10,69	15,04	19,55	24,43	28,91	28,18

La Figure n°60 montre que : les mois les plus chauds sont le mois de Juillet (Djelfa) et Aout (Salines) avec une température de l'ordre de 25,94 et 28.91 °C respectivement. Le mois le plus froid est le mois de Janvier.

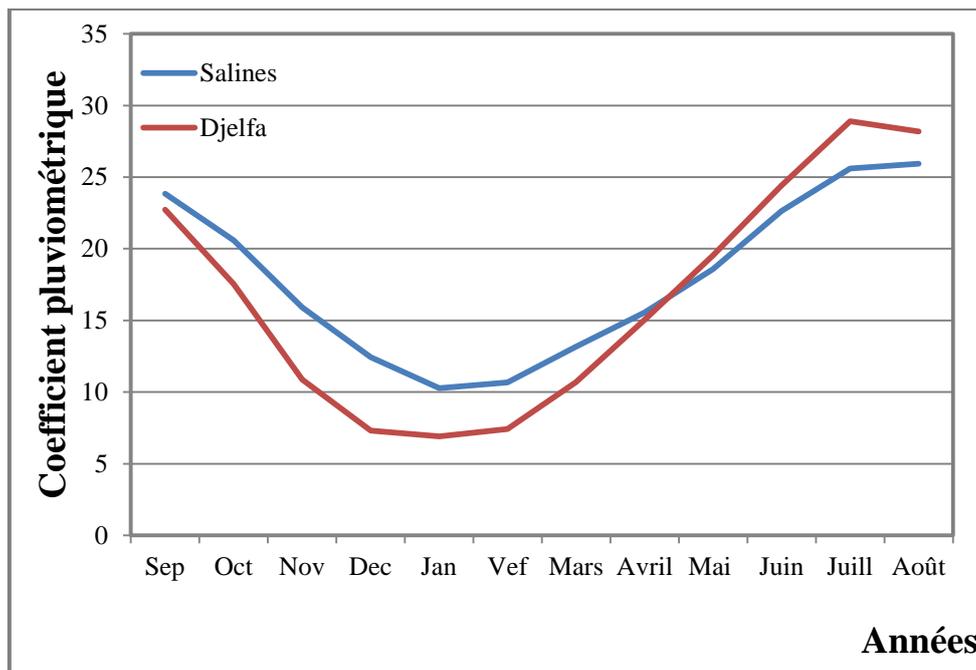


Figure 60 : Températures moyennes mensuelles projetées des stations des Salines et de Djelfa pour la période (2019-2100).

- **La température moyenne annuelle:**

Les températures moyennes annuelles estimées de la période (2019-2100) pour les stations des salines et de Djelfa sont reportées dans l’annexe n°3 et représentées dans la Figure qui suit :

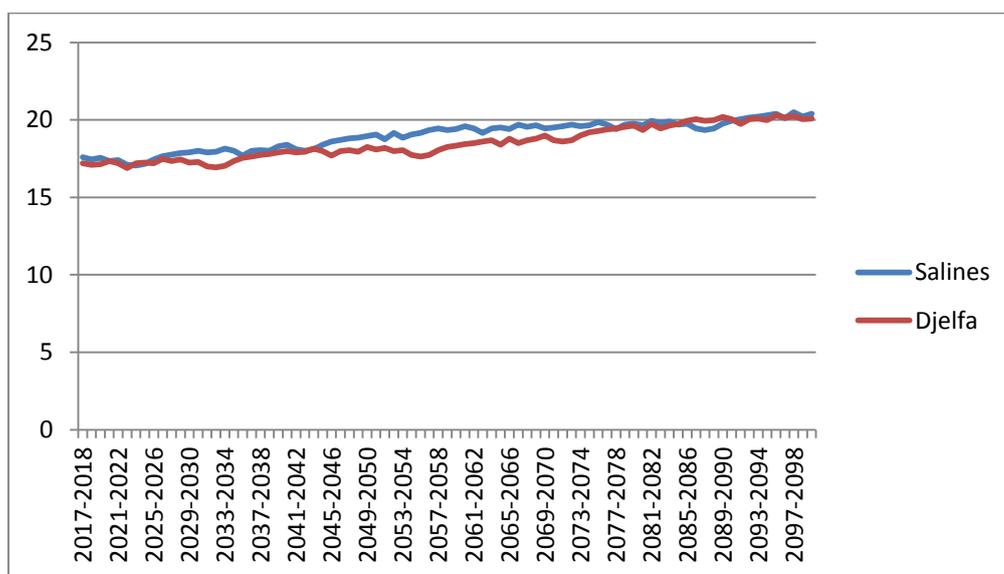


Figure 61 : Températures moyennes annuelles projetées des stations des Salines et de Djelfa pour la période (2019-2100).

IV.5.2. Estimation des paramètres du bilan hydrique :

A-Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

Pour le calcul de L'ETR, la méthode utilisée est celle de Thornthwaite.

A-1. Sous bassin versant de la basse Seybouse :

Tableau 44 : Bilan hydrique de la station des Salines pour la période (2019-2100).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	23,8	10,6	1,03	111,6	43,85	-67,7	-0,6	0,0	0,0	43,9	67,7	0,0
O	20,6	8,5	0,97	79,8	71,82	-7,9	-0,1	0,0	0,0	71,8	7,9	0,0
N	15,9	5,8	0,86	43,6	89,27	45,7	1,0	45,7	45,7	43,6	0,0	0,0
D	12,4	4,0	0,81	25,9	73,26	47,4	1,8	47,4	93,1	25,9	0,0	0,0
J	10,3	3,0	0,87	19,4	78,72	59,3	3,1	6,9	100,0	19,4	0,0	52,4
F	10,7	3,2	0,85	20,4	75	54,6	2,7	0,0	100,0	20,4	0,0	54,6
M	13,2	4,3	1,03	36,6	70,64	34,0	0,9	0,0	100,0	36,6	0,0	34,0
A	15,6	5,6	1,10	53,5	42,91	-10,5	-0,2	-10,5	89,5	53,5	0,0	0,0
M	18,6	7,3	1,21	82,2	36,26	-45,9	-0,6	-45,9	43,5	82,2	0,0	0,0
J	22,6	9,8	1,22	120,0	20,39	-99,6	-0,8	-43,5	0,0	63,9	56,1	0,0
J	25,6	11,9	1,24	153,6	19,12	-134,4	-0,9	0,0	0,0	19,1	134,4	0,0
A	25,9	12,1	1,16	147,2	21,83	-125,4	-0,9	0,0	0,0	21,8	125,4	0,0
Annuel	17,9	86,0		893,7	643,1	-250,6				502,1	391,6	141,0

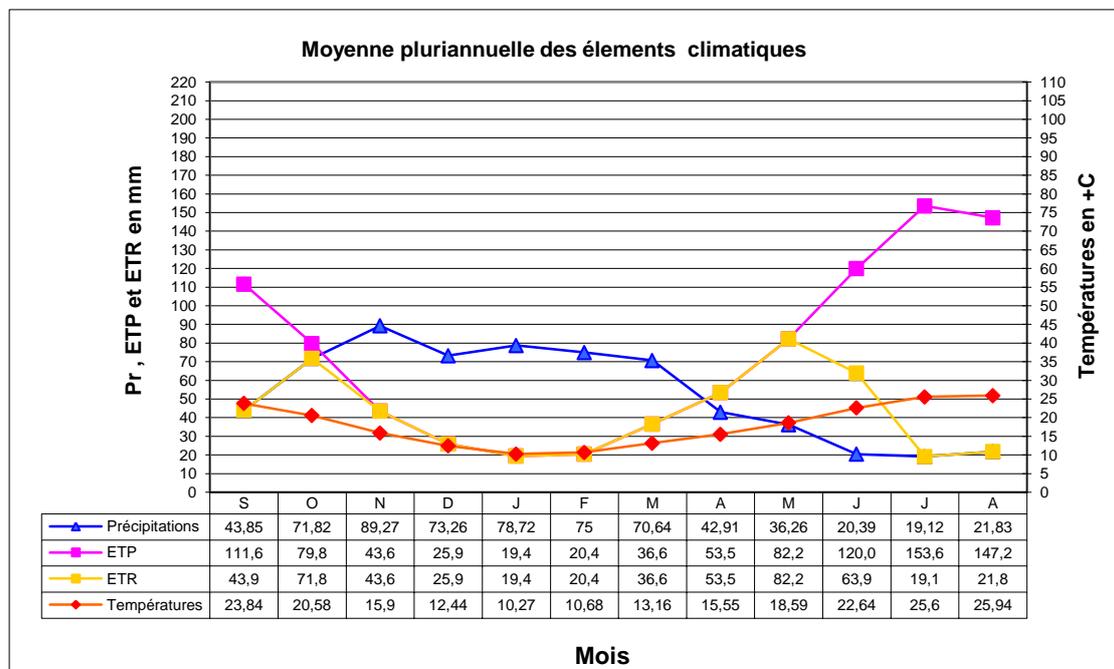


Figure 62 : Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques de la station des Salines pour la période (2019-2100).

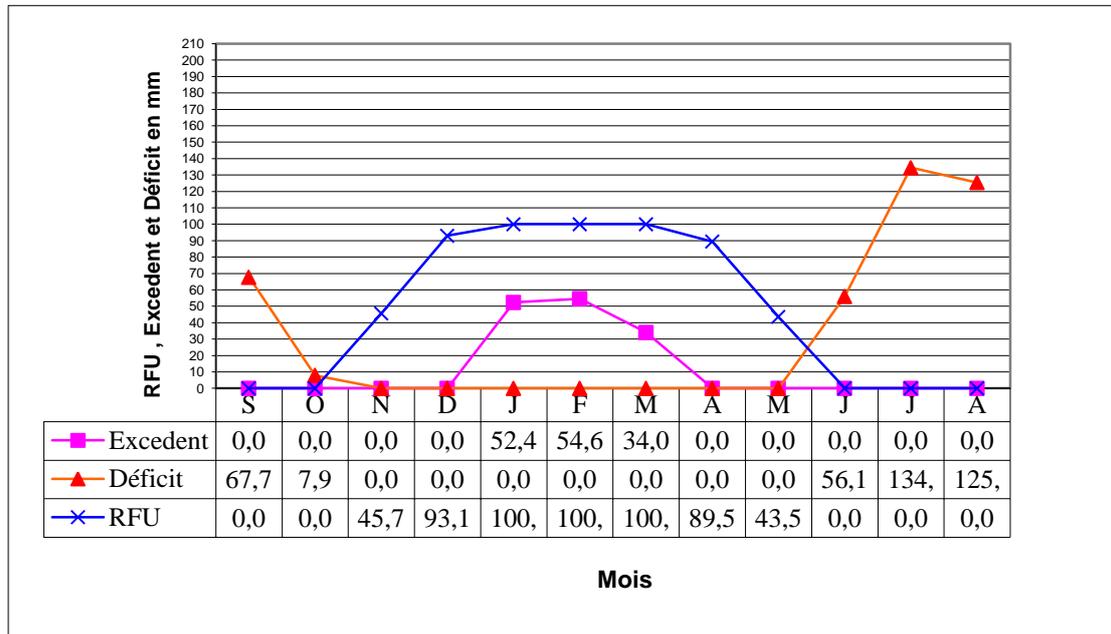


Figure 63 : Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent de la station des Salines pour la période (2019-2100).

A-2. Sous Bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia :

Tableau 45 : Bilan hydrique de la station de Djelfa pour la période (2019-2100).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	22,7	9,9	1,03	105,5	28,91	-76,6	-0,7	0,0	0,0	28,9	76,6	0,0
O	17,5	6,7	0,97	62,5	27,93	-34,6	-0,6	0,0	0,0	27,9	34,6	0,0
N	10,9	3,2	0,86	23,6	25,04	1,4	0,1	1,4	1,4	23,6	0,0	0,0
D	7,31	1,8	0,81	10,9	20,71	9,8	0,9	9,8	11,2	10,9	0,0	0,0
J	6,9	1,6	0,87	10,6	28,34	17,7	1,7	14,8	26,0	10,6	0,0	2,9
F	7,42	1,8	0,85	11,8	26,77	15,0	1,3	0,0	26,0	11,8	0,0	15,0
M	10,7	3,2	1,03	27,4	29,52	2,1	0,1	0,0	26,0	27,4	0,0	2,1
A	15	5,3	1,10	53,9	29,5	-24,4	-0,5	-24,4	1,6	53,9	0,0	0,0
M	19,6	7,9	1,21	94,7	25,3	-69,4	-0,7	-1,6	0,0	26,9	67,8	0,0
J	24,4	11,0	1,22	142,1	24,87	-117,3	-0,8	0,0	0,0	24,9	117,3	0,0
J	28,9	14,2	1,24	195,2	12,3	-182,9	-0,9	0,0	0,0	12,3	182,9	0,0
A	28,2	13,7	1,16	174,4	26,08	-148,3	-0,9	0,0	0,0	26,1	148,3	0,0
Annuel	16,6	80,4		912,7	305,3	-607,4				285,2	627,4	20,0

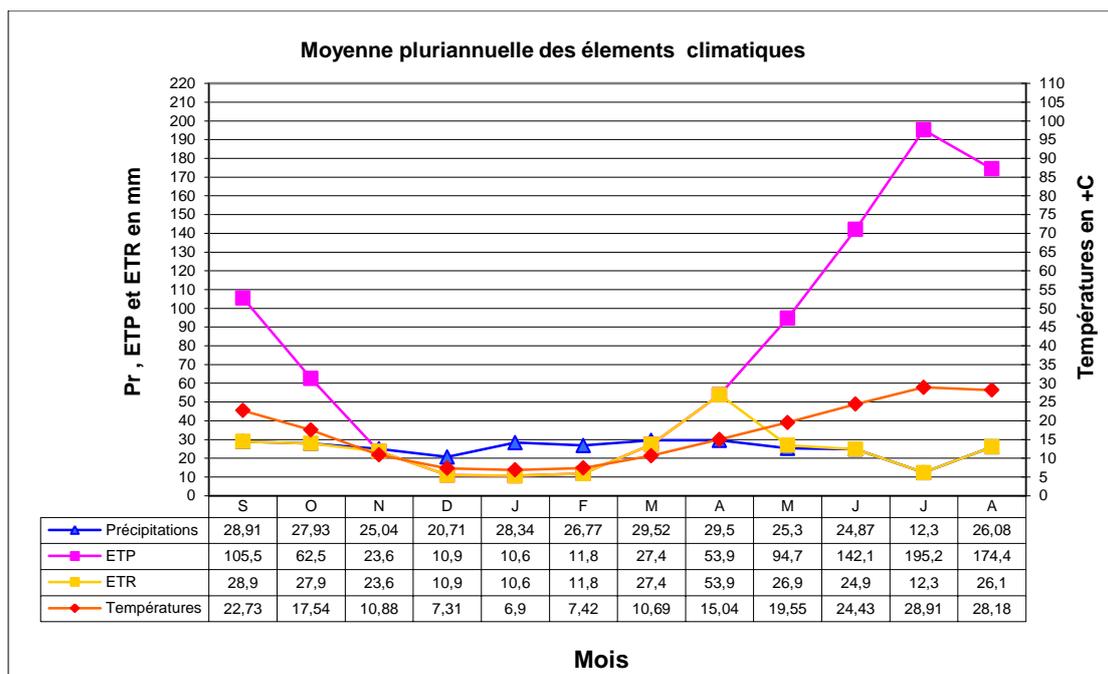


Figure 64 : Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques de la station de Djelfa pour la période (2019-2100).

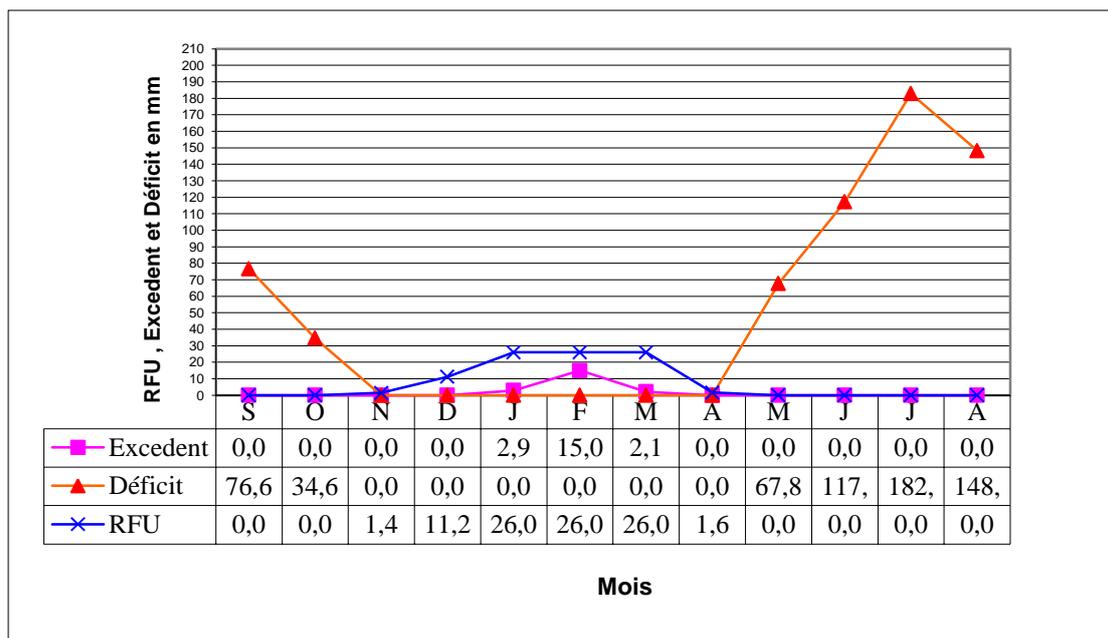


Figure 65 : Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent de la station de Djelfa pour la période (2019-2100).

B- Interprétation du bilan hydrique :

Les Figures n°63 et n°65 démontrent que la RFU commence à se reconstituer à partir du mois Novembre pour atteindre son maximum aux mois de Janvier (100 mm et 26 mm respectivement aux Salines et à Djelfa) jusqu'aux mois de Mars. Elle

s'épuise totalement aux mois de Juin et de Mai respectivement accompagnée par l'apparition du déficit agricole (DA) qui se poursuit jusqu'aux mois de Septembre (Salines) et Octobre (Djelfa). L'Excédent est observé entre Janvier et Mars. L'ETP atteint son maximum au mois de Juillet et son minimum aux mois de Janvier (19,4 mm aux Salines et 10,6 mm à Djelfa), tandis que l'ETR atteint un maximum de 82.2 mm (Salines) au mois de Mai et de 53,9 mm (Djelfa) au mois d'Avril, et un minimum de 19.4 mm et 10,6 mm aux mois de Janvier aux Salines et à Djelfa respectivement.

C- Estimation de la lame d'eau écoulée :

- **Le ruissellement :**

Tableau 46 : Ruissellement selon la formule de Tixerant-Berckaloff.

Paramètres Stations	P (m)	ETP(m)	R(m)
Salines	0,6341	0,963	0,106
Djelfa	0,3052	0,9127	0,01239

- **Infiltration efficace :**

Tableau 47 : Les valeurs de l'infiltration efficace.

Paramètres Station	P (mm)	ETR		R		Ie	
		(mm/an)	(%)	(mm/an)	(%)	(mm/an)	(%)
Salines	643,1	502,09	78,07	106	16,483	35,01	5,44
Djelfa	305,26	281,7	92,98	12,35	2,04	11,21	3,67

IV.6. Scénario pour la gestion des ressources en eaux :

IV.6.1. Impact de la sécheresse future sur les ressources en eau :

Le calcul des bilans hydrique projetés nous on a permis de distinguer qu'il y a une diminution d'environ **50%**(la basse Seybouse) **et 10%** (Djelfa-Hadjia) **du volume ruisselé et infiltré**. Sur la base de cette diminution des ressources en eau, un scénario pessimiste qui propose une diminution (du volume ruisselé et infiltré) des ressources mobilisables et mobilisée ainsi que renouvelables est élaboré et démontré dans les Figure s n°67 et 68. Ce scénario démontre que le déficit va être aggravé dans les deux régions à cause de la sécheresse par rapport au scenario de référence.

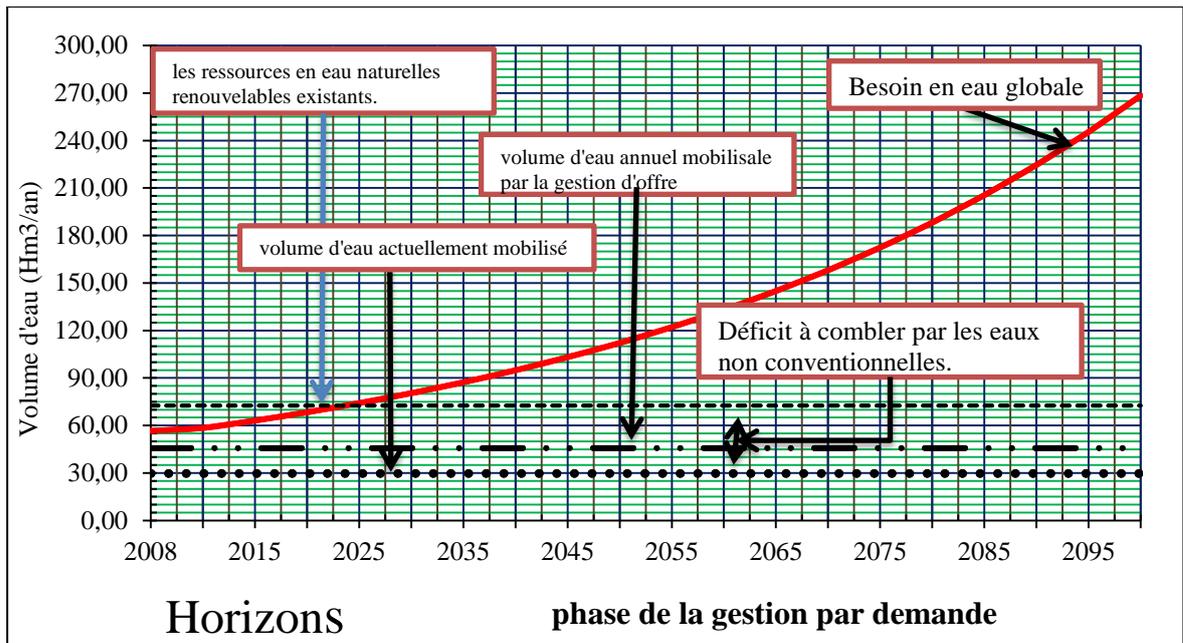


Figure 66 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de la basse Seybouse pour le scénario « impact de la sécheresse future » : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et les ressources mobilisées (D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).

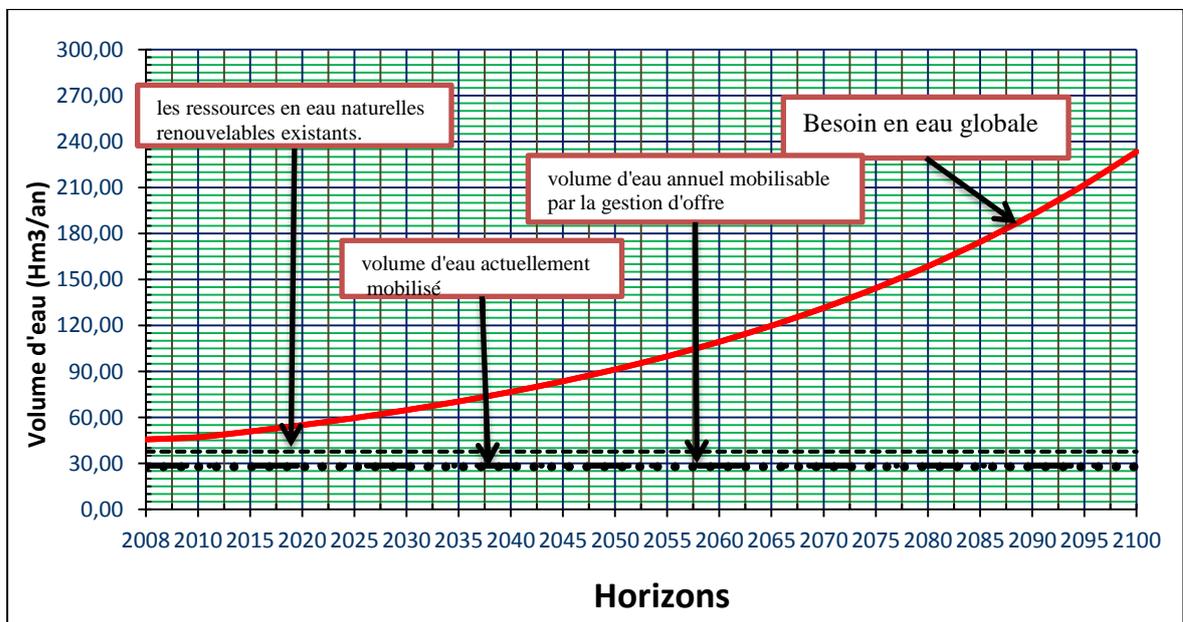


Figure 67 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia pour le scénario « impact de la sécheresse future » : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et les ressources mobilisées (D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).

IV.6.2.L'Apport des eaux non-conventionnelles(les eaux épurées) :

Afin de combler l'écart entre le déficit et la demande croissante pour les ressources en eau, le recours aux stations d'épuration qui produisent des ressources en eau non-conventionnelles. Deux STEP d'une capacité totale de l'ordre de $83620 \text{ m}^3/\text{j}$ ($30.52 \text{ Hm}^3/\text{an}$) pour la STEP de Annaba et $64100 \text{ m}^3/\text{j}$ ($23.39 \text{ Hm}^3/\text{an}$) soit un volume de $18.31 \text{ Hm}^3/\text{an}$ et $14.03 \text{ Hm}^3/\text{an}$ à une capacité de 60% du rendement totale respectivement.

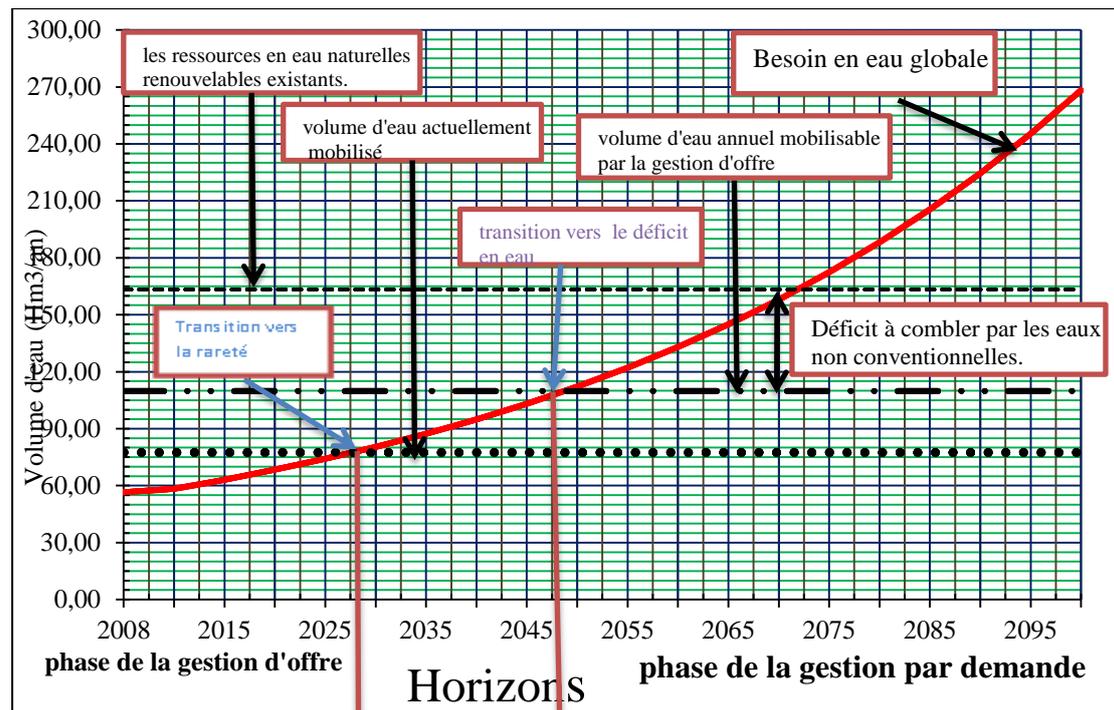


Figure 68 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de la basse Seybouse pour le scénario "apport des eaux non-conventionnelles"

(D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).

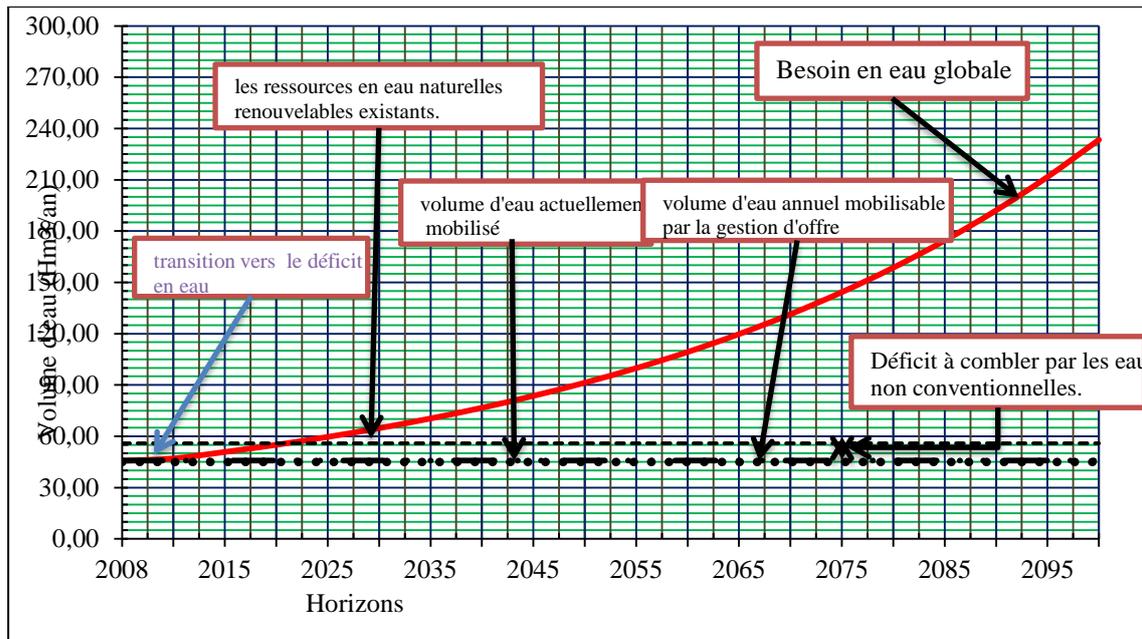


Figure 69 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans les agglomérations du sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia pour le scénario "apport des eaux non-conventionnelles" (D'après S. Treyer. 2006, Modifiée).

Les graphes ci-dessus nous laissent conclure qu'un tel scénario va recaler la transition vers le déficit d'environ 11 ans pour la basse Seybouse par rapport au scénario réel (vers les années 2047). Alors que le sous bassin de Djelfa-Hadjia qui a connu le déficit depuis des années auparavant, les eaux de la STEP diminuent un peu la situation mais sa reste une situation critique.

IV.7. Conclusion :

Les ressources renouvelables de l'ordre de $145,08 \text{ Hm}^3$ par an et $41,80 \text{ Hm}^3$ par an pour le bassin versant de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia, parmi lesquelles $91,57 \text{ Hm}^3$ par an et $31,51 \text{ Hm}^3$ sont mobilisables et $59,22 \text{ Hm}^3$ par an et $30,90 \text{ Hm}^3$ par an sont mobilisées. Les calculs ont montré que les besoins en eau globaux sont de 46,79 et 131,71 millions de m^3 par an en 2019. A court terme (2040) Par ordre de 94,83 millions de m^3 par an et 76,67 millions de m^3 par an et à moyen terme (2070) de 158,01 millions de m^3 par an et 131,38 millions de m^3 par an, à long terme (2100) de 268,31 millions de m^3 par an et 233,41 millions de m^3 par an respectivement.

Dans la basse Seybouse, la confrontation entre offre (ressources disponibles) et demandes en eau actuelles et futures a mis en évidence une transition vers le déficit en eau à court terme en 2038. L'ampleur de ces demandes croissantes fait penser à la transition vers l'approche de gestion la plus adéquate dans ce cas qui est l'approche de la gestion de la demande, par contre le déficit à Djelfa-Hadjia existe déjà depuis un peu de temps.

Une diminution du volume d'eau infiltré et ruisselé a été détectée à l'aide de la détermination du bilan hydrique projeté (2019-2100) dans les deux stations des Salines respectivement par rapport aux résultats du bilan historique (1982-2018). Le scénario élaboré sur la base de ces diminutions et qui propose une diminution de 50 % (Aux Salines) et 10 % (à Djelfa) des ressources mobilisables et mobilisée ainsi que renouvelables démontre l'aggravation du déficit dans les deux régions.

Le scénario de l'apport des eaux non-conventionnelles pour essayer de combler le déficit existant (le scénario réel), aide à reporter le déficit enregistré dans le scénario réel d'environ 11 ans à Seybouse, et d'alléger un peu la situation dans la région de Djelfa-Hadjia.

Conclusion générale :

Cette étude s'intéresse à l'étude de l'évaluation de la sécheresse et la comparaison de son impact sur la gestion des ressources en eau des agglomérations des sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia.

A travers cette étude nous avons pu conclure que :

Le sous bassin de la basse Seybouse, faisant partie du versant Nord du tell et couvrant la plaine de Annaba et la cuvette du lac Fetzara, se caractérise par les formations géologiques d'âge du Néoprotérozoïque-Paléozoïque jusqu' au quaternaire récent. Cependant, le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia appartenant à l'Atlas saharien se caractérise par des formations géologiques d'âge allant du crétacé (secondaire) jusqu' au quaternaire.

Les précipitations durant la période (1982-2018) sont de l'ordre de 667.51mm, 558.33mm et 300.64mm en moyenne annuelle, la température moyenne annuelle est de 17.84 °C, 18.14 °C, 14.87 °C aux Salines, à Guelma et à Djelfa respectivement.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR) déterminées par la méthode de Thornthwaite, sont respectivement égales à : 882.7 mm/an aux Salines, 904.3 mm/an à Guelma et 832.7 mm/an à Djelfa et 474.0mm/an (89 % des précipitations) aux Salines, 446.7mm/an (89 % des précipitations) à Guelma et 275.2mm/an (89 % des précipitations) à Djelfa.

Hydrologiquement, la basse Seybouse est drainée par les oueds Seybouse, Fragha, Djefeli, Oglat el Feli, Ressoul et Meboudja. Au niveau du deuxième sous bassin l'oued principal est oued Djelfa-Hadjia qui draine toute la partie occidentale du synclinal de Djelfa sur une étendue de 1294 Km², oued Msekka et oued Ben-Naam forment les affluents de l'oued principal.

D'après l'évaluation et la prédiction de la sécheresse on voit clairement que les sécheresses historiques (1977-2018) dans la région du sous bassin versant de la basse Seybouse concerne beaucoup plus l'hydrologie ce qui n'est pas le cas pour le sous bassin de l'oued Djelfa-Hadjia ou les sécheresses connues sont des sécheresses agricoles. Ceci peut être interprété par le fait que surtout dans la région littorale (la basse Seybouse) il y'a un manque des apports pluviométrique sur toute l'année alors que ces apports sont présents au cours d'un ou trois mois (les pas de temps caractérisant la sécheresse hydrologique).

C'est le cas inverse pour le sous bassin de Djelfa-Hadjia par rapport à la basse Seybouse. Puisque dans la région semi-aride (dont ce sous bassin fait partie), il y'a un déficit de précipitations au cours d'un ou plusieurs mois (un ou trois mois de suite caractérisant une

sécheresse agricole). Alors qu'au cours de l'ensemble de l'année (neuf et douze mois) les apports pluviométriques (les pluies torrentielles caractérisant les climats semi-arides et arides) sont présents et éliminent la sécheresse hydrologique.

La prédiction de la sécheresse (2019-2100) démontre que la sécheresse hydrologique (basse Seybouse) va stabiliser (avec l'apparition d'une sécheresse agricole surtout à moyen (2040-2070) et à long terme (2070-2100), ainsi que l'apparition des sécheresses hydrologiques entre les années 2040-2100 avec plus ou moins une diminution de la sécheresse agricole pour le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia.

Le diagnostic quantitatif des ressources en eau existantes dans les deux sous bassins versants a permis de démontrer que les ressources renouvelables sont de l'ordre de 145.08 Hm³ par an et 41.80 Hm³ par an pour les sous bassins versant de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia, parmi lesquelles 91.57 Hm³ par an et 31.51 Hm³ sont mobilisables et 59.22 Hm³ par an et 30.90 Hm³ par an sont mobilisées. Les besoins en eau globaux sont de 46,79 et 131,71 millions de m³ par an en 2019. A court terme (2040) Par ordre de 94,83 millions de m³ par an et 76,67 millions de m³ par an et à moyen terme (2070) de 158,01 millions de m³ par an et 131,38 millions de m³ par an , à long terme (2100) de 268,31 millions de m³ par an et 233,41 millions de m³ par an respectivement.

Dans la basse Seybouse, la confrontation entre offre (ressources disponibles) et demandes en eau actuelles et futures a mis en évidence une transition vers le déficit en eau à court terme en 2038 par contre le déficit à Djelfa-Hadjia existe déjà depuis un peu de temps.

Une diminution du volume d'eau infiltré et ruisselé a été détectée à l'aide de la détermination du bilan hydrique projeté (2019-2100) dans les deux stations des Salines et de Djelfa respectivement par rapport aux résultats du bilan historique (1982-2018). Le scénario élaboré sur la base de ces diminutions et qui propose une diminution de 50 % (Aux Salines) et 10 % (à Djelfa) des ressources mobilisables et mobilisée ainsi que renouvelables démontre l'aggravation du déficit dans les deux régions.

Le scénario de l'apport des eaux non-conventionnelles aide à reporter le déficit enregistré dans le scénario réel d'environ 11 ans à Seybouse, et d'alléger un peu la situation dans la région de Djelfa-Hadjia.

les recommandations suivantes sont à proposer pour affronter les défis de l'eau qui se présentent pour l'avenir dans les deux régions d'étude :

1. À court terme, maintenir et renforcer les efforts de mobilisation de l'eau par la construction des ouvrages de captages (retenues, forages, STEP.....) et la préservation des infrastructures hydrauliques (distribution et assainissement) déjà existantes ;
2. Reconnaître cependant que cette stratégie de mobilisation fait déjà face ou fera face à une saturation prochaine des flux d'eau conventionnelle mobilisables par rapport aux besoins. Cela se traduit concrètement par un programme d'économies d'eau (en particulier pour l'agriculture irriguée), de réduction des pertes dans chaque secteur d'usage et de maîtrise des besoins. La gestion de la demande est donc reconnue comme nécessaire, imposée par des raisons environnementales (limitation de la ressource) et financières ;
3. Les stratégies de gestion de l'eau recherchent la valorisation optimale de chaque mètre cube disponible, notamment par le biais de la tarification. Elles reconnaissent donc l'importance d'une décision d'allocation de la ressource entre usages ;
4. Met l'accent sur l'importance de la protection du milieu naturel et de la qualité des ressources ;
5. Un vaste programme de stations d'épuration doit être lancé qui vise surtout à diminuer les rejets urbains et la réutilisation des eaux épurées ;
6. La gestion de la demande en eau par :
 - La mise en œuvre d'un ensemble de moyens et mesures micro et macroéconomiques (politiques de marché de l'eau, commercialisation, tarification de l'eau) ;
 - L'introduction d'un système de quotas ou de rationnement ;
 - Le développement de programmes éducatifs et de campagnes d'information et de sensibilisation à l'économie de l'eau ;
 - L'allocation efficace de l'eau parmi les différents groupes d'utilisateurs en compétition;
 - L'amélioration de l'usage de l'eau, afin de minimiser le gaspillage et de réduire la consommation globale en maintenant les bénéfices sociaux de l'eau, en :
 - La création des systèmes (plus) performants de transfert et d'approvisionnement utilisant d'une façon efficace l'eau dans tous les groupes d'utilisateurs ;
 - L'introduction des outils de rationalisation de l'usage d'eau aux niveaux municipaux, agricoles et industriels.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Livre :

AGENCE DE BASSIN HYDROGRAPHIQUE CONSTANTINOIS-SEYBOUSE-MELLEQUE : Les cahiers de l'agence.

Mémoires :

Les articles :

A.N.R.H., (1993) : Plan de développement 2010. Alger.

Sites :

ABDELAZIZ B. & AZZEDINE H., (2016) : Impact des néo-facteurs de pollution sur la qualité des eaux de la zone aval de la vallée de l'Oued Seybouse, Est Algérien., Rev. Sci. Technol., Synthèse 32: 30-41.

AHMED A., (2014) : Gestion des ressources en eau dans la commune de Ghazaouet bilan et perspectives, mémoire de Master, en sciences de la Terre et de l'Univers option : géo-ressources, FSNV, Université de Tlemcen, 59p.

ALILI D., (1993) : Caractéristiques pluviométriques de l'année hydrologique 1992-93. ANRH. Alger.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY (AMS) (2004) : Statement on meteorological drought Bull Am Meteorol Soc; 85:771-773.

BAKRIA M., (2017) : Essai de gestion intégrée des ressources en eau dans la wilaya de Guelma, mémoire de Master en sciences de la terre et de l'univers option : Villes et Dynamiques Spéciales, FSNV, Université de Djelfa, 72p.

BECHIRI N., (2011) : Evolution du chimisme des eaux de surface et Souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est Algérien), mémoire de Magister en Géologie, option : Qualité des eaux et impact sur l'homme et l'environnement, FST, Université d'Annaba, 97p.

BECHROUNE A., (2010) : Elaboration d'une base de données Hydrologique du Bassin Versant de la Soummam via le modèle hydrologique HEC-HMS, mémoire de Magister en hydraulique option : hydraulique générale, FST, Université de Bedjaia, 131p.

BHALME H.N. & MOOLEY D.A., (1980) : Large-scale droughts/floods and monsoon circulation. Mon Weather Rev; 108:1197-1211.

BLANEY H. F. & CRIDDLE W. D., (1950) : Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. In ISDA Soil Conserv. Serv., SCS-TP-96.

BLAYAC J., (1912) : Esquisse géologique du bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines, 480p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHANG T. J. & STENSON J. R., (1990) : Is it realistic to define a 100-year drought for water management? *Water Resour. Bull.* 26 (5), 823–829.

CHANG T. J., (1991) : Investigation of precipitation droughts by use of kriging method. *J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE* 117 (6) 935–943.

CLAUSEN B. & PEARSON C. P., (1995) : Regional frequency analysis of annual maximum streamflow drought. *J. Hydrol.* 173, 111–130.

CORNET G., (1952) : Etude hydrogéologique du bassin fermé des Zahrez Gharbi et Chergui XIX° congr. Géol. Inst. Alger, la géologie et les problèmes de l'eau en Algérie, t.2. données sur l'hydrogéologie, Alger, 20p.

COTE M., (1996) : L'Algérie, espace et société, Paris, Masson -Armand Colin, 253p.

DOORENBOS J. & PRUIT W. O., (1977) : guidelines for predicting crop water requirements. *FAO irrigation and drainage paper*, 24.

DRACUP J. & AL., (1980) : On the statistical characteristics of drought events, *Water Resour. Res.* 16 (2), 289-296.

DRACUP J. A., LEE K. S. & PAULSON E. G., (1980) : On the statistical characteristics of drought events. *Water Resour. Res.* 16 (2), 289–296.

ELTAHIR E. A. B., (1992) : Drought frequency analysis in Central and Western Sudan. *Hydrological Sci. J.* 37 (3), 185–199.

ERHARD CASSEGRAIN A. & MARGAT J., (1979) : Introduction à l'économie générale de l'eau. BRGM, Orléans, France.

FRICK D. M., BODE D. & SALAS J. D., (1990) : Effect of drought on urban water supplies. I: drought analysis. *J. Hydrological Eng.* 116, 733–753.

HANI A., (2003) : Analyse méthodologique de la structure et des processus anthropiques : application aux ressources en eau d'un bassin côtier méditerranéen, thèse de Doctorat d'état, Es. Sciences, FST, Université d'Annaba, 213p.

HAYES M. J., (1996) : Revisiting the SPI: clarifying the process. *Drought Network News, A Newsletter of the International Drought Information Center and the National Drought Mitigation Center* 12/1 (Winter 1999–Spring 2000); 13-15.

HARGREAVES G.H. & SAMANI Z.A. (1985) : Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering in Agriculture* 1985;1(2):96-99.

HILLY J., (1962) : Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer (Est constantinois) *Bull. n°19 carte géologique Algérie, Alger*, 339p.

HOLLINGER S.E., ISARD S.A. & WELFORD M.R., (1993) : A new Soil Moisture Drought Index for predicting crop yields. In: *Preprints, Eighth Conf. on applied climatology*. Anaheim, CA, Amer Meteor Soc; 187-190.

GIBBS W.J. & MAHER J.V., (1967) : Rainfall Deciles as Drought Indicators. *Bureau of Meteorology Bull.* 48. Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GOMMES R. & PETRASSI F., (1994) : Rainfall Variability and Drought in sub-Saharan Africa since 1960. Agro-meteorology Series Working Paper 9. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

GUERININI A., (2012) : Analyse spatio-temporelle par télédétection de la région de Djelfa -Evolution de l'occupation du sol-, mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, spécialité : Foresterie et Protection de la Nature, option : Foresterie et Conservation de la biodiversité, ENSA El Harrach, Alger, 102p.

KADI A., (2009) : La gestion de l'eau en Algérie. Hydrological Sciences-Journal, ISSN: 0262-6667 (Print) 2150-3435 (Online) Journal home page : <https://www.tandfonline.com/loi/thsj>.

KEETCH J. J. & BYRAM G. M., (1968) : A Drought Index for Forest Fire Control. Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC.

KHADRI S., (2009) : Qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie aval : Impacts des néofacteurs de pollution., Mémoire de Magister, En Géologie, option : Géosciences, FST, Université d'Annaba, 108p.

KHERBACHE N., (2014) : La problématique de l'eau en Algérie : Enjeux et contraintes, mémoire de Magister en sciences économiques, Option : économie et géographie, FSECSG, Université de Bedjaia, 220p.

LE TREUT & Al., (2007) : Historical overview of climate change. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) Climate change: the physical science basis, Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge/New York.

LIU W. T. & Kogan F. N., (1996) : Monitoring regional drought using the vegetation condition index. Int. J. Remote Sens. 17, 2761–2782.

LOUAMRI A., (2013) : Le bassin-versant de la Seybouse (Algérie orientale) : Hydrologie et aménagement des eaux., thèse de Doctorat en sciences en Géographie et Aménagement du Territoire, option : Hydrologie, FSTGAT, Université de Constantine 1, 266p.

MAOUI A., (2007) : Evolution et origine du chimisme des eaux de l'aquifère superficiel de Zaâfrane : région de la steppe Sud Algéroise .Etude de la variation spatiale de la salinité et ses risques sur les sols et la végétation, Thèse de Doctorat en sciences en géologie, Option : Hydrogéologie, FST, Université d'Annaba, 257p.

MCKEE T. B., DOESKEN N. J. & KLEIST J., (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scales, Paper presented at 8th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Anaheim, CA.

MCKEE T.B., DOESKEN N. J. & KLEIST J., (1995): Drought monitoring with multiple time scales, Paper presented at 9th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Dallas, Texas.

MEKKAOUI F., (2018) : Evaluation de la sécheresse et son impact sur la gestion des ressources en eau dans les agglomérations du bassin versant de l'oued M'Zi (Wilaya de

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Laghouat).Mémoire de Master En Géographie et Aménagement du Territoire Option : Villes et Dynamiques Spatiales, FSNV, Université de Djelfa, 92p.

MEYER J. L. & PULLIAM W. M., (1992) : Modification of terrestrial-aquatic interactions by a changing climate. In: Firth, P., Fisher, S.G. (Eds.), *Global Climate Change and Freshwater Ecosystems*. Springer-Verlag, New York, pp. 177–191.

MEYER S. J.&HUBBARD K.G., (1995) : Extending the Crop-specific Drought Index to Soybean. In: Preprints, Ninth Conf. on Applied Climatology. Dallas, TX, Amer Meteor Soc; 258-259.

MISHRA A. &SINGH V., (2010) : A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*; 391: 202-216.

MOHAN S. & RANGACHARYA N. C. V., (1991) : A modified method for drought identification. *Hydrological Sci. J.* 36 (1), 11–21.

Monographie de la wilaya de Annaba (2011).

Monographie de la wilaya de Djelfa (2008).

Monographie de la wilaya d'El Tarf (2013).

MOUCHARA N., (2009) : Impacts des lâchées de barrage hammam debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-Est Algérien), Mémoire de Magister en Géologie, Option : Géo-sciences, FST, Université d'Annaba,121p.

NAKIC'ENOVIC' N. & SWART R., (2000) : Special report on emissions scenarios, A special report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge/New York.

NIEMEYER S., (2008) : New drought indices. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*; 80:267-274.

PALMER W. C., (1968) : Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new crop moisture index. *Weatherwise*. 21:156-161.

PINKEYE S., (1966) : Conditional Probabilities of Occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. *Hydrol .Paper 12*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

RAHMANI B., (2016) : Approche hydrogéologique et hydrochimique des eaux souterraines dans une zone semi aride. Cas de la nappe mio-plio-quadernaire du synclinal de Djelfa (Algérie centrale), mémoire de Magister en Hydrogéologie, Option : Impact de changement climatique sur les ressources hydriques en Algérie, FSES NV, Université de Tebessa, 84p.

ROSSI G., (2000) : Drought mitigation measures: a comprehensive framework. In: Voght JV, Somma F (eds) *Drought and drought mitigation in Europe*. Kluwer, Dordrecht.

SANTOS M. A., (1983) : Regional droughts: a stochastic characterization. *J. Hydrol.* 66, 183–211.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

SASSOUI A., (2006) : Etude de la pollution et de l'autoépuration des eaux de oued Mellah (Rejets de la ville de Djelfa), mémoire de Magister en Agronomie pastorale, FSNV, Centre Universitaire de Djelfa, 73p.

SEN Z., (1980) : Statistical analysis of hydrologic critical droughts. J. Hydraulics Div., ASCE 106 (1), 99–115.

SHAFER B.A. & DEZMAN L.E., (1982) : Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In: Preprints, Western Snow Conf Reno, NV, Colorado State University; 164-175.

THORNTHWAITE C. W., (1948) : An approach toward a rational classification of climate. Geograph Rev. 38:55–94.

TRAYSSAC J., (1981) : Etude géomorphologique du bassin versant de l'oued Djelfa Mellah, versant Nord des Monts de Ouled Naïl (Algérie) . Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle. Univ.de Poitiers. Faculté de la science Humaine .308p.

TREYER S., (2006) : Quelle raréfaction de l'eau faut-il se préparer ? Construire une intervention prospective au service de la planification pour les ressources en eau Tunisie, thèse de Doctorat, institut national agronomique de Paris, 670p.

TSAKIRIS G., VANGELIS H., (2005) : Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. European Water; 9/10:3-11.

TSAKIRIS G., PANGALOU D., TIGKAS D. & VANGELIS H., (2007a) : Assessing the areal extent of drought. Water resources management: new approaches and technologies, European water resources association, Chania, Crete-Greece, 14-16.

TSAKIRIS G., PANGALOU D. & VANGELIS H., (2007b) : Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). Water Resour Manag.21 (5):821-833.

VAN ROOY M. P., (1965) : A rainfall anomaly index independent of time and space. Notes; 14:43.

VILLA J. M.,(1980) : La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro- Tunisien, Thèse de Doctorat ès sciences Nat., Université de Pierre Marie Curie, Paris VI, France, 2t 665P, 199 fig., 40pl.

WEGHORST K. M., THE RECLAMATION DROUGHT INDEX (1996) : guidelines and practical applications. Bureau of Reclamation, Denver, CO, p. 6 Available from Bureau of Reclamation, D-8530, Box 25007, Lakewood, CO 80226).

WILHITE D. & GLANTZ M., (1985) : Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. Water Int; 10:111-120.

WILHITE D.A., (2004): Drought as a natural hazard, In International Perspectives on Natural Disasters: Occurrence, Mitigation, and Consequences. Edited by J.P. Stoltman, J. Lidstone, and L.M. Dechano. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, he Netherlands; 147–162.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ZARGARA., SADIQ R., NASER B. & KHAN F. I., (2011): A review of drought indices. Environ Rev;19:333-349.

ZELENHASIC E. & SALVAI A., (1987) : A method of streamflow analysis. Water Resour. Res. 23, 156–168.

ANNEXE

Annexe n° 1 : Répartition des retenues collinaires dans le sous bassin versant de la basse Seybouse .

Commune	Nombre	Capacité (Hm ³)	Volume global mobilisé (Hm ³)	Destination	État d'ouvrage
ainberda	20	3124,6	1539	irrigation	bon
El Bouni	1	90	45	irrigation	-
Ain Ben beida	2	130	75	irrigation	bon
Nechmaya	2	560	260	irrigation	bon
OuedFragha	3	90	45	irrigation	précaire
Drean	2	120	60	irrigation	-
total	30	4114,6	2024	-	-

Source : Kherraz K., (2000)

Annexe n° 2 : Etat des forages dans le sous bassin versant de la La basse Seybouse.

Nombre de Forages	Destination	Exploités	Non exploités	Débit moyen (l/s)
45	AEP	15	28	892
10	AEI	48	6	149.1
38	Irrigation	28	21	475.6
93	-	91	55	1516.7

Source :A.B.H., 2018.

ANNEXE

Annexe n° 3 : Etat des forages dans le Sous bassin versant de la l'oued Djelfa Hadjia.

Commune	Nombre de forage	Utilisation des eaux					
		AEP		AEI		Irrigation	
		Nombre de forage	Débit l/s	Nombre de forage	Débit l/s	Nombre de forage	Débit l/s
Djelfa	26	18	330	1	10	-	-
Ain –Maabad	4	3	25.2	-	-	-	-
Zaafrane	0	0	0	-	-	-	-
Charef	6	2	32	-	-	-	-
Total	36	23	387.2	1	10	-	-

Source : Monographie de Djelfa 2016,2017

Annexe n° 4 : Population de sous bassin versant par RGBH (2008).

Communes S.B.V. Djelfa-Hadjia	Pop (RGPH 2008)	Communes S.B.V. Seybouse	Pop (RGPH 2008)
Djelfa	288 228	Annaba	278827
HassiBahbah	86 422	Kherazas	3200
Dar Chioukh	30 372	El bouni	132530
Ain El Bell	28 406	Sidi Slem	7940
Charef	24 029	El hadjar	38655
Ain Maabed	19 997	Sidi Amar	92273
Moudjebara	14 052	HadjarDiss	9543
Zaafrane	12 972	Ain berda	10956
El Guedid	12 833	Chihani	10026
Taadmit	10 359	Chebaita Mokhtar	24762
Benyagoub	9 940	Drean	25892
Zaccar	1 809	Ain Ben Beida	10655
TOTAL WILAYA	539 419	Nechmaya	8066
		Oued Fragha	8083
		Bouchegouf	23878
		totale	685286

Source : Monographie de Annaba, Guelma, El Tarf et Djelfa 2008.

ANNEXE

Annexe n° 5 : Précipitations moyennes annuelles projetés (2019-2100).

Années	Salines	Djelfa	année	Salines	Djelfa	année	Salines	Djelfa
2017-2018	774,42	346,1	2045-2046	768,92	342,1	2073-2074	764,92	339,3
2018-2019	774,32	346,2	2046-2047	768,42	341,8	2074-2075	764,62	339,4
2019-2020	774,12	345,9	2047-2048	768,62	342	2075-2076	764,42	339,3
2020-2021	773,92	345,8	2048-2049	768,32	341,7	2076-2077	764,22	339,4
2021-2022	773,62	345,5	2049-2050	768,42	341,4	2077-2078	764,32	339,3
2022-2023	773,72	345,6	2050-2051	768,02	341,1	2078-2079	764,12	339,5
2023-2024	773,42	345,3	2051-2052	768,12	341,3	2079-2080	763,82	339,2
2024-2025	773,52	345,5	2052-2053	767,82	341	2080-2081	764,22	339,4
2025-2026	773,32	345,2	2053-2054	767,62	340,9	2081-2082	763,92	339,1
2026-2027	773,12	344,9	2054-2055	767,22	340,8	2082-2083	763,62	338,8
2027-2028	773,32	345,1	2055-2056	766,92	340,5	2083-2084	763,22	338,7
2028-2029	773,02	344,8	2056-2057	767,12	340,6	2084-2085	762,92	338,4
2029-2030	772,62	344,4	2057-2058	766,82	340,4	2085-2086	762,92	338,2
2030-2031	772,42	344,2	2058-2059	766,82	340,5	2086-2087	762,52	338,4
2031-2032	772,52	344,5	2059-2060	766,52	340,3	2087-2088	762,62	338,1
2032-2033	772,02	344	2060-2061	766,62	340,4	2088-2089	762,32	337,8
2033-2034	772,12	344,3	2061-2062	766,22	340,3	2089-2090	761,82	337,5
2034-2035	771,82	344	2062-2063	766,52	340,4	2090-2091	761,52	337,2
2035-2036	771,72	343,9	2063-2064	766,02	340,3	2091-2092	761,62	337,4
2036-2037	771,62	343,8	2064-2065	766,32	340,5	2092-2093	761,32	337,1
2037-2038	771,32	343,5	2065-2066	766,02	340,2	2093-2094	761,12	337,3
2038-2039	771,22	343,8	2066-2067	766,12	340,4	2094-2095	760,92	337,2
2039-2040	770,92	343,6	2067-2068	765,92	340,1	2095-2096	760,62	336,9
2042-2041	770,42	343,1	2068-2069	765,42	339,8	2096-2097	760,42	336,6
2041-2042	770,02	342,8	2069-2070	765,32	339,7	2097-2098	760,12	336,8
2042-2043	769,72	342,5	2070-2071	764,92	339,5	2098-2099	759,72	336,5
2043-2044	769,32	342,1	2071-2072	765,02	339,3	2099-2100	759,42	336,1
2044-2045	769,02	342	2072-2073	764,82	339,4			

ANNEXE

Annexe n° 6 : Température moyennes annuelles projetés (2019-2100).

Année	Salines	Djelfa	année	Salines	Djelfa	année	Salines	Djelfa
2017-2018	17,60	17,19	2045-2046	18,60	17,69	2073-2074	19,60	18,99
2018-2019	17,45	17,09	2046-2047	18,70	17,99	2074-2075	19,65	19,19
2019-2020	17,55	17,14	2047-2048	18,80	18,04	2075-2076	19,85	19,29
2020-2021	17,35	17,34	2048-2049	18,85	17,94	2076-2077	19,70	19,39
2021-2022	17,40	17,19	2049-2050	18,95	18,24	2077-2078	19,40	19,44
2022-2023	17,10	16,89	2050-2051	19,05	18,09	2078-2079	19,70	19,54
2023-2024	17,05	17,19	2051-2052	18,75	18,19	2079-2080	19,75	19,64
2024-2025	17,15	17,24	2052-2053	19,15	17,99	2080-2081	19,65	19,34
2025-2026	17,45	17,19	2053-2054	18,85	18,04	2081-2082	19,95	19,74
2026-2027	17,65	17,49	2054-2055	19,05	17,74	2082-2083	19,80	19,44
2027-2028	17,75	17,34	2055-2056	19,15	17,64	2083-2084	19,90	19,64
2028-2029	17,85	17,44	2056-2057	19,35	17,74	2084-2085	19,70	19,74
2029-2030	17,90	17,24	2057-2058	19,45	18,04	2085-2086	19,75	19,94
2030-2031	18,00	17,29	2058-2059	19,35	18,24	2086-2087	19,45	20,04
2031-2032	17,90	16,99	2059-2060	19,40	18,34	2087-2088	19,35	19,94
2032-2033	17,95	16,94	2060-2061	19,60	18,44	2088-2089	19,45	19,99
2033-2034	18,15	17,04	2061-2062	19,45	18,49	2089-2090	19,75	20,19
2034-2035	18,00	17,34	2062-2063	19,15	18,59	2090-2091	19,95	20,04
2035-2036	17,70	17,54	2063-2064	19,45	18,69	2091-2092	20,05	19,74
2036-2037	18,00	17,64	2064-2065	19,50	18,39	2092-2093	20,15	20,04
2037-2038	18,05	17,74	2065-2066	19,40	18,79	2093-2094	20,20	20,09
2038-2039	18,00	17,79	2066-2067	19,70	18,49	2094-2095	20,30	19,99
2039-2040	18,30	17,89	2067-2068	19,55	18,69	2095-2096	20,40	20,29
2042-2041	18,40	17,99	2068-2069	19,65	18,79	2096-2097	20,10	20,14
2041-2042	18,10	17,89	2069-2070	19,45	18,99	2097-2098	20,50	20,24
2042-2043	18,00	17,94	2070-2071	19,50	18,69	2098-2099	20,20	20,04
2043-2044	18,10	18,14	2071-2072	19,60	18,59	2099-2100	20,40	20,09
2044-2045	18,40	17,99	2072-2073	19,70	18,69			

المخلص :

الاحواض المائية الفرعية لودي سيبوس السفلي و الجلفة-حاجية ينتميان لمناخين مختلفين، الاول شبة رطب والثاني شبة جاف. مع الاحتياجات المتزايدة لاستهلاك المياه من سنة الاخرى، و كذلك التغيرات المناخية الملحوظة، خاصة الجفاف الذي يضرب الجزائر منذ سنة 1975، في هذه الدراسة نحاول تقييم و مقارنة تأثير الجفاف على تسيير الموارد المائية للمنطقتين. دراسة الجفاف للفترات الماضية، باستخدام مؤشري تطور الامطار القياسي استطلاع الجفاف، تثبت ان تأثيره يتغير حسب نوع المناخ و كذلك ان الحوض التجميحي لسيبوسالسفلي هو عرضة للجفاف الهيدرولوجي عكس حوض الجلفة الحاجية المعني بالجفاف الزراعي. التنبؤ بظاهرة الجفاف بالاستعمال نماذج التداول العامة . و من بينهم: مشروع المقارنة بين النماذج المزدوجة، يثبت التوجه نحو الجفاف الزراعي و الهيدرولوجي للمنطقتين على التوالي . سيناريوهات التسيير المعتمدة على انخفاض سيلان المياه و النفاذية الفعالة بسبب الجفاف المتنبئ به يثبت تفاقم العجز في المياه، لكن امدادات المياه المعالجة، يسمح بتأخير هذا العجز باحدى عشر سنة في سيبوس.

الكلمات المفتاحية: الحوض تجميحي الفرعي، سيبوس لسفلي، الجلفة-حاجية، الجفاف، مؤشر الامطار القياسي، مؤشر استطلاع الجفاف، مشروع المقارنة بين النماذج المزدوجة.

Abstract :

Low Seybouse and Wadi Djelfa-Hadjia sub-basins are part of two different climatic stages, sub-humid and semi-arid respectively. With water needs that tend to grow from year to year, and with climate change, in particular, the drought that has affected Algeria since 1975, This study attempts to assess and compare the drought impact on water resource management in these two areas. The historical drought study using SPI and RDI shows that its impact changes according to the type of climate and that the sub-watershed of the North-East region (Low Seybouse) is affected by a hydrological drought while the Wadi Djelfa-Hadjia sub-watershed is affected by an agricultural drought. Drought prediction using General Circulation Models (GCM), among them CMIP: Coupled Models Intercomparison Project, demonstrates the trend towards agricultural and hydrological droughts for both regions respectively. Management scenarios based on the reduction of runoff and effective infiltration due to future droughts show the worsening of the deficit while the inflow of sewage allowed that the deficit will be reported eleven years at Seybouse.

Key words: Sub-basin, Lower Seybouse, Djelfa-Hadjia, Drought, SPI, RDI, CMPI.

Résumé :

Les sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia font partie de deux étages climatiques différents le sub-humide et le semi-aride respectivement. Avec des besoins en eau qui tendent de croître d'une année à l'autre, et avec des changements climatiques, en particulier, la sécheresse qui touche l'Algérie depuis les années 1975. Cette étude essaye d'évaluer et de comparer l'impact de la sécheresse sur les gestions des ressources en eau dans ces deux régions d'étude. L'étude de la sécheresse historique en utilisant le SPI et le RDI démontre que son impact change selon le type de climat et que le sous bassin versant de la région Nord-Est (Basse Seybouse) est touché par une sécheresse hydrologique alors que le sous bassin versant de l'oued Djelfa-Hadjia est concerné par une sécheresse agricole. La prédiction de la sécheresse à l'aide des modèles de circulation générales (GCM), parmi eux CMIP : Projet d'Intercomparaison des Modèles Couplés, prouve la tendance vers les sécheresses agricole et hydrologique pour les deux régions respectivement. Les scénarios de la gestion basés sur la diminution du ruissellement et de l'infiltration efficace à cause des sécheresses future démontent l'aggravation du déficit alors que l'apport des eaux épurées permis de recaler ce déficit de onze ans à Seybouse.

Mot clés : Sous bassin versant, Basse Seybouse, Djelfa-Hadjia, Sécheresse, SPI, RDI, CMPI.