



Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département: Sciences agronomiques

Spécialité: Hydraulique Agricole

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Thème

**Origine et caractéristiques des eaux d'irrigation
de la plaine de Djendel (Barrage Ghrib)**

Présenté par :

- M^{elle} BELOUAZANI Hamida
- M^{eme} MERILI Samiha

Soutenu le: 30/05/2016 Devant le jury composé de :

Président : Mr MOKRANE Kadir MAA UDB Khmis-Miliana

Promoteur: M^{eme} HALLOUZ Faiza MCB UDB Khmis-Miliana

Examineurs :

1. M^{elle} KARAHACANE Hafsa MAB UDB Khmis-Miliana

2. Mr IMESSAOUDEN Yacine MAB UDB Khmis-Miliana

∞ Dédicaces ∞

Je dédie ce modeste travail :

✚ *A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour*

✚ *A mes chers frères Yousef, Mohamad, kouider*

✚ *A mes chères sœurs très fatma, Nacera, Lila.*

✚ *A tous mes enseignants.*

✚ *A mon cher binôme Samiha.*

✚ *À toute ma famille pour leur encouragement durant toute ma scolarité Plus particulièrement safia et abdelhadi*

✚ *A tous(s) (tes) mes ami(s) (es). Farida ; Khaira ; Lamia*

✚ *Toute ma promotion, en générale et tous les étudiants de l'option Hydraulique Agricole en particulier à ceux avec qui je partage de bons souvenirs.*

BELOUAZANI Hamida

∞ Dédicaces ∞

Je dédie ce modeste travail :

✚ *A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour*

✚ *A mon cher époux Hichem*

✚ *A mes chers frères Abdallah ; Ahmed ; Houssam.*

✚ *A mes chères sœurs Rachida ; Aida ; Bouchra.*

✚ *A tous mes enseignants.*

✚ *A mon cher binôme Hamida.*

✚ *A tous(s) (tes) mes ami(s) (es). Rima ; fatima*

✚ *Toute ma promotion, en générale et tous les étudiants de l'option Hydraulique Agricole en particulier à ceux avec qui je partage de bons souvenirs.*

MERILI samiha

REMERCIEMENTS

Nos remerciements avant tout au ALLAH le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donnés pour pouvoir arriver à ce niveau afin de réaliser ce modeste travail. Au PROPHETE MOHAMED paix et salut sur lui

A nos parents qui n'ont pas cessé à tout moment de nous protéger et de veiller à notre instruction.

A notre promotrice M^{me} HALLOUZ Faiza pour avoir assuré notre encadrement, pour leur aide, pour leurs efforts et leurs précieux conseils

A enseignante Mr. KADIR Mokrane qui nous a fait l'honneur de présider notre jury et également pour ses conseils.

Aux membres du jury M^{lle} KARAHACANE Hafsa et Mr. IMESSAOUDEN Yacine enseignants à UKM d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Nos sincères remerciements s'adressent également à :

A tous nos enseignants qui nous ont initiés aux valeurs authentiques, en Signe d'un profond respect et d'un profond amour !!!

Et à tous ceux qui nous ont enseigné tout au long de notre vie scolaire

Nous n'oublions pas bien évidemment nos collègues de promotion

«Hydraulique Agricole» en les saluant chaleureusement pour les agréables moments passés ensemble !

Que Dieu réalise vos vœux !

Table des matières

Introduction générale	01
Chapitre I : Aperçu bibliographique	
I.1- Introduction	04
I.2. Différents polluants et leurs origines.....	04
I.2.1. Définition	04
I.2.2. Types de pollutions.....	05
I.2.3. Origine de la pollution.....	07
I.2.4. Classification des pollutions.....	09
I.3- Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.....	09
I.3. Directive d'évaluation de qualité des eaux.....	10
I.4. Classification des eaux d'irrigation.....	10
I.4.1. Classification mondiale FAO.....	11
I.4.2. Classification des eaux par L'USSR-RIVERSIDE (1954).....	11
I.4.3. Classification des eaux d'irrigation par la méthode de Richards.....	12
Conclusion	12
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
Introduction.....	13
II.1. Situation géographique du Haut Cheliff	13
II.1.1. Situation du bassin d'étude.....	14
II.2. Présentation générale.....	14
II.3. Situation Géographique.....	14
II.4. Morphologie du bassin.....	14
II.4.1. Caractéristiques physiques.....	15
a. Géologie du bassin.....	15
b. Végétation du bassin versant.....	16
▪ Réseau d'irrigation.....	15
A- Rive droite	15
B- Rive gauche.....	15
II.5. Climat.....	15

II.5.1. Caractéristiques climatiques.....	16
II. 5.1.1. Analyses de Précipitation.....	16
A .Précipitation Mensuelles Moyennes.....	16
B .Précipitation Annuelles Moyennes.....	17
II. 5.1.2. Analyses des températures.....	18
a. Températures moyennes mensuelles.....	18
b. Températures moyennes annuelles	19
II.5.1.3. Humidité	19
II.5.1.4. Vent.....	20
II.5.1.5. Evaporation.....	21
II.5.2. Caractérisation du climat.....	22
1. Indice d'aridité de Martonne.....	22
2. Climagramme d'Emberger.....	23
3. Climagramme pluviométrique de Gaussen.....	24
II.6. Géologie et hydrogéologie.....	25
II.6.1. Géologie.....	26
II.6.1.1. Stratigraphie du Haut Chélif.....	27
II.6.2. Hydrogéologie	28
II.7. Topographie et relief de la plaine.....	29
II.8. Morphologie	29
II.9. Pédologie.....	30
II.10. Réseau hydrographique.....	32
II.11. Ressources en eau.....	33
▪ Ressource en eaux superficielles.....	33
II.12. Présentation de Barrage Ghrib.....	34
1. Situation de barrage.....	35

2. Caractéristiques Morpho métriques du bassin	37
3. Caractéristiques climatiques du site du barrage.....	37
4 . Utilisation des eaux de barrage.....	38
Conclusion.....	38
Chapitre III : Matériels et Méthodes	
III.1.Introduction.....	39
III.2.Technique d'échantillonnage des eaux.....	39
III .2.1. Eaux de barrage.....	39
• 1 ^{ere} Compagne de prélèvement (17/02/2016).....	39
• 2 ^{ème} Compagne de prélèvement (20/04/2016).....	39
III.2.2. Points de prélèvement.....	39
• Avant la saison d'irrigation	40
• Pendant la saison d'irrigation.....	40
III.2.3.Prélèvement de l'eau et conservation	41
• Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	41
III.3.Méthodes d'analyses.....	41
III.3.1. Analyse d'eau.....	42
• Principaux analyses à effectuer en laboratoire.....	42
• Lieux de déroulement des analyses	42
III.3.2.Analyse physico-chimique.....	43
III.3.2.1.Mesure de pH, T°C, Conductivité électrique, Oxygène dissout à l'aide d'un appareil multiparamètre	43
✓ Mode opératoire	43
✓ Expression des Résultats.....	44
1-Salinité.....	44
1-1.Coefficient d'absorption du sodium.....	44
1.2. Pour coefficient d'adsorption du sodium S.A.R	45
III.3.2.1.1. Potentiel Hydrogène (pH).....	46
III.3.2.1.2. Conductivité électrique	46

III.3.2.2. Turbidité.....	46
▪ Principe.....	46
▪ Mode opératoire.....	47
III.3.2.3. Détermination de résidu sec.....	47
▪ Mode opératoire	47
▪ Expression des Résultats	48
III.3.2.4.Détermination des matières en suspension (La méthode par filtration).....	48
• Principe.....	49
• Mode opératoire	49
• Expression des Résultats	49
III.3.2.4.Dosage de chlorure (Cl ⁻).....	49
• Principe.....	49
• Mode opératoire.....	49
• Expression des résultats.....	50
III.3.2.5. Détermination de l'alcalinité(HCO ₃)	50
• Principe.....	50
• Détermination du T.A.C.....	50
III.3.2.6.Détermination du calcium (Ca ²⁺) ; et du magnésium (Mg ²⁺)	51
• Principe.....	51
○ Détermination du calcium (Ca ²⁺)	51
• Mode opératoire	51
○ Détermination du Mg ²⁺	51
• Mode opératoire	51
III.3.2.7.Détermination de Sodium et Potassium par photométrie à flamme.....	52
○ Détermination de Na ⁺ et K ⁺	52
• Préparation des étalons	52
III.3.2.8. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	53
❖ Méthode au salicylate de sodium.....	53
• Principe.....	53
• Mode opératoire.....	53
• Appareillage.....	54

• Expression des résultats	54
III.3.2.9.Dosage de Nitrite (NO_2^-)	54
• Principe	54
• Mode opératoire.....	54
• Expression des Résultats.....	55
III .3.2.10.Dosage de l'Azote d'Ammoniac (NH_4^+)	55
• Principe	55
• Mode opératoire.....	55
• Expression des Résultats.....	56
III.3.2.11.Dosage de phosphore (PO_4^-).....	56
• Principe	56
• Mode opératoire.....	57
• Appareillage.....	57
• Expression des Résultats	57
III.3.2.12.Dosage de Sulfate (SO_4^{2-})	57
• Appareillage.....	57
• Mode opératoire	57
III .3.2.13.Détermination de Demande biochimique en oxygène(DBO_5).....	58
• Principe	58
• Mesure.....	58
• Mode opératoire	59
III.3.2.14.Demande chimique en oxygène (DCO).....	60
• Principe.....	60
• Mode opératoire.....	61
• Expression des résultats.....	61
III.4.Utilisation du logiciel Diagramme(2012).....	62
III.4.1.Présentation de logiciel	62
III.4.2. Diagramme de piper.....	62

Conclusion.....	62
-----------------	----

CHAPITRE IV : Résultats et Discussions

IV. Résultats et discussions.....	63
IV.1.Introduction.....	63
IV. 2.Résultats des analyses	63
IV.2.Paramètre organoleptique.....	63
IV.2.1.Couleur.....	64
IV.2.2.Odeur	64
IV.3.Paramètres physico-chimiques.....	65
IV.3.1.Température.....	65
IV.3.2. Potentiel Hydrogène (pH).....	65
IV.3.3. Conductivité électrique.....	66
IV.3.4.Oxygène dissous	67
IV.3.5. Turbidité.....	68
IV.3.6. Résidu Sec.....	70
IV.3.7.Détermination des matières en suspension (La méthode par filtration).....	71
IV.3.8.Dosage de chlorure (Cl ⁻).....	72
IV.3.9. Détermination de l'alcalinité(HCO ₃).....	72
IV.3.10.Détermination du Calcium (Ca ²⁺) ; et du Magnésium (Mg ²⁺).....	73
IV.3.11.Détermination de Sodium et Potassium par photométrie à flamme.....	76
IV.3.12.Nitrates (NO ₃ ⁻).....	79
IV.3.13.Dosage de Nitrite (NO ₂ ⁻)	80
IV.3.14.Dosage de l'Azote d'Ammoniac (NH ₄ ⁺).....	81
IV.3.15.Dosage de phosphore (PO ₄ ⁻)	82
IV.3.16.Dosage de Sulfate (SO ₄ ²⁻)	83
IV.3.17.Détermination de Demande biochimique en oxygène(DBO ₅).....	85

IV.3.18.Demande chimique en oxygène (DCO)	85
IV.3.19.Salinité.....	85
IV.3.19.1.Résultats de SAR.....	87
IV.3.19.2.Aptitude des eaux à l'irrigation.....	88
IV.3.19.3.Résultats de SAR _{ajusté}	90
IV.3.20.Carbonates de sodium résiduels.....	90
IV.3.21.Détermination des faciès chimiques.....	91
Conclusion.....	92
Conclusion général.....	93
Références	
Annexe	

Liste des figures

Figure n° 01 : Situation géographique de la zone d'étude (plaine de Haut Chélif) (Mokhtari ,2008).....	09
Figure n° 02 : Situation du bassin d'étude (oued Cheliff-Ghrib (Mokhtari,2008).....	10
Figure n° 03 : Répartition Précipitations moyennes mensuelles (ANRH,2014)	14
Figure n° 04 Répartition Précipitation moyenne mensuelles (ANRH,2014).....	14
Figure n°05 : Carte de précipitation moyenne annuelle sur l'Algérie du nord (Mébarki et Laborde, 2012).....	15
Figure n°06 : Répartition Température moyenne mensuelle (ANRH ,2014).....	15
Figure n°07: Répartition température moyennes annuelles (ANRH , 2014).....	15
Figure n° 08 : Répartition d'humidité relative (ANRH, 2014).....	16
Figure n°09: Répartition vitesse des vents (ANRH ,2014)	18
Figure n°10: Répartition d'évaporation (ANRH ,2014.....	18
Figure n°11: Localisation de la plaine du Haut Chélif sur le climagramme d'Emberger.....	21
Figure n°12 : Diagramme ombrothermique de la région d'étude pour la période (2000-2014).....	22
Figure n°13: la coupe interprétative transversale de la zone d'étude (Boulaine, 1956) ANRH,2004).....	25
Figure n°14 : Carte des altitudes da la plaine du Haut Chélif).....	26
Figure n°15: Carte des pentes da la plaine du Haut Chélif (Google Earth).....	27
Figure n°16 : Carte des sols digitalisés de la plaine du Haut Chélif (Boulaine, 1956).....	29
Figure n°17 ; Réseau hydrographique sur le fond satellitaire (ANRH,2014).....	30
Figure n°18 : Carte des ressources en eaux superficielles du Haut Chélif (ANRH,2016)	31
Figure n°19 : Photo de barrage (Cliché Belouazani et Merili, 2015.).....	32
Figure n°20 : Localisation géographique de Barrage Ghrib(ANBT ,2014).....	33

Figure n°21 : points de prélèvement (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	37
Figure n°22 : Points de prélèvement (Google Earth, 2016).....	37
Figure n°23 : photo de Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	38
Figure n°24 : Multi paramètre (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	40
Figure n°25 : Turbidimètre (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	44
Figure n°26 : Détermination de residu sec (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	44
Figure n°27 : Pompe à vide (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	46
Figure n°28 : Détermination de chlorure (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	48
Figure n°29 : Détermination de TAC (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	48
Figure n°30 : Détermination de calcium (laboratoire de Université, 2016).....	49
Figure n°31 : Détermination de dureté Magnésienne.....	50
Figure n°32 : photométrie à flamme (laboratoire d'université).....	50
Figure n° 33 : Détermination de Nitrate (NO_3^-) (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	51
Figure n°34 : Détermination du Nitrite NO_2^- (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	52
Figure n° 35 : Détermination de l'Azote d'Ammoniac (Cliché Belouazani et Merili,2016)	54
Figure n°36 : Détermination de phosphate (PO_4^{3-}) (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	55
Figure n°37 : Détermination de Sulfate SO_4^- (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	56
Figure n°38 : l'oxyton de la DBO_5 (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	57
Figure n°39 : Table des matières (Roland Simler ; 2012).....	60
Figure n° 40 : diagramme de Piper - faciès types.....	61
Figure n°41 : diagrammes de Riverside et Wilcox.....	62
Figure n°43 : Variation de la température.....	63
Figure n°44 : Variation du potentiel hydrogène entre les deux campagnes	64

Figure n°45 : Variation de la Conductivité entre les deux campagnes.....	65
Figure n°46 : Variation de l'oxygène dissous entre les deux campagnes.....	66
Figure n°47 : Variation de la turbidité entre les deux campagnes.....	67
Figure n°48 : Variation des résidus secs entre les deux campagnes	68
Figure n°49 : Variation de MES entre les deux campagnes	69
Figure n°50 : Variation de Cl^- entre les deux campagnes.....	70
Figure n°51 : Variation de TAC entre les deux campagnes.....	71
Figure n°52 : Variation de Calcium entre les deux campagnes.....	72
Figure n°53 : Variation de $[Mg^{2+}]$ entre les deux campagnes.....	73
Figure n°54 : Courbes d'étalonnage (K^+)	74
Figure n°55 : Variation de $[Na^+]$ entre les deux campagnes.....	75
Figure n°56 : Variation de $[K^+]$ entre les deux campagnes.....	76
Figure n°57 : Variation de Nitrates entre deux campagnes.....	77
Figure n°58 : Variation de Nitrite entre les deux campagnes.....	78
Figure n°59 : Variation de l'Azote d'Ammoniac entre les deux campagnes.....	79
Figure n°60 :Variation de phosphate entre les deux campagnes.....	80
Figure n°61 : Variation de sulfate entre les deux campagnes.....	81
Figure n°62 : Variation de DBO_5 entre les deux campagnes.....	82
Figure n°63 : Variation de DCO entre les deux campagnes.....	83
Figure n° 64 : Variation de la salinité entre les deux campagnes.....	84
Figure n° 65 : Variation de SAR entre les deux campagnes.....	85
Figure n° 66 : Diagramme de Wilcox	86
Figure n°67 Diagramme de Riverside.....	87
Figure n°68 : Variation de $SAR_{ajusté}$ entre les deux campagnes.....	88
Figure n° 69 : Diagramme de Piper des eaux de barrage Ghrib pour les deux campagnes (Février et avril 2016).....	89

Liste des figures

Figure n° 01 : Situation géographique de la zone d'étude (plaine de Haut Chélif) (Mokhtari ,2008).....	09
Figure n° 02 : Situation du bassin d'étude (oued Cheliff-Ghrib (Mokhtari,2008).....	10
Figure n° 03 : Répartition Précipitations moyennes mensuelles (ANRH,2014)	14
Figure n° 04 Répartition Précipitation moyenne mensuelles (ANRH,2014).....	14
Figure n°05 : Carte de précipitation moyenne annuelle sur l'Algérie du nord (Mébarki et Laborde, 2012).....	15
Figure n°06 : Répartition Température moyenne mensuelle (ANRH ,2014).....	15
Figure n°07: Répartition température moyennes annuelles (ANRH , 2014).....	15
Figure n° 08 : Répartition d'humidité relative (ANRH, 2014).....	16
Figure n°09: Répartition vitesse des vents (ANRH ,2014)	18
Figure n°10: Répartition d'évaporation (ANRH ,2014.....	18
Figure n°11: Localisation de la plaine du Haut Chélif sur le climagramme d'Emberger.....	21
Figure n°12 : Diagramme ombrothermique de la région d'étude pour la période (2000-2014).....	22
Figure n°13: la coupe interprétative transversale de la zone d'étude (Boulaine, 1956) ANRH,2004).....	25
Figure n°14 : Carte des altitudes da la plaine du Haut Chélif).....	26
Figure n°15: Carte des pentes da la plaine du Haut Chélif (Google Earth).....	27
Figure n°16 : Carte des sols digitalisés de la plaine du Haut Chélif (Boulaine, 1956).....	29
Figure n°17 ; Réseau hydrographique sur le fond satellitaire (ANRH,2014).....	30
Figure n°18 : Carte des ressources en eaux superficielles du Haut Chélif (ANRH,2016)	31
Figure n°19 : Photo de barrage (Cliché Belouazani et Merili, 2015.).....	32
Figure n°20 : Localisation géographique de Barrage Ghrib(ANBT ,2014).....	33

Figure n°21 : points de prélèvement (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	37
Figure n°22 : Points de prélèvement (Google Earth, 2016).....	37
Figure n°23 : photo de Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	38
Figure n°24 : Multi paramètre (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	40
Figure n°25 : Turbidimètre (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	44
Figure n°26 : Détermination de residu sec (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	44
Figure n°27 : Pompe à vide (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	46
Figure n°28 : Détermination de chlorure (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	48
Figure n°29 : Détermination de TAC (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	48
Figure n°30 : Détermination de calcium (laboratoire de Université, 2016).....	49
Figure n°31 : Détermination de dureté Magnésienne.....	50
Figure n°32 : photométrie à flamme (laboratoire d'université).....	50
Figure n° 33 : Détermination de Nitrate (NO_3^-) (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	51
Figure n°34 : Détermination du Nitrite NO_2^- (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	52
Figure n° 35 : Détermination de l'Azote d'Ammoniac (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	54
Figure n°36 : Détermination de phosphate (PO_4^{3-}) (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	55
Figure n°37 : Détermination de Sulfate SO_4^- (Cliché Belouazani et Merili, 2016).....	56
Figure n°38 : l'oxyton de la DBO_5 (Cliché Belouazani et Merili,2016).....	57
Figure n°39 : Table des matières (Roland Simler ; 2012).....	60
Figure n° 40 : diagramme de Piper - faciès types.....	61
Figure n°41 : diagrammes de Riverside et Wilcox.....	62
Figure n°43 : Variation de la température.....	63
Figure n°44 : Variation du potentiel hydrogène entre les deux campagnes	64

Figure n°45 : Variation de la Conductivité entre les deux campagnes.....	65
Figure n°46 : Variation de l'oxygène dissous entre les deux campagnes.....	66
Figure n°47 : Variation de la turbidité entre les deux campagnes.....	67
Figure n°48 : Variation des résidus secs entre les deux campagnes	68
Figure n°49 : Variation de MES entre les deux campagnes	69
Figure n°50 : Variation de Cl^- entre les deux campagnes.....	70
Figure n°51 : Variation de TAC entre les deux campagnes.....	71
Figure n°52 : Variation de Calcium entre les deux campagnes.....	72
Figure n°53 : Variation de $[Mg^{+}]$ entre les deux campagnes.....	73
Figure n°54 : Courbes d'étalonnage (K^+)	74
Figure n°55 : Variation de $[Na^+]$ entre les deux campagnes.....	75
Figure n°56 : Variation de $[k^+]$ entre les deux campagnes.....	76
Figure n°57 : Variation de Nitrates entre deux campagnes.....	77
Figure n°58 : Variation de Nitrite entre les deux campagnes.....	78
Figure n°59 : Variation de l'Azote d'Ammoniac entre les deux campagnes.....	79
Figure n°60 :Variation de phosphate entre les deux campagnes.....	80
Figure n°61 : Variation de sulfate entre les deux campagnes.....	81
Figure n°62 : Variation de DBO_5 entre les deux campagnes.....	82
Figure n°63 : Variation de DCO entre les deux campagnes.....	83
Figure n° 64 : Variation de la salinité entre les deux campagnes.....	84
Figure n° 65 : Variation de SAR entre les deux campagnes.....	85
Figure n° 66 : Diagramme de Wilcox	86
Figure n°67 Diagramme de Riverside.....	87
Figure n°68 : Variation de $SAR_{ajusté}$ entre les deux campagnes.....	88
Figure n° 69 : Diagramme de Piper des eaux de barrage Ghrib pour les deux campagnes (Février et avril 2016).....	89

Liste des tableaux

Tableau I-01 : Normes de l'eau d'irrigation	07
Tableau I-02 : Les directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation selon la FAO	08
Tableau I-03 : Risque de sodium pour l'eau d'irrigation.....	10
Tableau I-04 : Classe de danger d'alcalinisation du sol(SAR)	11
Tableau II-05 : Les limites de climat d'après l'indice de Martonne.....	19
Tableau II-06 : Fiche technique du barrage	34
Tableau IV-07 : Variations de la Température(C°).....	63
Tableau IV-08 : Variation du Potentiel Hydrogène (pH).....	64
Tableau IV-09 : Variation de la conductivité électrique.....	64
Tableau IV-10 : Variation de l'Oxygène dissous	65
Tableau IV-11 : Variation de turbidité	67
Tableau IV-12 : Variation des Résidu Sec	68
Tableau IV-13 : Variation de MES (Méthode de filtration)	69
Tableau IV-14 : Variation de chlorure [Cl ⁻]	70
Tableau IV-15 : Détermination de TAC	71
Tableau IV-16 : Variation de [Ca ⁺]	72
Tableau IV-17 : Variation de Mg ²⁺	73
Tableau IV-18 : Détermination de Na ⁺	74
Tableau IV-19 : Variation de Na ⁺	74
Tableau IV-20 : Détermination de K ⁺	75
Tableau IV-21 : Variation de K ⁺ entre les deux campagnes.....	76
Tableau IV-22 ; Variation de Nitrite (NO ₂ ⁻)	77
Tableau IV-23 ; Variation de Nitrates (NO ₃ ⁻).....	78

Tableau IV-24 : Variation de l'Azote d'Ammoniac (NH_4^+)	79
Tableau IV-25 : Variation de phosphate (PO_4^{3-})	80
Tableau IV-26 : Variation de Sulfate SO_4	81
Tableau IV-27 : Détermination de la DBO_5	82
Tableau IV-28 : variation de DCO	83
Tableau IV-29 : Variation de la salinité.....	84
Tableau IV-30 : Variation de SAR entre les deux compagnes.....	85
Tableau IV-31 : Variation de $\text{SAR}_{\text{ajusté}}$ entre les deux compagnes.....	88
Tableau IV-32 : variation de RSC entre les deux compagnes.....	89
Tableau IV- 33 : Récapitulatif des résultats finaux d'analyse d'eau du barrage Ghrib.....	90

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux

A.N.B : Agence Nationale des Barrages de transfère.

AgNO₃:Nitrates d'argents.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

cm : Centimètre.

CE : Conductivité électrique

°C : degré Celsius.

Ca²⁺: Calcium.

CaSO₄: Sulfate de calcium.

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

Echant : Echantillon.

E .D .T.A : Acide Ethylène diamine Tétracétique.

FAO : Food and Agriculture Organisation

H : heure.

Hm³ : Hectomètre cube.

H₂SO₄ : Acide sulfurique.

Km : kilomètre.

L/S : Litre par Seconde.

mg/l : milligramme par litre.

m : mètre.

m³ : mètre cube.

Max : Maximum.

mg/l : milligramme par litre.

Min : Minimum.

ml : millilitre.

m/s : mètre par seconde

Méq : Milliéquivalent.

MES : Matière en suspension.

Mg²⁺: Magnésium.

NH₄⁺ : Azote d'ammoniac.

NaCl: Chlore de sodium.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

NO²⁻: Nitrites.

NO³⁺:Nitrates.

NaCl: Chlore de sodium.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : potentiel d'Hydrogène.

PO₄⁻: phosphore

ppm: partie par million

RSC : Carbonate de Sodium Résiduelle

Rs : Residue sec

SO₄⁻²: Sulfate.

SAR: Sodium Adsorption Ratio

TA: Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique complet

µs/cm : micro-siémens par centimètre.

% : pourcentage.

(+) : positive.

(-) : négatif.

Résumé :

Le but de notre étude est de voir l'aptitude des eaux du barrage GHRIB à l'irrigation. Sur le plan physico-chimique ainsi que biologique ; et d'après les résultats obtenus par les analyses on peut conclure que les eaux du barrage GHRIB sont de qualité Médiocre et l'utilisation de ces eaux à l'irrigation aura de conséquences graves sur les sols et sur les plantes. Ainsi que le risque de pollution reste un vrai problème dans les oueds qui alimentent le barrage ; à cause de la contamination par l'utilisation excessive des engrais, les rejets domestiques, les rejets agricoles et l'industriel.

L'alcalinité résiduelle RSC (Carbonate de Sodium Résiduelle) affiche des valeurs négative, donc l'utilisation de cette eau ne pose aucun problème de dégradation des sols.

Mots clés : barrage Ghrib ;;Qualité des eaux ; Irrigation ; Contamination.

ملخص :

الهدف من دراستنا هو معرفة قابلية مياه سد " غريب " للري من الناحية الفيزيائية الكيميائية و البيولوجية و من خلال نتائج التي تحصلنا عليها بعد التحليل نستنتج أن مياه سد غريب ذو نوعية متدهورة على العموم إن استعمال هذه المياه في الري يشكل خطورة على التربة و على النبتة.

و تبقى إمكانية التلوث مطروحة بالنسبة للأودية التي تصب في السد بسبب الاستعمال المفرط من الأسمدة و كذلك الفضلات الفلاحين و الفضلات المنزلية.

كربونات الصوديوم المتبقية القيم تختلف من منطقة إلى أخرى لكنها تبقى متدنية لجميع المياه, هو سلبي

وبالتالي فإن استخدام هذه المياه لا يطرح مشكلة تدهور الأراضي

مفتاح الكلمات: سد غريب, ري , تلوث.

Abstract:

The purpose of our study is to see the ability of GHRIB dam's water for irrigation. The physico-chemical and biological analyses were done to evaluate this ability. From the obtained results, we can conclude that the GHRIB dam waters have a poor quality and the utilisation of these water in irrigation has a bad consequences for the soil and plants. Also the risk of pollution remains truly problem in valley's that feed the dam, because of the contamination by

the excessive utilisation of pesticides or fertilizers, domestic discharges, agricultural and industrial waste.

Residual alkalinity RSC (residual sodium carbonate) displays negative values, however the use of this water doesn't pose problems for soil degradation.

I- Introduction Générale

Dans le monde entier, l'eau est le principal facteur limitant la production agricole. Le développement de l'agriculture fait recours à l'irrigation qui devient une nécessité pour produire suffisamment afin d'assurer les besoins alimentaires des populations. Selon l'USSR(2001) et d'après Lahlou et al., 2002, 35 à 40% de la nourriture produite au monde provient des 15% des terres arables cultivées en irrigué.

Quant nous avons fait un bilan de disponibilités en eau pour l'irrigation, on tient compte à la fois de la quantité et de la qualité ; pourtant, on a souvent négligé l'aspect qualitatif. De la qualité, on doit pouvoir déduire dans quelle mesure un approvisionnement en eau répond aux besoins des destinataires, c'est pourquoi il faut l'évaluer d'après son adaptation à l'utilisation envisagée (Ayers et Westcot, 1984).

En agriculture irriguée, la majorité des problèmes proviennent de la qualité des eaux d'irrigation ce qui nécessite de prédire que les problèmes qui peuvent se développer lorsque différentes eaux d'irrigation sont utilisées ce qui nous oblige de suivre un système de classification de la qualité de l'eau qui est complètement différent à celles utilisées pour l'industrie, la vie aquatique et la santé.

Dans notre zone d'étude, les besoins en eau d'irrigation sont en accroissement continu avec l'augmentation des superficies agricoles menées et intensive, ce qui nécessite un suivi quantitatif et qualitatif des eaux pour participer à un développement durable de l'agriculture.

➤ Objectifs

1. Objectif général

Favoriser à travers l'irrigation une augmentation de la production agricole du périmètre et une amélioration des revenus des exploitants.

2. Objectifs Spécifiques

D'une manière plus spécifique, on se propose de cerner les points suivants:

* Déterminer les analyses physico-chimiques d'eau d'irrigation.

* Estimer les ressources en eau disponibles en période de crue et étudier la qualité de l'eau pour l'irrigation.

Pour répondre à cet objectif, notre travail est structuré selon les étapes suivantes :

- **Le premier chapitre** nous l'avons réservé pour l'étude des normes et les paramètres de la qualité des eaux d'irrigation ainsi que la tolérance des cultures par rapport à la salinité et l'alcalinité
- **Le deuxième chapitre** est consacré à la présentation de la zone d'étude (situation, climatologie, géologie ; topographie, hydrogéologie, ressources en eau et cultures)..
- **Le troisième chapitre** nous présentons les matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de notre travail.
- **Le dernier chapitre**, comporte les résultats et discussions de notre étude.
- **Intérêt de l'étude**

Cette étude va servir comme document de base destiné à être utilisé dans toutes opérations relatives à la qualité des eaux d'irrigation.

Et ce n'est qu'au vu de cette expérimentation et si les résultats s'avèrent encourageants qu'on pourra décider de l'investissement à engager sur les analyses physicochimique des eaux d'irrigation.

- **Problématique de notre étude**

Dans toutes les zones du pays où l'on pratique l'agriculture, La qualité des eaux d'irrigation est le problème majeur pour la production agricole. Ce dernier ne permet pas de diversifier les cultures par l'introduction des denrées à haut rendement et à haute valeur ajoutée dans l'économie des exploitants. La qualité des eaux destinés à l'irrigation jouent un rôle très importante dans le domaine agricole, mais jusqu'à maintenant l'agriculteur pratique l'irrigation avec des eaux pollués, à cause de manque d'analyse des eaux d'irrigation.

Dans notre zone d'étude, les besoins en eau d'irrigation sont en accroissement continu avec l'augmentation des superficies agricoles, ce qui nécessite un suivi quantitatif et qualitatif des eaux pour participer à un développement durable de l'agriculture.

Aperçu bibliographique

I.1.Introduction

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique en laboratoire. L'importance de l'étude de la qualité des eaux d'irrigation en particulier dans la connaissance des états de dégradation que subissent les ressources en eau destinée à l'irrigation, donc les ressources en eau risquent de devenir inaccessible .

I.2. Différents polluants et leurs origines

I.2.1. Définition

Un polluant pourrait être défini comme : « Une espèce d'origine naturelle ou anthropique, répandant à un deux critère suivants : - Une substance présente dans l'environnement en quantité suffisamment importante pour entraîner les effets indésirables sur les écosystèmes ou la santé humaine. - Une substance montrant des concentrations de plus d'un ordre de grandeur supérieures au fond géochimique local. » (Olivier , 2005).

I.2.2.Types de pollutions

1 - Pollution temporaire et pollution chronique : L'émission exceptionnelle de matière polluante à la suite d'un incident peut entraîner un transfert à la nappe et conduit à sa pollution dont la durée dépend de son pouvoir d'autoépuration et de sa vitesse de percolation.

2 - Pollution ponctuelle et pollution diffuse : Le polluant émis sur une faible surface n'effectuera qu'un secteur limité de la nappe, qui pourra s'étendre par diffusion. Seuls les captages à proximité de la zone polluée et en aval seront affectés. Selon la densité et la solubilité du polluant, la zone polluée sera circonscrite ou diffuse à la surface ou à l'intérieure de la nappe. (Felfoul ,1999).

3 - Pollution linéaire : Elle accompagne le trajet des routes, des canaux, des cours d'eau ...etc. (Felfoul ,1999).

I.2.3. Origine de la pollution

1- pollution domestique

Les eaux domestiques comprennent les eaux des diverses toilettes et eaux ménagères qui englobent les autres eaux notamment celles qui résultent des lavages (Jean, 1986).

2- Pollution industrielle

Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration (comme par exemple, les métaux lourds, les composés cyanurés ou phénols, les pesticides et hydrocarbures divers...)

3. pollution d'origine agricole :

Il convient d'en distinguer la pollution émise à partir des sols agricoles, en raison des excédents d'azote provenant aussi bien des pratiques de fertilisation incluant l'épandage des déjections animales, lisiers parfois, fumiers surtout que des modes de gestion des sols. Cette pollution diffuse agricole est la plus difficile à appréhender et à combattre. C'est pour elle qu'a été mise en œuvre en France la politique spécifique que nous allons décrire.

I.2.4. Classification des pollutions :

1. Pollution chimique :

Est provoquée par le rejet dans les rivières et fleuves de matières organiques ou minérales.

Il s'agit essentiellement des eaux d'égouts urbains, des effluents des industries agricoles (laiteries, porcheries industrielles) et alimentaires, et d'une partie des eaux de papeteries et d'industries textiles, les matières organiques non dégradables par les fermentations, c'est-à-dire par l'action de micro-organismes vivants.

En ce qui concerne l'origine de tous ces déchets, nous retrouvons les trois rubriques classiques : effluents industriels: acides, phénols, cyanures, détergents, hydrocarbures effluents agricoles : Epandage excessif d'engrais de pesticides .effluents urbaines : détergents etc (Jean, 1986).

2. Pollution organique :

Ce type est dû principalement aux rejets urbains et certains rejets industriels en particulier : laiterie, fromagerie et abattoir. Toutefois dans ce type de pollution on distingue deux groupes :
- Pollution organique biodégradable -Pollution organique non-biodégradable

✓ **Pollution organique biodégradable :**

Elle est caractérisée par la présence des molécules simples (glucide) qui sont facilement assimilables par les micro-organismes, matières organiques biodégradables qui sont à l'origine de diminution de la teneur de l'oxygène dissous dans le cours d'eau (Ben safia, 1992).

✓ **Pollution organique non-biodégradable :**

Elle regroupe des molécules plus complexes ramifiées et azotées. Le paramètre d'estimation de la matière organique biodégradable et la demande biochimique en oxygène (DBO) (Bensafia, 1992).

c. Pollution physique : Due à la présence de matière en suspension, parfois de colloïdes : elle se traduit par un trouble ou une coloration plus ou moins prononcée (Jean, 1986).

✓ **Pollution thermique**

Elle résulte des rejets d'eaux à température trop élevée (eaux de refroidissement, par exemple) qui influe à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique du milieu (Boeglin, 2004).

✓ **Pollution radioactive**

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouve sa source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations et centrales nucléaires, exploitation de mines d'uranium, traitement des déchets radioactifs...). (Boeglin ; 2004).

3. Pollution biologique : Ce sont essentiellement les bactéries pathogènes certaines virus et protozoaires qui peuvent infecter l'homme et lui causer les maladies telle que la salmonellose, la shigellose, la poliomyélite, généralement ces agents proviennent des excréta des porteurs sains ou des malades (Mamadou, 2005).

I.3- Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies.

Une eau est conforme à l'irrigation est une eau dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes.

L'exemple du, tableau(05) donne les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation (Maynard et Hochmuth, 1997). Les normes varient selon les pays, mais dans la majorité des pays on fait référence, à quelques exceptions près, aux cinq critères de qualité sus cités (Maynard et Hochmuth, 1997).

Tableau 01 : Normes de l'eau d'irrigation

Paramètre de l'eau	symbole	unité	Valeur maximale admissible
Conductivité électrique	CE	DS/m	3
Total des sels dissous	TDS	mg/l	2000
Calcium	Ca ⁺⁺	mg/l	400
Magnésium	Mg ⁺⁺	mg/l	60-75
Sodium	Na ⁺	mg/l	92
Carbonates	CO ₃ ⁻	mg/l	3
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻³	mg/l	610
Chlore	Cl ⁻	mg/l	1065.
Sulfate	SO ₄ ⁻	mg/l	960
Nitrate	NO ₃ ⁻	mg/l	10
Ammonium	NH ₄ ⁺	mg/l	5
Phosphate	PO ₄ ⁻	mg/l	2
Potassium	K ⁺	mg/l	2
Potentiel hydrique	PH		6-8,5

(FAO, 1996)

I.3.Directive d'évaluation de qualité des eaux

Les directives qui permettent d'évaluer la qualité de l'eau d'irrigation sont proposées par la **FAO**. (**F**ood and **A**griculture **O**rganisation) Elles constituent une première étape pour détecter les restrictions dues à une eau d'irrigation. Selon cette organisation mondiale. Elles mettent l'accent sur l'influence, à long terme, de la qualité de l'eau d'irrigation sur la production des cultures, les conditions du sol ainsi que les techniques culturelles.

Le tableau n° 06 est un instrument de gestion et comme beaucoup d'outils de ce type en agriculture, il constitue selon la **FAO**, une première étape dans la détermination des limites de la qualité d'une ressource en eau (Ayers et Wescott, 1988)

Tableau 02 : Les directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation selon la FAO

Nature de problème	Unité	Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère et modérée	Fort
Salinité Influe sur l'eau disponible pour la plante	/	/	/	/
CE	Ds/m	< 0,7	0,7 – 3	> 3,0
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
SAR – 0 - 3 et CE =		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
SAR -3 - 6 et CE =		> 1,2	1,3 – 0,3	< 0,3
SAR = 6 – 12 et CE =		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
SAR = 12 - 20 et CE =		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
SAR – 20 - 40 et CE =		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Sodium (Na)	SAR			
Irrigation de surface	még/l	< 3	3 - 9	> 9
Irrigation par aspersion	még/l	< 3	> 3	
Chlore (Cl)				
Irrigation de surface.	még/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigation par aspersion	még/l	< 3	< 3	
Bore(B)	mg/l	< 0.7	0,7-3	> 3
Effets divers				
Affecte les cultures sensibles				
Azote (N₀₃-N)*	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonate (HC₀₃)	mg/l	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
Pour l'aspersion sur frondaison				
PH		Zone normale : 6,5 - 8,4		

(FAO, 1988)

✚ Salinité :

1-1.Coefficient d'absorption du sodium

Des concentrations élevées du sodium peuvent être dommageables pour la plante, en place nous modifions les conditions physiques du sol (Glover, 1996).

L'analyse de la concentration du sodium dans l'eau d'irrigation ne peut être faite seule. En effet, l'influence du sodium dépend des concentrations en calcium et en magnésium. Aussi plutôt que de parler de la concentration en sodium, nous parlons d'une valeur qui tient compte des effets mutuels du sodium, du calcium et du magnésium. Il s'agit de ratio - d'adsorption du sodium par le sol. Le SAR (Sodium Adsorption Ratio).

Le (SAR) est calculé par la formule de Gapon (1933) suivante :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{((Ca^{2+}+Mg^{2+})/2)}} \dots \dots \dots (1)$$

La concentration de Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ est exprimée en milliéquivalent par litre

* **Pour coefficient d'adsorption du sodium S.A.R**

- **S1 : S.A.R < 10**

L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

- **S2 : 10 < S.A.R < 18**

Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol .ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

- **S3 : 18 < S.A.R < 26**

Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques .S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps. S'il n'y a pas de gypse, il faut ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.

- **S4 : S.A.R>26**

Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendements analogues permet l'utilisation.

Tableau 03 : Risque de sodium pour l'eau d'irrigation

Le risque de SAR dans l'eau d'irrigation		
Classification de l'eau	SAR	Notes
Nul	<3.0	Pas restriction sur l'utilisation d'eau
Léger à modéré	3.0-9.0	Entre 3 et 6 une attention particulière doit être reportée sur les récoltes sensibles. -entre 6 et 8 du gypse doivent être prélevés et examinés tous les 1 ou 2 jours pour déterminer si il y a une augmentation des teneurs en Sodium
Elevé	>9.0	Domage sévère

(Extrait à partir des directives Australiennes de qualité de l'eau pour les eaux fraîches et marines in (Benanaya ; 2011).

➤ **SAR_{aj}** : l'effet sur le SAR est évalué à partir d'une nouvelle formule du SAR "ajusté", et donnée par la formule suivant :

$$SAR_{aj} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} [1 + 8,4 - pHc] \dots \dots \dots (2)$$

Les valeurs des tables sont ensuite introduites dans la formule du pHc :

$$pHc = (pK_2 - pK_c) + p(Ca + Mg) + p(Alk).$$

$$(pK_2 - pK_c) = Ca + Mg + Na \text{ en meq/l.}$$

$$p(Ca + Mg) = Ca + Mg \text{ en meq/l.}$$

$$p(Alk) = CO_3 + HCO_3 \text{ en meq/l.}$$

Voir le tableau n°07 dans l'Annexe (page 01)

I.4. Classification des eaux d'irrigation

I.4.1. Classification mondiale FAO

La classification donnée en fonction de la concentration des sels :

- 1 g/l bonne à irrigation

- 3 g/l faiblement salée
- 5 g/l moyennement salée
- 10 g/l fortement salée
- > 10 g/l extrêmement salée

I.4.2. Classification des eaux par L'USSL-RIVERSIDE (1954) :

Cette classification est basée sur l'effet direct des eaux d'irrigation par apports aux sels de l'USSL Mg et au sodium. L'impact de ce dernier est exprimé par le SAR. La classification de l'USSL préconise des domaines de qualité des eaux pour prédire les effets de ces eaux d'irrigation.

Tableau 04: Classe de danger d'alcalinisation du sol(SAR)

S₁ : 0 < SAR < 10	Eaux utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols.
S₂ : 10 < SAR ≤ 18	Le danger d'alcalinisation des sols est appréciable dans les sols à textures fin et à forts capacité d'échange.
S₃ : 18 < SAR ≤ 26	Eaux pouvant provoquer l'apparition d'alcalinité dangereuse plus part des sols (sols pauvres en argiles)
S₄ : SAR > 26	Eaux souvent inutilisables pour l'irrigation, présentant un grand danger d'alcalinisation.

(Durand, 1960)

I.4.3. Classification des eaux d'irrigation par la méthode de Richards

Les classes des eaux d'irrigation selon le diagramme de Richards, sont divisées de C1S1, C1S2...C4S4), sont déterminées en fonction du SAR (en ordonnées pour la lettre S) et à la conductivité électrique (en abscisses pour la lettre C). Ainsi la classe C1S1 (coin bas à gauche) est considérée comme excellente car elle correspond à des valeurs minimales du SAR et de la conductivité ; en revanche, la classe C4S4 (coin haut à droite) est mauvaise, car les valeurs du SAR et de la conductivité sont à leur maximum.

Trois classes apparaissent – admissible, médiocre et mauvaise – chacune présentant ses propres caractéristiques.

• **Admissible (C₁S₁- C₂S₁-C₃S₁, C₁S₂- C₂S₂- C₃S₂)** : En général, il s'agit d'une eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. Cependant, l'évolution de la salinité doit être contrôlée.

- **Médiocre (C₄S₁-C₄S₂)** : L'eau est fortement minéralisée et est susceptible de convenir à l'irrigation de certaines espèces (concombre...) bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.
- **Mauvaise (C₄S₃ – C₄S₄)** : Cette eau ne convient généralement pas à l'irrigation, mais peut être utilisée sous certaines conditions : sols très perméables, bon lessivage, plantes très tolérantes au sel (choux, betterave...).

Conclusion

L'utilisation massive des engrais chimiques et des pesticides en agriculture ainsi que les rejets des eaux usées domestiques et industrielles dans la nature contribuent à la dégradation de la qualité des ressources en eau (eaux de surface et souterraines). Le transfert de ces polluants dans les eaux se fait soit par infiltration, soit par drainage des eaux pluviales.

Les terres agricoles et leur formation et même leur texture, sont menacées de dégradation par les eaux polluées ainsi que la salinité qui joue un rôle dans le déséquilibre de sol et par conséquent la diminution de rendement agricole.

Introduction

Le bassin versant de l'Oued Cheliff- Ghrib a été choisi comme bassin d'application de notre travail pour la diversité des données qui y sont disponibles, et malgré l'absence quasi totale d'études sur ce bassin.

L'abondance des données semble parfois induire une vision globale satisfaisante du bassin versant.

En fait, les choses ne sont pas si simples et les mesures dont on dispose, ainsi que les interprétations qui en découlent sont parfois complexes.

Nous présentons ici les principales caractéristiques du bassin, les données du milieu physique dont nous disposons, et l'interprétation que nous pouvons en faire quant au fonctionnement hydrologique de notre site d'étude.

II.1. Situation géographique du Haut Cheliff

La région hydrographique Cheliff-Zahrez s'étend, sur une superficie de 56.000 Km², s'étendant du Nord, de la mer méditerranée au sud de l'Atlas saharien, et de l'Ouest par la région Oranaise-chott-cheroui-, à l'Est par la région est bordée par l'Atlas tellien au Nord et de l'Atlas Saharien au sud.

Le Bassin du Haut Chéiff est situé à 110 km au Sud-ouest d'Alger (Figure N°1), faisant partie de la plaine du Cheliff et à 350 m d'altitude. La superficie du bassin versant du haut Cheliff est de 1935 km², avec un périmètre de 220 km (Hassan, 2005).

Elle est limitée naturellement:

- Au Nord par la continuité occidentale du djebel Zaccar Miliana (1578 m d'altitude).
- Au Sud les contreforts de l'Ouarsenis qui culmine près de Bordj-bounaama wilaya de Tissemsilet.
- A l'Est par djebel Gantas (seuil de Djendel)
- A l'Ouest par le mont de Djebel Doui (seuil de Doui)

Ce bassin possède un réseau de distribution sous pression pour l'irrigation par aspersion d'une superficie estimée à 37000 hectares équipés (Khadraoui,1979).

Le climat de Haut Chéiff est caractérisé par un climat méditerranéen, est un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale avec un été très chaud et très sec, tempéré seulement en bordure de la mer, l'hiver est très frais et plus humide. Ce climat est qualifié de xéothermique. Le climat méditerranéen est caractérisé par une concentration hivernale des précipitations, l'été étant sec.

Le réseau hydrographique est caractérisé par un régime d'écoulement temporaire. En saison pluvieuse, les eaux issues des principaux affluents représentés par les Oueds, Souffay, Boutane et Rayhane au Nord et Oued Deurdeur, Massine et Harraza au sud, sont collectées au centre de la plaine de Oued cheliff (le plus long cours d'eau d'Algérie) qui draine toutes les eaux du bassin versant vers l'exutoire au niveau de Mostaganem (*Messarar et al., 2009*).

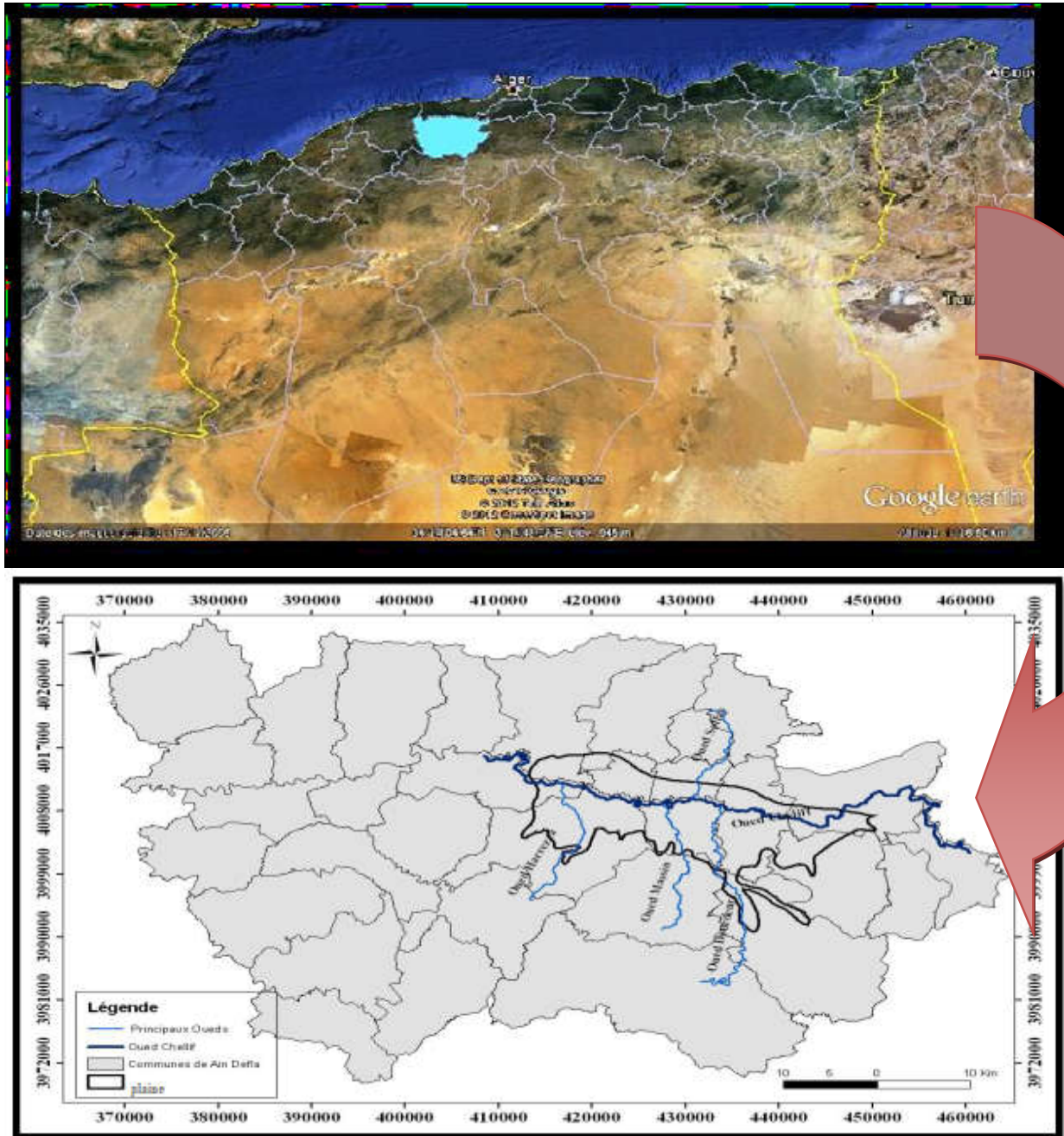


Figure01 : Situation géographique de la zone d'étude (plaine de Haut Chélif)(Mokhtari,2008)

II.2. Présentation générale

Le bassin versant de l'oued Cheliff-Ghrib est de forme allongée dans l'axe du cours d'eau principal. L'oued est un affluent de l'oued Cheliff. L'exutoire se trouve à environ 20Km au Sud-ouest de la wilaya de Médéa.

Le bassin versant de l'oued Cheliff- Ghrib a une superficie de l'ordre 1379 Km². Il est caractérisé par un relief fort car la dénivelée spécifique est comprise entre 250 et 500 m.

Le modèle numérique du terrain calculé pour ce bassin, a donné de bons résultats. A partir de ce dernier, on a pu caractériser morphologiquement le bassin de Cheliff-Ghrib. Cette caractérisation a donné une idée plus précise sur la morphologie du bassin versant de notre étude.(Mokhtari,2008)

II.3. Situation Géographique

Le bassin versant de l'oued Cheliff Ghrib fait partie du bassin de l'oued Cheliff (Figure II.2). Il se situe à 100 km au Sud-ouest d'Alger, entre 2°25' et 3°45' de longitude Est et entre 35°45' et 36°00' de l'altitude Nord. D'une altitude moyenne de 895 mètres, il draine une superficie de 1378,67 km². L'oued Cheliff Ghrib parcourt une distance de 79,9 km suivant une orientation Sud-est à l'Ouest du bassin versant, le relief atteint une altitude de 1500 mètres, tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 400 mètres.



Figure02 : Situation du bassin d'étude (oued Cheliff-Ghrib) (Mokhtari ,2008)

II.4. Morphologie du bassin

II.4.1. Caractéristiques physiques

a. Géologie du bassin

La structure tectonique joue un rôle prépondérant dans la morphologie de cette région (Berouaghia). A l'allochtone correspond des sommets élevés mais au relief assez mou et à l'architecture anarchique. Par contre, à l'autochtone créacé correspond des reliefs orientés

généralement Est-West, parallèles aux axes et replis tectoniques, cet ensemble est dominé par la terminaison occidentale des Bibans dont la masse de flysch culmine à 1249 m. Seule la vallée de l'Oued El Akoum est orientée Nord-Sud, constituant une excellente voie de passage pour la grande route Alger-Laghouat. A l'Est de Berrouaghia, une dépression topographique correspondant aux marnes du Crétacé supérieur sépare les Bibans de la zone sud –telliennne, et facilite les communications en direction de l'Est.

Le quaternaire est assez réduit. Outre quelques placage d'éboulis sur les pentes, il est constitué essentiellement de remplissage d'alluvions plus ou moins fins dans les lits des oueds, avec localement des restes de terrasses plus anciennes témoignant d'une reprise d'érosion actuelle.

Le Miocène affleurant dans la partie Nord de la feuille constitue la bordure méridionale du grand bassin de Médéa, qui se prolonge à l'Ouest par le bassin du Chélif et à l'Est vers Bouira.

Une série oligocène de même faciès que celle connue plus à l'Est sur la feuille Souagui au Draâ el Mensdjel, ou l'on observe sur plusieurs centaines de mètres des grès grossiers à huitres, des marnes sableuses grises et des calcaires détritiques, attribués à l'Oligocène. Sénonien autochtone – on distingue du bas en haut :

Épaisse série (460m) de marnes grés –bleuté, à petit intercalations calcaires (calcaires sublithographique brun-clair et calcaire argileux gris) avec au milieu de la série, une passé (70m) de marnes grises à boudins et miches calcaires abondants ; les marnes sont ferrugineuses au dessus de cette passée.

Cuesta de calcaire bien lités, gris calcaires dont l'épaisseur varie du 8 à 15 m du sud au Nord. Au niveau des calcaires organogènes à Bryozoaires.

Gros bancs massifs de calcaires gris-clair à pate fine, et avec à la base de rares niveaux marneux à débit schisteux (Boulaine, 1956).

b. Végétation du bassin versant

Aux nappes telliennes, généralement dépourvues de toute végétation, s'oppose le Crétacé des Biban. Celui-ci est inégalement recouvert d'espèces différentes :

- au flysch Albien correspond une végétation ou dominant les épineux et les chênes verts, accompagnés de rares chêne-liège ;
- sur les marnes cénomaniennes, formant la dépression de Berrouaghia, se cultivent la vigne et un peu de céréales ;
- sur les séries marneuses du Sénonien poussent, là ou elle n'a pas été détruite par les chèvres et les moutons ou par le feu pendant la guerre, une maigre forêt de pins.

- Les pins d'Alep et les genévriers couvrent la majeure partie de la zone crétacée où ne se rencontrent que de maigres cultures de céréales dans les clairières ou dans l'étroite vallée du Cheliff.

- Par contre, dans le reste du pays, si les massifs gréseux ne supportent que des broussailles éparses, les dépressions marneuses et les grandes vallées alluviales sont couvertes par de riches cultures de céréales (blé et orge). (Mémoire; Mokhtari2008)

▪ Réseau d'irrigation :

La plaine du haut Cheliff présente entre les communes de DJENDEL à l'Est et la commune des ARIB Oust d'une longueur de 35 Km, la largeur moyenne est de 8 Km environ d'ouest Cheliff partage le périmètre en deux rives.

A- Rive droite :

D'une superficie géographique de 11305 ha répartie en cinq secteurs :

1. secteur n°1 **DJENDEL** 1610 ha.
2. secteur n°2 **AIN CHAIBA** 920 ha.
3. secteur n°3 **EL KHMIS** 3130 ha.
4. secteur n°4 **SIDI LAKHDAR** 2885 ha.
5. secteur n°5 **ARIB** 2700 ha.

B- Rive gauche :

D'une superficie géographique globale de 9730 ha répartie en trois zones :

1. zone ouest 4700 ha.
2. zone Est 1950 ha.
3. zone centrale 3063 ha.

Mais qui nous intéresse c'est la rive droite qui contient la plaine à étudier (Djendel) (Fersaoui ,2008)

II.5. Climat

Le climat est du type méditerranéen avec un hiver doux et pluvieux et un été chaud et sec. La pluie moyenne annuelle est de 300 mm avec un maximum de 600 mm et un minimum de 300 mm. Ainsi, on enregistre une variation inter et intra annuelle très prononcée des pluies.

Les températures sont généralement plus stables cependant des amplitudes thermiques souvent situées au mois de juillet (13.97 °c)

En raison de la température élevée qui s'établit à partir de juin jusqu'à septembre et de l'absence à peu-près complète de pluies pendant la même saison, il est facile de comprendre pourquoi la plupart des cultures annuelles (céréales d'hiver, fourrages, certaines cultures maraîchères, légumes secs), sont récoltées avant l'été. Les autres cultures maraîchères, poiriers et pommiers et céréales d'été ne peuvent être cultivées qu'avec le secours de l'irrigation. Par contre, la douceur des hivers favorise l'implantation de certaines (Amichi, 2009).

Les différents éléments caractérisant le climat, sont principalement : les précipitations, la température, le vent, l'humidité relative de l'air l'insolation

II.5.1. Caractéristiques climatiques

Le climat d'une région est influencé par de nombreux paramètres climatologiques qui sont:

- ✓ la température
- ✓ les précipitations
- ✓ les vents
- ✓ l'évapotranspiration
- ✓ l'humidité

Ces données sont prises soit de l'étude de (Seltzer) 1969 : « climat d'Algérie » à l'A.N.R.H d'El-khemiss

- la climatologie a essentiellement pour but :

- ✓ L'analyse complète des éléments météorologiques qui déterminent le climat.
- ✓ La recherche des causes qui expliquent les différents climats et les fluctuations qui les accompagnent.

II. 5.1.1. Analyses de Précipitation :

Les précipitations constituent l'un des éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné.

A .Précipitation Mensuelles Moyennes : Relevés mensuels moyens des précipitations sur les mois de (**Sep-Aout**) sur notre zone d'étude :

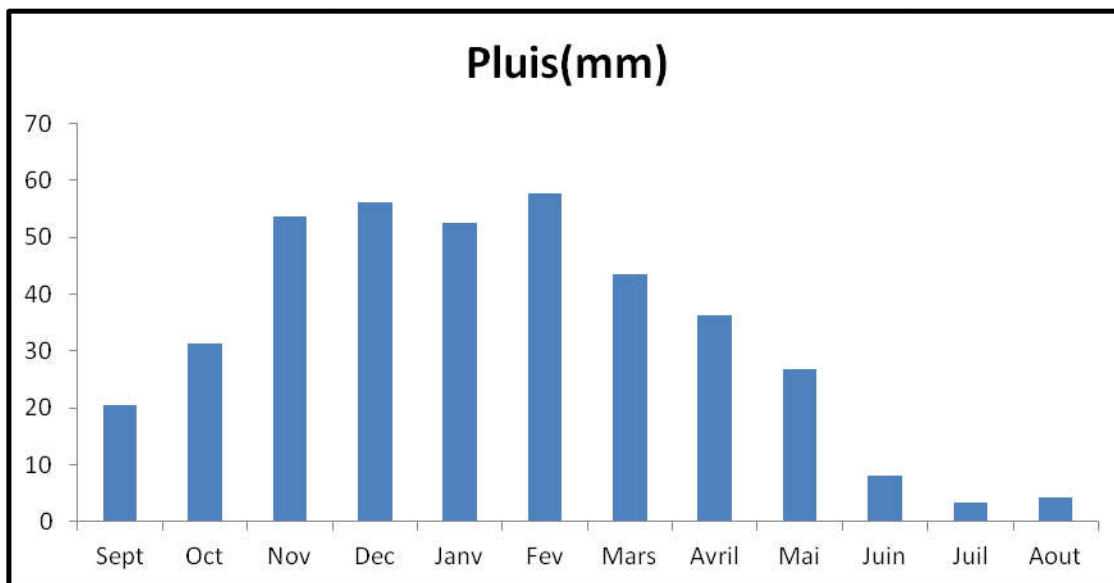


Figure 03 : Répartition Précipitations moyennes mensuelles (ANRH ,2014)

B .Précipitation Annuelles Moyennes

Relevés mensuels moyens des précipitations sur une période de 15 ans (2000 à 2014). Les précipitations moyennes annuelles sur la notre zone d'étude sont d'environ 469.04 mm/an et varient de 284.77 mm/an sur les parties les années (2000-2014)

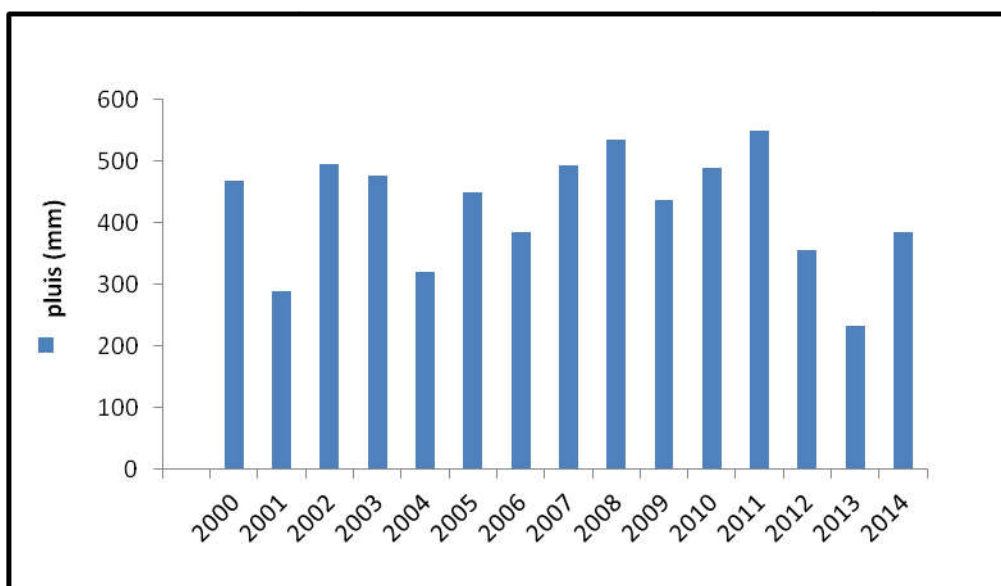


Figure 04 : Répartition Précipitations moyennes mensuelles (ANRH ,2014)

- Nous avons remarqué une variabilité et une irrégularité pluviométrique annuelle dans la figure (04), les années qui marquent une forte précipitation sont (2000, 2005, 2007, 2008,2009, 2010, 2011, 2012) avec des valeurs très élevées dépassent le 400mm/an, et dans ces années il ya qui caractérisée par des inondations.
- Les années de la sécheresse qui marque des mauvaises précipitations sont (2001,2002 ;2003 ;2004.2006.2014) avec des valeurs faibles et inferieur à 400 mm/an.

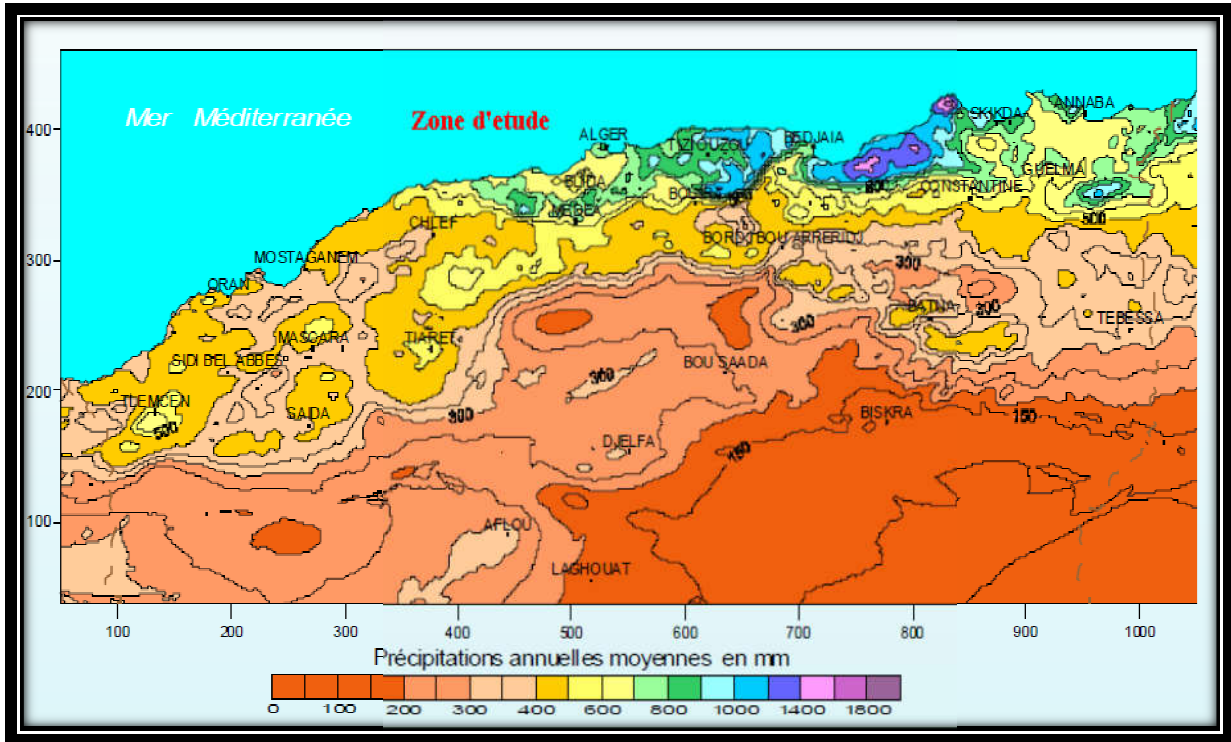


Figure 05: Carte de précipitation moyenne annuelle sur l'Algérie du nord.
(Mébarki et Laborde, 2012).

II. 5.1.2. Analyses des températures :

a. Températures moyennes mensuelles

Relevés mensuelles moyens des températures sur une période de 15 ans (2000 à 2014).

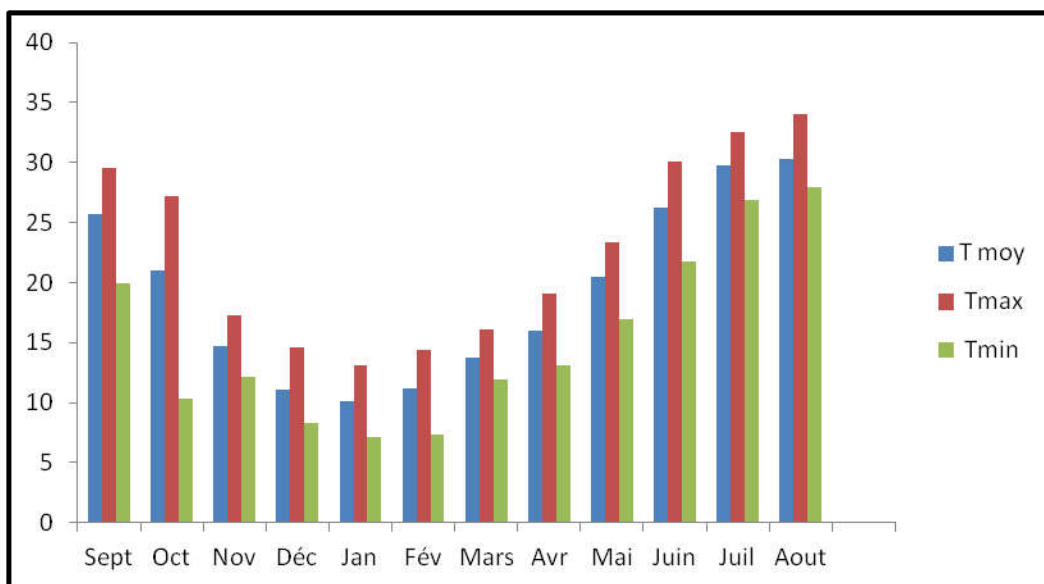


Figure 06: Répartition Température moyenne mensuelle (ANRH, 2014)

➤ D'après les résultats portés au l'histogramme ci-dessous ; trouve que :

La moyenne du mois le plus froids est de 10.17C° correspondant au mois de Janvier.

⇒ La moyenne du mois le plus chaude est de 30.3 C° correspondant au mois d'Aout.

⇒ La température moyenne annuelle est de 25.32C°.

II.5.1.3.Humidité :

L'humidité relative moyenne annuelle de l'air est de 67%. La plus grande humidité relative de l'air pendant la période hivernale atteint la valeur de 78%, et la plus petite valeur pendant la période estivale atteint 49.5%.

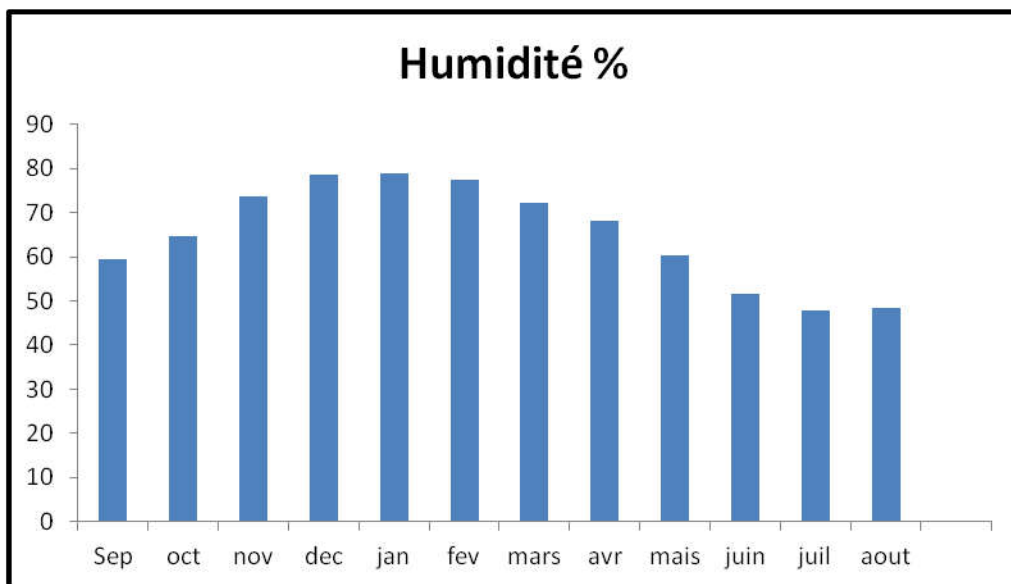


Figure 08 : Répartition d'humidité relative (ANRH, 2014)

➤ Nous avons remarqué une variabilité de l'humidité

⇒ Le mois le plus humide est le mois de Décembre avec 78%

⇒ Le mois moine humide est le mois de juillet avec 49,5%

II.5.1.4.Vent

Le vent constitue un facteur écologique important à des titres divers.

-Agent de transport.

-Facture climatique.

-Facture mécanique.

• les vents proviennent des directions suivantes :

N (%)	N.E (%)	N.O (%)	S (%)	S.E (%)	S.O (%)	O (%)	E (%)
1.2	16.5	6.1	3.5	1.4	10.8	16.8	6.5

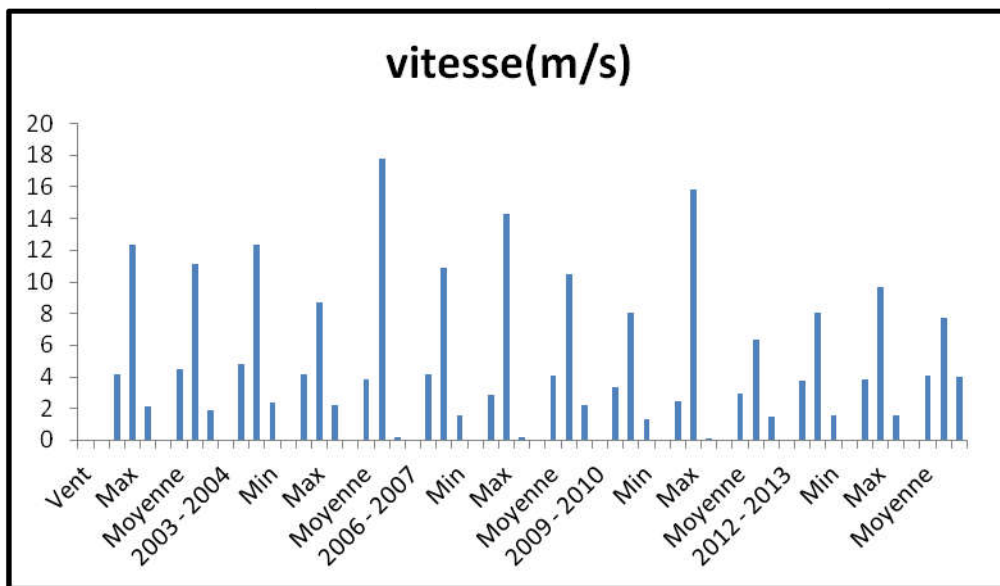


Figure 09 : Répartition vitesse des vents. (ANRH,2014)

II.5.1.5.Evaporation

L'évaporation se traduit par la transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau, elle dépend généralement de la température ambiante et des mouvements de l'air.

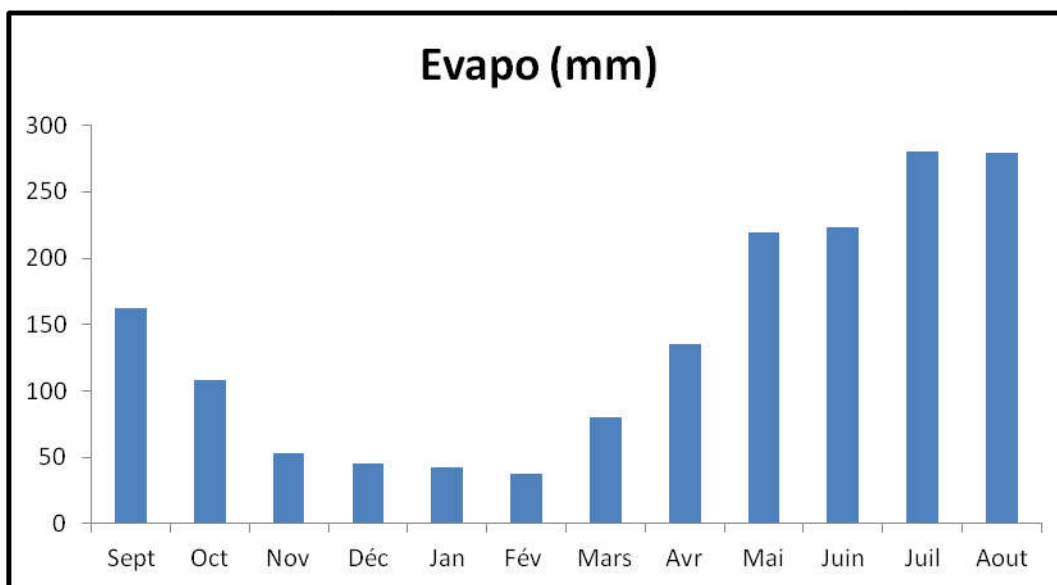


Figure10 : Répartition d'évaporation (ANRH ,2014)

- D'après l'histogramme nous avons remarque que l'évaporation est maximale dans les mois de juillet ; Aout, elles atteints 280.7mm.
- L'évaporation est minimale dans les mois Janvier ; février ; elles atteints (48-45) mm

II.2.Caractérisation du climat

1. Indice d'aridité de Martonne

C'est le degré de sécheresse du climat de la région. Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation. Il est calculé par la formule suivante :

$$IA = P / T + 10 \quad (01)$$

Avec:

IA: Indice climatique de Martonne.

P: Précipitation moyenne annuelle (mm).

T: Température moyenne annuelle (°C).

Donc :

$$IA = 19.5 / 30.3 + 10$$

$$IA = 10.65$$

Tableau 05: Les limites de climat d'après l'indice de Martonne

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

(Mébérki , 2012)

- Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à un régime de climat relativement Sec, et que l'irrigation, est indispensable.

2.Climagramme d'Emberger

La technique est fondée sur un diagramme dressé par EMBERGER (qui nous renseigne sur le climat, ainsi que le type d'Hiver dominants d'une région.

Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) spécifique au climat

méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique.

Nous avons utilisé la formule d'Emberger modifiée par Stewart (1969) adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit:

$$Q2 = 3.43 P / (M - m) \quad (02)$$

Q2: Quotient pluviométrique d'Emberger,

P : moyenne annuelle des précipitations (mm) ;

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en (degré kelvin) ;

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en (degré kelvin).

Pour : T max=30.3 °C, \implies M=30.3+273=303.3 kelvin

T min=10.17 °C \implies m=10.17+273=283.17kelvin

P=19.50mm.

Alors :

$$Q2 = 3.43 \times 19.50 / (303.3 - 283.17)$$

$$Q2 = 20.13$$

Le report de la valeur estimée du quotient pluviométrique (Q2=20.13) pour la moyenne annuelle des précipitations de Khemis ITGC sur le climagramme d'Emberger nous a permis de situer notre région dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers froid (Fig. n°11).

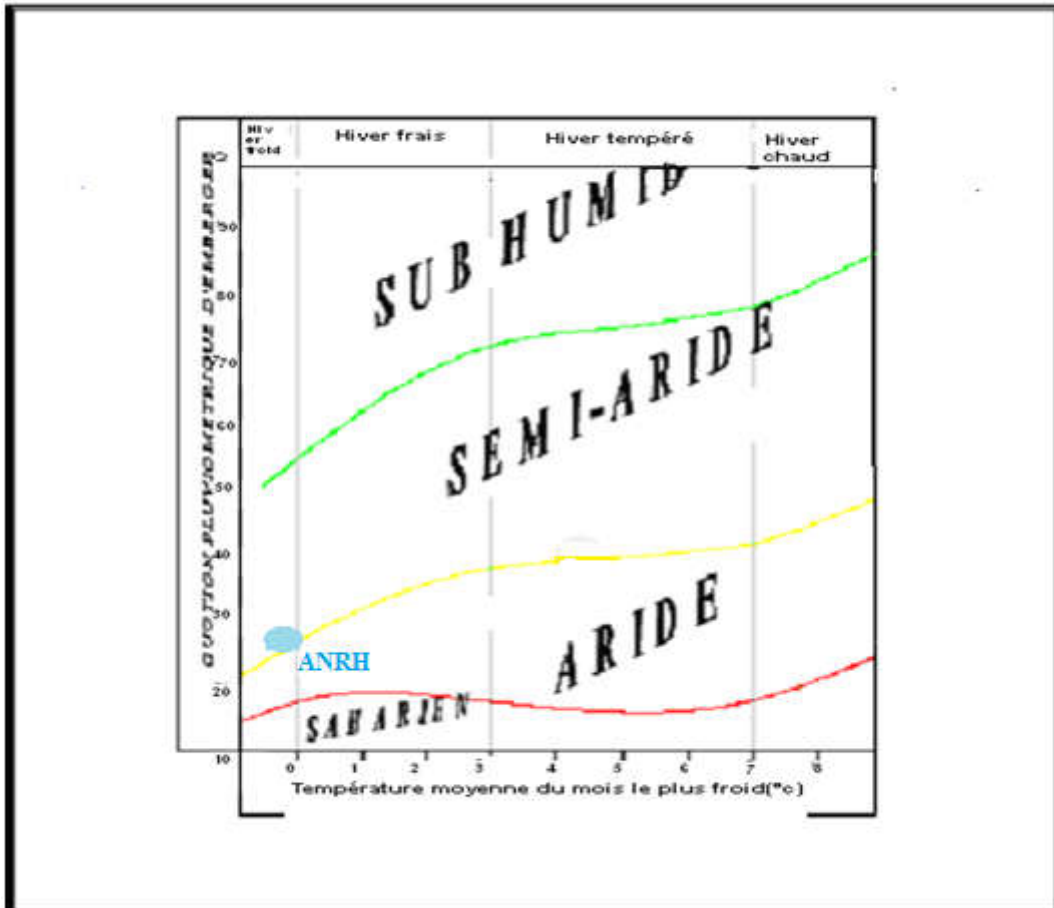


Figure 11 : Localisation de la plaine du Haut Chélif sur le climagramme d’Emberger

3.Climagramme pluviométrique de Gaussen

Le climagramme de Gaussen ou le diagramme embrothermique est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période où l’irrigation est indispensable (période sèche).

C'est une représentation graphique tracée à l'échelle spéciale $P = 2 T$

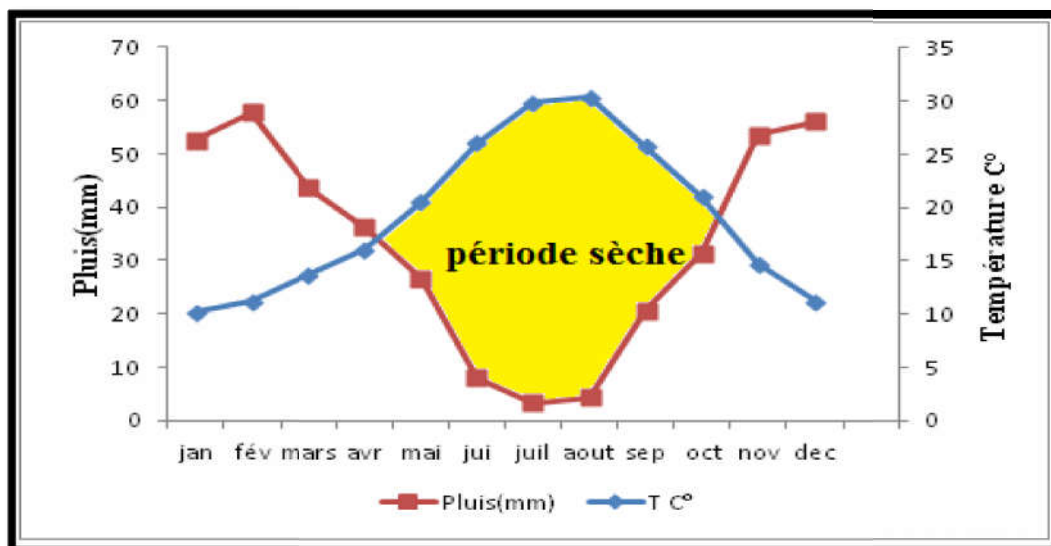


Figure 12 : Diagramme ombrothermique de la région d'étude pour la période (2000-2014)

- Un mois est considéré sec si sa pluviométrie moyenne (P) est inférieure ou égale au double de la température mensuelle (T) correspondante. C'est-à-dire $P \leq 2 T$
- D'après les résultats illustrés par le diagramme ombrothermique, nous constatons que six (6) mois sont secs (Mai jusqu'à Octobre) durant l'année. Alors, c'est dans cette période qu'il faut pratiquer l'irrigation pour compléter les besoins en eau des cultures.

II.6. Géologie et hydrogéologie

II.6.1. Géologie

Le secteur étudié est situé du point de vue géologique au niveau du flanc sud de la dépression du Haut Chélif où les alluvions plio-quaternaires recouvrent de temps à autre en discordance les terrains miocènes qui affleurent parfois au niveau du secteur d'étude et où ils sont constitués par des grès et argiles

II.6.1.1. Stratigraphie du Haut Chélif

La constitution stratigraphique du Haut Chélif caractérisée par des altérations et l'éruptif ancien du Zaccar et du Doui. Cette série comprend des roches intrusives, des roches d'épanchement vitreuses (Doléritiques, rhyolithoïdes, Andésites) des tufs volcaniques formés de débris des roches précédentes associés à des fragments de roches sédimentaires et passant latéralement à des micro brèches et à des schistes. La couverture est formée d'abord, par de puissants dépôts carbonates, puis schisteux. La dernière série forme les assises alluvionnaires du quaternaire. Dans le détail, on distingue de bas en haut :

- **Le Primaire:** Il est formé, par une alternance de schistes et des brèches sédimentaires attribuées au carbonifère (Kirèche, 1993).

- **Le Permo -trias** : Formés de schistes plus ou moins violacés alternant avec des quartzites roses et des conglomérats passant au sommet à des grés grossiers.
- **Le Jurassique** : Il est constitué dans le massif du Zaccar par des calcaires massifs, compactés, fracturés et karstiques, surmontés par des schistes gréseux et des marno- calcaires. L'ensemble de la série atteint une épaisseur de 700 m environ. Dans le Djebel Doui, le Jurassique est représenté essentiellement par des niveaux de calcaires dolomitiques d'épaisseur avoisinant à 80 m.
- **Le Crétacé** : le Crétacé affleure sur les bordures latérales de la plaine. il est représenté de la base au sommet par :
 - ✓ **Le Néocomien** : est une puissante série (800 à 1000 m) d'argiles schisteuses (Nord-ouest du Zaccar). On a aussi des calcaires Zoo gènes, lenticulaires peu épais, de teinte bleu, noir ou rosâtre.
 - ✓ **L'Albien** : d'un faciès flysch formé de schistes gris ou bruns noduleux, alternant avec de petits bancs quartzeux de 1000 m, d'épaisseur (Nord et Ouest du Zaccar, Nord d'El Khemis).
 - ✓ **d. Le Sénonien** : il est représenté par des marnes bleuâtres ou noirâtres feuilletées avec des calcaires jaunes et des intercalations de bancs calcaires marneux.
- **Le Miocène** : le Miocène peut atteindre 300 m d'épaisseur, il est constitué de la base au sommet par :
 - ✓ **Le Miocène inférieur (Burdigalien)** : repose sur des terrains plus Anciens Eocène et Crétacé, qui débutent par une formation conglomératique d'épaisseur environ 220 m. Cette formation est constituée essentiellement par des conglomérats polygéniques à des éléments de taille très variables, mal triés, avec des niveaux sableux ou gréseux mal stratifiés parfois gypsifères. Au sommet, les niveaux conglomératiques deviennent plus fins et passent progressivement à des marnes gréseuses rouge à brune verdâtre.
 - ✓ **Le Miocène supérieur (Vindobonien)** : est une série qui représente de base au sommet : des niveaux conglomératiques épais de 1 à 2 m, à ciment sablo- marneux, surmontés par un niveau marneux de couleur bleu, d'une épaisseur d'environ 50 m ; des marnes blanches alternant avec quelques bancs siliceux couronnés par un dépôt de grés et de sable, d'une épaisseur de 100 m environ. Une formation marneuse de couleur bleue, présentant un faciès argileux, parfois gypseux d'environ 90 m d'épaisseur.
 - ✓ **Le Mio-Pliocène** : le Mio-Pliocène est constituée par des galets Quartzeux, des conglomérats, des grés et des argiles détritiques, ainsi que le Travertin ancien déposé au niveau des sources du Zaccar.

- **Le Paléogène** : il affleure sporadiquement au nord, il est bien développé au sud de la plaine de Khemis-Miliana. Il est formé de grés siliceux et de grés blanchâtres ou roses, en bancs épais au sommet. On observe aussi une série argileuse à la base.
- **Le Quaternaire**: les dépôts quaternaires sont continentaux. On y distingue un Quaternaire ancien et un Quaternaire récent ;
 - ✓ **Le Quaternaire ancien** : est représenté essentiellement par des alluvions conglomératiques : galets, graviers et sables. Les alluvions du Quaternaire ancien sont observées au pied du massif du Zaccar, et en particulier à l'Est de Sidi- Lakhdar ; elles forment les vastes collines en bordure Sud de la plaine du Haut Cheliff.
 - ✓ **Le Quaternaire récent** : il est formé essentiellement de limons, dont l'épaisseur varie de 50 à 200 m; on y distingue de bas en haut :
 - Des limons bruns à rouge; les niveaux les plus anciens sont discordants sur le Quaternaire ancien. Ces limons recouvrent la presque totalité de la dépression sous forme d'alternance sablo-gréseuse.
- Des grés, visibles surtout sur les berges des oueds, formant ainsi des accumulations de niveaux très fins dont les épaisseurs peuvent atteindre cinq mètres; ce sont d'anciennes vases asséchées. Ces formations proviennent de l'érosion des reliefs avoisinants.
- Des alluvions actuelles formés de limons, de sables, de galets et de cailloutis au fond des talwegs et dans les zones de confluence des oueds et des méandres abandonnées. (Kahila, Achour, 2008)

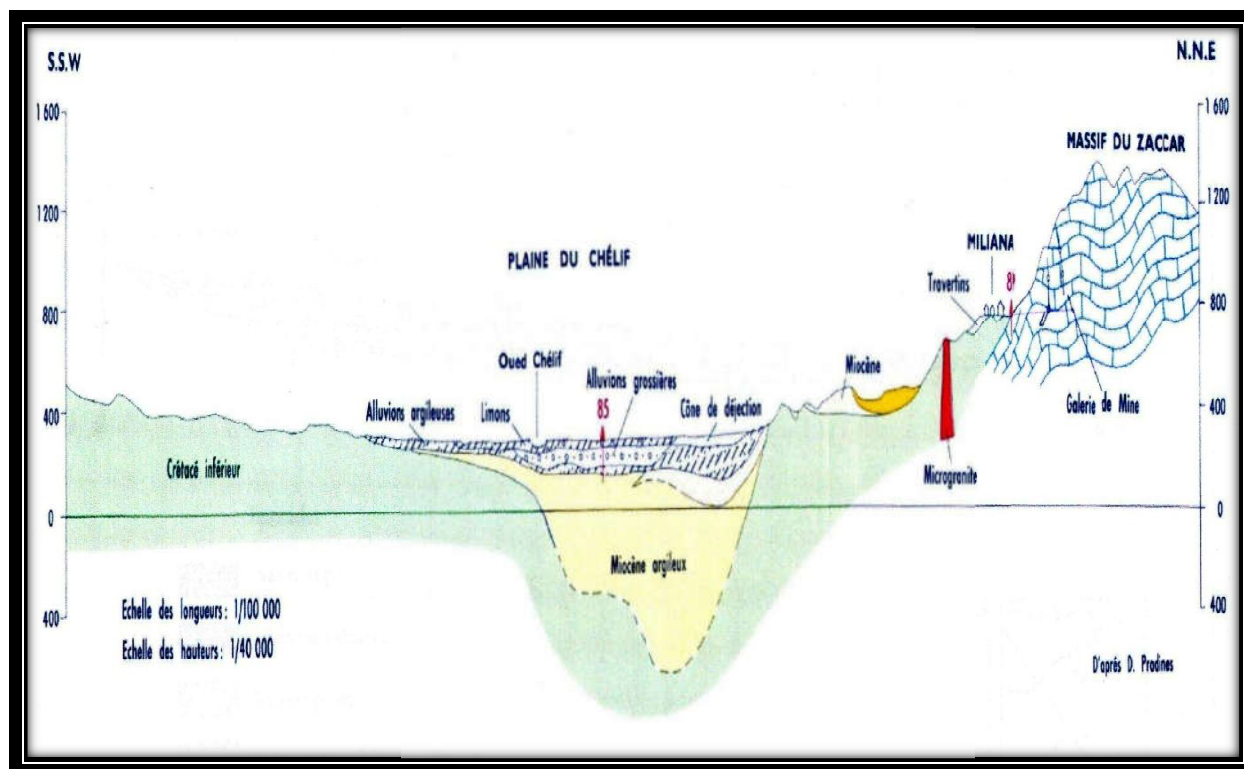


Figure 13 : la coupe interprétative transversale de la zone d'étude (Boulaine, 1956)

II.6.2. Hydrogéologie

L'analyse hydrologique de la plaine alluviale du bassin supérieur du Chélif permet de définir successivement les limites du réservoir alluvionnaire et de celui des formations gréseuses associées la géométrie du système aquifère et le bilan hydrologique. Après une description des unités géologiques les limites hydrologiques sont présentées il apparait que les dépôts aquifère sont épais (10 à 80m d'alluvion grossière, 5 à 300m de grés et poudingues) dans la partie central et septentrionale du bassin avec la présence de lacunes sédimentaire (Eocène, Oligocène et miocène) dans la zone méridionale.

II.7. Topographie et relief de la plaine

Sur le plan géographique, la topographie et relief de la plaine sont très variée par résultante de la combinaison entre deux facteurs (l'altitude et la pente), est présente des pentes fortes de l'amont de région de Djendel vers Khemiss Miliana et vers l'aval de Aribe, ce qui favorise des écoulements et ruissellement des eaux superficielle et souterraines avec de vitesse moyenne. (Fig.15 et fig.16).

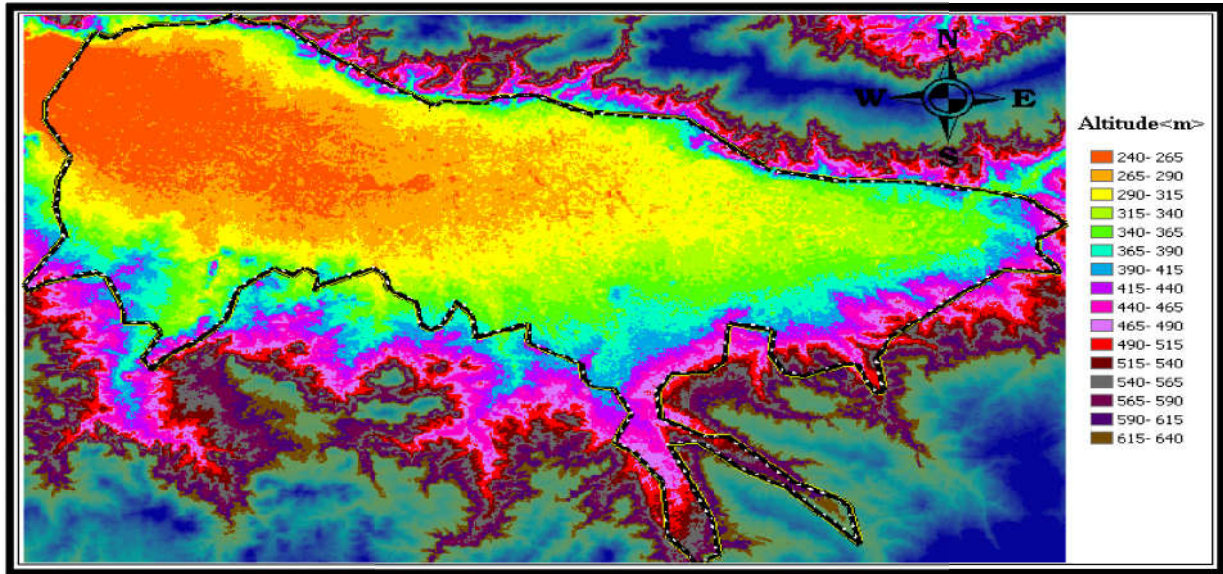


Figure 14: Carte des altitudes da la plaine du Haut Chéiff) (MNT)

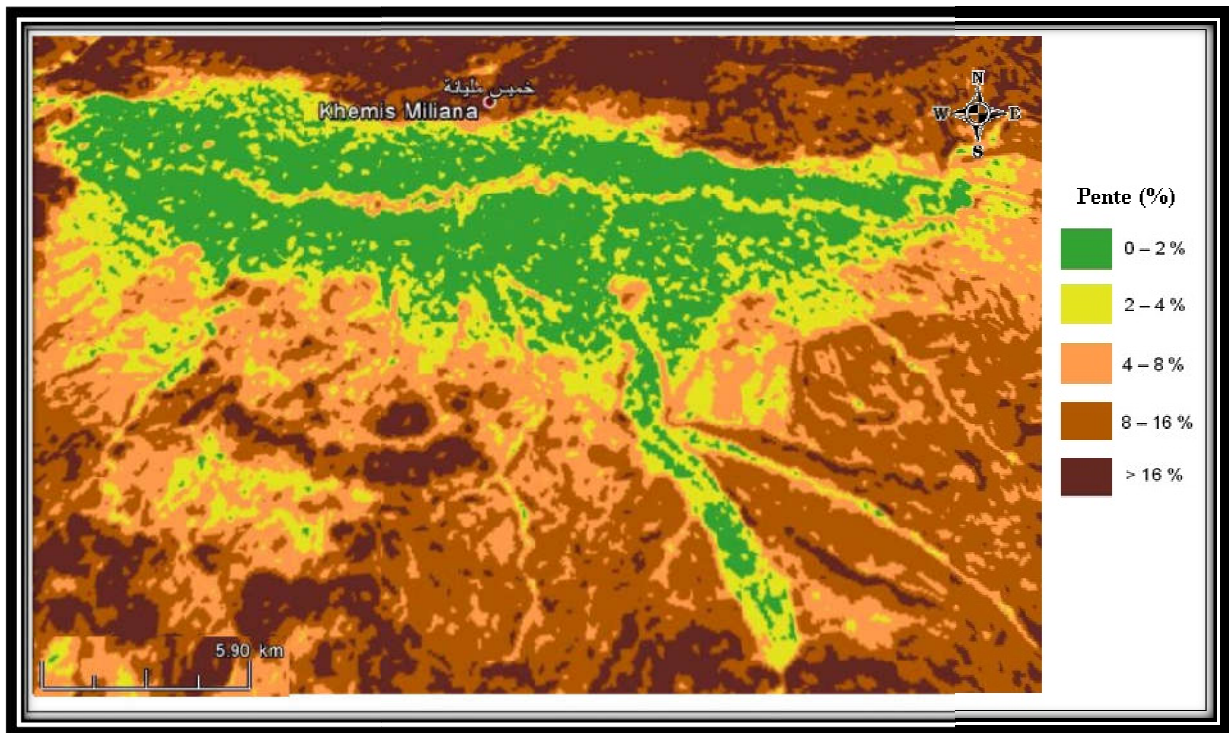


Figure 15 : Carte des pentes da la plaine du Haut Chéiff (MNT)

II.8. Morphologie

La plaine alluviale de Haut Chéiff appartient au bassin versant du Haut Chéiff, d'une superficie de 21035 km² et une altitude moyenne de 551m, ses paramètre de forme (indice de compacité de graveleuse K=1.406, dimensions du rectangle équivalent : L=88.36km et I=22.18 Km) montrent sa forme allongée, et par conséquent la concentration des eaux à l'exutoire est relativement lente.

II.9. Pédologie

Les sols du haut Cheliff ont été cartographiés par Boulaine 1957, ils comprennent deux grandes divisions des sols.

○ **Les sols des bordures des plaines :**

Ces sols sont formés par des associations de sol plus ou moins érodés et par l'altération des roches mères, qui peuvent évoluer par les calcaires du miocène et du pliocène sur les bordures de la plaine au nord, et des grès ou des marnes entre Khemis Miliana et Miliana sous forme de sols jeunes, et parfois formés sur roches mères siliceuses variées du massif du Doui et sur roches mères schisteuses dans le nord de la plaine, est la partie du massif du Doui sont des sols colluviaux peu ou pas évolués des cônes de déjection. (fig.07) Ces sols sont caractérisés par une bonne structure, texture équilibrée, bonne perméabilité et par des teneurs moyennes en calcaire total.

○ **Les sols centraux de la plaine :** ils comprennent six classes à savoir (fig17) :

a- Sols alluviaux non évolués : les caractéristiques physicochimiques de ces sols sont très variées, sols alluviaux non évolués des dépôts sableux du lit majeur des oueds par texture sableuse fine et limoneuse plus ou moins sableuse, profonds et très perméables, sols alluviaux non évolués des dépôts sableux du bourrelet des oueds par texture sableuse fine et limoneuse plus ou moins sableuse, peu épais et moins perméables.

b- Sols calciques : les sols calciques, plus ou moins différenciés et présentent parfois des accumulations calcaires, et les caractéristiques physicochimiques de ces sols sont, texture limoneuse et limoneuse sableuse, peu épais et recouvrent une carapace calcaire.

c- Sols alluviaux évolués : sont des sols alluviaux tassés au solonchique, au bien des sols présentant un début de décalcification et une accumulation de calcaire et sulfate, est caractérisé par texture limoneuse et limoneuse argileuse, riches, profonds, perméables, ces sols existent surtout dans les terrasses récentes des oueds.

d- Sols colluviaux et sols alluviaux des affluents mineurs : sont des sols très variés selon des massifs existants, ces sols caractérisés par des sols jeunes, légère moyenne limoneuse sableuse et limoneuse et par fois plus argileuse, en voit l'évolution par lessivage pour les argiles.

e- Sols très évolués : sont des sols dont l'évolution plus ou moins élevée par l'influence partiellement décalcifiés et insaturés avec accumulation progressive de calcaire, est caractérisé par texture limoneuse et limoneuse argileuse, et l'accumulation de calcaire en profondeur sous forme nodules.

f- Sols hydromorphes : sont des sols engorgés par des eaux en réseaux d'écoulement d'eaux superficielles au bien par des eaux à couvert temporaire et à nappe phréatique non salées et par fois par des eaux d'inondation temporaire hivernale, est caractérisé par texture humifères argileuse à très argileuse.

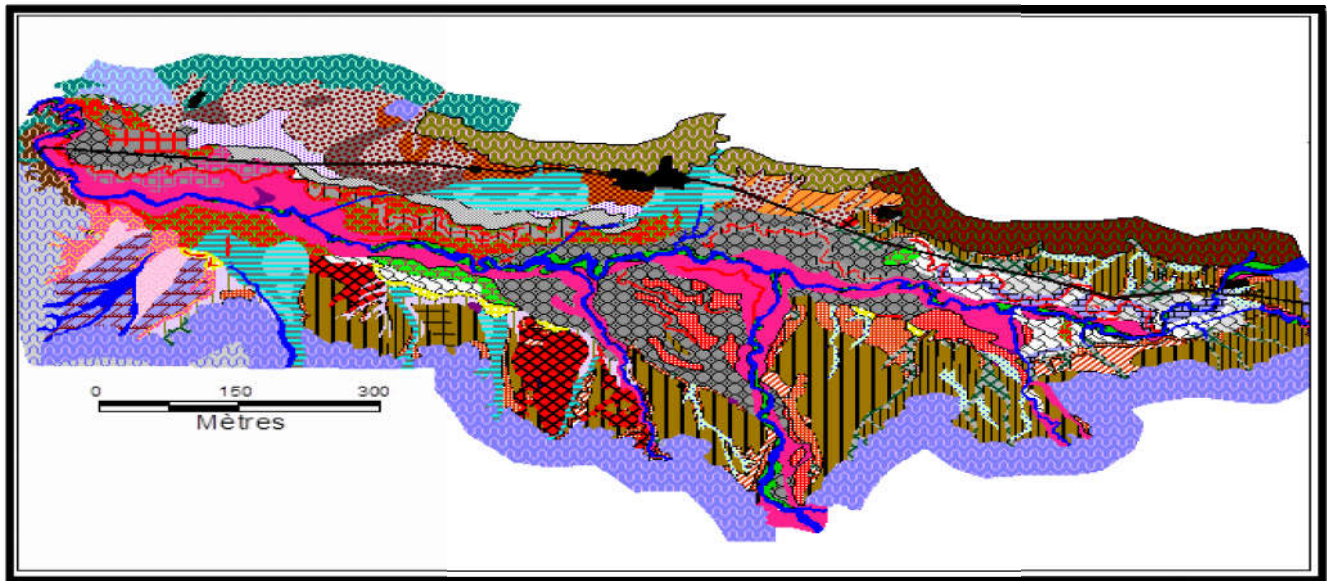


Figure16: Carte des sols digitalisés de la plaine du Haut Chélif (Boulaine, 1956)

II.10. Réseau hydrographique

La plaine du Haut Chélif est traversée d'Est en Ouest par Oued Cheliff et ses principaux affluents qui sont Oued Souffay, Millet et Boutane au Nord, Deurdeur, Massine et Harreza au Sud. Toutes les eaux issues des principaux affluents représentés par les Oueds de : Souffay, Boutane (au Nord), Oued Deurdeur et Harreza (au Sud), sont collectés en direction du centre de la plaine du Cheliff vers le principal Oued en question, ce dernier draine toutes les eaux du bassin versant du Cheliff vers l'exutoire. L'Oued Cheliff qui résulte de la réunion de ces cours d'eau, franchit une coupure entre Boughari et Boughar et abandonne les hauts plateaux pour pénétrer dans le tell. De

Boughari Amoura (Dollfuss ville), il coule dans de profondes gorges et à partir des Djebels, suit la plaine d'Est en Ouest.

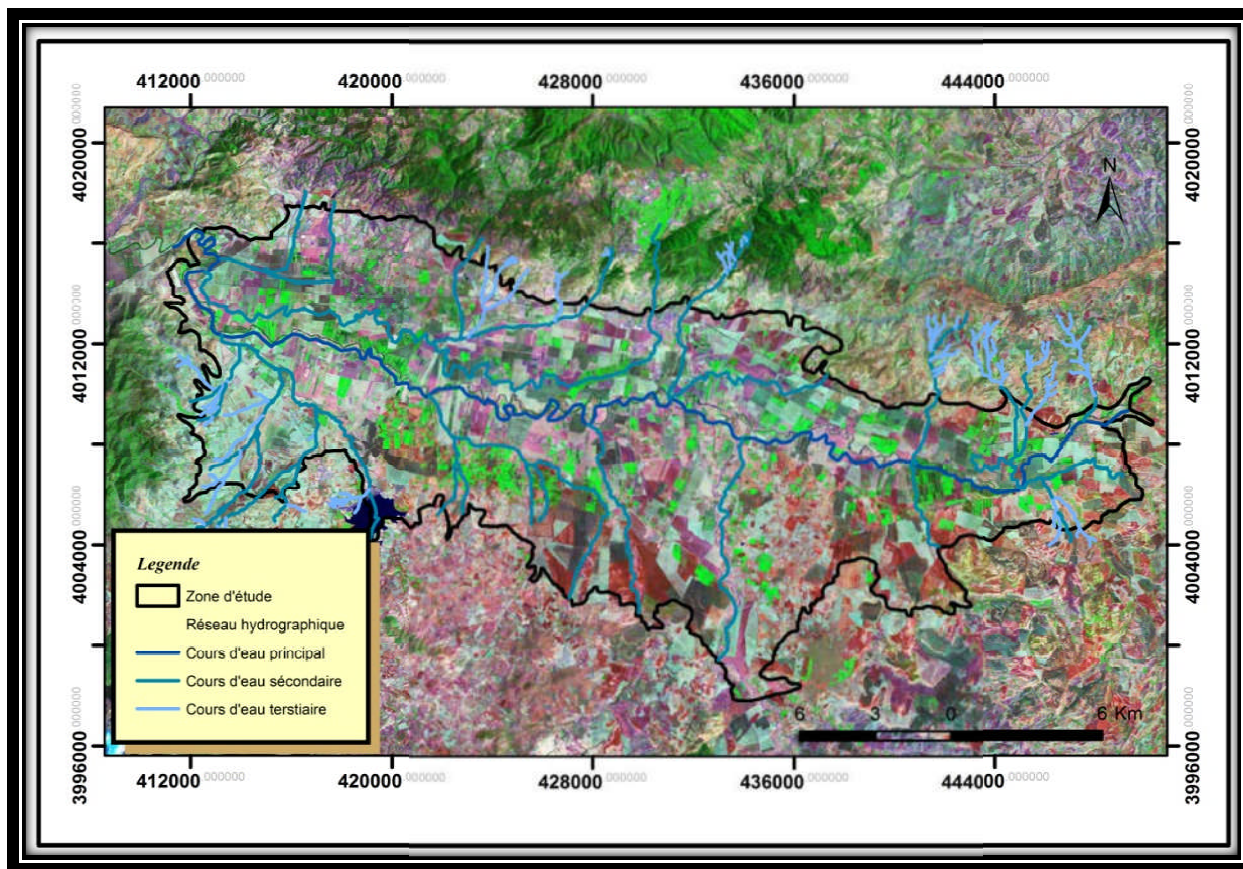


Figure 17 : Réseau hydrographique sur le fond satellitaire (ANRH ,2014)

II.11.Ressources en eau

▪ Ressource en eaux superficielles

Les ressources en eaux superficielles sont constituées principalement des eaux de surface du bassin versant de la plaine du Haut Chélif

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est très dense parmi les oueds les plus importants : oued Cheliff

Le régime de l'oued Cheliff est caractérisé par une extrême irrégularité, ce qui a conduit les autorités à construire plusieurs ouvrages de régulation notamment au niveau de haut Chélif pour les besoins en eau d'irrigation.

Le barrage de Ghib permet d'assurer l'irrigation d'une partie importante de la plaine d'El Khemis par les lâchées d'eau dans l'oued Chélif.

Pour notre ferme pilote les ressources en eau sont disposées de trois débit d'eau d'un débit de 24 l/s, 14l/s et 15l/s .situés dans la partie Nord de la parcelle .dont le troisième n'est pas opérationnel.

- Des bassins d'accumulation d'eau
- Deux bassins de 4500 m³ en terre.
- Un bassin en béton de 100 m³.

L'irrigation de notre zone est essentiellement assurée à partir de barrage Ghrib.

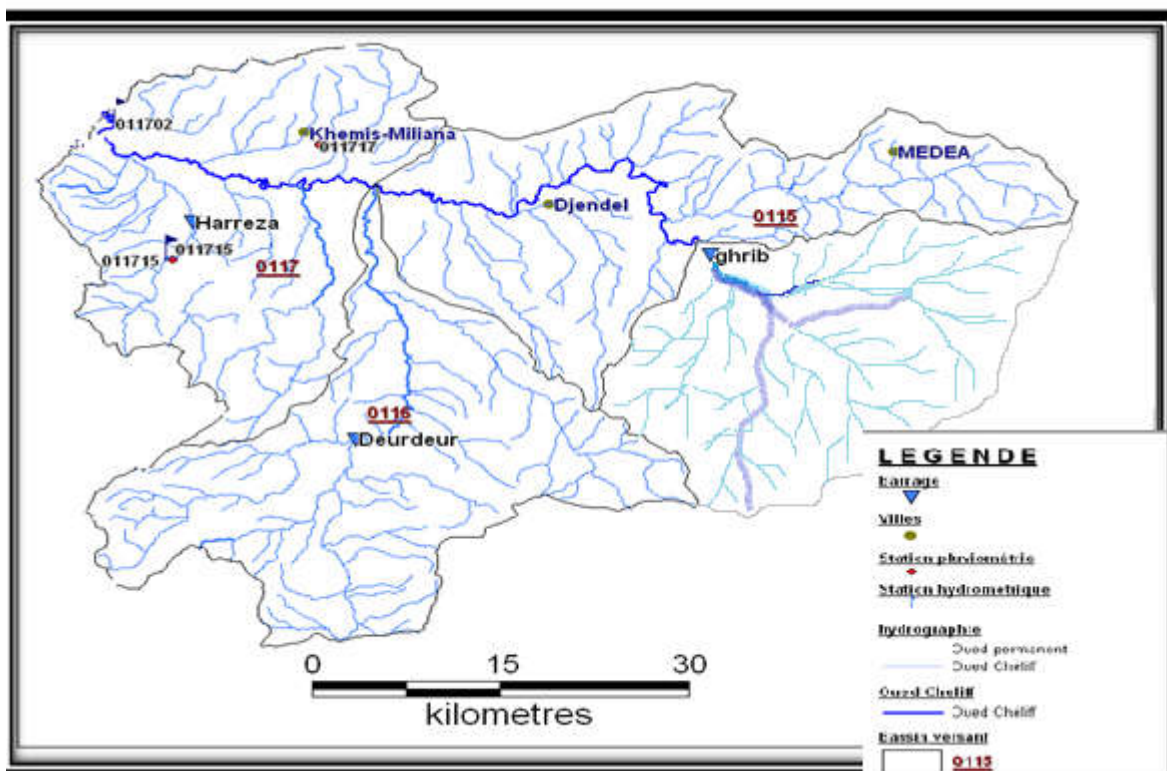


Figure 18 : Carte des ressources en eaux superficielles du Haut Chélif (ANRH, 2016)

II.12.Présentation du Barrage Ghrib

Le barrage du Ghrib est sans doute le plus connu le plus visité des grands réservoirs que l'Algérie a construits depuis un quart de siècle. Cette faveur est due pour une bonne part à sa proximité d'Alger, aux facilités d'accès, au charme indiscutable du site, raisons déterminantes pour une certaine catégorie de visiteurs, qui sont peut-être également sensibles à la grandeur de l'œuvre humaine réalisée. Mais les véritables techniciens connaissent surtout le barrage de Ghrib par l'accumulation des difficultés de toutes sont rencontrées pendant sa construction (ANBT, 2014).



Figure 19 : Photo de barrage (Cliché Belouazani et Merili, 2015)

1. Situation du barrage :

Le barrage Ghrib est situé dans la vallée de Cheliff à 07 Km en amont du centre d'Oued Chorfa, à 45Km de Khemis Miliana, à 30Km au Sud ouest de Médéa et à 150Km à l'ouest d'Alger. En amont du Ghrib, le Oued Cheliff est régularisé par le barrage de BOUGHZOUL qui est situé à 20Km au sud de Boughari (Médéa) et à 110Km du GHRIB est situé à une longitude de $02^{\circ}35'1400''E$ et à une latitude de $36^{\circ}07'5290'' N$ (ANRH, 2012) .Il a été construit en 1928 en bordure Nord de la chaine Tellienne, au point au l'Oued Cheliff quitte son orientation Sud –Nord pour prendre la direction Ouest. Mais, ce n'est qu'en 1939 que sa mise en eau a eu lieu

Le barrage Ghrib est situé à une longitude de $02^{\circ}35'9.37'' E$ et à une latitude de $36^{\circ}9' 19.06''N$

(Sellaman et Araba, 2013).

Le site de barrage est repéré par les coordonnées Lambert suivantes.

X=487.25 m

Y=318.4

Z=450 m

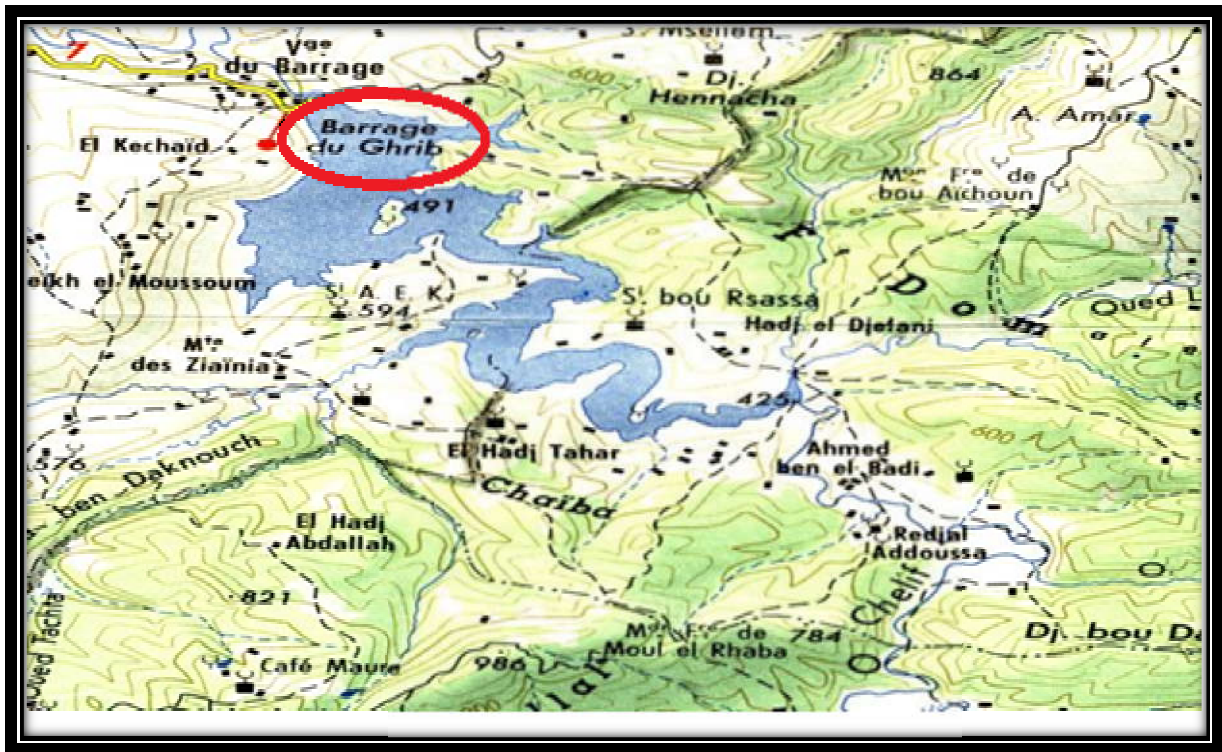


Figure 20 : Localisation géographique de Barrage Ghib (ANBT ;2014)

2. Caractéristiques Morpho métriques du bassin

Les caractéristiques du barrage Ghib et son bassin versant sont présentées comme suit dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Fiche technique du barrage :

Année de mise en eau	1939
Superficie du bassin versant	23300km ²
Capacité initiale	280 Mm ³
Année de la surélévation	2005
Capacité après surélévation	185.317Mm ³
Apport moyen annuel	89.00 Mm ³
Envasement annuel	3.18 Mm ³
Volume régularisé	120.00 Mm ³
Cote de retenue normale (ancien)	427.50 m
Cote de retenue normale (après surélévation)	432.00 m

(Direction du Barrage Ghib, 2015)

Destination : L'irrigation du périmètre du Haut Cheliff avec un volume affecté de 55 Mm³ /an.

Durant la période 1987-2003, le barrage de Ghrib a fait des lâchés, pour l'irrigation du périmètre du Haut Cheliff, d'un volume moyen de l'ordre de 33 Mm³/an, soit une superficie irriguée moyenne de l'ordre de 2791 ha.

3. Caractéristiques climatiques du site du barrage

L'Oued alimentant le barrage de Ghrib est l'oued Cheliff qui prend naissance au Djebel Ammour dans l'Atlas Saharien près d'Afflou, c'est le seul cours d'eau algérien qui, prenant sa source dans l'Atlas Saharien, vient se jeter dans la Méditerranée (Monographie de Barrage, 1965). Il reçoit son premier affluent important du Nahar Ouassel qui de Sersou, il devient alors le Cheliff et s'engage dans l'Atlas tellien où le barrage du Ghrib le retient un moment.

Le bassin versant du Cheliff couvre une superficie de 23.300Km² il comprend:

*Une partie Tellienne entre le Ghrib et le barrage Boughezoul où la pluviométrie moyenne annuelle varie entre 350mm et 600mm.

*Une partie des hauts palataux où la pluviométrie moyenne annuelle est de 300mm.

Le climat Méditerranée se caractérise par des étés chauds et secs. Les automnes et les printemps peuvent y être très pluvieux. Les précipitations annuelle avoisinent les 800mm et sont concentrées sur quelques mois (Bourdelle, 1995). La moyenne des températures est de 21,08 ° C à 24,73 ° C en juin et août, de 7,42 ° C à 8,09 ° C en janvier et décembre.(Tounsi, Amiri, 2014)

4. Utilisation des eaux de barrage

* Alimentation en eau potable des villes Médéa, Berrouaghia, et Oued chorfa: dotation annuelle en 2011: 11Mm³

*Irrigation du périmètre du Haut Cheliff: dotation annuelle pour la campagne d'irrigation 2014/2015 est d'environ 30Mm³

* Transfert vers la retenue de Bouroumi pour le renforcement de l'AEP d'Alger

❖ **Remarque** : dans le cadre de notre travail on s'est intéressé uniquement à l'analyse physico-chimique des eaux du barrage Ghrib destinées à l'irrigation.

Conclusion

Le bassin versant de l'oued Cheliff-Ghrib, d'une superficie de l'ordre 1379 Km², est de forme allongée dans l'axe du cours d'eau principal et est caractérisé par un relief fort car la dénivelée spécifique est comprise entre 250 et 500 m. L'oued Chorfa, sur lequel est implanté le barrage, est un affluent de l'oued Cheliff, son exutoire se trouve à environ 20Km au Sud-Ouest de la wilaya de Médéa.

En effet, ce bassin présente un relief qui atteint une altitude de 1500 mètres, tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 400 mètres. Sur le plan géographique, la topographie et

le relief de la plaine sont très variés par résultante de la combinaison entre deux facteurs (l'altitude et la pente), et présente des pentes fortes de l'amont de région de Djendel vers Khemiss Miliana et vers l'aval d' Aribe. L'oued Cheliff alimente le barrage Ghrib qui a été construit en 1927 et à été mise en eau en 1939 ; d'une capacité initiale de 280 Hm³ et assure l'irrigation de la plaine du Haut Chélif.

L'étude climatique de la région d'étude a montré caractéristiques suivantes :

1. Une période pluvieuse commence au mois de Novembre jusqu'à avril ; les mois le plus sec sont juillet et aout.
2. Pendant l'hiver la température arrive jusqu'à 5°C et en été elle peut atteindre 36°C.
3. Nous pouvons dire que le climat de notre zone d'étude est de type méditerranéen ; un été chaud avec un hiver froid et pluvieux.
4. Ainsi, une longue période de sécheresse frappe la région d'étude, elle s'étale sur six mois, allant de mai à octobre durant la période 2000-2014.

III.1.Introduction

Nous avons effectué un stage d'une quinzaine de jour au niveau du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) et l'Agence Nationale d'Assainissement (l'ONA) à Ain Defla, pour se familiariser avec toutes les techniques de mesure des paramètres organoleptiques ; physique et chimiques des eaux du barrage Ghrib. Ensuite, toutes ces notions ont été appliquées au laboratoire de chimie de notre université pour mesurer les différents paramètres de nos échantillons prélevés.

L'ensemble des paramètres organoleptiques ; physique et chimiques mesurés donnent une appréciation globale sur la qualité de l'eau de barrage. Chaque paramètre nécessite une méthode et un flaconnage approprié.

III.2.Technique d'échantillonnage des eaux

III .2.1. Eaux de barrage

Au niveau du barrage Ghrib, deux campagnes de prélèvement d'eau ont été réalisées. La première effectuée le 17/02/2016 et la deuxième campagne le 20/04/2016, ces prélèvements ont été effectués manuellement. Des bouteilles en plastique de 1,5 litre bien fermées ; propres et nettoyées à l'aide d'eau distillée ont été utilisées; nommées par des codes et conservées dans une glacière jusqu'au moment d'analyse. Avant chaque prélèvement, les flacons ont été rincés avec de l'eau prélevée afin d'éviter toute contamination des échantillons. L'oxygène dissous, pH, T°C et conductivité électrique ont été fixés in-situ.

➤ 1^{ère} Campagne de prélèvement

Concernant les eaux d'irrigation, trois prélèvements ont été réalisés en février (17/02/2016)

➤ 2^{ème} Campagne de prélèvement

Concernant les eaux d'irrigation, trois prélèvements ont été réalisés en Avril (20/04/ 2016)

III.2.2. Points de prélèvement (figure n°24)

- Avant la saison d'irrigation

Dans le barrage, les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau des points P₁ ; P₂ ; P₃

- P₁ : A 0 mètre ; c'est-à-dire prélèvement superficiel.

- P₂ : à 1.5 mètre de profondeur de la cuvette

- P₃ : au niveau de l'oued Chorfa.



P₁: prélèvement superficiel P₂: 1.5 m de profondeur P₃: au niveau d'oued chorfa

Photos 21 : points de prélèvement (Cliché Belouazani et Merili, 2016)

• **Pendant la saison d'irrigation**

Dans le barrage, les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau des points P₄; P₅; P₆

- P₄: 0 mètre au niveau de la surface.
- P₅: au niveau de 1.5 mètre de profondeur de la cuvette
- P₆: au niveau d'oued chorfa (la sortie du barrage)

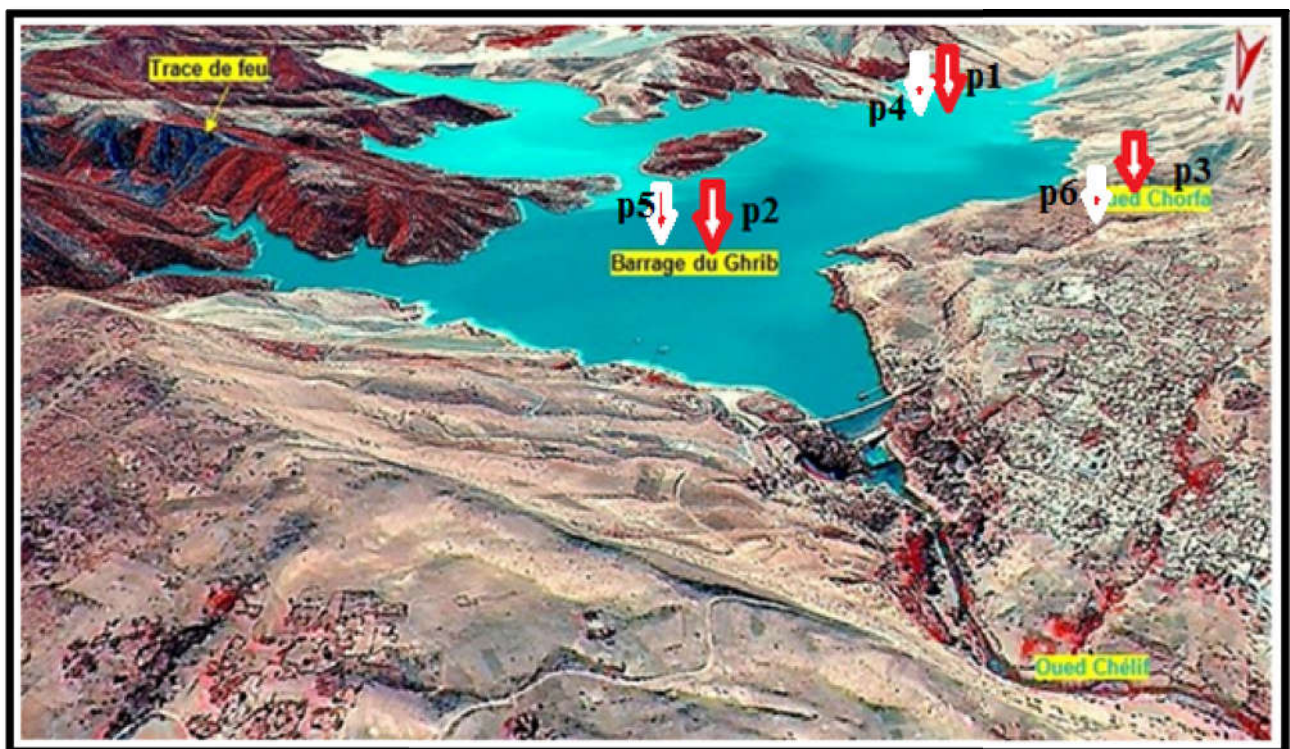


Figure 22 : Points de prélèvement de deux compagnes (Google Earth, 2016)

Remarque : les prélèvements sont effectués dans les mêmes points pour les deux campagnes.

III.2.3.Prélèvement de l'eau et conservation

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et les interprétations.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (oxygène dissous, matières en suspension, etc.).

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. (Rodier;2009)

➤ **Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau**

- Date et heure du prélèvement ;
- Nom du point d'eau et localisation précise ;
- Origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne, etc.).(Rodier , 2009)



Photos23 : photo des Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.

(Cliché Belouazani et Merili, 2016)

III.3.Méthodes d'analyses :

III.3.1. Analyse d'eau

Il y a deux types des méthodes d'analyse : l'analyse in situ et l'analyse au laboratoire. Certains paramètres peuvent évoluer pendant le transport des échantillons au laboratoire, pour cela il faut effectuer l'analyse de ces paramètres sur le terrain (le pH, la température et la conductivité).

Les autres paramètres tels que (le calcium, magnésium, matières en suspensions...) sont mesurés au niveau du laboratoire.

➤ Principaux analyses à effectuer in situ

- Couleur
- Odeur
- T°C : Températures de l'eau et de l'air : grâce à un thermomètre couplé à un oxymètre WTW 340i avec une précision de 0,1 °C ; exprimées en degré Celsius (°C).
- PH : Potentiel hydrogène avec pH-mètre WTW 340i avec une précision de 0,1.
- Oxygène dissout : exprimés respectivement en milligrammes par litre (mg/l) et en pourcentage (%), mesuré in situ à l'aide d'un oxymètre WTW 340i avec une précision de 0,1 mg/l.
- Salinité : exprimée en millième (‰).

➤ Principaux analyses à effectuer en laboratoire

- Turbidité
- Conductivité électrique
- Paramètre de pollution (nitrate, phosphate, etc.....)
- Bilan ionique (potassium, sodium, chlorure, calcium, ect.....)

Une fois les prélèvements achevés, les échantillons sont conservés dans des glacières à une température de 4 °C afin d'empêcher toute activité susceptible d'altérer leur qualité initiale, puis sont acheminés vers le laboratoire

➤ Lieux de déroulement des analyses

Les analyses ont été effectuées au niveau de :

- Laboratoire de l'ADE (Algérienne Des Eaux, Ain Defla) → SO_4^- ; HCO_3 , NO_3^- , NO_2^- ; NH_4^- , PO_4^{3-}
- Laboratoire de l'ONA (Office Nationale de l'Assainissement) → DBO_5 , DCO

- Laboratoire de l'universitaire Djilali Bounaama → Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , Alcalinité ; résidu sec, matière en suspension.

III.3.2. Analyse physico-chimique

III.3.2.1. Mesure de pH, T°C, Conductivité électrique, Oxygène dissout à l'aide d'un appareil multiparamètre

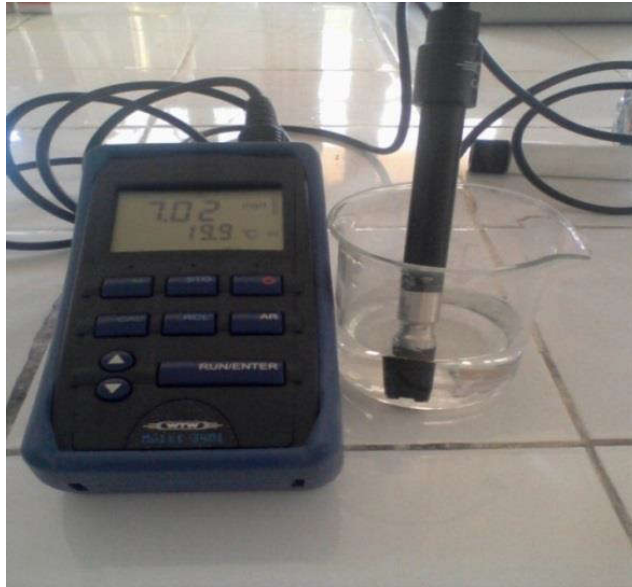


Figure24 : Multiparamètre (Cliché Belouazani et Merili ,2016)

➤ Mode opératoire

* Etalonnage de l'appareil

- Allumer le multiparamètre.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- Prendre dans un bécher, la solution tampon pH=7.
- Régler l'agitation à faible vitesse.
- Tremper l'électrode dans la solution tampon pH=7.
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage standard 2.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH=9 ou pH=4.
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

*** Dosage de l'échantillon**

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH, la température, l'oxygène dissous, la salinité et la conductivité.

➤ Expression des Résultats

Les résultats sont donnés directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (conductivité) et en mg/l ou en % (oxygène dissous) et en $^{\circ}\text{C}(\text{T})$ (Rodier, 2009).

1-Salinité : contenu total en sels solubles.

III.3.2.1.1. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est indissociable des valeurs de température, de l'oxygène dissous et de la conductivité électrique, car pendant la journée l'absorption intense de CO_2 entraîne une évolution du pH et une précipitation des carbonates (Arrignon, 1991). Le pH est acide dans les eaux des aquifères sableux ou granitiques. Il est alcalin dans les aquifères calcaires. Le pH doit être compris entre 6,5 et 8 (OMS, 2006).

III.3.2.1.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, elle constitue un bio-indicateur du degré de minéralisation de l'eau (Nisbet et Verneaux , 1970)

III.3.2.2. Turbidité**▪ Principe**

La mesure de la turbidité est faite avec le turbidimètre, il consiste à mesurer lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

▪ Mode opératoire :

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. (Rodier ; 2009).



Figure 25 : Turbidimètre (Cliché Belouazani et Merili, 2016)

III.3.2.3. Détermination de résidu sec

➤ Mode opératoire

- Tracer une capsule préalablement lavée, rincer à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant $\frac{1}{4}$ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement. (Rodier.2009)

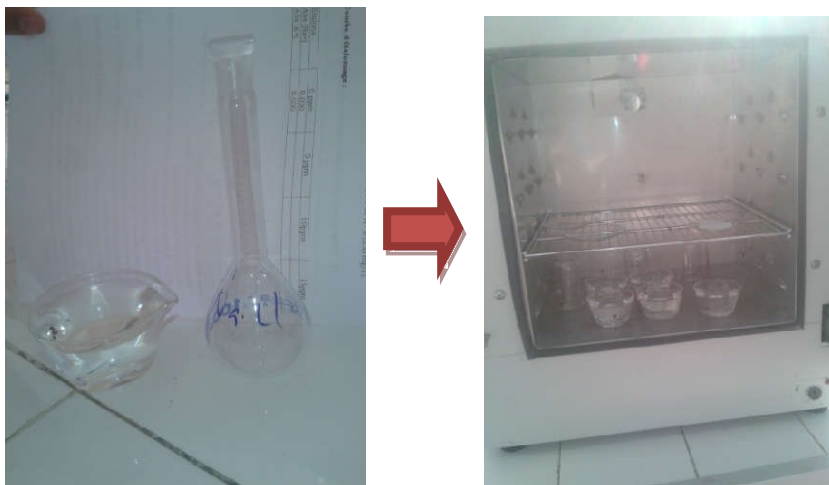


Figure 26 : Détermination de résidu sec (Cliché Belouazani et Merili, 2016)

➤ **Expression des Résultats**

$$RS = (PP - PV) \times 10 \times 1000 \text{ mg/l} \dots\dots\dots(5)$$

RS : Résidu sec exprimé en [mg /l]

D'où PP: est poids plein de la capsule.

PV : est poids vide de la capsule

III.3.2.4. Détermination des matières en suspension (La méthode par filtration)

• **Principe :**

Vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle.

* Des eaux non chargées en MES : on utilise des filtres pour la filtration.

* Les eaux chargées en matière en suspension, on utilise directement les échantillons dans des capsules.

Appareil : Etuve.

Température : 150 °C.

Matériels : Fioles, capsules, filtres, rampe de filtration, balance, dessiccateur.



Figure27:Pompe à vide (Cliché Belouazani et Merili , 2016).

➤ **Mode opératoire**

- laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105°C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg près passage au dessiccateur
- le mettre en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (*V*) sur le filtre.
- Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10ml d'eau distillée.
- Laisser essorer le filtre, sécher à 105°C. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg près, jusqu'à masse constante. (Rodier ; 2009).

➤ **Expression des Résultats**

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression :

$$[\text{MES}] = \frac{(M_1 - M_0)}{\text{PE}} * 1000(\text{mg/l}) \dots\dots\dots(6)$$

MES : Matière en suspension [mg/l]

M₀ : Masse du disque filtrant avant utilisation (mg)

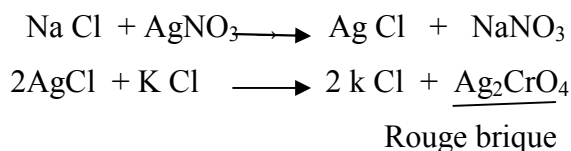
M₁ : Masse du disque filtrant après utilisation (mg).

PE= Volume de la prise d'essai (ml).

III.3.2.4.Dosage de chlorure (Cl)

➤ **Principe**

-le dosage des chlorures se fait dans un milieu neutre pH =6.7 à 7, une solution à titrer de nitrate d'argent sur une prise d'essai connue de solution titrée de chlorure de sodium. La réaction se fait en présence de chromate de potassium.



➤ **Mode opératoire**

- 1- Introduire 100 ml d'eau analysé, préalablement filtrée dans un erlenmeyer de 250 ml.
- 2- Ajouter 3 goutte de K₂CrO₄ (coloration jaunâtre) à 10%.
- 3-Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre ; qui doit persister 1 à 3 minutes (jusqu'à coloration brunâtre) . (Rodier ,2009)

Pour F

- Prendre 5 ml de la solution mère à 71 mg/l.
- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.
- Doser par AgNO₃ à 0,01 jusqu'au virage.(couleur brunâtre)

$$F = \frac{1}{V_{AgNO_3}} \text{ (volume titrate d'argent sur une prise d'essai de la solution de chlorures$$

PE_{référence}=05 ml)

➤ **Résultats**

La teneur en ions de chlore dans l'eau est donnée par l'expression suivant :

$$[Cl^-] \text{ (mg/l) } = \frac{V_{AgNO_3} \cdot N_{AgNO_3} \cdot M_{Cl} \cdot 1000 \cdot F}{PE} \dots\dots\dots (7)$$

- ✓ **Cl** : Chlorure [mg/l]
- ✓ **V.AgNO₃** : volume d'AgNO₃nécessaire pour le dosage de l'échantillon.
- ✓ **F** : facteur de protection du titre d'AgNO₃.
- ✓ **N.AgNO₃** : normalité d'AgNO₃
- ✓ **M Cl** : masse des chlorures



Figure 28 : Détermination de chlorure (Cliché Belouazani et Merili, 2016)

III.3.2.5. Détermination de l'alcalinité(HCO₃)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence bicarbonates, carbonates et hydroxyde.

➤ **principe**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH=8,3 et 4,3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

→**Remarque**

Le pH de notre échantillon est supérieur à 8,3 donc nous ne pouvons pas calculer le titre alcalimétrique (TA=0).

✓ **Détermination le titre alcalimétrique complet (TAC)**

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas de coloration ajouter 2 gouttes de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage de jaune orange (pH=4.3) Soit V' le nombre de millimètres d'acide versés depuis le début du dos

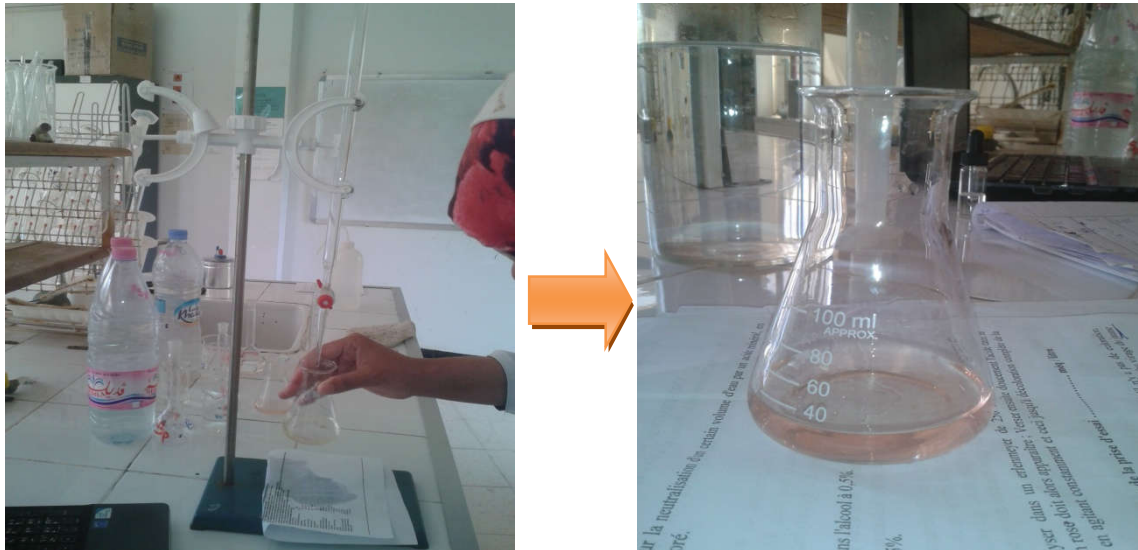


Figure 29 : Détermination de TAC (Cliché Belouazani et Merili, 2016)

III.3.2.6. Détermination du calcium (Ca^{2+}) ; et du magnésium (Mg^{2+})

➤ Principe

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à pH compris entre 12-13. Ce dosage se fait en présence de Merixide. L'E.D.T.A réagit tout d'abord avec les ions de calciums libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet.

○ Détermination du calcium (Ca^{2+})

Mode opératoire :

- prendre 50 ml d'eau à analyser
- ajouter 2 ml de NaOH à 2 N (Normalité)
- ajouter du Murexide.
- et titre avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet). (Rodier ; 2009).



Figure 30 : Détermination de calcium (Cliché Belouazani et Merili, 2016)

○ Détermination du Mg^{2+}

➤ Mode opératoire

- prendre 50 ml d'eau à analyser
- ajouter 2 ml de (NH_4OH) (10,1)
- ajouter noir Eriochrome.
- titre avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).
- Mg : Magnésium [mg /l]



Figure31: Détermination de dureté Magnésienne (Cliché Belouazani et Merili , 2016)

III.3.2.7.Détermination de Sodium et Potassium par photométrie à flamme

-la photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui
Pour le dosage des éléments alcalins et alcalino –terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium etc ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.



Figure 32 : photométrie à flamme (Cliché Belouazani et Merili , 2016)

Détermination de Na^+ et K^+

✓ Préparation des étalons :

- 634 mg de NaCl /500 ml d' H_2O distillée : solution mère de Na^+ à (250 mg/l)
- 477 mg de KCl /500 ml d' H_2O distillée : solution mère de K^+ à (250 mg/l)

III.3.2.8. Nitrates (NO_3^-)

❖ Méthode au salicylate de sodium

➤ Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

➤ Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C. (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml. H_2SO_4 laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer à la spectrométrie au 415 nm.

- **Appareillage**

- ✓ Etuve
- ✓ Spectrophotomètre U.V visible.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.



Figure 33 : Détermination de Nitrate (NO_3^-) (Cliché Belouazani et Merili ,2016)

III.3.2.9. Dosage de Nitrite (NO_2^-)

- **Principe**

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm

- **Réactifs:**

- ✓ **Réactif Mixte**

- Sulfanilamide 40 g.
- Acide phosphorique 100 ml.
- N-1- Naphtyle éthylène diamine 2 g.
- H_2O distillée Q.S.P 1000 ml.

- ✓ **Appareillage**

Spectrophotomètre UV-Visible

- **Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10mn.

- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .
- Effectuer la lecture à 543 nm.
- Attendre 10 min

➤ **Expression des Résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure 34 : Détermination du Nitrite NO_2^- (Cliché Belouazani et Merili , 2016)

III .3.2.10.Dosage de l'Azote d'Ammoniac (NH_4^+)

➤ **Principe**

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

✓ **Réactifs**

✓ **Réactif I**

- Acide dichloroisocyanurique 2 g.
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g.
- H_2O distillée Q.S.P 1000 ml.

✓ **Réactif II (coloré)**

- Trictrate de sodium 130 g.
- Salicylate de sodium 130 g.
- Nitropruciate de sodium 0.97 g.
- H_2O distillée Q.S.P 1000 ml

✓ **Appareillage**

- * Spectrophotomètre UV-Visible

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 4 ml du réactif I

- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1.30h.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺
- Effectuer la lecture à 655 nm.

➤ Expression des Résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure 35 : Détermination de l'Azote d'Ammoniac (Cliché Belouazani et Merili ,2016)

III.3.2.11. Dosage de phosphore (PO₄⁻)

➤ Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm

- Réactifs

- ✓ Réactif Mixte

- Heptamolybdate d'ammonium 13 g.

- Eau distillée 100 ml.
- Tartrate d'antimoine 0.35 g.
- Eau distillée 100 ml.
- Acide sulfurique pur 150 ml
- Eau distillée 150 ml.
- **Acide ascorbique à 10 %**
 - ✓ Acide ascorbique 10g.
 - ✓ Eau distillée Q.S.P.100ml.
- **Solution mère à 50 mg/l PO_4^{3-}**
 - ✓ Solution fille à 2 mg/l PO_4^{3-}
- **Mode opératoire**
 - 40 ml d'eau à analyser.
 - 1 ml acide ascorbique
 - 2 ml du réactif mixte.
 - Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.
 - Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm. (ADE)
- **Appareillage**
 - ✓ Spectrophotomètre UV. visible
- **Expression des Résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.



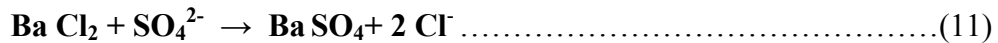
Figure36: Détermination de phosphate (PO_4^{3-})

(Cliché Belouazani et Merili ;2016)

III.3.2.12. Dosage de Sulfate (SO_4^{2-})

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum

En présence de Ba Cl_2 .



- **Réactifs**
 - ✓ Solution stabilisante
 - ✓ Solution de chlorure de baryum
- **Appareil**
 - * Spectrophotomètre UV Visible

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 1 ml d'eau à analyser puis compléter à 50 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 1 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420 \text{ nm}$. (ADE)



Figure 37: Détermination de Sulfate SO_4^{2-} (Cliché Belouazani et Merili ,2016)

III .3.2.13.Détermination de Demande biochimique en oxygène(DBO_5)

➤ **Principe**

Avec le système oxitop contrôlé vous disposez de la version perfectionnée du système de mesure (DBO_5) oxitop, sans mercure et à mémorisation des valeurs de mesure. L'appareil présente une multitude de possibilités technologiques nouvelles. Le système oxyton contrôlé, avec son principe de mesure (respirométrique) trouve son emploi ; autre dans le traitement des eaux.

➤ **Mesure**

Les flacons contenant les échantillons sont remplis selon les données à l'affichage pour décomposer les substances organiques après la fermeture du système, des micro-organismes consomment l'oxygène de la réserve d'air confinée. Le gaz carbonique qui se forme ainsi est absorbé par la diminution de la quantité d'oxygène dans le flacon, la pression diminue, cette

diminution est détectée dans les têtes de mesure et enregistrée. Après transfert des données dans le contrôleur, la (DBO₅) est calculées.

➤ **Mode opératoire**

- Verser l'échantillon contenu dans le vase à débordement dans le flacon de mesure.
- Mettre dans chaque bouteille un agitateur magnétique.
- Fixer dans le col de la bouteille une tubulure en caoutchouc et déposer une tablette de NaOH.
- Viser les têtes de mercure (oxyton-c) sur les flacons et bien agitateur dans la chambre thermotactisme.
- Lancer la mesure en choisissant la plage de mesure.
- A la fin du 5eme jour, il convient dépouiller les mesures et on obtient « demande biochimique d'oxygène après 05 jours ».
- On ferme définitivement la bouteille et réglé le zéro de l'appareil.
- On note chaque jour la consommation d'oxygène (mg/l), on aura la mesure de la (DBO₅).



Figure 38 : l'oxyton de la DBO₅ (Cliché Belouazani et Merili , 2016)

III.3.2.14. Demande chimique en oxygène (DCO)

- **Principe**

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure.

L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium

- **Réactifs**

- Sulfate de mercure cristallisé: 0.5 g.

- Solution de sulfate de fer et d'ammonium 0.25 N.

- Sulfate de Fer et d' NH_4 98 g.
- Acide sulfurique ($d=1.84$) 20 ml.
- H_2O_d 1000 ml.

Le titre de cette solution doit être vérifié tout les jours.

- Solution de dichromate de potassium 0.25 N.

- Dichromate de potassium (sécher deux heures à 110°C) 12.2588 g
- H_2O_d 1000 ml.

- Solution de Ferroïne

- 1.10 phénanthroline..... 1.485 g.
- Sulfate de Fer.....0.695 g.
- H_2O_d 100 ml.
- Etalon à 500 mg/l DCO.
- Hydrogenophtalate de K $\text{HC}_8\text{H}_5\text{O}_4$ séché pendant 2 h.00 à 105° .
- Peser 0,4251 g séché \longrightarrow 1000 ml \longrightarrow 0,1062 g/250 ml.
- Faire une dilution 5 ml/20

- **Vérification du titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.**

Dans un bécher mettre 10 ml de solution de dichromate de potassium 0.25 N et compléter à 150 ml par de l'eau distillée. Ajouter 30 ml d'acide mélangé ($\text{H}_g\text{SO}_4+\text{H}_2\text{SO}_4$).

Laisser refroidir . Ajouter quelques gouttes de solution de Ferroïne puis doser avec le sulfate de fer et de NH_4 .

$$T = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 0.25(N)}{\text{ml Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2}$$

• **Mode opératoire**

Prendre 20 ml d'échantillon débarrassé de matières décantables. Ajouter 10 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ puis une pincée de HgSO_4 (0.55). Ajouter 30 ml d' H_2SO_4 avec Ag_2SO_4 .

Laisser refroidir dans un bain de glace ou à défaut dans de l'eau.

Ensuite chauffer pendant 2 heures à une température de 170°C .

Laisser refroidir puis compléter à 150 ml avec de l'eau distillée dans un bécher.

Doser avec le $\text{Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ en utilisant la ferroïne.

➤ **Expression des résultats**

$$\text{DCO} = \left(\frac{V_B - V_E}{P.E} \right) * 8000 * T = 800 * T * (V_B - V_E)$$

V_E = Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml).

V_B = // // // // // à l'essai à blanc (ml).

T = Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

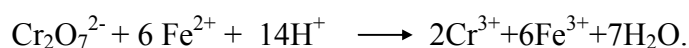
P.E = Volume de la prise d'essai.

En solution acide $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ exerce un effet oxydant.

La détermination est toujours effectuée avec un excédent en $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, une partie du dichromate étant réduite en ions de chrome III.



L'excédent en ions de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ est retiré avec une \$ de Fe (II) en employant la Ferroïne comme indicateur d'oxydo-réduction.



III.4.Utilisation du logiciel Diagramme(2012)

1. Présentation du logiciel

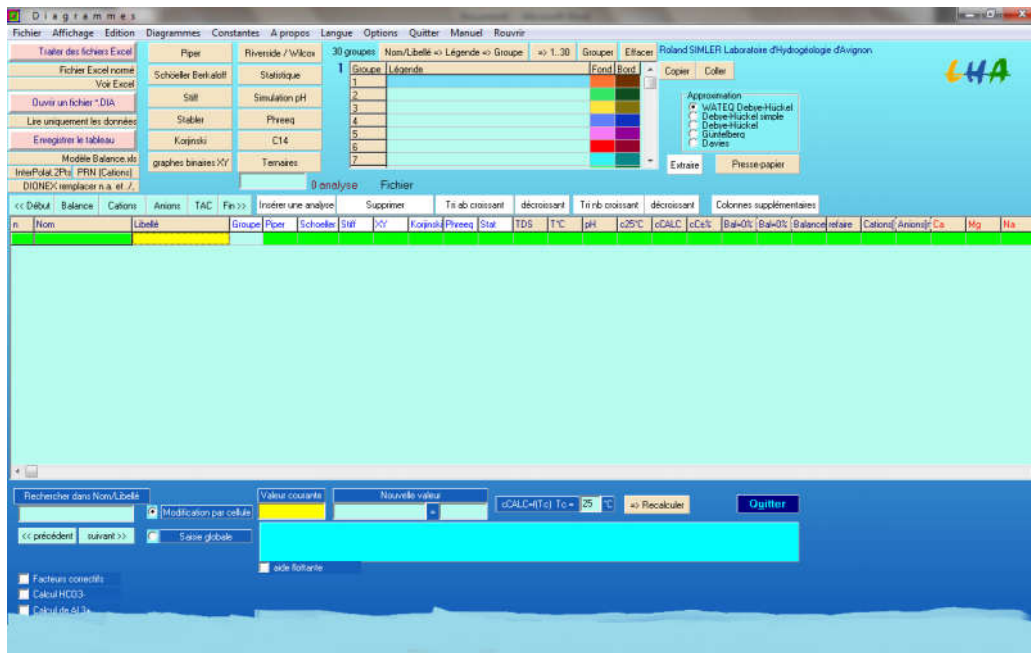


Figure 39 : Interface du logiciel (Roland Simler ,2012)

A partir des données importées d'un tableur, création de diagrammes spécifiques à l'hydrogéologie et validation des données analytiques.

2. Diagramme de piper

Le diagramme de Piper est utilisé pour définir le faciès type des eaux, Il permet aussi de présenter sur un même schéma un grand nombre d'analyses qui peuvent être comparées visuellement de façon simple

Le diagramme en losange, est composé d'un losange ABCD et de deux triangles équilatéraux dont les cotes sont divisées en 100 parties égales correspondant à des % d'ions (ou de la somme de deux ions) par rapport à la somme des ions de même signe :

Le principe de la représentation consiste à porter respectivement les quantités en réaction pourcent (r %) des anions et des cations sur les deux triangles équilatéraux. Dans chaque triangle, on obtient un point triple soulignant la dominance ou (non dominance) d'un cation ou d'un anion donné. Ces deux points triples nous donnent un point unique dans le losange qui caractérise le faciès chimique de l'échantillon considéré. Les unités de mesure utilisées dans le diagramme Piper sont : %, meq/l et mg/l.

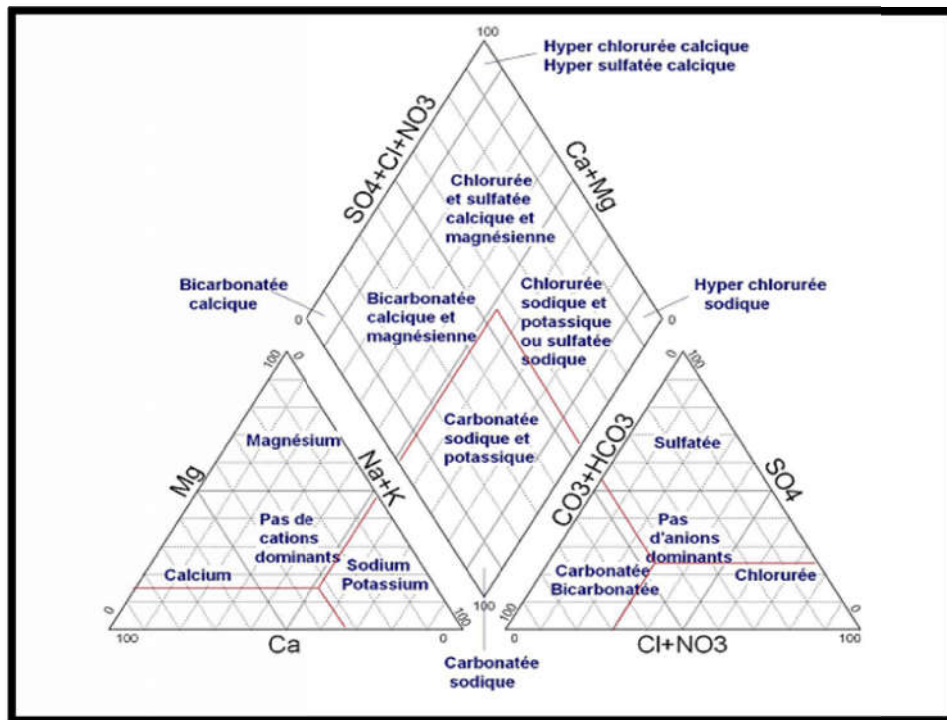


Figure 40 : diagramme de Piper - faciès types

Diagrammes de Riverside et Wilcox

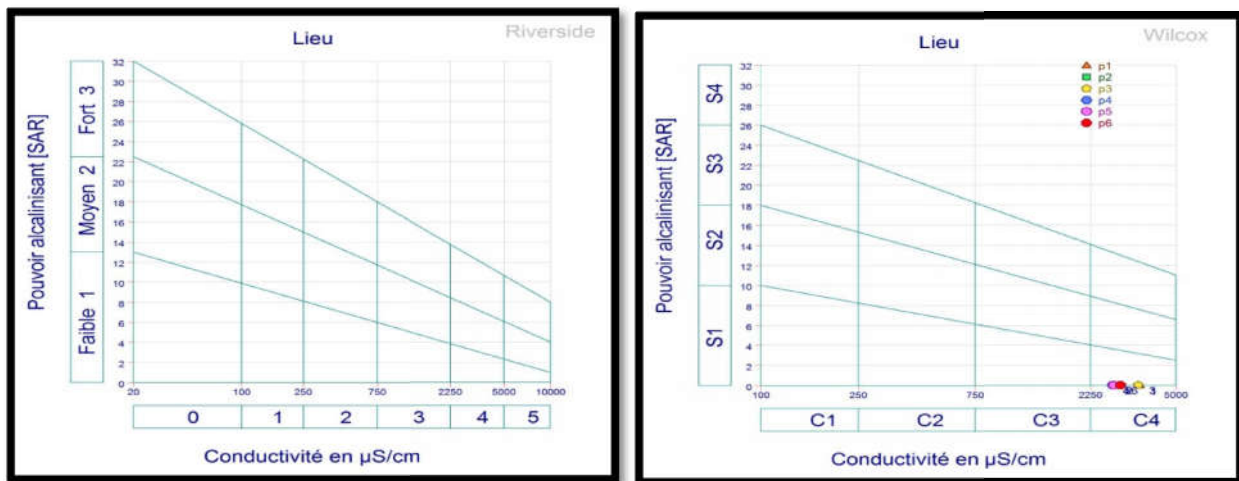


Figure 41 : diagrammes de Riverside et Wilcox

En tenant compte de ces deux paramètres : CE à 25°C et du SAR, Richards et Wilcox a proposé un diagramme de classification comportant 16 classes correspondant au couple risques salins-risques alcalins.

Cette classification a été très utilisée et l'est encore de nos jours. Elle est très utile et fiable pour caractériser une eau d'irrigation. Cependant, elle ne peut pas servir pour estimer un risque de salinisation ou de sodisation.

Les diagrammes de Riverside et Wilcox sont utilisés pour définir les classes des eaux correspondant au couple risque salins-risques alcalins.

Conclusion

Plusieurs analyses et techniques ont été utilisées afin d'aboutir à des résultats fiables ainsi nombreux appareillages, à été utilise tel que : Multiparamètre ; Turbidimètre ; photomètre à flamme ; pompe a vide ; spectrophotomètre U.V visible).

A cet effet nous avons effectué des analyses dans le but d'évaluer la qualité des eaux du barrage Ghrib et qui sont destinées à l'irrigation.

IV. Résultats et discussions

IV.1.Introduction

Dans notre travail, nous avons étudié les paramètres physico-chimiques des eaux dans le barrage Ghrib. Certains paramètres ont été mesurés in-situ tel que : la température, le potentiel hydrogène, l'oxygène dissous, la salinité, la conductivité électrique et ce à l'aide d'un analyseur multi-paramètres de terrain, les autres paramètres tel que les MES, les carbonates, le calcium, le magnésium, les chlorures, les sulfates et les composés azotés ont été mesurés au laboratoire de l'université et dans le laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE d'Ain Defla) et aussi dans le laboratoire de l'Agence Nationale d'Assainissement (ONA, Ain Defla)

Les résultats obtenus lors de notre stage sont présentés comme suit :

IV. 2.Résultats des analyses

IV.2.Paramètre organoleptique

IV.2.1.Couleur

Procédé : la détermination de ce paramètre se fait visuellement et nous avons remarqué que la couleur est presque jaune parce qu'il chargé à les matières polluant.

D'après la couleur de l'eau nous pouvons conclure que c'est une eau de moyenne jaune.

IV.2.2.Odeur

Procédé : obtenue par sensation au nez.D'après l'odorat de l'eau nous pouvons conclure que c'est une eau de moyenne à mauvaise odeur.

IV.3.Paramètres physico-chimiques

IV.3.1.Température :

Les variations des températures des échantillons d'eau sont représentées dans le tableau (13) et la figure n°42.

Tableau 07: Variations de la Température(C°)

Echantillons	Compagne n° 01	Compagne n° 02
	17/02/2016	20/04/2016
Température (C°)		
Echant 01	9.2	19.5
Echant 02	10.8	20.3
Echant 03	10.2	19.2

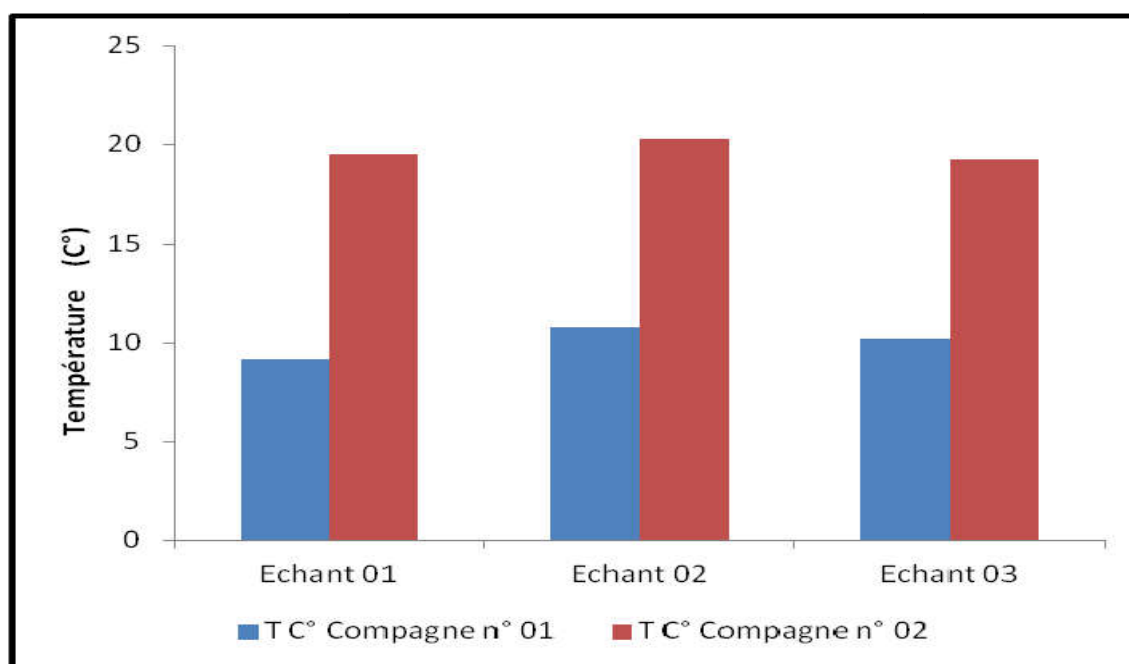


Figure 42 : Variation de la température entre les campagnes.

Dans la zone d'étude, les températures enregistrées (Tab. n°13) varient entre 9.2 et 10.8 °C pour l'eau de la 1^{ère} campagne et de 19,2 à 20.3 °C pour l'eau de la 2^{ème} campagne. Ces variations de température suivent celles du climat de la région.

Les températures mesurées dans les eaux de barrage Ghrib sont conformes aux normes de l'OMS.

IV.3.2. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est indissociable des valeurs de température, de l'oxygène dissous et de la conductivité électrique, car pendant la journée l'absorption intense de CO₂ entraîne une évolution du pH et une précipitation des carbonates (Arrignon, 1991). Le pH est acide dans les eaux des aquifères sableux ou granitiques. Il est alcalin dans les aquifères calcaires. Le pH doit être compris entre 6 et 8.5 (FAO, 1996).

Tableau 08: Variation du Potentiel Hydrogène (pH)

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeurs guides FAO
	Potentiel Hydrogène (pH)		
Echant 01	8.52	6.23	6 -8.5
Echant 02	8.48	8.13	
Echant 03	8.37	7.62	

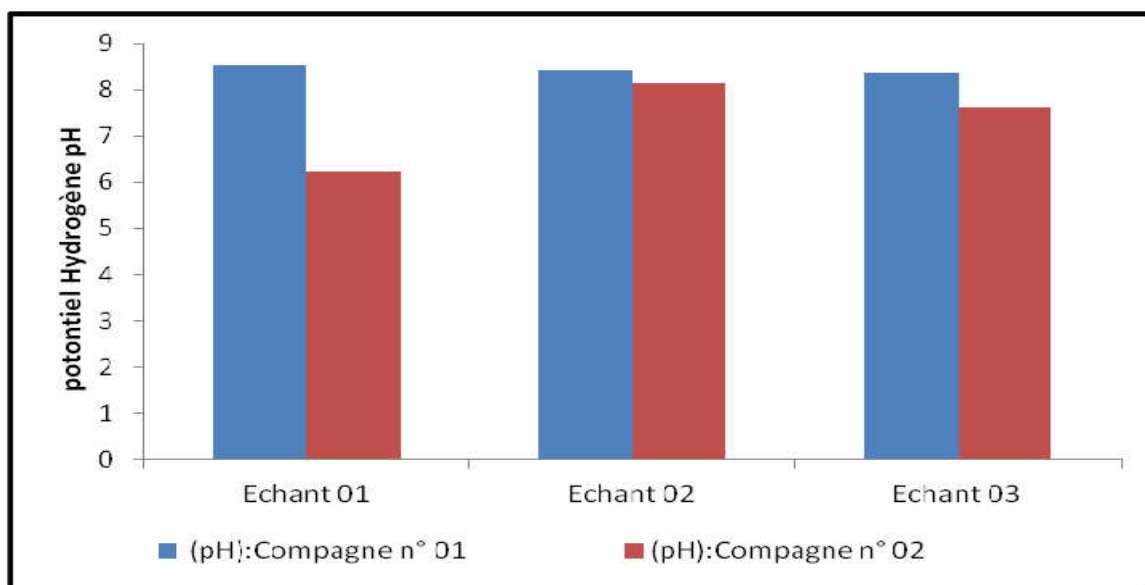


Figure 43 : Variation du potentiel hydrogène entre les deux campagnes.

Les valeurs observées révèlent que le pH est légèrement neutre à alcalin dans tous les point de prélèvement. En effet, le pH varie entre 8,52 et 8,37 pour les eaux de la 1^{ère} campagne et de 6.23 à 8.13 pour les eaux de la 2^{ème} campagne, ceci est dû à la présence de carbonates qui permettent de tamponner les eaux qui s’écoulent vers le barrage Ghrib ; les valeurs du pH sont acceptées pour l’irrigation car elles repondent aux normes de la FAO qui varie entrent 6 et 8,5.

IV.3.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, elle constitue un bio-indicateur du degré de minéralisation de l’eau (Nisbet et Verneaux , 1970)

Tableau 09:Variation de Conductivité électrique

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeurs guides FAO
	Conductivité électrique à CE25 C° (µs/cm)		>1500 (µs/cm) Fort Minéralisation
Echant 01	3561.28	2748.9	
Echant 02	2810.15	2780.58	
Echant 03	3521.6	2965.65	

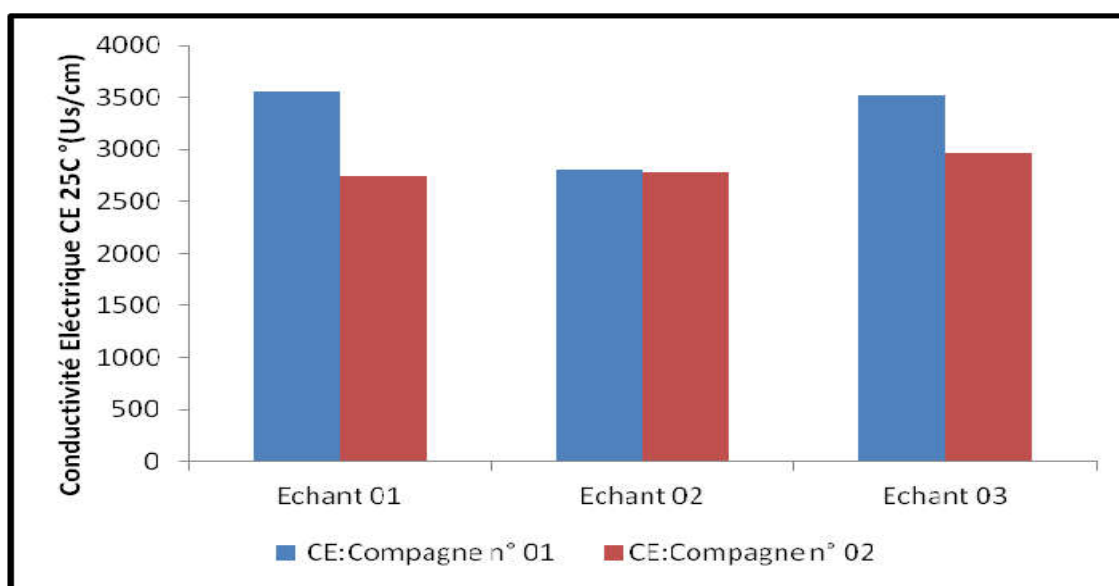


Figure 44: Variation de la Conductivité entre les deux campagnes.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la conductivité électrique fluctuent entre 2810.15 à 3561.28µs/cm pour l'eau de la 1^{ère} campagne et 2748.9 à 2965.65 µs /cm pour la deuxième, ce qui ne répond pas aux normes exigées par la FAO.

Ces valeurs témoignent une forte minéralisation des eaux dans le barrage Ghrib. Cet excès de minéralisation est dû au contact avec les roches lors du cheminement d'eau à travers les différentes formations géologiques du Barrage Ghrib.

IV.3.4.Oxygène dissous :

Les variations d'oxygène dissous sont présentent en relation avec plusieurs facteurs, principalement la température et la salinité (Lacaze, 1996).

Une faible concentration favorise le développement des algues et des parasites, ces derniers sont responsables de la présence des substances toxiques.

Tableau 10 : Variation de l'Oxygène dissous

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO 90-100(mg/l)
	Oxygène dissous (mg/l)		
Echant 01	10.96	9.26	
Echant 02	10.83	9.34	
Echant 03	11.19	9.15	

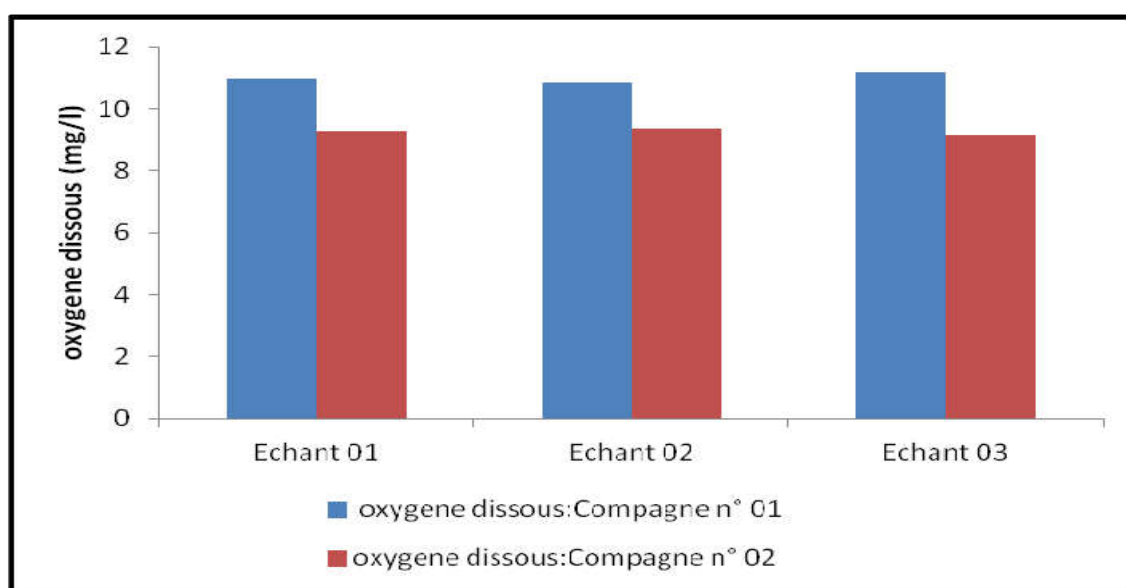


Figure 45: Variation de l'oxygène dissous entre les deux campagnes.

D'après le tableau n° 16 ; les valeurs observées de l'oxygène dissous varient entre 10.83 à 11.19 mg/l pour la 1^{ère} campagne et 9.15 à 9.34 mg/l pour 2^{ème} campagne.

Nous constatons que les valeurs de l'Oxygène dissous de la 2^{ème} campagne sont faibles (Inférieur 10 mg/l valeur minimal acceptable) ce qui montre la présence d'une pollution Organique. Ces valeurs sont faibles par rapport à la 1^{ère} campagne ceci est due à la diminution de débit et à l'augmentation de la température, aux faible, le processus de dilution au niveau du Barrage Ghrib diminue.

Les valeurs de 1^{ème} campagne et la 2^{ème} rendent les eaux du barrage Ghrib de mauvaise qualité.

IV.3.5. Turbidité

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc). IL est important de connaître la teneur de la turbidité lorsqu'on envisage de traiter l'eau car elle facilite le développement des germes indicateurs de contamination, réduit l'efficacité des désinfectants et accroît la

consommation de chlore tout en diminuant son efficacité. (Miquel, 2003).

➤ Résultats

La mesure est obtenue directement en NTU.

Tableau 11 : Variation de turbidité

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	Turbidité NTU		5 < NTU < 30 Eau légèrement trouble
Echant 01	10.21	4.99	
Echant 02	10.07	3.96	
Echant 03	9.85	10.21	

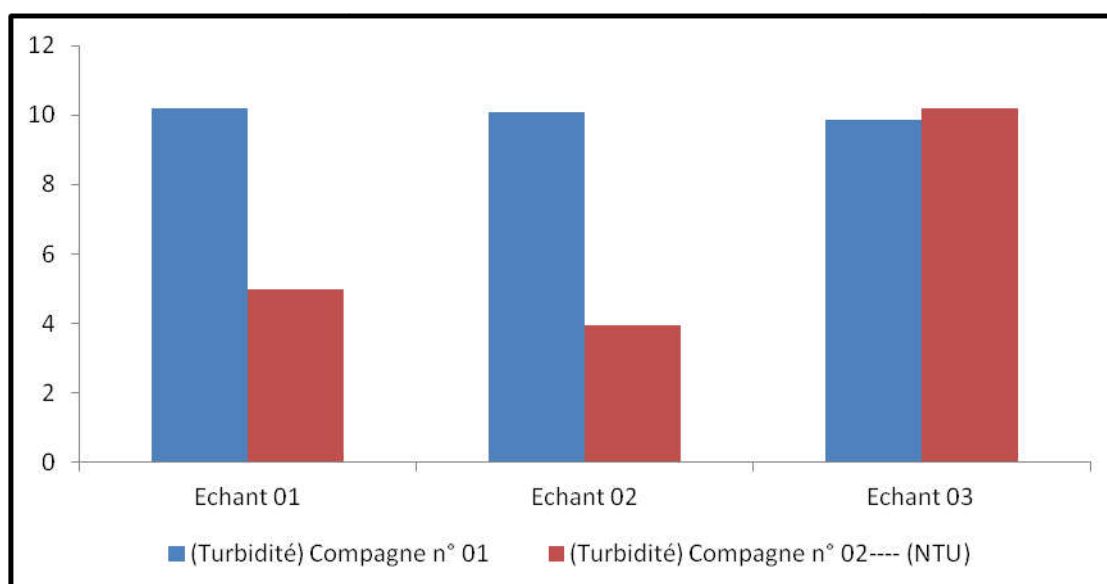


Figure 46 : Variation de la turbidité entre les deux campagnes

Les résultats obtenus ont révélé que la turbidité est légèrement variable pour les deux campagnes durant la période d'analyse, ces valeurs sont comprises entre 9.85 à 10.21 NTU pour l'eau de la 1^{ère} campagne, c'est des eaux troubles ceci est dû la présence de matières en suspension finement divisées : argiles, limons, matières organique, quant au eaux de la 2^{ème} campagne, les valeurs oscillent entre 4.99 à 10.21 NTU ce qui indique que cette eau est légèrement trouble ceci est dû à la présence de certains matières en suspensions (fig N°46).

En outre, les valeurs de la 1^{ère} campagne restent plus élevées par rapport à la 2^{ème} campagne, c'est du à la différence des dates de prélèvement, pendant la 1^{ère} période l'écoulement était abondant mais pendant la 2^{ème} campagne, l'écoulement nul.

A la fin, ces valeurs sont conformes aux normes FAO.

IV.3.6. Résidu Sec

Tableau 12 : Variation des Résidu Sec

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	Résidu sec (Rs) (mg/l)		300-1000 (mg/l)
Echant 01	1710	1038	
Echant 02	1759.99	1043.99	
Echant 03	1679.99	1099	

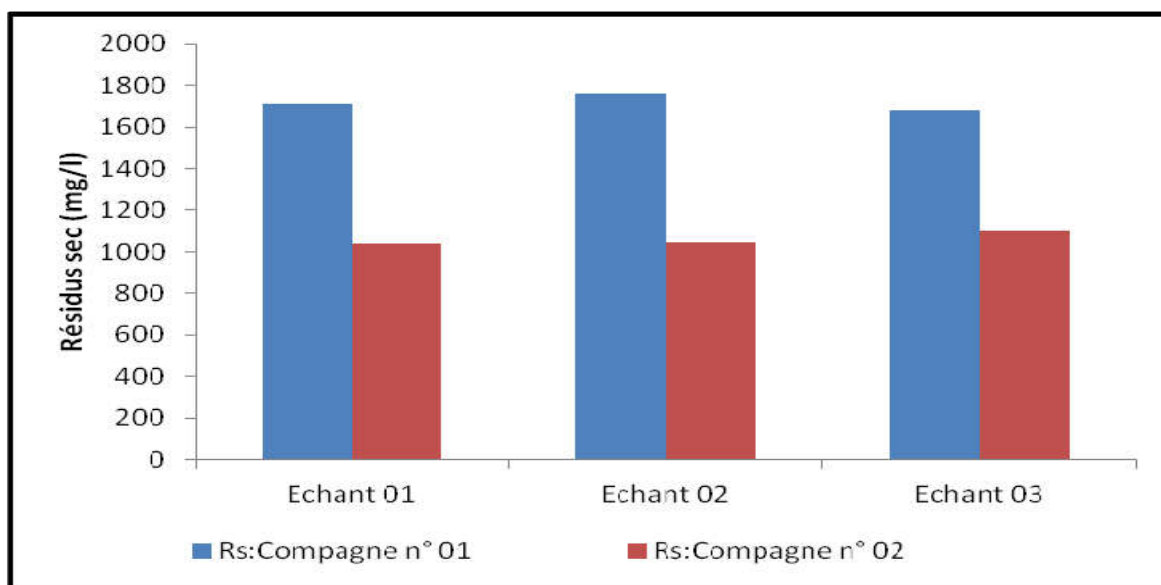


Figure 47 : Variation des résidus secs entre les deux compagnes

Nous avons remarqué que les valeurs des résidus secs au niveau de la profonde de barrage Ghrib sont supérieures aux valeurs des résidus sec des échantillons prélevés au niveau de surface et au niveau de l'oued Chorfa, et varient entre 1679.99 et 1759.99 mg/l pour la 1^{ère} compagne et entre 1038 et 1099 mg/l pour la 2^{ème} compagne.

Ces eaux sont déconseillées pour l'irrigation car elles ont des valeurs élevées par rapport à celles du guide.

Les concentrations élevées du résidu sec proviennent du contact permanent des eaux avec diverses formations argileuses riches en sel.

IV.3.7. Détermination des matières en suspension (La méthode par filtration) :

Tableau 13: Variation de MES (Méthode de filtration)

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO < 5 (mg/l)
	MES (mg/l)		
Echant 01	0.002	1.519	
Echant 02	0.012	2.066	
Echant 03	0.006	2.334	

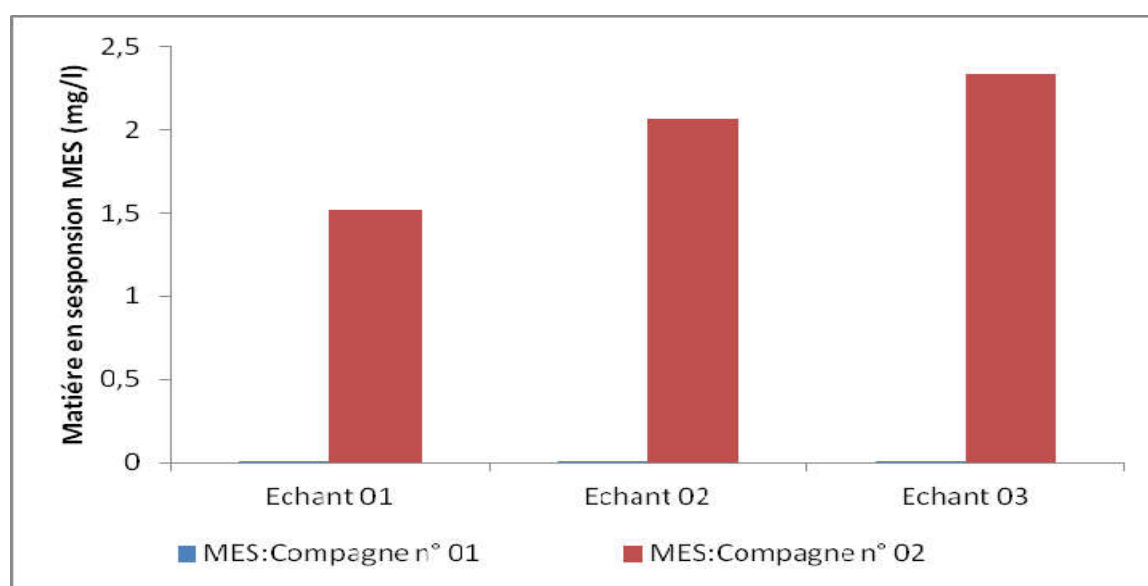


Figure 48 : Variation de MES entre les deux campagnes

La présence de matière en suspension peut être organique ou minérales et varie d'un point à l'autre en ordre croissant d'une part de l'amont vers l'aval et d'autre part avec la profondeur.

Ces fluctuations reflètent le taux de charge en matière en suspension et la vase du fond.

En effet, selon les résultats obtenus, les valeurs faibles sont observées au niveau de tous les points de prélèvements.

Les valeurs de la 1^{ère} campagne (0.002 à 0.012 mg/l) sont plus faibles que celles de la 2^{ème} campagne (1.519 à 2.334 mg/l), c'est probablement à cause de la variation des périodes de prélèvements.

Les valeurs des deux campagnes sont conformes aux normes FAO.

IV.3.8. Dosage de chlorure (Cl⁻)

Tableau 14 : Variation de chlorure [Cl⁻]

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	[Cl ⁻] (mg/l)		
Echant 01	284	195.25	1065 mg/l
Echant 02	260.333	230.35	
Echant 03	260.333	230.35	

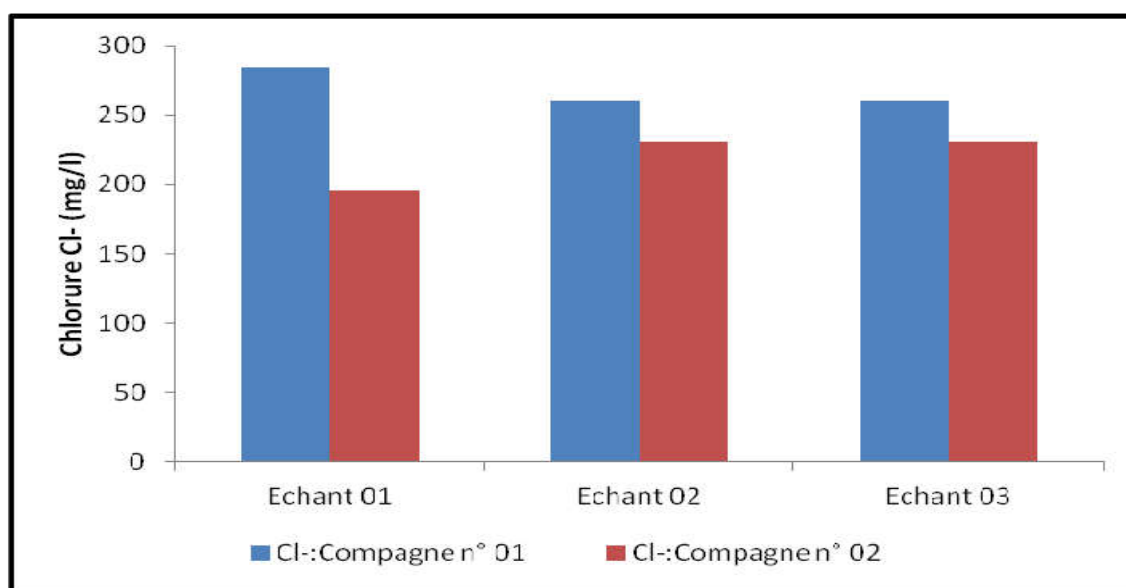


Figure 49 : Variation de Cl⁻ entre les deux compagnes

Les résultats de dosage des chlorures, montrent des valeurs élevées, sur le tableau n°21 , nous avons remarqué que les valeurs de la 1^{ère} campagne varient entre 260.333 à 284 mg/l et de 195.25 à 230.35 mg/l pour la 2^{ème} campagne, les valeurs de chlorure sont un peu faibles par rapport aux précédentes avec une valeur maximale de 284mg/l au niveau du point n°01.

Ces valeurs sont conformes aux normes FAO, Nous pouvons dire que les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variables et sont liées principalement à la nature des terrains traversés.

IV.3.09. Détermination de l'alcalinité(HCO₃)

1. Résultats :

$$TAC = (V'_{HCL} - 0.5) * N_{HCl} * \text{Volume d'essai} \dots \text{meq/l}$$

$$= TAC (\text{meq/l}) * Mm = TAC (\text{mg/l})$$

✓ V'_{HCL} : Volume d'acide versé.

- ✓ N_{HCl} : normalité d'acide versé.
- ✓ PE : prise d'essai.
- ✓ Mm : Masse molaire de HCO_3

Tableau 15: Détermination de TAC

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	TAC (mg/l)		610 mg/l
Echant 01	91.5	152.5	
Echant 02	91.5	152.5	
Echant 03	140.3	170.8	

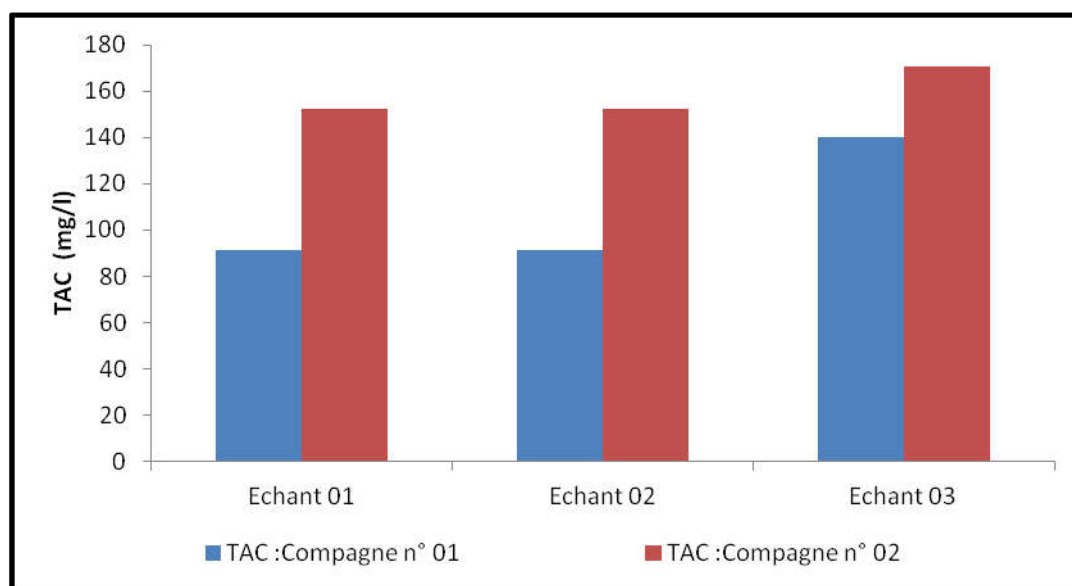


Figure 50 : Variation de TAC entre les deux campagnes.

Pour l'ensemble des prélèvements, les concentrations en carbonate sont diminuées cela concerne les deux prélèvements avec des valeurs variant de 91.5 à 140.3 mg/l pour la 1^{ère} campagne et de 52.5 à 170.8 mg/l pour la 2^{ème} campagne sont des valeurs conformes aux normes FAO.

Ces valeurs sont élevées mais restent conformes aux normes FAO, Cette augmentation est probablement liée à l'augmentation du pH.

IV.3.10. Détermination du Calcium (Ca^{2+}) ; et du Magnésium (Mg^{2+})

○ Détermination du calcium (Ca^{2+})

➤ Résultats

La détermination du mg/l de calcium est donnée par la formule suivante :

$$[Ca^{2+}] = \frac{C_{EDTA} \cdot V_{EDTA} \cdot 1000}{V_2} \cdot 40.08 \dots \dots \dots (8)$$

Tableau 16 : Variation de [Ca⁺]

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	[Ca ⁺] (mg/l)		
Echant 01	240.46	240.48	400 mg/l
Echant 02	188.37	200.4	
Echant 03	320.64	160.32	

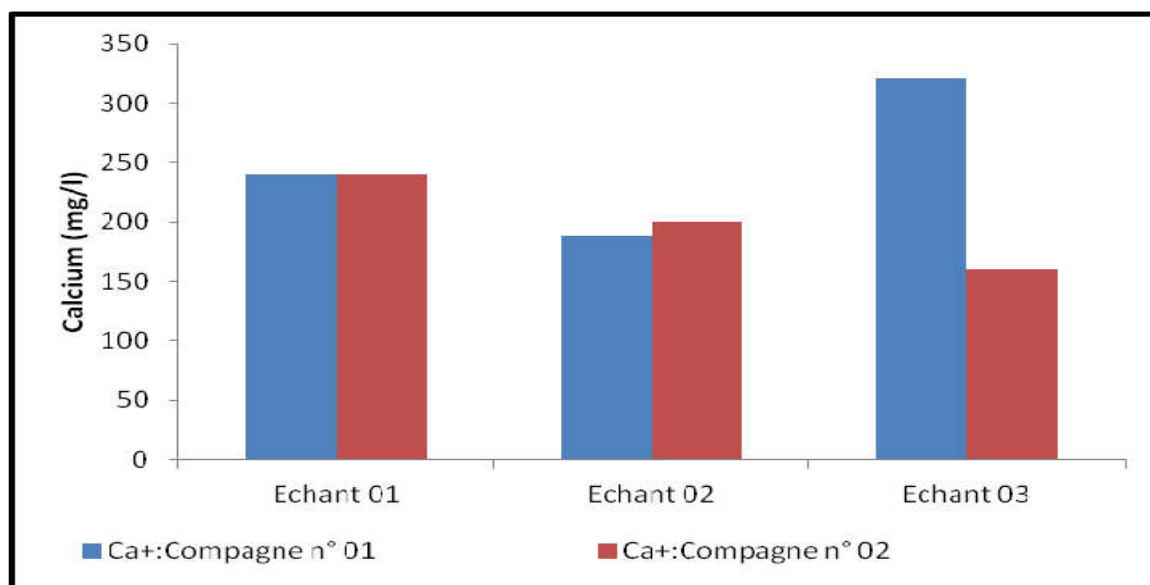


Figure 51 : Variation de Calcium entre les deux compagnes.

Les résultats obtenus montrent que les eaux du Barrage Ghrib sont riches en calcium au niveau de tous les points de prélèvement, ces valeurs sont comprises entre 188.37 à 320.64 mg/l pour les eaux de la 1^{ère} campagne et varient entre 160.32 à 240.48 mg/l pour la 2^{ème} campagne, avec un minimum au niveau de l'échantillon n°3 de la 2^{ème}campagnes.

Ces variations des teneurs en calcium sont dues à la nature géologique du milieu (présence des roches carbonatée).mais ça n'empêche en aucun cas qu'elles restent conformes aux normes FAO.

◦ **Détermination du Mg²⁺**

➤ **Résultats**

La détermination du mg/l de magnésium est donnée par la formule suivante:

$$Mg^{2+} = [D.T (mmol /l) - D.Ca(mmol/l)]*24.30 g/mol \dots \dots \dots (09)$$

Mg : Magnésium [mg /l]

Tableau 17 : Variation de Mg²⁺

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	[Mg ⁺]	(mg/l)	60-70 mg/l
Echant 01	40.1	120.24	
Echant 02	112.23	64.7	
Echant 03	80.6	200.4	

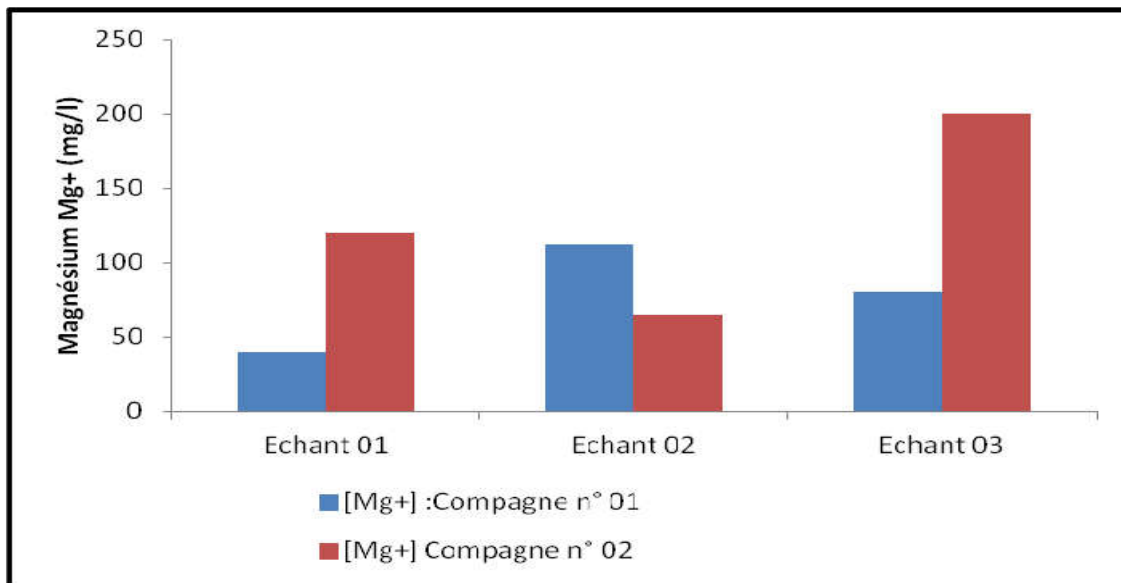


Figure 52 : Variation de [Mg⁺] entre les deux campagnes

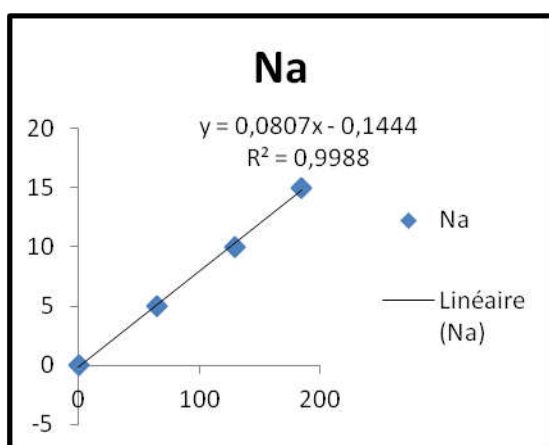
Les teneurs en magnésium varient d'une saison à une autre, en surface et en profondeur. La teneur en Mg⁺² pour les eaux de la 1^{ère} campagne varie entre 40.1 à 112.23 mg/l et la 2^{ème} campagne entre 64.7 à 200.4 mg/l (figure 41), ceci est dû à l'origine minérale, la source principale est le complexe des minéraux des roches sédimentaire et aussi à des terrains traversés, elles sont moyennement élevées par rapport aux normes FAO.

IV.3.11. Détermination de Sodium et Potassium par photométrie à flamme

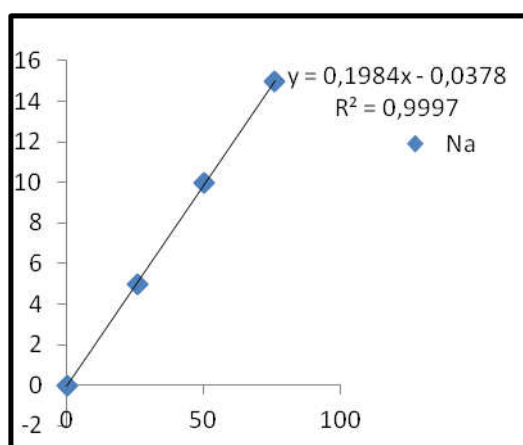
✓ Courbe d'étalonnage Na⁺

Tableau 18 : Détermination de Na⁺

	1a 1 ^{ère} campagne 17/02/2016			La 2 ^{ème} campagne 20/04/2016		
	Echant01	Echant02	Echant03	Echant04	Echant05	Echant06
Etalons préparé	5 ppm	10 ppm	15 ppm	5ppm	10ppm	15ppm
Abs (Na ⁺)	65	129	185	26	50	76
Na ⁺ (Echan)	8	38	42	16	12	15
[Na ⁺]	0.50	2.92	3.24	3.13	2.34	2.93



Na⁺ 1^{ère} campagne



Na⁺ 2^{ème} campagne

Figure 54 : Courbes d'étalonnage (Na⁺)

Tableau 19: Variation de Na⁺

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	Na ⁺ (mg/l)		
Echant 01	0.50	3.13	92 mg/l
Echant 02	2.92	2.34	
Echant 03	3.24	2.93	

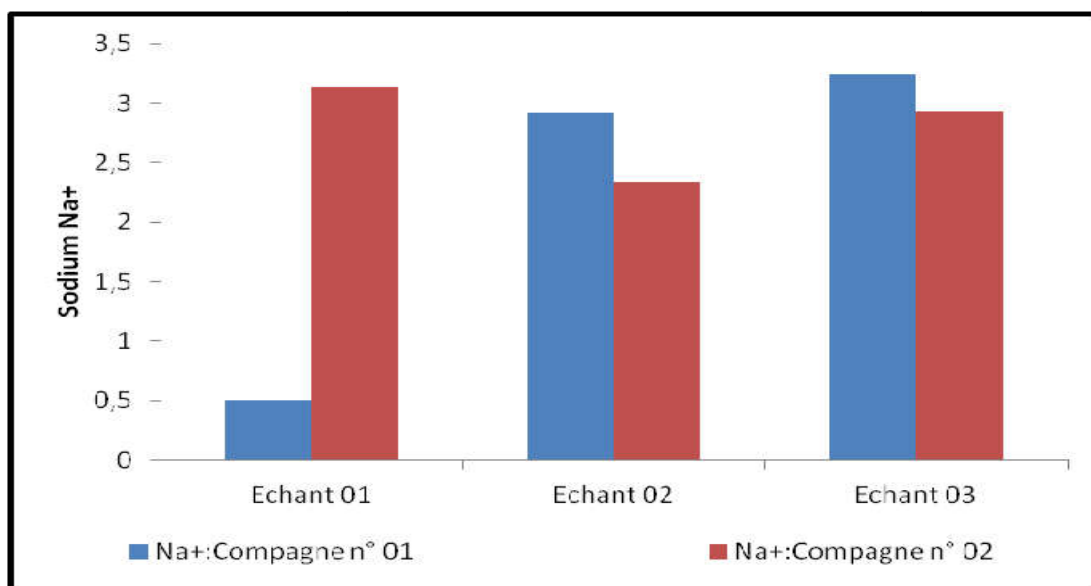


Figure 54 : Variation de $[Na^+]$ entre les deux compagnes

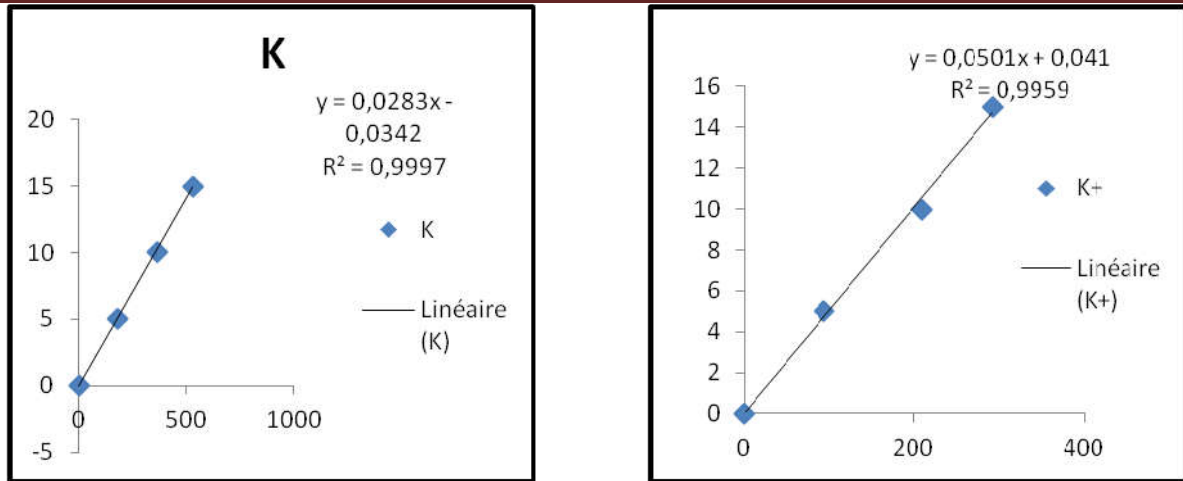
Nous avons remarqué Pour l'ensemble des prélèvements, les concentrations en sodium sont faibles cela concerne les deux prélèvements avec des valeurs variant de 0.50 à 3.24 mg/l pour la 1^{ère} campagne et de 2.34 à 3.13 mg/l pour la 2^{ème} campagne ces valeurs sont conformes aux normes FAO

Le sodium peut provenir à partir de plusieurs origines à savoir : la décomposition des sels minéraux tels que les silicates, le lessivage des formations géologiques riches en NaCl et des venues d'eaux salées dans les nappes, des rejets d'eaux usées d'origine industrielle et domestique.

✓ **Courbe d'étalonnage K^+**

Tableau 20 : Détermination de K^+

	1a 1 ^{ère} compagne			La 2 ^{ème} compagne		
	Echant01	Echant02	Echant03	Echant04	Echant05	Echant06
Etalons préparé	5ppm pp	10 ppm	15 ppm	5ppm	10ppm	15ppm
Abs (k^+)	177	360	528	93	210	292
K^+	203	266	231	140	156	139
$[K^+]$	5.71	7.49	6.50	6.97	7.77	6.92



K⁺ 1^{ère} campagne

K⁺ 2^{ème} campagne

Figure 55: Courbes d'étalonnage (K⁺)

Tableau 21 : Variation de K⁺ entre les deux campagnes.

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	[K ⁺] (mg/l)		
Echant 01	5.71	6.97	2 mg/l
Echant 02	7.49	7.77	
Echant 03	6.50	6.92	

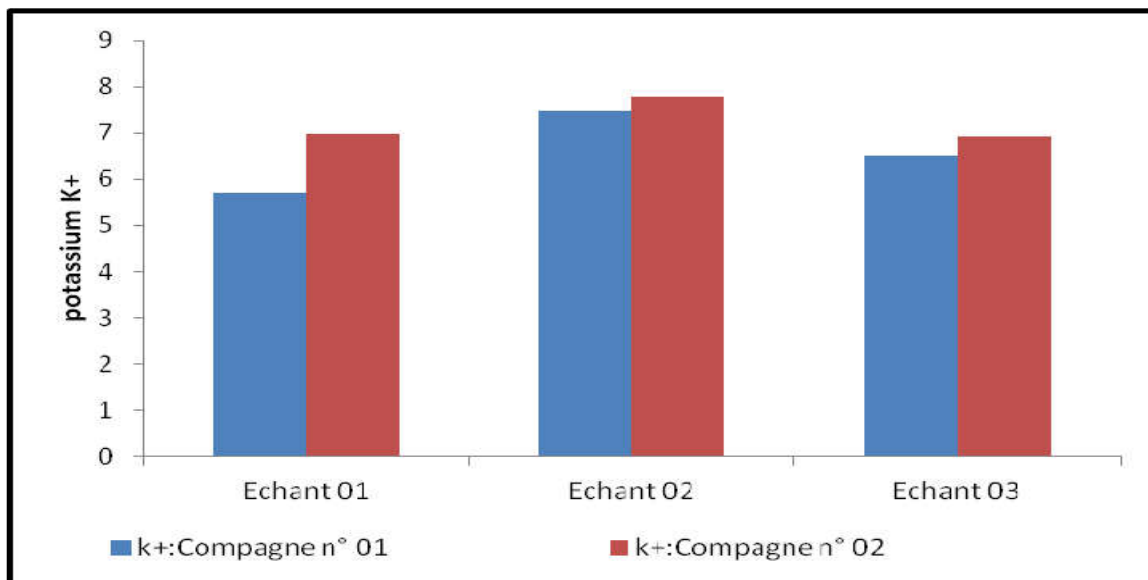


Figure 56 : Variation de [k⁺] entre les deux campagnes

la variation des valeurs de potassium entre les deux campagnes varie de 5.71 et 7.49 mg/l pour la 1^{ère} campagne et 6.92 à 7.7 mg/l pour la 2^{ème} campagne,

Ces valeurs sont élevées par rapport aux normes FAO.

Le potassium provient d'une part, des lessivages des engrais, des argiles et des roches volcaniques, d'autre part d'origine industrielle.

IV.3.12.Nitrates (NO₃⁻)

➤ Résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm multiplié par 4.43 pour obtenir le résultat en NO₃⁻

Tableau 22 : Variation de Nitrates (NO₃⁻)

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	Nitrates (NO ₃ ⁻)(mg/l)		0-10 mg/l
Echant 01	1.72	2.81	
Echant 02	1.32	3.36	
Echant 03	0.75	1.20	

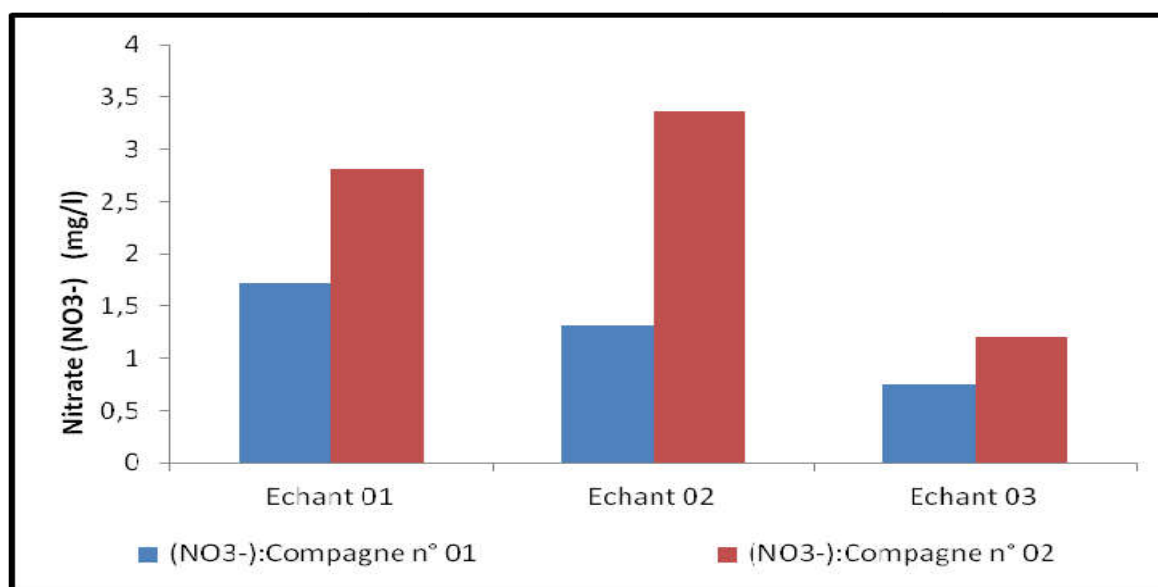


Figure 57: Variation de Nitrates entre deux campagnes.

D'après les résultats obtenus, une variation remarquable existe entre les valeurs des nitrates pour les deux campagnes de 0.75 à 1.72 mg/l pour la 1^{ère} campagne et 1.20 à 3.36 mg/l pour la 2^{ème} campagne, cette variation est due principalement au lessivage des terres agricoles par les eaux de ruissellement, ceci est observé pendant la période de la 1^{ère} campagne.

Les valeurs élevées mesurées au niveau des points 4 et 5 sont due eux aussi au lessivage des terres agricoles voisines.

A la fin, les valeurs des nitrates restent inférieures aux valeurs admissibles données par les normes FAO.

Les nitrates stimulent le développement de la flore aquatique et augmentent la productivité d'un écosystème lacustre (Arrignon, 1976).

Cette situation de pollution peut être interprétée comme provenant des activités agricoles ; les engrais étant essentiellement répandus pour la croissance des végétaux au printemps.

IV.3.13. Dosage de Nitrite (NO₂⁻)

Tableau 23 : Variation de Nitrite (NO₂⁻)

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	Nitrites (NO ₂ ⁻) (mg/l)		
Echant 01	0.072	0.112	0 - 0.1 mg/l
Echant 02	0.072	0.104	
Echant 03	0.064	0.104	

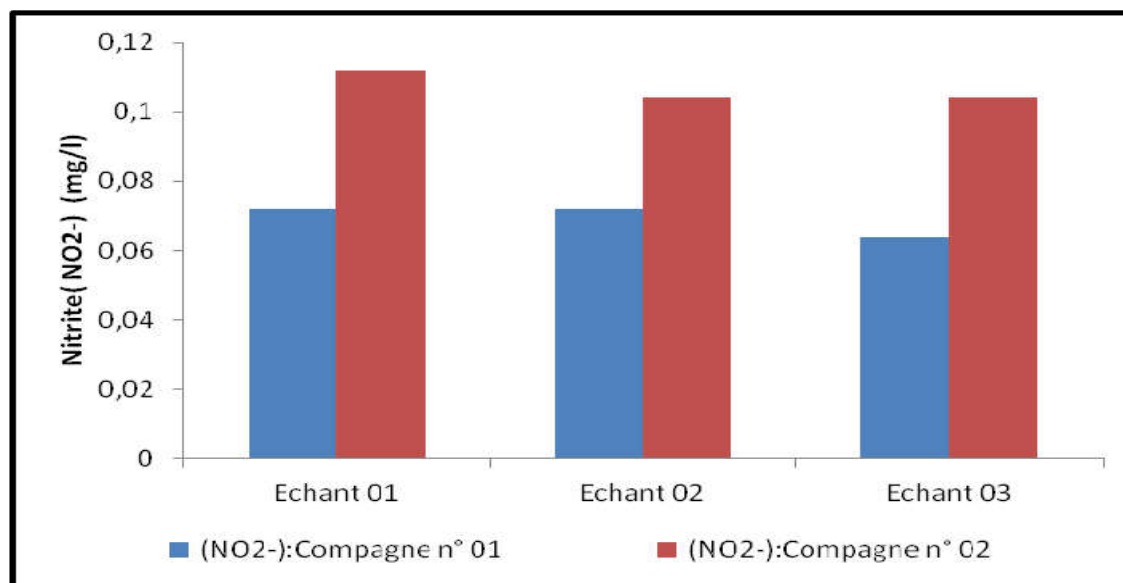


Figure 58 : Variation de Nitrite entre les deux compagnes.

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique. Les valeurs trouvées sur le tableau n°28 varient entre 0.064 à 0.072 mg/l pour les eaux du 1^{ère} prélèvement et 0.104 à 0.112 mg/l pour les eaux du 2^{ème} prélèvement.

Ces valeurs restent élevées comparées aux normes exigées par le FAO.

Les valeurs de nitrites mesurées dans les eaux de Barrage Ghrib appartiennent donc à la classe mauvaise.

IV .3.14.Dosage de l'Azote d'Ammoniac (NH_4^+)

Tableau 24 : Variation de l'Azote d'Ammoniac (NH_4^+)

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	L'Azote d'ammoniac (NH_4^+) mg/l		
Echant 01	0.239	0.237	0.1mg/l
Echant 02	0.228	0.237	
Echant 03	0.144	0.024	

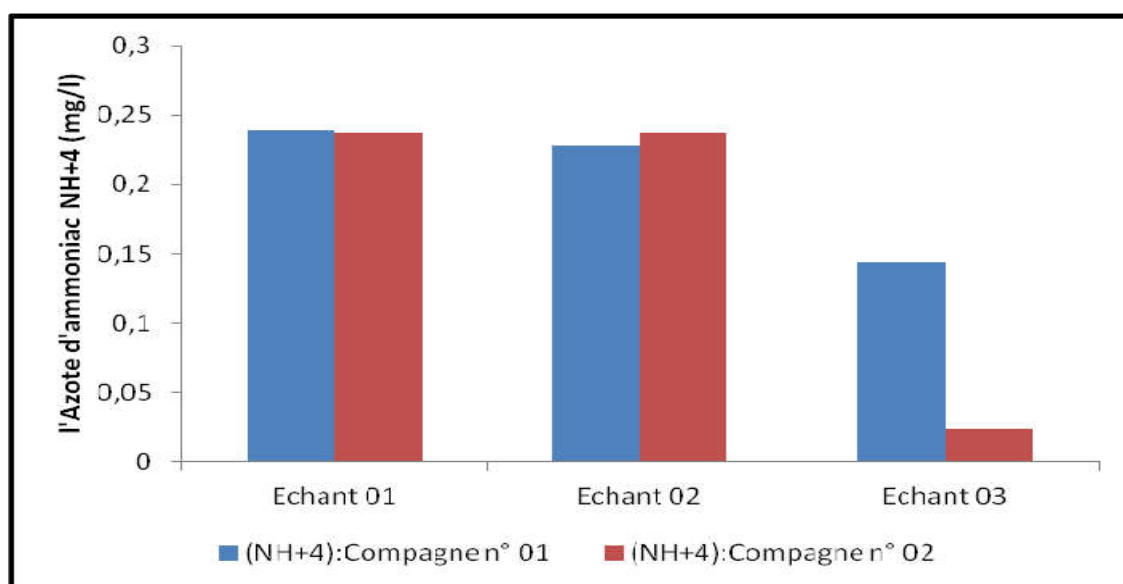


Figure 59 : Variation de l'Azote d'Ammoniac entre les deux campagnes.

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ , dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température. L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal (Aminot & Chaussepied, 1983). En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates ; ce qui induit une consommation d'oxygène (Gaujous, 1995).

D'après les résultats obtenus, une variation remarquable existe entre les valeurs de l'Azote d'Ammoniac pour les deux campagnes.

Dans notre étude, les concentrations les plus faibles de l'azote ammoniacal varient entre 0.144 mg/l et 0.239 pendant la 1^{ère} campagne, ceci peut se traduire par des apports exogènes, notamment les engrais d'agriculture et les rejets domestiques, apportés par les affluents d'oued Chorfa.

Ces valeurs ne répondent pas aux normes FAO ; donc nous pouvons classer l'eau à mauvaise classe.

IV.3.15. Dosage de phosphore (PO_4)

Tableau 25 : Variation de phosphate (PO_4^{3-})

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	Phosphate (PO_4^{3-}) mg/l		
Echant 01	0.352	00	0-0.1 mg/l
Echant 02	0.507	00	
Echant 03	0.358	0.497	

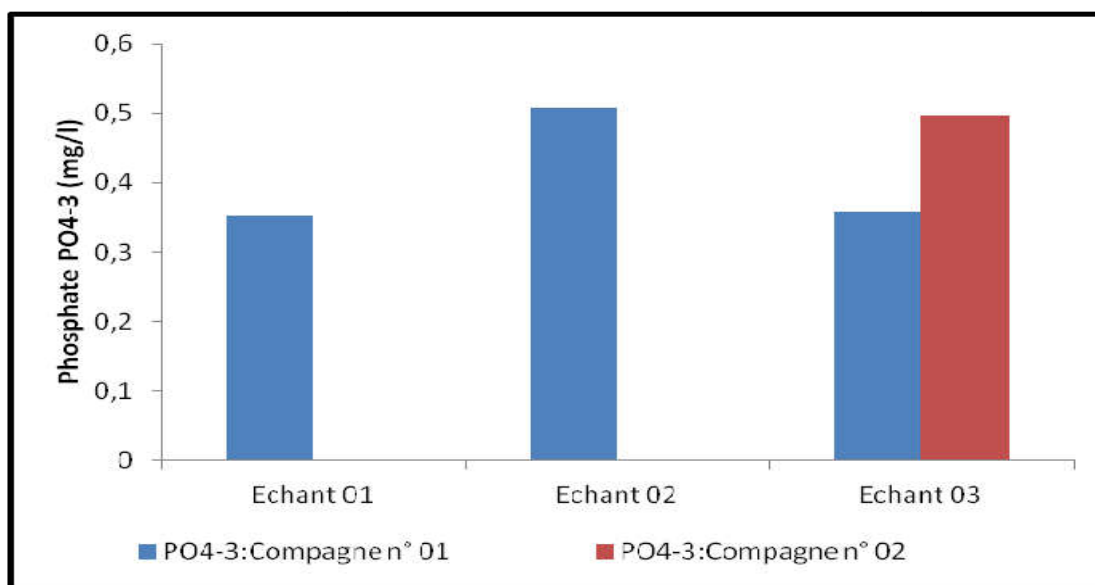


Figure 60 : Variation de phosphate entre les deux campagnes.

La variation des valeurs de phosphates entre les deux campagnes ; ces valeurs sont de 0.352 à 0.507 mg/l pour la 1^{ère} campagne et 00 à 0.497 mg/l pour la 2^{ème} campagne ; donc ces valeurs ne répondent pas aux normes FAO.

Le phosphore total est indispensable au développement des micro-algues en suspension ; la présence de phosphore en excès peut provoquer la prolifération des végétaux. Ce paramètre sous informe sur la dégradation qui est due à l'eutrophisation.

IV.3.16. Dosage de Sulfate (SO_4^{2-})

➤ Résultats

$[\text{SO}_4^{2-}] = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{facteur de la dilution en mg/l}$

Tableau 26: Variation de Sulfate SO_4^-

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	Sulfate SO_4^- mg/l		
Echant 01	2766.1	1332.1	960 mg/l
Echant 02	1780	1151.7	
Echant 03	1530.2	1093.7	

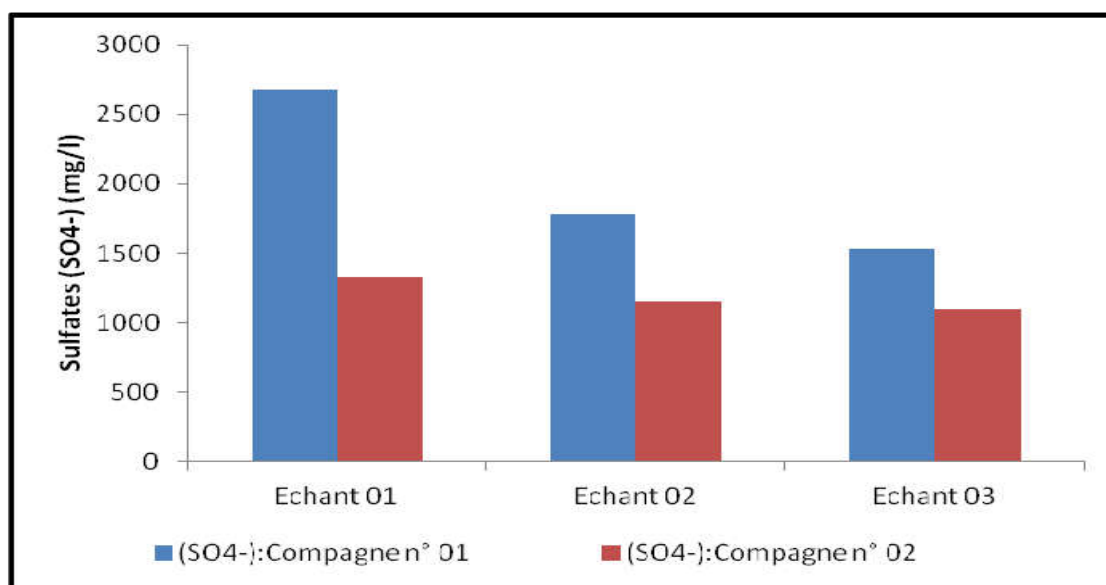


Figure 61 : Variation de sulfate entre les deux campagnes.

Les valeurs de sulfates enregistrées dans les deux campagnes sont variables d'un point à l'autre, selon le tableau n°31, nous avons remarqué que les valeurs de la 1^{ère} campagne varient entre 1530.2 à 2722.1 mg/l et 1093.7 à 1332.1 mg/l pour les valeurs de la 2^{ème} campagne; elles sont moyennement élevées par rapport aux normes FAO, ceci est du à la nature des roches traversées lors de son déplacement.

Le sulfate peut être d'origine naturelle à partir du gypse ou pyrite, d'origine industrielle ou à partir des produits de traitement agricole. Ou bien du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.).

Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate

IV.3.17. Détermination de Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) est un critère de pollution organique basé sur la quantité d'oxygène consommée à 20°C pendant un temps de référence pour assurer l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau par voie biologique

Tableau 27 : Détermination de la DBO₅

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	(DBO ₅)	(mg/l)	
Echant 01	05	02	>10mg/l
Echant 02	04	03	
Echant 03	13	03	

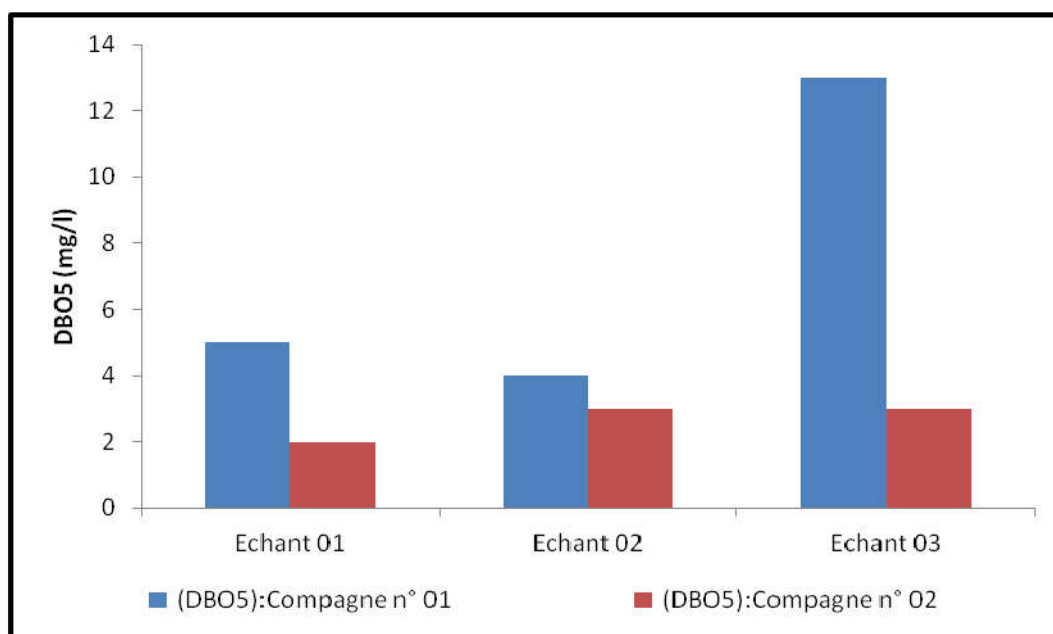


Figure 62 : Variation de DBO₅ entre les deux compagnes

La variation des valeurs de DBO₅ entre les deux compagnes, il y a des valeurs élevées que les autres valeurs Elles varient entre 4 mg/l en et 13 mg/l pour la 1^{ère} compagne et 02 à 03

pour la 2^{ème} campagne, ce qui pourrait être dû à la faible quantité de matières organiques disponible dans le milieu.

IV.3.18. Demande chimique en oxygène (DCO)

Correspond à une estimation des matières oxydable présentes dans l'eau quelle que soit leur origine (organique ou minérale).

Tableau 28 : variation de DCO

Echantillons	Compagne n°01 17/02/2016	Compagne n°02 20/04/2016	Valeur guide FAO
	(DCO)	(mg/l)	
Echant01	16	24	< 20
Echant02	20	22	
Echant03	27	27	

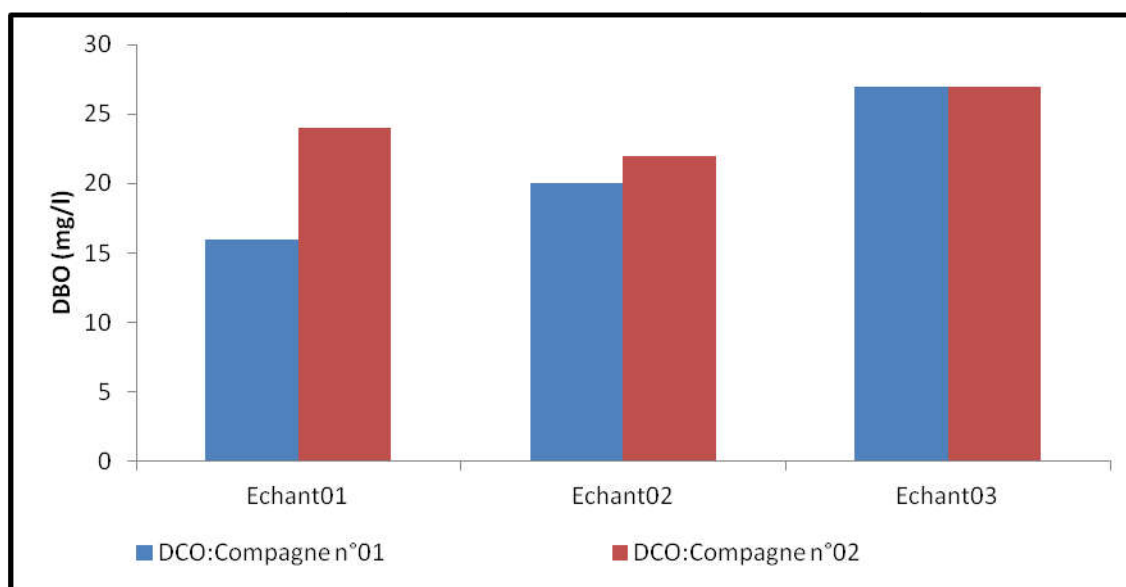


Figure 63 : Variation de DCO entre les deux compagnes.

D'après les résultats, nous avons remarqué la variation de la concentration en DCO au niveau des deux compagnes ; 16 à 27 mg/l pour la 1^{ère} campagne et 22 à 27mg/l pour la 2^{ème} campagne ,Ce qui s'explique par le fait que la quantité d'oxygène fournie par l'oxydation des matières organiques est faible donc, la biodégradabilité est faible

Par contre les valeurs les plus élevées, Cela correspond probablement à une grande teneur en matières organiques qui ont un caractère biodégradable donc se sont oxydées dans ce milieu.ces valeurs ne répondent pas aux normes FAO.

IV.3.19.Salinité

La salinité correspond à la quantité de sels dissous qui sont le chlorure de sodium (Na Cl) et chlorure de magnésium(MgCl₂) etc. L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na⁺), magnésium (Mg²⁺), chlorure (Cl⁻),... après dissociation des sels. Cette salinité se mesure directement à partir de la conductivité électrique des échantillons d'eau prélevés.

Tableau 29 : Variation de la salinité

Echantillons	Compagne n° 01	Compagne n° 02
	Salinité (mg/l)	
Echant 01	1.1	1.1
Echant 02	1.1	1.1
Echant 03	1.1	1.1

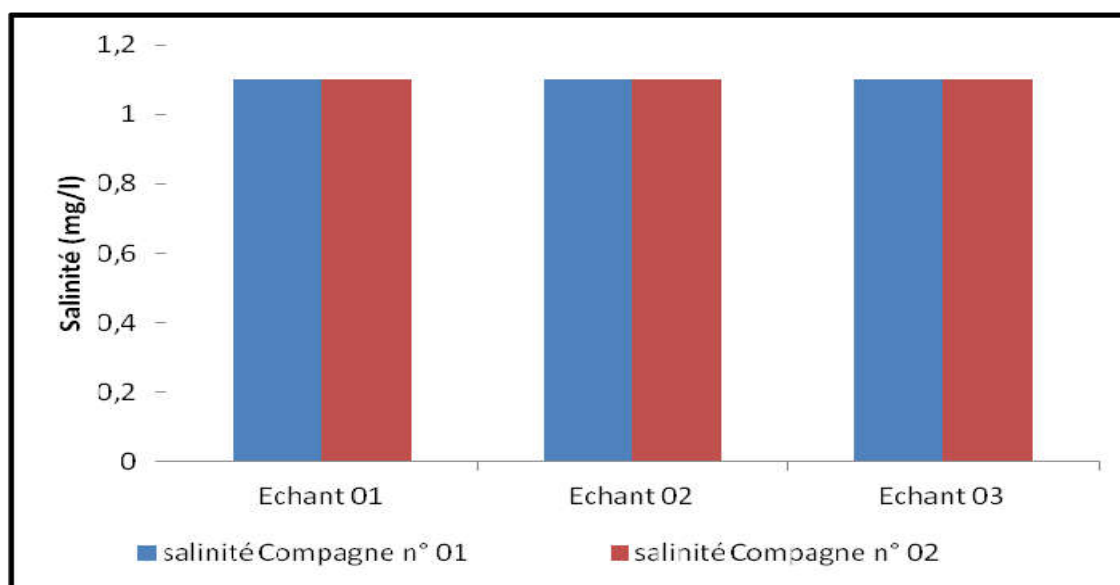


Figure 64 : Variation de la salinité entre les deux campagnes.

Les valeurs de la salinité sont stables, égales à 1.1 mg/l pour la 1^{ère} campagne et pour la deuxième campagne. Les valeurs des différents échantillons sont faibles par rapport à la norme, nous pouvons dire qu'elles sont des valeurs trop faibles c'est parce que ces eaux proviennent d'un autre oued et qui servent au remplissage du barrage Ghrib.

Ceci est dû probablement à la provenance des eaux du barrage Ghrib (peuvent provenir d'un autre oued dont les rejets sont importants)

IV.3.19.1. Résultats de SAR

Tableau 30 : Variation de SAR entre les deux compagnes.

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO < 0.2 Problèmes graves
	SAR (meq/l)		
Echant 01	0.0053	0.041	
Echant 02	0.041	0.036	
Echant 03	0.031	0.036	

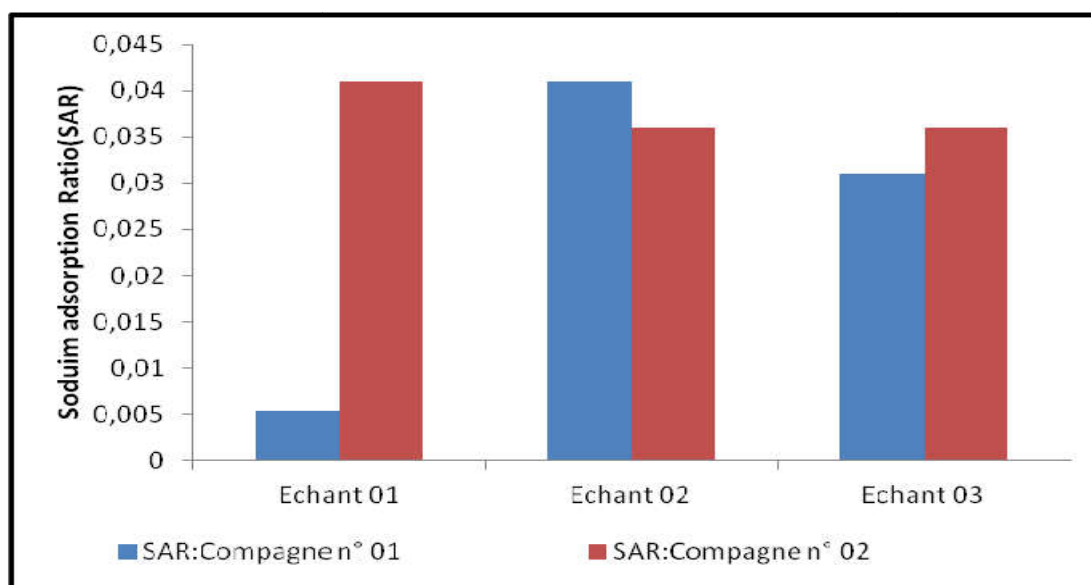


Figure 65: Variation de SAR entre les deux compagnes.

la variation des valeurs du SAR d'un point à l'autre ; variantes de 0.0053 à 0.041 meq/l pour la 1^{ère} compagne avec une valeur trop faible dans cette précédente 0.0053 meq/l au niveau de point P₁ meq/l, ce qui signifie qu'il y a une dilution dans ce mois de février et vu que la quantité présumée de la précipitation dans le mois de été >55mm.

D'autre part, les valeurs de la 2^{ème} compagne de 0.036 à 0.014 meq/l, elles ne répandent pas aux normes FAO qui prouvent une forte salinité.

Ces eaux appartiennent à la classe S1 (fig66) de faibles quantités de sodium. C'est une eau utilisable pour l'irrigation pour presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées.

IV.3.19.2. Aptitude des eaux à l'irrigation

L'utilisation des eaux pour l'irrigation requiert des qualités spécifiques et pour aborder ce problème nous avons utilisé la méthode de Riverside et de Wilcox pour les deux campagnes du 17/02/2016 et 20/04/2016.

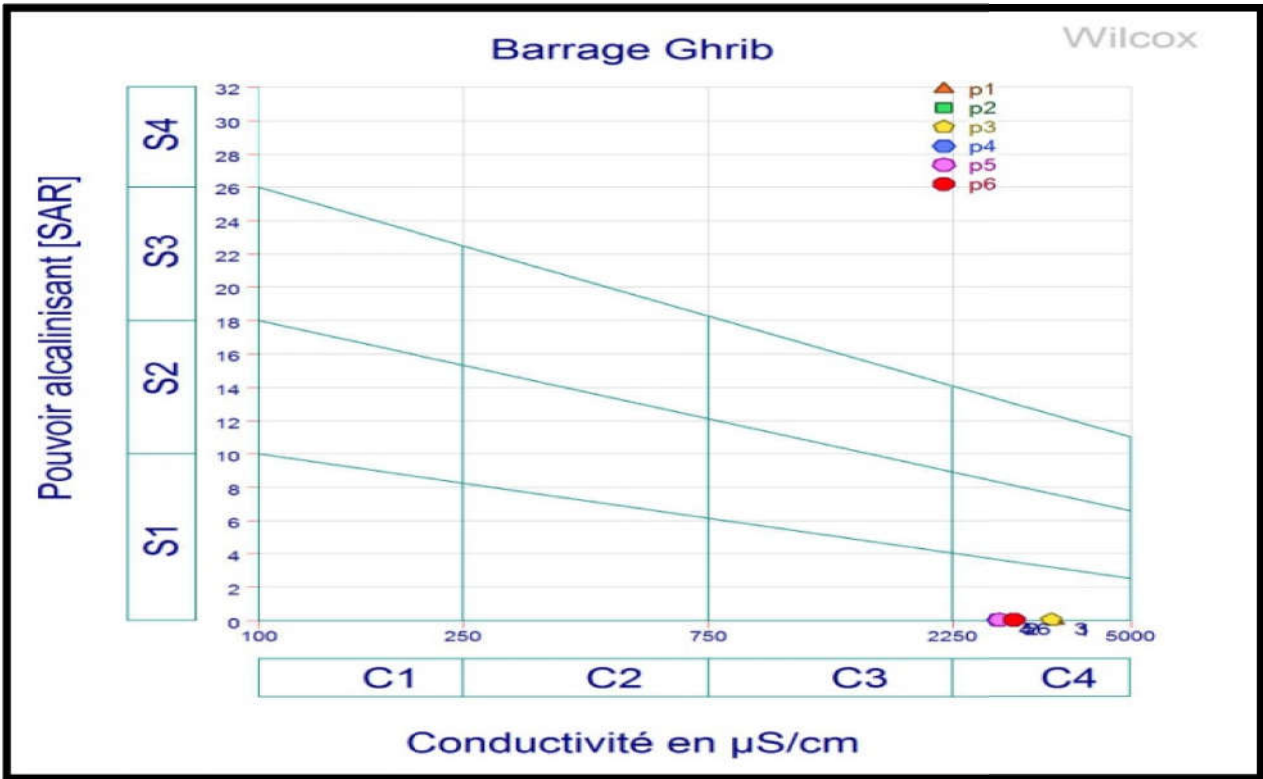


Figure 66 : Diagramme de Wilcox

D'après le digramme, nous avons constate que les valeurs obtenues sont toutes au niveau de la classe C4-S1du digramme traduisant le fait que les eaux du barrage Ghrib ont une qualité chimique Médiocre.

L'analyse et l'interprétation des résultats obtenus, selon Richards (1954), nous permettent de prévoir et évaluer les risques probables sur la nature des sols et de la végétation quant à l'utilisation de ces eaux polluées.

D'après Richards, le risque de salinisation des sols peut être apprécié par la conductivité électrique et celui de l'alcalinisation des sols par le SAR.

En tenant compte de ces deux paramètres : CE à 25°C et du SAR, Richards a proposé un diagramme de classification comportant 16 classes correspondant au couple risques salins-risques alcalins.

Cette classification a été très utilisée et l'est encore de nos jours. Elle est très utile et fiable pour caractériser une eau d'irrigation. Cependant, elle ne peut pas servir pour estimer un risque de salinisation ou de sodisation. En tenant compte de cette classification et après avoir

reporté tous les points d'eau des différentes campagnes sur le diagramme de Richards (fig 50), selon la conductivité électrique et la valeur de SAR, nous pouvons dégager la présence d'une seule classe qui est :

(C₄S₁) Médiocre: L'eau est fortement minéralisée et est susceptible de convenir à l'irrigation de certaines espèces (concombre...) bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.

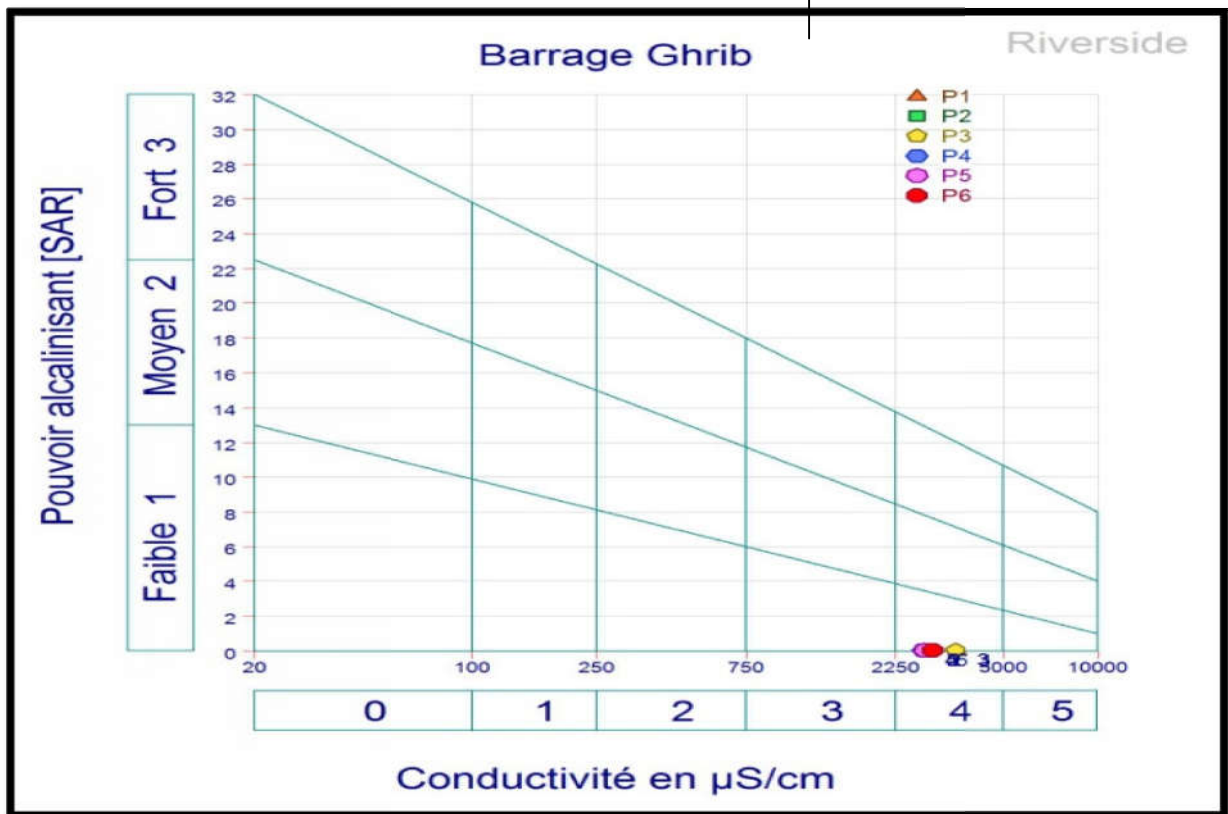


Figure 67: Diagramme de Riverside

D'après le diagramme de Riverside, ces eaux ne conviennent pas à l'irrigation, elles ont une salinité exagérée, et ne sont pas tolérées que pour de rares plantes.

Les diagrammes de Riverside et de Wilcox montrent que l'eau de barrage Ghrib est de mauvaise qualité pour l'irrigation.

IV.3.19.3. Résultats de SAR_{ajusté}

Tableau 31 : Variation de SAR_{ajusté} entre les deux compagnes

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016	Valeur guide FAO < 2 Problèmes graves
	SAR _{ajusté} (meq/l)		
Echant 01	0.016	0.143	
Echant 02	0.139	0.115	
Echant 03	0.124	0.122	

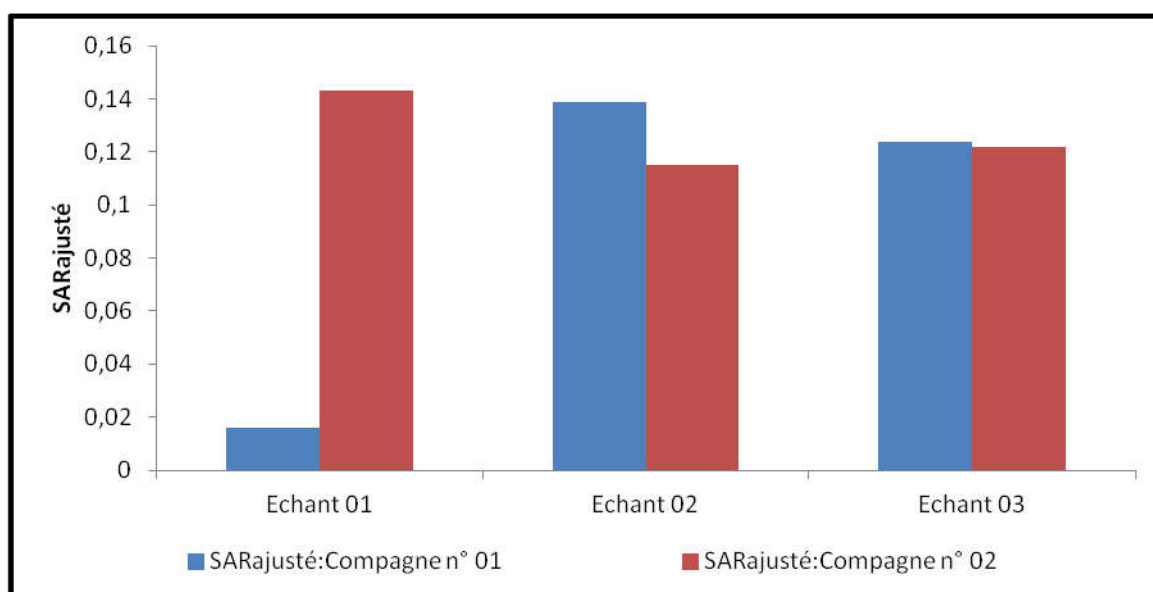


Figure 68 : Variation de SAR_{ajusté} entre les deux compagnes.

Le calcul du SAR_{ajusté} a donné les valeurs consignées dans le tableau 31.

Les deux compagnes montrent une fluctuation identique en fonction du temps (fig 68). Les valeurs de la 1^{ère} compagne varient entre 0.016 et 0.139. aussi valeurs variantes de 0.115 à 0.143 pour la 2^{ème} compagne.

IV.3.20. Carbonates de sodium résiduels

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \rightarrow (meq/l)$$

Les valeurs de RSC des eaux de barrage sont enregistrées dans le tableau suivant :

Tableau 32 : variation de RSC entre les deux campagnes.

Echantillons	Compagne n° 01 17/02/2016	Compagne n° 02 20/04/2016
	RSC (meq/l)	
Echant 01	-13.81	-19.43
Echant 02	-17.14	-12.79
Echant 03	-36.39	-21.66

Les calculs de RSC des eaux du barrage Ghrib donnent des valeurs négatives donc elles désignent que ce paramètre n'a pas d'un effet direct ou indirect sur la dégradation du sol.

IV.3.21.Détermination des faciès chimiques :

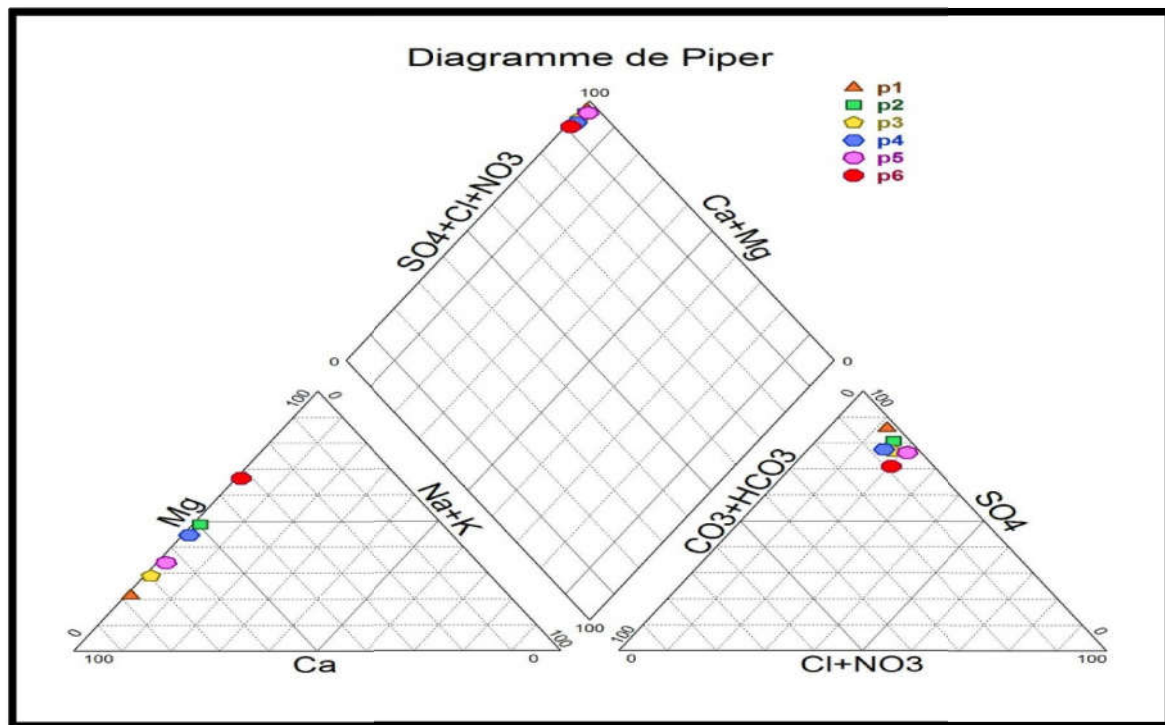


Figure 69 : Diagramme de Piper des eaux de barrage Ghrib pour les deux campagnes (Février et avril 2016)

Les résultats des analyses chimiques des eaux de barrage Ghrib de 1^{ère} campagne (février 2016) et 2^{ème} campagne avril 2016 ont été reportés sur le diagramme de Piper afin de déterminer les tendances chimiques des eaux. Nous avons remarqué sur le diagramme que les eaux de barrage Ghrib appartiennent à la famille des eaux :

- sulfatée calcique (fig69)

Tableau 33: Récapitulatif des résultats finaux d'analyse d'eau du barrage Ghrib

	1 ^{ère} Campagne 17/02/2016			2 ^{ème} Campagne 20/04/2016			
Temps	13h :14 mn	13h :20 mn	14h :42mn	9h :46mn	9h :52mn	10h :07mn	Normes
Echantillons	surface	profonde	oued	surface	profonde	oued	/
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	/
T °C	9,2	10,8	10,2	18,5	18,7	18,2	/
pH	8,52	8,48	8,37	6,23	8,13	7,62	6,5-8,5
CE (Us/cm) T 25°C	2561,28	2810,15	3521,6	2748,9	2780,58	2965,65	>1500
Salinité (mg/l)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	/
O ₂ dissous (mg/l)	10,96	10,83	11,19	9,26	9,34	9,15	/
MES (mg/l)	0,002	0,012	0,006	1,519	2,066	2,334	<5
R _s (mg/l)	1710	1759,39	1679,99	1038	1043,99	1099	300-1000
Chlore Cl ⁻ (mg/l)	284	260,33	260,33	195,25	230,75	230,35	1065
Turbidité (NTU)	10,21	10,07	9,85	4,99	3,96	10,21	5<NTU<30
Magnésium Mg ⁺ (mg/l)	40,1	112,23	80,6	120,24	64,7	200,4	60-70
Calcium Ca ⁺ (mg/l)	240,46	188,37	320,64	240,48	200,4	160,32	400
Sodium Na ⁺ (mg/l)	0,5	2,92	3,24	3,13	2,34	2,93	92
Potassium K ⁺ (mg/l)	5,71	7,49	6,5	6,97	7,77	6,92	2
TAC (mg/l)	91,5	91,5	140,3	152,5	52,5	170,8	610
Nitrate No ₃ ⁻ (mg/l)	1,72	1,32	0,75	2,81	3,36	1,2	0-10
Nitrite No ₂ ⁻ (mg/l)	0,072	0,072	0,064	0,112	0,104	0,104	0-0,001

Sulfates So ₄ ⁻ (mg/l)	2766,1	1780,8	1530,2	1332,1	1151,7	1093,7	960
DCO	16	20	27	24	22	27	<20
DBO	5	4	13	02	03	03	>10
Azote d'ammoniac c NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,239	0,228	0,114	0,237	0,237	0,024	0-0,001
SAR	0,0053	0,041	0,031	0,041	0,036	0,036	<2
SAR _{ajusté}	0,016	0,139	0,124	0,143	0,115	0,122	<2

Discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux du barrage Ghrib, destinées à l'irrigation des exploitations agricoles et comparés aux valeurs guides (FAO) ont conduit aux conclusions suivantes :

Les eaux de notre région d'étude présentent une amplitude thermique allant de 9.2 à 18.7°C avec un taux d'oxygène dissous compris entre 9.15 et 11.19 mg/l, une faible alcalinité, ainsi qu'un pH compris entre 6.23 et 8.52 et une minéralisation élevée allant de 2561.28 à 3521 µS/cm avec une salinité stable 1.1 mg/l pour tous les points de prélèvements.

Les paramètres indicateurs de pollution, à savoir les nitrites, les nitrates, l'azote ammoniacal, le phosphate et les sulfates affichent respectivement des valeurs de (0.75 à 3.36 mg/l), (0.064 à 0.112 mg/l), (0.024 à 0.239 mg/l), (0 à 0.507 mg/l), (1093.7 à 2766.1 mg/l),

A noter que, la DBO₅ et la DCO, les MES et les Résidus secs, enregistrent des valeurs assez variables et qui révèlent la présence d'une pollution aigue qui est certainement provoquée par les rejets directs soit d'origine industrielle ou d'origine domestique, et nous signalons que cette pollution reste variable suivant les périodes de prélèvement.

Le facies sulfaté-calcique est le plus dominant dans les deux périodes de prélèvement pendant les mois de Février et Avril 2016 pour les eaux de barrage ce qui donne une qualité médiocre des eaux pour l'irrigation.

Selon les diagrammes obtenus de Riverside et Wilcox, une seule classe apparaît C4S1 (Médiocre), L'eau est donc fortement minéralisée et est susceptible de convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.

D'après ces résultats obtenus ; nous pouvons dire que les eaux du barrage Ghrib destinées à l'irrigation, d'une manière générale, sont de qualité Médiocre.

Conclusion générale

Dans toutes les zones du pays où l'on pratique l'agriculture, La qualité des eaux d'irrigation est le problème majeur pour la production agricole et vue que l'utilisation massive des engrais chimiques et des pesticides en agriculture ainsi que les rejets des eaux usées domestiques et industrielles dans la nature contribuent à la dégradation de la qualité des ressources en eau (eaux de surface et souterraines) ;

Au terme de ce travail, nous avons choisi le bassin versant de l'Oued Cheliff- Ghrib comme bassin d'application de notre travail pour la diversité des données qui y sont disponibles, ce bassin d'une superficie de l'ordre 1379 Km², est de forme allongée dans l'axe du cours d'eau principal et est caractérisé par un relief fort car la dénivelée spécifique est comprise entre 250 et 500 m ; ainsi il présente un relief qui atteint une altitude de 1500 mètres, tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 400 mètres.

La géologie, la topographie et le relief de la plaine sont très variées par résultante de la combinaison entre deux facteurs (l'altitude et la pente), et présente des pentes fortes de l'amont de la région de Djendel vers Khemis Miliana et vers l'aval des Arrib.

L'oued Cheliff alimente le barrage Ghrib qui a été construit en 1927 et à été mis en eau en 1939 ; d'une capacité initiale de 280 Mm³ et assure l'irrigation de la plaine du Haut Chéiff avec des conditions climatiques caractérisé par une période pluvieuse commence au mois de Novembre jusqu'à avril ; les mois le plus sec sont juillet et aout avec une température de 5°C pendant l'hiver et 36°C pendant l'été ;selon ces caractéristiques, nous pouvons dire que le climat de notre zone d'étude est de type méditerranéen ;un été chaud avec un hiver froid et pluvieux.

Dans notre zone d'étude, les besoins en eau d'irrigation sont en accroissement continu avec l'augmentation des superficies agricoles, ce qui nécessite un suivi quantitatif et qualitatif des eaux pour participer à un développement durable de l'agriculture.

Pour atteindre le but d'évaluer la qualité des eaux de barrage Ghrib nous avons utilisé plusieurs d'analyses et techniques afin d'aboutir à des résultats fiables.

Les résultats des analyses physico-chimiques finaux de l'eau des deux campagnes montrent que cette eau est caractérisée par une température inférieure à 18.7°C, un pH légèrement alcalin entre 6.36 à 8.4, une conductivité électrique élevée entre 2521.6 à 2965.65 µs/cm ce qui est indique une fort minéralisation ; une salinité qui ne dépasse guère 1 ,1mg/l ; cette augmentation est due soit à la qualité des eaux au même endroit puisque cette dernière affiche des valeurs stable de salinité, nous sommes en présence d'un sol salin (Pourcentage

élevé de sels), ces sels proviennent probablement des rejets domestiques, l'utilisation excessive des engrais vu que la zone est à vocation agricole .

Les valeurs de la turbidité sont légèrement variables pour les deux campagnes durant la période d'analyse, ces valeurs sont comprises entre 3.96 a 10.21 NTU, c'est des eaux légèrement trouble ceci est dû à la présence de matières en suspension finement divisées : argiles, limons, matières organique.

Quant aux MES, les résultats obtenus donnent des valeurs faibles au niveau de tous les prélèvements ; Ces fluctuations reflètent le taux de charge en matière en suspension et la vase du fond.

Une variation remarquable existe entre les valeurs des nitrates pour les deux campagnes, cette variation est due principalement au lessivage des terres agricoles par les eaux de ruissellement, mais ces valeurs restent inférieures à celles admissibles données par les normes FAO.

Les valeurs des anions (chlorure, sulfate) sont élevées et variables pendant les deux périodes de prélèvement, cette augmentation est probablement liée à la nature des terrains traversés.

D'après les résultats obtenus, une diminution des teneurs en Oxygène dissous à été observée pour les six échantillons d'eau, une variation très importante entre les deux campagnes de prélèvements.

L'analyse physicochimique des eaux montre une augmentation de certains indicateurs de la pollution, ce qui due aux rejets des eaux usée dans barrage, ce qui implique que le risque de pollution organique est très élevé.

La présence de pollution comme le nitrate et les matières oxydable en faible quantité ainsi que les microorganismes sont due essentiellement aux pratiques agricoles, et elle présente un taux élevé en sulfates et en calcium pourrait ceci être explique par la géologie de terrain de la région ; Selon le diagramme de piper Le facies sulfaté calcique est le plus dominant dans les deux périodes Février et Avril 2016 ce qui donne une qualité médiocre des eaux de barrage Ghib pour l'irrigation.

- La classification des eaux par le diagramme de Riverside et Wilcox sont montré une seul classe C4S1 (médiocre à mauvaise) l'eau est donc fortement minéralisée et est susceptible de convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés).

Conclusion générale

- Cependant, ces eaux ne présentent pas le risque de la sodisation des sols, car ils ont une alcalinité résiduelle négative, cela s'explique par la dominance des cations Ca^{2+} et Mg^{2+} par rapport aux CO_3^{2-} et HCO_3^- .

A l'issue de cette analyse d'évaluation de la qualité des eaux de barrage Ghrib, il s'avère que l'utilisation de ces eaux à l'irrigation aura des conséquences graves sur les sols et sur certaines plantes.

Ainsi et à la fin de notre travail et sur la base des résultats obtenus, quelques recommandations et perspectives peuvent être proposées, à savoir :

- ✚ Un traitement des eaux de barrage Ghrib est indispensable pour réduire le taux de pollution
- ✚ Des pièges de sédiments peuvent être placés à l'amont du barrage Ghrib et ce, pour réduire au maximum la sédimentation et l'envasement de la cuvette du dit barrage ; Prévoir des campagnes de sensibilisation aux agriculteurs vers une l'utilisation rationnelle et raisonnable des engrais.
- ✚ Pour protéger les ressources naturelles en eau contre la pollution implique l'épuration des rejets urbaine et industriels avant leur déversement en milieu naturel.

En conséquence les eaux nécessitent un traitement chimique avant quelles soient distribuer aux usages.

Références bibliographiques

Amichi, mémoire 2009 : type de climat de haut Chélif

Arrignon. J, 1991. – Aménagement écologiques et piscicoles des eaux douces, 4ème édition Gauthier Villars, 631 p

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques

Ayers et Westcot, 1976 : La qualité de l'eau en agriculture. *Bu ll. FAO N° 29 Rome 81p.*

Ayers et Wescott, 1988. A La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin FAO D'irrigation et de drainage. 29 Rév. 1, 165 p.

BOEGLIN.J « Analyse des eaux résiduaires Mesure de la pollution », Marseille.2004

Ben safia.D « Caractérisation des eaux usées de la ville de Boufarique »Mémoire. Université de Blida, 1992.

Boulaine, 1957 : Etude des sols des plaines du Cheliff. Thèse d'état de l'Université D'Alger, 582 p.

Bouziane, 2005 : Vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale du H (Application de la méthode « DRASTIC » assistée par le système d'information Géographique « SIG »). Mémoire de magistère, Centre Universitaire de Khemis Miliana.

Benallou, 2004 : analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie de Arib, mémoire, centre universitaire de khemis Miliana

Bulletin F.A.O N°29, 1976. Tables utilisées pour calculer le pHc

Benanaya ; 2011. Extrait à partir des directives Australiennes de qualité de l'eau pour les eaux fraîches et marines

Couture, 2006. Analyse l'eau pour fin d'irrigation MAPAQ Montérégie-Est AGRI-KVISION 2003-2004 Sp

Degrement, 1989 : Mémento technique de l'eau. Edition technique et documentaire, 8 ème édition.

FAO, 1996. La qualité d'eau dans l'irrigation, Bulletin n°29 de l'Organisation Mondiale pour l'Alimentation et l'Agriculture.

Fersaoui Mémoire 2008 : page 54,56réseau de l'irrigation de haut Chélif

Felfoul.R ;hadjyahya.S« Contribution au traitement des eaux de oued boutane(khemis milliana)choix d'un procédé d'épuration »mémoire, centre universitaire khemis melliana.1999.

Hassan, (mémoire 2005) présentation de la zone d'étude explique Situation géographique du Haut Cheliff

Jean.B1986. « Pollution des eaux ».paris.1986

Kahila, Achour, 2008 : Contribution à l'étude de la qualité des eaux Souterraines de la plaine du Haut Cheliff. (Rapport du projet de synthèse de licence

Kirèche, 1993 : Evolution géodynamique de la marge tellienne maghrébine d'après l'étude du domaine Parautochtone Shistose ; Chp : Massif du Chéiff Oranaie. *Thèse Doc.Es-Science USTHB Alger*. PP 39-54.

Khadraoui, 1979 : Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans laVallée de l'Oued Souf (Sud-est Algérien).

LOUP J. 1974. Les eaux terrestres, Masson et Cie, Paris

Maynard D.N.et G.J. Hochmuth. 1997. Knott's Handbook for Vegetable growers. 582p.

Marseille.2004 :Efficiencie des systèmes d'irrigation en Algérie.

Mamadou L, 2005 : «Impact des eaux usée sur l'évolution chimique et microbiologique des sols étude de cas à pékiné (Dakar_ Sénégal) ».2005

Mahamt, 2010. « Caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines dans la plaine de khemis-Miliana »mémoire fin d'étude, centre universitaire de khemis meliana

Mébarki et Laborde.ABHC, 2012 : Mébarki A. 1982.Le Bassin du Kébir-Rhumel : Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau. Thèse 3e Cycle en géographie physique. Uni. Nancy II. 304 p.

Mokhtari, Mémoire2008 : Contribution à l'étude du transport solide en suspension Bassin de l'Oued Cheliff – Ghrib chapitre II page 57, 58,59

Moussa, M. D. H, 2005. Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur Les eaux de surface et les eaux souterraines.11 9p.

Nisbet. M et Verneau. J, 1970 : Composant chimiques des eaux courantes, discussions et Propositions des classes entant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Annale De limnologie* : 1.6 fasc. 2, 161 -190p.

Pearson, 1960 : le bulletin d'irrigation et de drainage n°29 de la FAO.

Olivier, 2005 : Chimie et pollution des eaux ».paris.2005.definition de pollution

OMS, 2009. La guerre de l'eau - The water conflict - La guerra del agua.

www.fsa.ulaval.ca/personnel/vernag/eh/f/cause/eau.htm/ Mise à jour du: 02-04-2010. Con

Rejsek, 2000 : Analyse de l'eau

Rodier ; Bernaud.L « L'analyse de l'eau ».9eme édition, paris.(2009).

Glover, 1996. Irrigation water classification systems (Guide a-116) .New Mexico state university is an equal opportunity /affirmative action employer and educator. NMSU and the U.S. Department of Agriculture.P4.

Gaujous D 1995« La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire »2eme édition.

Tounsi, Amiri, (mémoire 2014) Caractéristiques climatiques du site du barrage

Sellaman et Araba, (mémoire 2013) caractéristique physico-chimique et bactériologique des eaux de wilaya Ain dafla. Présentation de la station géographique de

Annexe

Tableau 07 : Utilisées pour calculer le pHc

P(ALK)	P(Ca+Mg)	pk2-pk'c	Somme de la concentration (meq/l)
4.3	4.6	2	0.05
4	4.3	2	0.1
3.8	4.1	2	0.15
3.7	4	2	0.2
3.6	3.9	2	0.25
3.5	3.8	2	0.3
3.4	3.7	2	0.4
3.3	3.6	2.1	0.5
3.1	3.4	2.1	0.75
3.0	3.3	2.1	1
2.9	3.2	2.1	1.25
2.8	3.1	2.1	1.5
2.7	3	2.2	2
2.6	2.9	2.2	2.5
2.5	2.8	2.2	3
2.4	2.7	2.2	4
2.3	2.6	2.2	5
2.2	2.5	2.2	6
2.1	2.4	2.3	8
2	2.3	2.3	10
1.9	2.2	2.3	12.5
1.8	2.1	2.3	15
1.7	2	2.4	20
1.5	1.8	2.4	30
1.3	1.6	2.5	50
1.1	1.4	2.5	80

(Bulletin F.A.O N°29, 1976).

CE à 25°C = Cmesurée x *ft* (facteur de correction)

Risque salin

Conductivité électrique CE 25°C

Classe de risque :

CE ≤ 250 μS/cm Risque faible

250 < CE ≤ 750 m Risque moyen

750 < CE ≤ 2250 Risque élevé

CE > 2250 Risque très élevé

Annexe

Risque alcalin

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

Na, Ca et Mg en me.l⁻¹

Classes de risque:

$SAR \leq 10$	Risque faible
$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
$SAR > 26$	Risque très élevé

Tab : Risque de bicarbonate sur l'eau d'irrigation

Risques des Bicarbonates (HCO ₃) pour l'eau d'irrigation (meq/l)			
Classification de l'eau	Nul	Léger à Modéré	Sévère
Unité (meq/l)	<1,55	1,5 à 7,5	>7.5
RSC	<1.25	1,25 à 2, 5	>2.5

Tab : Risque de conductivité électrique sur l'eau d'irrigation

Conductivité électrique (µS/cm.)	Qualité de l'eau
50 à 400	excellente
400 à 750	bonne qualité
750 à 1500	médiocre mais eau utilisable
>à 1500	minéralisation excessive

Tab. Classification des eaux d'après leur PH

PH	Classification de l'eau
PH=5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles

Annexe

PH=7	PH neutre
7<PH<8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5<PH<8	Majorité des eaux souterraines
PH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

Tab .Classes de turbidité usuelles (NTU, Néphélogétrie Turbidité Unit).

Turbidité	Classification de l'eau
NTU < 5	L'eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Température mensuelle de notre zone d'étude

mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
T mensuelle	25,73	20,99	14,66	11,13	10,17	11,2	13,7	16	20,47	26	29,8	30,3
Tmax	29,5	27,21	17,3	14,6	13,1	14,4	16,1	19,1	23,4	30	32,5	34
Tmin	19,9	10,3	12,1	8,32	7,1	7,3	11,9	13,1	17	22	26,9	27,9

Température annuelles

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
T(C°)	19,08	19,36	19,43	18,97	18,25	19,53	18,49	18,61	18,03	18,82	19,37	19,45	19,39	19,57	19,9

Précipitation mensuelle DJENDEL

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Pluis(mm)	20,595	31,350	53,594	56,134	52,611	57,718	43,600	36,245	26,746	8,016	3,317	4,303

Précipitation annuelles

Pluis	469	289,2	495,6	477	320,9	449,7	384,1	493,9	534,7	438	488,8	549,9	354,9	233,1	384,7
Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014

La précipitation- la température (période sèche) de notre zone d'étude

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T C°	10,17	11,2	13,7	16	20,47	26	29,8	30,3	25,73	20,99	14,66	11,13
Pluis(mm)	52,611	57,718	43,6	36,245	26,746	8,016	3,317	4,303	20,595	31,35	53,594	56,134

L'Humidité relative

Annexe

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mais	Juin	Juil	Aout
Humidité %	59,51	64,62	73,73	78,7	78,85	77,33	72,16	68,02	60,42	51,56	47,72	48,363

Le vent de notre zone d'étude

Vent	moy annuel
2001 - 2002	
Moyenne	4,17
Max	12,39
Min	2,13
2002 - 2003	
Moyenne	4,47
Max	11,11
Min	1,93
2003 - 2004	
Moyenne	4,83
Max	12,35
Min	2,4
2004 - 2005	
Moyenne	4,16
Max	8,7
Min	2,19
2005 - 2006	
Moyenne	3,81
Max	17,78
Min	0,18
2006 - 2007	
Moyenne	4,2
Max	10,91
Min	1,6
2007 - 2008	
Moyenne	2,83
Max	14,29
Min	0,22
2008 - 2009	
Moyenne	4,1
Max	10,5
Min	2,21
2009 - 2010	
Moyenne	3,36
Max	8,07
Min	1,35
2010 - 2011	

Annexe

Moyenne	2,5
Max	15,8
Min	0,014
2011 - 2012	
Moyenne	2,91
Max	6,37
Min	1,45
2012 - 2013	
Moyenne	3,76
Max	8,06
Min	1,57
2013 - 2014	
Moyenne	3,83
Max	9,69
Min	1,6
2014 - 2015	
Moyenne	4,05
Max	7,75
Min	3,99

Tableau : Résultats des analyses de l'eau du barrage GHRIB

Désignations	Valeurs guides	Valeurs de barrage	Qualité
PH	6,5 -8,5	7,5	Bonne
Rs(mg/l)	300-1000	2139	Tr, Mauvaise
O2 dis(mg/l)	100-90	89,5	Bonne
NO3(mg/l)	0-10	4	Bonne
NO2(mg/l)	0-0,001	0,151	Mauvaise
NH4(mg/l)	0-0,001	0,247	Mauvaise
PO(mg/l)	0-0,001	0,159	Mauvaise
DCO(mg/l)	<20	23	moyenne
MES(mg/l)	<5	7,3	moyenne

Résultats des analyses effectuées par l'ANRH en décembre 2011

Annexe

Tableau : La qualité des eaux d'irrigation de barrage Ghrib dans l'année précédente 2015

	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Valr Guide
pH	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	6,5-8,5
Rs(mg/l)	2164	1946	1571	1956	2456	1965	1652	1953	300-1000
O ₂ dis(mg/l)	88,2	110,5	118,2	191,3	95,36	112,2	95,6	115,6	100-90
NO ₃ (mg/l)	3,8	3,6	3,3	3,2	3,8	3,5	3,6	3,8	0-10
NO ₂ (mg/l)	0,257	0,22	0,247	0,251	0,265	0,224	0,284	0,243	0-0,001
NH ₄ (mg/l)	0,13	0,14	0,131	0,151	0,156	0,136	0,142	0,386	0-0,001
PO(mg/l)	0,122	0,092	0,122	0,166	0,096	0,126	0,122	0,156	0-0,001
DBO(mg/l)	/	3	2	3	2	3	2	3	/
DCO(mg/l)	27	14	20	19	17	15	20	16	<20
MES(mg/l)	10,2	6,9	8	8,6	10,2	7,6	10,3	7,6	<5
type d'altér°	forte minéralisation; forte teneur en matière azotée et phosphoré; sursaturation en oxygène dissous,								
origine	communes : ksar El Bokhari ; Berwaghia et saghouane								
Qualité	mauvaise	Tr.mauvais e	Tr.mauvais e	mauvais e	mauvais e	mauvaise	mauvais e	mauvais e	mauvai se

Tableau10 : Tolérance des cultures en fonction de la salinité du sol (CE).

Cultures	Niveau critique de la conductivité électrique de l'extrait de la pate saturée. (mS/cm)
Grandes cultures	
Blé	6,0
Orge	8,0
Mais	1,7
Betterave à sucre	7,0
Cultures maraîchères	
Pomme de terre	1,7
Laitue	1,3
Oignon	1,2
Tomate	1,0

Annexe

Carotte	4,0
Betterave rouge	1,7
Cultures fruitières	
Poirier	1,7
Oranger	1,7
Pommier	1,5
Vigne	1,6
Abricotier	2,7

Water Quality for Agriculture (FAO Irrigation and Drainage, 1976)

Tableau11 : Tolérance de diverses cultures au sodium échangeable (ESP) en condition non salines

Tolérance au ESP (valeurs extrêmes)	Cultures
Les grandes cultures	
Moyennement tolérantes (ESP = 20-40)	Riz, Avoine
Tolérantes (ESP =40-60)	Blé, orge, betterave
Les cultures maraîchères	
Sensible (ESP = 10-20)	Haricot
Tolérante (ESP = 40-60)	Tomate, betterave
Les cultures fruitières	

(Pearson, (1960), (le bulletin d'irrigation et de drainage n°29 de la FAO