

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila
Institut des Sciences et de la Technologie
Département des sciences et Techniques



N° Ref :.....

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Spécialité : Sciences Hydrauliques

**Qualité physico-chimique des eaux de surface,
Cas du barrage Beni Haroun Mila**

Réalisé par :

- BENLOUCIF Asma
- BOUFELGHOUR Amal
- KADRI Khoula

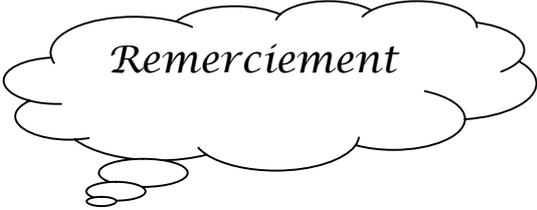
Soutenu devant le jury :

M . KHELALFA
I. DIB
A. ATHAMENA

M.A.B **CUAB MILA**
M.A.B **CUAB MILA**
M.A.A **CUAB MILA**

Président
Examinatrice
Promoteur

Année universitaire : 2015/2016



Remerciement

*Avant tout nous remercions Allah tout puissant, de nous avoir
accordé
La force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce modeste
travail.*

*Tout d'abord nos vifs remerciements à notre encadreur
Mr ATHAMENA ALI.*

*Nous tenons à remercier tout les enseignants du département de
l'hydraulique du centre universitaire de Mila en particulier
Mr KEMOUKH SAMI.*

*Nos sincères remerciements et notre gratitude aux membres de
L'organisme gestionnaire de l'ANBT de Beni Haroun
Et au responsables du Laboratoire(ADE) Mila.*

*Nous tenons à remercier toute personne qui a participé de près ou de
loin à l'exécution de Ce modeste travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance .Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie

A ma chère sœur Khaoula et son fiancé

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mes chers frères Ghoulem allah et Zakaria

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

A mes tantes et mes oncles

A mes chères amies et collègues ;

Amel, Khawla, Radja, Besma, Hala, Rahma, Mouna, Amina, Kenza, Ilham, Amina, Imen et Amira

A la mémoire de mes Grands-parents et ma tante Zahia

Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde

ASMA



Dédicace

Je dois remercier au premier lieu et avant tout mon dieu.

A mes très chers parents.

*Dont leurs mérites, leurs sacrifices, leurs qualités humaines m'ont permis
de vivre à ce jour :*

*Les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance, la fierté et
le profond amour que je porte pour eux cause des sacrifices qu'ils ont
consenti pour ma réussite, qu'ils trouvent ici le témoignage de mon
attachement ma reconnaissance, ma gratitude et respect, que dieu les
préservent santé et longue vie.*

Tous mes sentiments de reconnaissance pour eux.

A ma chère petite sœur Dalila.

A ma chère grande sœur Hayat et son fiancé hamza.

A mon binôme Asma et Khawla

A tous mes amies et mes collègues.

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

AMAL



Je dédie ce mémoire à :

A mon père mouloud qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A ma mère Nakhla, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

*A mes soeurs : **Iamia** , son marie et ses enfants abdalah , youcef, lina.*

***Rafika** ,son marie et ses enfants manel ,wassim.*

***Ikram** ,son marie et ses enfants soundous ,mariam, rimas ,solayman.*

*A ma très chère sœur wafa et son marie **IBRAHIM**.*

*A mes frères : **Samir** ,sa femme et son enfant Ahmed.*

***Rida** ,sa femme et ses enfants nada, zineb.*

*A **yaakoub**.*

*A Mon fiancé, **KAMAL***

A mes chers collègues :amel ,asma ,rahma , mouna ,basma ,hala.

A mes chères amies :basma ,mariem.

A tous les personnes de près ou de loin qui me reconnaisse-je dédie ce travail.

KHAOULA

Sommaire

Remerciement.

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Liste des abréviations.

Résumé.

Introduction générale		1
Chapitre I : Généralités sur l'eau		
Introduction		03
I-1-	Définition de l'eau	03
I-2-	Le cycle naturel de l'eau	04
I-2-1-	l'évaporation	04
I-2-2-	La condensation	04
I-2-3-	La précipitation	04
I-2-4-	Le ruissellement ou l'infiltration	04
I-3-	les ressources hydriques	05
I-3-1-	les eaux de pluie	05
I-3-2-	les eaux de surface	05
	A) Les eaux de rivière (partie amont)	
	B) Les eaux de rivière (partie aval)	06
	C) Eaux de lac	
I-3-3-	les eaux souterraines	06
I-3-4-	les eaux de mer	06
I-4-	Aperçu sur les ressources en eau	07
I-4-1-	au niveau mondial	07
I-4-2-	Au niveau national	08
I-5-	Les ressources superficielles.	08
I-5-1-	Ressources en eau mobilisées.	10
I-5-2-	Les ressources souterraines.	10
I-6-	La rareté des ressources en eau en Algérie.	12
I-7-	Stratégies d'adaptation face à la raréfaction des eaux en Algérie.	13
I-7-1-	Mobilisation et distribution de l'eau potable.	13
I-7-2-	Réhabilitation et gestion efficace des réseaux.	13
I-7-3-	Le transfert d'eau.	14
I-7-4-	Dessalement de l'eau de mer	15
I-7-5-	Déminéralisation des eaux saumâtres	16
I-7-6-	La réutilisation des eaux usées épurées	16
Conclusion		16

Chapitre II : type de barrage

Introduction		17
II-1-	Définition	17
II-2-	Choix du site et du type de barrage	18
II-3-	Les différents types de barrages	18
II-3-1-	Barrages en béton	18
II-3-2-	Barrages en remblais.	18
II-3-3-	Barrages mobiles.	18
II-3-1-1-	Barrage-poids (gravité).	18
II-3-1-2-	Barrage voûte.	19
II-3-1-3-	Barrage à contreforts.	20
II-3-1-4-	Barrages en béton compacté au rouleau (BCR).	20
II-3-2-1-	Barrages en terre homogène.	21
II-3-2-2-	Barrage à noyaux.	21
II-3-2-3-	Barrage à masque amont	22
II-3-3-1	Barrages mobiles	23
II-4-	Avantages et inconvénients de divers type de barrage	23
II-4-1-	Barrage poids.	23
II-4-2-	Barrage à voûte.	23
II-4-3-	Barrage à contrefort.	24
II-4-4-	Barrage zoné avec un noyau étanche.	24
II-4-5-	Barrage à masque amont.	24
II-5-	Quelques exemples de grands barrages dans le monde.	25
II-6-	Les barrages en Algérie.	25
Conclusion		28

Chapitre III : cadre géographique

Introduction		29
III-1-	Situation géographique de Mila.	29
III-2-	Situation géographique du barrage.	29
III-3-	Le bassin versant de beni Haroun.	31
III-3-1-	Localisation et description.	31
III-3-2-	Les grands ensembles du relief.	33
III-3-3-	Les altitudes.	35
III-3-4-	Les pentes.	36
III-3-5-	Aspect géologique	37
III-3-6-	Aspect topographique	39
III-3-7-	Réseau hydrographique	39
III-3-7-1-	Oued Rhumel	40
III-3-7-2-	Oued Enndja	41
III-3-7-3-	Oued El Kébir	41
III-3-8-	Climatologie	43
III-3-8-1-	Précipitation	43
III-3-8-1-1-	Précipitations moyennes mensuelles inter- annuelles	44
III-3-8-2-	Température.	45
III-3-8-2-1-	Les températures moyennes mensuelles inter-annuelles.	45
III-3-8-3-	Evaporation.	46
III-3-8-4-	Indice d'aridité De Martonne.	47
III-3-8-5-	diagramme Ombro-thermique de Gausсен et bagnouls.	48
III-3-8-6-	Calcul des paramètres du bilan hydrique.	49
A	Evapotranspiration.	49
A-1	Evapotranspiration potentielle (ETP).	50
A-2	calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) a/ Méthode de Turc b/ Méthode de Thornthwaite	51
B	Calcul du ruissellement	52
C	Etablissement du bilan hydrique	53
III-3-8-7-	Interprétation du bilan hydrologique	54
Conclusion		54

Chapitre IV : hydrochimie

Introduction		55
IV-1-	Les paramètres physico-chimiques de l'eau.	55
IV-2-	Echantillonnage et prélèvement.	55
IV-2-1-	Point de prélèvement.	56
IV-3-	Matériel et Méthode.	57
IV-3-1-	Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques.	57
IV-3-1-1-	La température	57
IV-3-1-2-	Le Ph	57
IV-3-1-3-	La conductivité électrique	58
IV-3-1-4-	La turbidité	59
IV-3-1-5-	Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})	59
IV-3-1-6-	Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)	61
IV-3-1-7-	Dosage des chlorures (Cl^-)	63
IV-3-1-8-	Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})	64
IV-3-1-9-	Dosage des Nitrates (NO_3^-).	65
IV-3-1-10-	Dosage des nitrites (NO_2^-).	66
IV-3-1-11-	Dosage colorimétrique du phosphate (PO_4^{3-}).	67
IV-3-1-12-	Procédure d'analyse de la matière oxydable en milieu acide (MO).	68
IV-3-1-13-	Détermination du résidu sec.	70
IV-4-	Résultats et Discussion.	71
IV-4-1-	Evolution de la qualité des eaux de surface	71
IV-4-1-1-	Statistiques descriptives des paramètres physicochimiques	71
IV-4-1-2-	Présentation Graphiques d'évolution temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux de Beni-Haroun	72
IV-4-1-2-1-	A/Evolution temporelle des paramètres physiques	72
	A-1/ Température	72
	A-2- Potentiel d'Hydrogène	73
	A-3- Conductivité	74
	A-4- Turbidité	75
	B/ Evolution temporelle des paramètres chimiques	76
	B-1- Calcium	76
	B-2- Magnésium	77
	B-3- potassium	78
	B-4- sodium	79
	B-5- Bicarbonates	80
	B-6- Chlorures	81
	B-7- Sulfates	82
	B-8- Nitrates	83
	B-9- Nitrites	84
	B-10- Ammonium	85
	B-11- phosphate	86
	B-12- Fer	87
	B-13- Résidu sec à 105 °c	88
	B-14- saturation en O₂	89

IV-4-1-2-2-	Qualité actuelle des eaux du barrage	90
	A/ Résultats des paramètres physico-chimiques	90
	A-1/ Résultats des paramètres Physique	90
	A-1-1- pH	91
	A-1-2- turbidité	91
	A-1-3- Conductivité électrique	92
	A-1-4- salinité	92
	A-1-5- total des sels dessous (TDS)	93
	A-1-6- Résidu sec à 105 °c	93
	A-2- Résultats des paramètres chimiques	94
	A-2-1- Les Cations	94
	A-2-1-1- calcium	94
	A-2-1-2- magnésium	95
	A-2-1-3- sodium	95
	A-2-1-4- Potassium	96
	A-2-2- Les Anions	96
	A-2-2-1- chlorures	97
	A-2-2-2- Sulfates	97
	A-2-2-3- Nitrates	98
	B-2-2-4- bicarbonates	98
	B/ Résultats des paramètres indicateurs de pollution	99
	B-1- Nitrite	99
	B-2- Phosphates	100
	B-3- Matière oxydable	100
	C/Faciès chimiques et classification des eaux	101
	C-1- Digramme de Piper	101
	C-2- Diagramme de Scholler-Berkaloff	102
IV-4-2-	Qualité des eaux	103
IV-4-2-1-	Pour l'AEP	103
IV-4-2-2-	Pour l'irrigation	104
IV-4-2-2-1-	Classification des eaux selon de Wilcox	106
IV-4-2-2-2-	Classification des eaux selon de Richard	107
	Conclusion	108
	Conclusion générale	109

Références bibliographiques.

Annexes.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau N°01	Potentialités des ressources en eau superficielles.	9
Tableau N°02	Ressources en eaux souterraines concernant les nappes dont les potentialités sont supérieures à 10 millions de m ³ .	11
Tableau N°03	Les grandes Barrages en Algérie.	26
Tableau N°04	Les classes des altitudes dans le bassin.	35
Tableau N°05	Précipitations Mensuelles et annuelles durant la période (2003-2015) Station du Barrage Beni Haroun. (Source ANBT).	43
Tableau N°06	Précipitations moyennes mensuelles inter-annuelles - station de beni haroun (2003-2014).	44
Tableau N°07	Températures moyennes mensuelles inter-annuelles station de barrage beni Haroun.	46
Tableau N°08	Evaporations moyennes mensuelles inter-annuelles- station du barrage de beni Haroun.	47
Tableau N°09	Type de Climat selon le classement de l'indice d'aridité.	47
Tableau N°10	Températures et précipitations mensuelles moyennes inter-annuelles.	48
		51
Tableau N°11	Calcul des paramètres du bilan hydrique.	53
Tableau N°12	Statistiques descriptives des analyses chimiques des eaux brutes du Barrage De Beni-Haroun (2005-2014).	71
Tableau N°13	Variation de la température moyenne annuelle des eaux du barrage de Beni-Haroun (2005-2014).	72
Tableau N°14	Variation du pH des eaux du barrage de Beni-Haroun.	73
Tableau N°15	Variation de la conductivité des eaux du barrage de Beni-Haroun.	74
Tableau N°16	Variation de la turbidité en NTU des eaux du barrage de Beni-Haroun.	75
Tableau N°17	Variation de la teneur en Calcium des eaux du barrage de Beni-Haroun.	76
Tableau N°18	Variation de la teneur en Magnésium des eaux du barrage de Beni-Haroun.	77
Tableau N°19	Variation de la teneur en potassium des eaux du barrage de Beni-Haroun.	78
Tableau N°20	Variation de la teneur en sodium des eaux du barrage de Beni-Haroun.	79
Tableau N°21	Variation de la teneur en bicarbonates des eaux du barrage de Beni-Haroun.	80
Tableau N°22	Variation de la teneur en Chlorures des eaux du barrage de Beni-Haroun.	81
Tableau N°23	Variation de la teneur en Sulfates des eaux du barrage de Beni-Haroun.	82
Tableau N°24	Variation de la teneur en Nitrates des eaux du barrage de	83

	Beni-Haroun.	
Tableau N°25	Variation de la teneur en Nitrites des eaux du barrage de Beni-Haroun.	84
Tableau N°26	Variation de la teneur en Ammonium des eaux du barrage de Beni-Haroun.	85
Tableau N°27	Variation de la teneur en Phosphates des eaux du barrage de Beni-Haroun.	86
Tableau N°28	Variation de la teneur en Fer des eaux du barrage de Beni-Haroun.	87
Tableau N°29	Variation de la teneur en Résidu sec à 105 °c des eaux du barrage de Beni-Haroun.	88
Tableau N°30	Variation de la teneur en saturation en O₂ des eaux du barrage de Beni-Haroun.	89
Tableau N°31	Les résultats des paramètres physiques des eaux de barrage Beni-Haroun.	90
Tableau N°32	les résultats des Cations des eaux du barrage Beni-Haroun.	94
Tableau N°33	les résultats des Anions des eaux du barrage Beni-Haroun.	96
Tableau N°34	les résultats des paramètres indicateurs de pollution des eaux en mg/l.	99
Tableau N°35	Le Faciès chimique des eaux de kikaya, oued Dib, et oued Endja.	101
Tableau N°36	la qualité des eaux selon les Normes.	104
Tableau N°37	Les valeurs de la conductivité, SAR et Na%.	105
Tableau N°38	Les différentes classes de classification et leurs interprétations.	108

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure N°01	le cycle naturel de l'eau.	5
Figure N°02	Réserve en eau au niveau mondial.	7
Figure N°03	les bassins hydrographiques en Algérie.	8
Figure N°04	Ressources renouvelables des nappes souterraines dans le Nord du pays.	11
Figure N°05	Transfert des eaux a l'est algérien (Béni Haroun – Wilaya de l'est) <l'état a la date de 2009>.	15
Figure N°06	Barrage poids.	19
Figure N°07	Le barrage voûte.	19
Figure N°08	Barrage de contrefort.	20
Figure N°09	Barrage BCR.	21
Figure N°10	Barrage homogène.	21
Figure N°11	Barrage zoné avec un noyau étanche.	22
Figure N°12	Barrage à masque amont.	22
Figure N°13	Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (coté de la retenue).	30
Figure N°14	Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (coté aval).	31
Figure N°15	Localisation du bassin versant de beni Haroun.	32
Figure N°16	Situation géographique du bassin versant Beni haroun et ses sous bassins versants (DHW, 2013).	33
Figure N°17	Les grands domaines hydrogéologiques du Bassin Beni Haroun.	38
Figure N°18	Profil en long de l'Oued Kébir-Rhumel.	39
Figure N°19	Carte des réseaux hydrographiques du bassin versant Oued Rhumel.	41
Figure N°20	Principaux oueds du bassin versant de Beni Haroun (longueur > 10 km).	42
Figure N°21	Variations interannuelles des précipitations 2003/2015 station de Beni Haroun (ANBT).	44
Figure N°22	Précipitations moyennes mensuelles inter-annuelles - station barrage beni Haroun.	45
Figure N°23	graphe des températures moyennes mensuelles inter-annuelles -station de Barrage beni haroun- (2004- 2015).	46
Figure N°24	Indice d'aridité de De Martonne.	48
Figure N°25	Diagramme Ombro-thermique de Gaussen et baigniols de la station du barrage de beni haroun (2003-2015).	49
Figure N°26	Représentation graphique du bilan hydrologique pour la période 2003-2014 (Station Barrage Beni-Haroun).	54
Figure N°27	les Points de prélèvement.	56
Figure N°28	Evolution temporelle de la température moyenne annuelle des eaux du barrage de Beni-Haroun. (Période 2005-2014).	73
Figure N°29	Evolution temporelle du pH des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	74

Figure N°30	Evolution temporelle de la conductivité des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	75
Figure N°31	Evolution temporelle de la turbidité des eaux du barrage de Beni Haroun (Période 2005-2014).	76
Figure N°32	Evolution temporelle de la teneur en Calcium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	77
Figure N°33	Evolution temporelle de la teneur en Magnésium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	78
Figure N°34	Evolution temporelle de la teneur en potassium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	79
Figure N°35	Evolution temporelle de la teneur en sodium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	80
Figure N°36	Evolution temporelle de la teneur en Bicarbonates des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	81
Figure N°37	Evolution temporelle de la teneur en Chlorures des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	82
Figure N°38	Evolution temporelle de la teneur en Sulfates des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014)	83
Figure N°39	Evolution temporelle de la teneur en Nitrates des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	84
Figure N°40	Evolution temporelle de la teneur en Nitrites des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	85
Figure N°41	Evolution temporelle de la teneur en Ammonium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	86
Figure N°42	Evolution temporelle de la teneur en Phosphates des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	87
Figure N°43	Evolution temporelle de la teneur en Fer des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	88
Figure N°44	Evolution temporelle de la teneur en Résidu sec à 105 °c des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	89
Figure N°45	Evolution temporelle de la teneur en saturation en O₂ des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).	90
Figure N°46	Variation de pH de Beni-Haroun des stations d'étude.	91
Figure N°47	Variation de la turbidité de Beni-Haroun des stations d'étude.	91
Figure N°48	Variation de la conductivité de Beni-Haroun des stations d'étude.	92
Figure N°49	Variation de la salinité de beni Haroun des stations d'étude.	92
Figure N°50	Variation des sels dessous de Beni-Haroun des stations d'étude.	93
Figure N°51	Variation de résidu sec de Beni-Haroun des stations d'étude.	93
Figure N°52	Variation de calcium de Beni-Haroun des stations d'étude.	94
Figure N°53	Variation de magnésium de Beni-Haroun des stations d'étude.	95
Figure N°54	Variation de sodium de Beni-Haroun des stations d'étude.	95
Figure N°55	Variation de potassium de Beni-Haroun des stations d'étude.	96
Figure N°56	Variation des chlorures de Beni-Haroun des stations d'étude.	97
Figure N°57	Variation de sulfates de Beni-Haroun des stations d'étude.	97
Figure N°58	Variation de nitrates de Beni-Haroun des stations d'étude.	98

Figure N°59	Variation de bicarbonates de Beni-Haroun des stations d'étude.	98
Figure N°60	Variation de nitrite de beni Haroun des stations d'étude.	99
Figure N°61	Variation de phosphates de Beni-Haroun des stations d'étude.	100
Figure N°62	Variation de la matière oxydable de Beni-Haroun des stations d'étude.	100
Figure N°63	Classification des eaux d'après Piper de kikaya, oued Dib et oued Endja.	102
Figure N°64	Classification des eaux d'après scholler Berkaloff de kikaya, oued Dib et oued Endja.	103
Figure N°65	Classification des eaux d'irrigation selon la méthode de Wilcox.	106
Figure N°66	Classification des eaux d'irrigation selon la méthode de Richard.	107

Liste des abréviations

- ❖ H_2O : molécule d'eau.
- ❖ H^+ : atome d'hydrogène.
- ❖ pH : potentiel hydrogène.
- ❖ % : pourcentage.
- ❖ ‰ : pourcentage en mille
- ❖ C° : degré Celsius.
- ❖ M^3 : mètre-cube.
- ❖ m^3/an : mètre-cube par ans.
- ❖ m^3/j : mètre-cube par jour.
- ❖ m^3/s : mètre-cube par seconde.
- ❖ Km^2 : kilomètre au carré.
- ❖ Km^3 : kilomètre-cube.
- ❖ Hm^3/an : hectomètre-cube par ans.
- ❖ mm : millimètre
- ❖ mmol/l : milli-mole par litre.
- ❖ UCV : unité de couleur vrai.
- ❖ $\mu S/Cm$: micro-siemens par centimètre.
- ❖ Mg/l : milligramme par litre.
- ❖ nm : nanomètre.
- ❖ CI : Continental Intercalaire.
- ❖ CT : Complexe Terminal.
- ❖ STEP : station d'épuration.
- ❖ BCR : Barrages en béton compacté au rouleau.
- ❖ IRR : irrigation
- ❖ AEP : alimentation en eau potable.
- ❖ T : température.
- ❖ moy : moyenne.
- ❖ Min : minimale.
- ❖ Max : maximale.
- ❖ I : indice d'aridité.
- ❖ P : précipitation.
- ❖ ETR : l'évapotranspiration réelle.
- ❖ R : ruissellement.
- ❖ I : infiltration.
- ❖ ETP : Evapotranspiration potentielle.
- ❖ K : Coefficient de correction.
- ❖ ETP corr. : Evapotranspiration potentielle corrigé.
- ❖ RFU : réserves facilement utilisables.
- ❖ Da : déficit agricole.
- ❖ Ex : excédent

- ❖ **NW : nord West.**
- ❖ **NTU : unité néphélogétrie de turbidité.**
- ❖ **C.E.E : communauté économique Européenne.**
- ❖ **q.s. p : Quantité suffisante pour.**
- ❖ **TA : titre alcalimétrique.**
- ❖ **TAC : titre alcalimétrique complet.**
- ❖ **TH : titre hydrotimétrique (dureté de l'eau).**
- ❖ **EDTA : Ethylène-diamine-tétra-acétique.**
- ❖ **SAR : Sodium adsorption ratio.**
- ❖ **MRE : ministère des ressources en eau.**
- ❖ **ANBT : agence nationale des barrages et des transfères.**
- ❖ **ADE : Algérienne Des Eaux.**
- ❖ **DHW: direction d'hydraulique de la wilaya**
- ❖ **OMS : organisation mondial de la santé.**
- ❖ **FAO: Food and agriculture organization.**

Résumé :

Le barrage de Beni Haroun, situé dans la wilaya de Mila est le plus grand barrage du pays, érigé dans une région bien arrosée du Tell oriental, au Sud de laquelle se situent de grands centres urbains (Constantine, Batna, Khenchela...) et de vastes terres irrigables.

Dans un but d'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes de ce dernier, trois lieux de prélèvement ont été choisis selon l'accessibilité. Les eaux ont été récoltées le mois de février 2016. Les paramètres physico-chimiques sont analysés au niveau de laboratoire ADE Mila.

D'après les résultats effectués du barrage Beni-Haroun, On remarque que toutes les analyses coïncident avec les normes algériennes et l'OMS sauf les résultats de la turbidité à Kikaya, et la matière oxydable à Oued Endja qui dépasse légèrement les limites max des normes.

Selon la norme de l'irrigation les trois échantillons de l'eau brute se classent comme une eau apte à être utilisée en agriculture, il ne reste qu'à connaître le type d'irrigation qui va avec la nature des plants et arbres qui supportent cette eau.

Mots clés : Barrage de Beni Haroun, Qualité physico-chimiques, normes d'irrigation tell oriental.

:

وثة العالية،

يقع سد بني هارون في ولاية ميلة وهو أكبر سد في
في جنوبها يقع أكبر المراكز الحضارية (قسنطينة، باتنة، خنشلة.....)

بهدف تقييم نوعية الفيزيائية - الكيميائية لمياه الخامة لسد بني هارون باختيار 3 محطات حسب إمكانية الوصول إليها
حيث تم جمع المياه شهر فيفري 2016 تحليلها في مخبر التحاليل للجزائرية للمياه لميلة.

من خلال نتائج التحاليل التي قمنا بها لسد بني هارون لاحظنا بان جميعها احترمت المعايير الجزائرية ومنظمة الصحة
العالمية إلا نتائج تحليل الشفافية بمنطقة قيقاية و المادة المؤكسدة بواد النجاء تجاوزت قليلا المعايير المحددة.

عايير الري فان الثلاث عينات المة من المياه الخامة صنفتم على انها مياه صالحة للزراعة, يبقى فقط أن
طبيعة هذه المياه .

الكلمات المفتاحية : هارون, النوعية لفيزيائية - الكيميائية, معايير

Summary

The Beni Haroun dam, located in the province of Mila is the largest dam in the country, built in the well-watered East Tell region, south of which are located in large urban centers (Constantine, Batna, Khenchela ...) and vast irrigable land.

In a purpose of evaluation of the physico-chemical quality of raw waters, three plants were selected depending on accessibility. Have been re-collected in February 2016, are analyzed in the laboratory.

Analysis of physico-chemical parameters showed, all analyzes Respected Algerian standards and the World Health Organization but the results of the analysis of transparency in kikaya and oxidizable material in Endja vale exceeded slightly the specified standards.

In accordance with the standards of irrigation, the three samples of water ores classified as water for agriculture, only you should know that agriculture in line with the nature of the plants and trees that support this type of water.

Keywords: Beni Haroun dam, physico-chemical quality, irrigation standards, tell Oriental

Introduction générale :

L'eau, élément vital, nécessaire à tous les aspects de vie, constitue un élément essentiel de tous les écosystèmes terrestres.

Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. En Algérie les ressources en eau limitées, vulnérables et inégalement réparties, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigation et l'industrie. Mais pour une bonne gestion, la connaissance de ces ressources en eau et de leur qualité est une condition nécessaire.

La mobilisation des ressources hydriques continue à être l'une des principales priorités dans la stratégie de développement de l'Algérie. La limitation des eaux souterraines et le climat méditerranéen semi aride, imposent la construction des barrages réservoirs afin de satisfaire les besoins en eau.

Le barrage de Beni Haroun est une réalisation stratégique majeure dans le programme de développement du secteur des ressources en eau. Il est conçu selon une nouvelle technique de réalisation des barrages. Il est doté d'une station de pompage considérée comme l'une des plus importantes au monde.

Les eaux du barrage de Beni Haroun, sont destinées à l'alimentation en eau potable de quatre millions d'habitants, répartis sur les wilayas de Constantine, Mila, Batna, Oum El Bouaghi, jijel, et Khenchela, ainsi qu'à l'irrigation de plus de 400.000 hectares de terre agricole.

Ces dernières années, les travaux d'acheminement des eaux du barrage ont bien progressé et désormais l'alimentation en eau ne pose plus de problème pour certaines agglomérations. Cependant, la qualité des eaux reste toujours une préoccupation de l'opinion publique et des autorités.

Nous avons essayé d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux prélevées au niveau du barrage de Beni Haroun .Ainsi il est impératif de répondre aux questions suivantes :

1-Quelle est La qualité des eaux du barrage de Beni Haroun ?

2 - Les paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Beni Haroun respectent-ils la norme Algérienne et l' Organisation mondiale de la Santé ?

Pour répondre à ces questions posées, un suivi de la qualité des eaux du barrage de Beni Haroun est préconisé dans ce but, plusieurs outils chimiques ont été exploités afin d'interpréter les données obtenues au niveau du laboratoire des analyses chimiques de l'Algérienne des eaux.

Ces résultats sont développés dans le présent travail à travers deux parties :

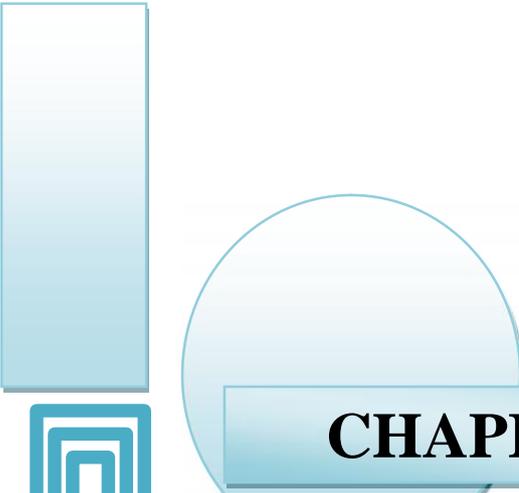
I. Partie bibliographique :

- ***Chapitre I* : généralités sur l'eau**
- ***Chapitre II* : type de barrage**
- ***Chapitre III* : cadre géographique**

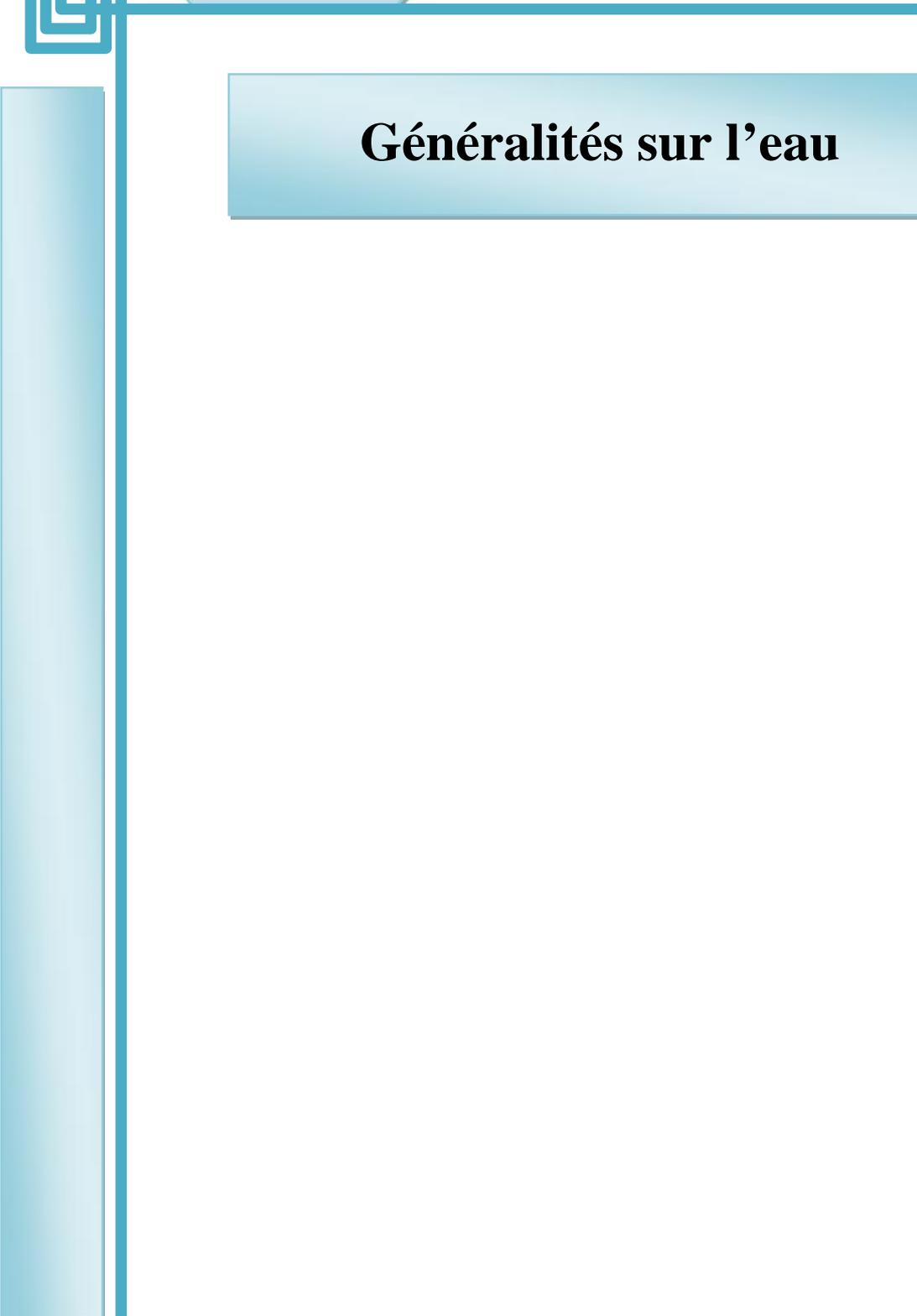
II. Partie Expérimentale :

- ***Chapitre IV* : hydrochimie**

Le présent travail se termine par une conclusion générale faisant sortir les résultats de l'étude et leurs interprétations.



CHAPITRE I



Généralités sur l'eau

Introduction :

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes liés à la croissance démographique et de l'occupation de l'espace (sachant que près de 60 % de la population algérienne sont concentrés dans la frange septentrionale du territoire qui ne représente que le dixième de la surface totale du pays).

La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer par des effets peu ou non réversibles la capacité des générations futures à satisfaire leurs besoins.

L'eau n'est pas uniquement une matière première renouvelée mais finie et irrégulière, elle n'est pas non plus un don de ciel inépuisable et éternellement pure.

Les risques d'appauvrissement des ressources en eau imputables à d'éventuels changements climatiques dans le sens d'une « aridification », sont à prendre sérieusement en compte, d'autant que la pression exercée sur ces ressources ne cessera de s'amplifier sous les effets conjugués de la croissance démographique et des politiques appliquées vis-à-vis des activités consommatrices d'eau notamment l'agriculture, l'industrie et le tourisme.

I-1- Définition de l'eau :

L'eau est un composé chimique simple, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation. Sa formule chimique est H_2O , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène entre deux atomes d'hydrogène, disposés en V très ouvert.

L'eau se trouve presque partout sur la Terre et est un composé essentiel pour tous les organismes vivants connus. Le corps humain est ainsi composé à 70 % d'eau. Par construction des êtres vivants.

À pression ambiante (environ un bar), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 C° , solide en dessous de 0 C° , et liquide dans les conditions normales de température et de pression. C'est là une particularité essentielle : les autres composés proches ou apparentés, (sulfure d'hydrogène, ammoniac, et méthane par exemple), sont tous gazeux à des températures bien plus basses.

Près de 70 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, un fleuve, une rivière, un ruisseau, un canal. [1]

I-2- Le cycle naturel de l'eau :

Depuis des milliards d'années, la même eau circule entre ciel et terre, en circuit fermé.

Le voyage de l'eau se déroule en plusieurs étapes :

I-2-1- L'évaporation:

Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des océans, des lacs, des rivières se transforme en une vapeur légère qui s'élève vers le ciel.

L'évapo-transpiration : l'eau absorbée par les végétaux est en partie "transpirée" et rejetée dans l'atmosphère. [2]

I-2-2- La condensation :

Là-haut, l'air est de plus en plus froid. La vapeur d'eau se refroidit, se condense en gouttelettes qui se rapprochent d'autres gouttelettes pour former un nuage. Ces nuages transportent l'eau autour de la planète. [2]

I-2-3- La précipitation :

Toutes ces gouttelettes, en se soudant, deviennent trop lourdes et retombent sur terre, sous forme de pluie, de grêle ou de neige. [2]

I-2-4- Le ruissellement ou l'infiltration :

- Sur terre, l'eau suit des chemins différents.
- Une grande partie tombe dans les océans.
- Une partie pénètre dans le sol et nourrit les plantes.
- Une partie s'infiltré doucement dans le sol et forme des nappes souterraines qui vont donner naissance à des sources puis alimenter les rivières. Si le sol est imperméable ou gorgé d'eau, elle ruisselle et rejoint les rivières, lacs ou fleuves puis retourne à la mer. (voir figure N°01). [2]

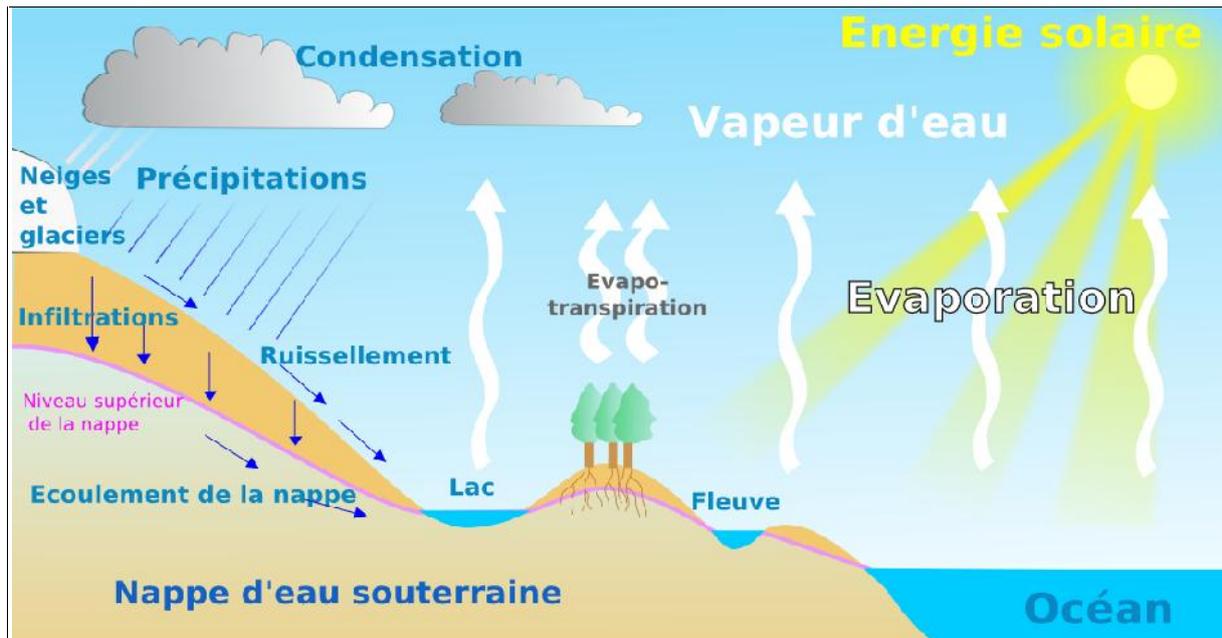


Figure N°01 : le cycle naturel de l'eau.

I-3- les ressources hydriques :

Les ressources en eau utilisées pour nos divers besoins proviennent des eaux dites de surface (ruissellement des eaux des pluies, écoulement des cours d'eau) que l'on peut on partie stocker dans les barrages et retenue de divers tailles, et des eaux souterraines accumulées par les nappes aquifères alimentées également par l'infiltration d'une partie des eaux de pluie. [3]

Les sources d'eau destinées au traitement sont :

I-3-1- les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des bonnes qualités pour l'alimentation humaine elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous comme les sels de magnésium et de calcium. Elle son donc très douces. Les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques, la distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalité utilise cette source d'eau. [3]

I-3-2- les eaux de surface :

On peut répartir des eaux de surface en trois catégories :

A) Les eaux de rivière (partie amont) :

L'amont d'une rivière est en générale situé dans une région montagneuse ou la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes les principales caractéristiques de ces eaux sont :

- Une turbidité élevée.
- Une contamination bactérienne faible.
- Température froide. [4]

B) les eaux de rivière (partie aval) :

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses.

Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont :

- Une contamination bactérienne élevée.
- Une contamination organique et inorganique élevée.
- Température variable. [4]

C) Eaux de lac :

On peut considérer un lac comme un Bassin naturel de décantation. Les propriétés physico-chimiques de ces eaux varient avec la profondeur. En générale, elles sont caractérisées par :

- Une faible turbidité.
- Une contamination bactériologique importante. [4]

I-3-3- les eaux souterraines :

Les eaux souterraines enfouies dans le sol sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps.

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont :

- Turbidité faible.
- Contamination bactérienne faible.
- Température constante.
- Débit constant.
- Dureté souvent élevée.
- Concentration élevée en des sels dissous. [4]

I-3-4- les eaux de mer :

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'environ 97.5% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et de surface). Les eaux de mer sont caractérisées par une grande salinité. Elles sont dénommées aussi «eaux saumâtres». Ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement. [4]

I-4- Aperçu sur les ressources en eau :

I -4-1- au niveau mondial :

L'eau douce, essentielle à la vie, l'environnement et le soutien d'activités économiquement productives n'est pas une ressource infinie, elle est inégalement répartie par la nature sur la surface de la terre. A l'heure actuelle 1.1 milliard de personnes (17 %) de la population n'a pas accès à un approvisionnement sûr en eau, tandis que 2.4 milliard de personnes (40 %) manque d'installations sanitaires adéquates. La majorité des personnes concernées habitent en Afrique et en Asie (d'après la FAO 1999). Par ailleurs, la croissance démographique, l'urbanisation rapide et le développement économique pèsent lourdement sur les ressources hydriques. Dans les pays en voie de développement l'approvisionnement en eau dépend de larges fluctuations saisonnières (sécheresse et inondation). Les réserves en eau disponibles à la surface du globe sont de l'ordre de 1400 millions Km³ Les mers et les océans constitués d'eau salée représentent 97.5 % du stock d'eau au niveau mondial et les 2.5 % restant représentent les eaux continentales (eau souterraine, glaciers, rivières et lacs).

Les trois quart (75 %) d'eau douce constituent les glaciers, très peu accessibles et moins de 1 % de l'eau totale forme les eaux souterraines, alors que moins de 0.01 % de l'eau forme les eaux de surface. **(Voir figure N°02). [5]**

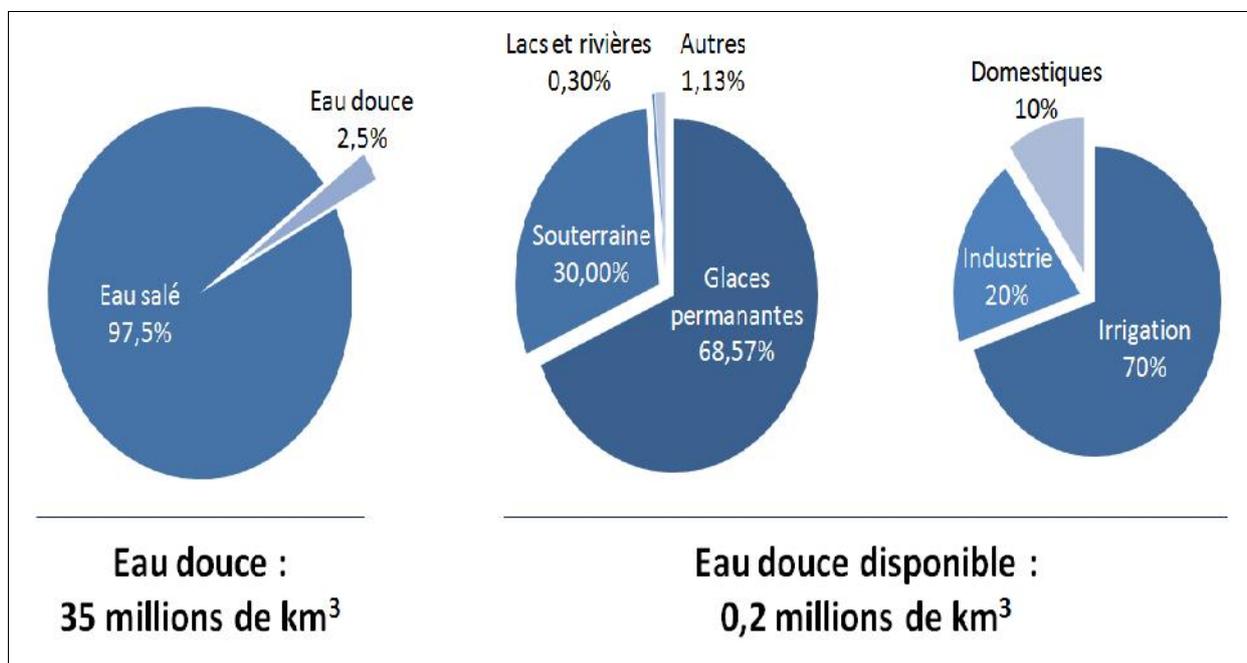


Figure N°02 : Réserve en eau au niveau mondial.

I-4-2- Au niveau national :

Le territoire algérien couvre une superficie de près de 2,4 millions de Km². Le potentiel des ressources en eau du pays est estimé à un peu moins de 20 Milliards de m³. 75% seulement sont renouvelables : 60% pour les eaux de surfaces, ce qui représente 12,4 milliards de m³ et 15% pour les eaux souterraines, c'est-à-dire 2,8 milliards de m³ dont 800 millions m³ dans le sud du pays.

Pour assurer une sécurité d'alimentation satisfaisante, il faudrait disposer de 15 à 20 milliards de m³ par année et ce, en réservant 70 % à l'agriculture, alors que l'Algérie ne mobilise que 5 milliards de m³ par année.

Dans le nord du pays, les ressources mobilisées totales sont destinées, à raison de 55,3% à l'irrigation (2,1 milliard de m³), 34,2% à l'AEP (1,3 milliards de m³) et 10,5% à l'industrie (0,4milliards de m³). La demande en eau douce croit, chaque année, de 4 à 5%, tandis que les ressources naturelles restent invariables.

Aujourd'hui, le territoire Algérien se trouve divisé en cinq régions hydrographiques. Outre la région hydrographique sud, les quatre bassins délimités dans le nord sont d'Ouest en Est, les bassins de l'Oranie-chott-chergui, du chélif-zahrez, de l'Algérois-Hodna-Soummam et du Constantinois-seybose-Mellegue. **(Voir figure N°03).**



Figure N°03 : les bassins hydrographiques en Algérie.

I-5- Les ressources superficielles :

Vaste par sa superficie, l'Algérie possède un potentiel conséquent en matière hydrique. Les potentialités de ses quatre bassins (l'Oranie-chott-chergui, le chellif-zahrez, l'Algérois-Hodna-Soummam et le Constantinois-seybose-Melleque) et de sa région du Sahara sont résumées dans le **(tableau N°01). [6]**

Tableau N°01 : Potentialités des ressources en eau superficielles.

Région Hydrographique	Bassins versants	Superficie Km ²	Apport (Hm ³ /an) Période globale	Apport (Hm ³ /an) Période sèche	Taux de réduction en %
Oranie Chott-Chergui	Côtiers Oranais	5 831	50	33	34
	Macta	14 389	-	966	-
	Tafna	7 245	335	232	30
	H.P.Oranais	49 370	-	140	-
Cheliff - Zahrez	Chélif	43 750	1 540	1 078	30
	Zahrez	9 102	110	77	30
Algerois - Hodna - Soummam	Côtiers Algérois	11 972	2 850	1 536	46
	Isser	4 149	520	312	40
	Soummam	9 125	700	630	10
	Chott Hodna	25 843	220	156	29
Constantinois - Seybouse - Mellegue	Côtiers Constantinois	11 566	3 250	2 753	15
	Kébir Rhumel	8 815	910	700	23
	Medjerdah	7 785	240	220	8
	Seybouse	6 475	450	359	20
	H.P.Constantinois	9 578	135	105	22
Sahara	Sahara	100 000	320	200	37
	Chott Melrhir	68 750	300	240	20

(Source :MRE)

I-5-1- Ressources en eau mobilisées :

La mobilisation des ressources en eau a depuis l'indépendance été axée en premier lieu sur les ressources souterraines. L'accroissement rapide, de la demande en eau dans les secteurs de l'irrigation, de l'industrie ainsi que les besoins incompressibles de la population ont amené les pouvoirs publics à mobiliser de plus en plus les ressources superficielles. C'est ainsi que les efforts entrepris durant la décennie en cours, et notamment les cinq dernières années, ont permis d'enregistrer des améliorations sensibles.

Le secteur des ressources en eau a connu, la réalisation de nombreux projets ayant permis l'approvisionnement en eau des différentes régions du pays et contribué à l'irrigation de grandes superficies de terres agricoles. En effet, plusieurs barrages et transferts ont aidé à l'amélioration de l'alimentation en eau potable et de l'irrigation des terres agricoles.

L'ensemble des barrages (y compris ceux réceptionnés en 2010) ont une capacité totale de stockage d'environ 7 milliards de m³. Cette capacité était de l'ordre de 2.5 milliards de m³ en 2000.

I-5-2- Les ressources souterraines :

Les ressources en eaux souterraines contenues dans les nappes du Nord du pays sont estimées à près de 2 milliards de m³/an. Ces nappes sont alimentées essentiellement par les précipitations dont la répartition demeure irrégulière à la fois dans le temps et dans l'espace.

En 1989, on indiquait déjà que 80% des potentialités en eau souterraines dans le Nord du pays estimées alors à 1,8 milliards de m³, étaient en surexploitation. Le rapport de MRE indiquait qu'il a été mobilisé par forages un volume de 1 milliards de m³ entre 1990 et 1999. Cela sans tenir compte des forages et de puits privés réalisés pendant cette période correspondant à la libéralisation du secteur agricole. C'est donc un total de 2,5 milliards de m³ au moins qui seraient prélevés. **(Voir figure N°04). [7]**

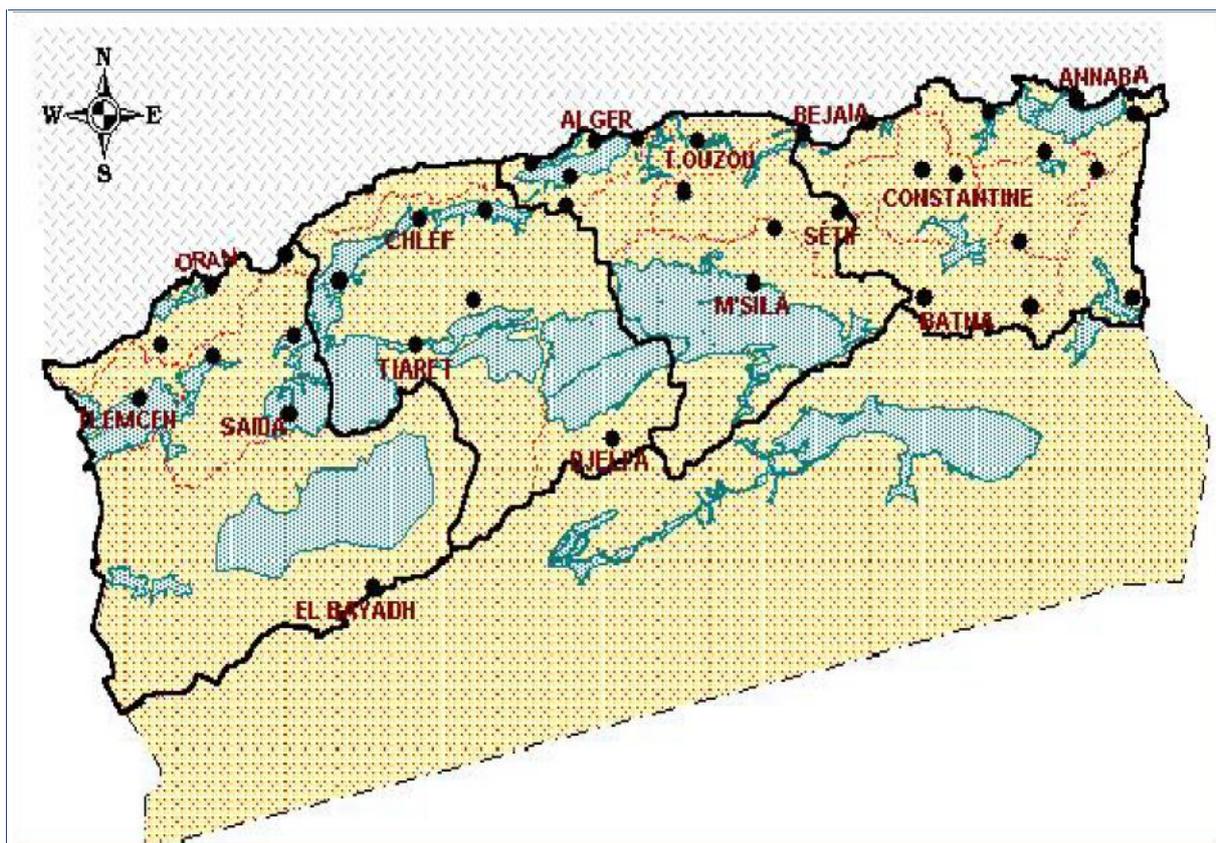


Figure N°04: Ressources renouvelables des nappes souterraines dans le Nord de l'Algerie.

Tableau N°02 : Ressources en eaux souterraines concernant les nappes dont les potentialités sont supérieures à 10 millions de m³.

N°	Nappes	Potentialités (Hm ³)	Prélèvements (Hm ³)
1	Plaine de Maghnia	15	15
2	Monts de Tlemcen	40	40
3	Plaine de Sidi Bel Abbés	30	30
4	Dj. Murdjadjo – Brédéah	12	12
5	Chott Chergui	54	32
6	Plateau Sersou	12	12
7	Plaine de la Mina	17	14
8	Plaine de Ain Oussera	27	9
9	Zahrez	50	16
10	Plateau Ksar Chellala	14	10
11	Plaine de Bouira	15	15

12	Plaine côtière Bejaia	35	17
13	Vallée de la Soummam	100	80
14	Plaine Alluv Oued Djer	20	20
15	Mitidja	328	335
16	Sahel	28	28
17	Boudouaou	12	12
18	Calcaire de Toudja	15	15
19	Calcaire de Bejaia	17	17
20	Sebaou	53	33
21	Chott El Hodna	133	81
22	Synclinal de Dekhla	14	14
23	Plaine de Tébessa Morsot	18	18
24	Plateau de Chrea	18	18
25	Plaine de Biskra Tolga	60	60
26	Oued Nil	20	16
27	Oued Djendjen	10	15
28	Plaine de Ain M'Lila	22	8
29	Vallée de l'Oued Safsaf	12	12
30	Plaine d'O. Kebir Ouest	15	10
31	Plaine de Guelma	17	17
32	Plaine d'Annaba	45	45
33	Plaine alluviale Isser	35	12
34	Chélif	80	72
35	Oued M'zi	223	210
36	Chott Gharbi	40	3
37	Plateau de Saida	50	50
38	Plaine de Ghriss	70	70
	Total	1 776	1 467

Source (MRE)

Le Sud du pays se caractérise par l'existence de ressources en eaux souterraines considérables provenant des nappes du (CI) et du (CT). Les réserves exploitables sans risque de déséquilibre hydrodynamique sont estimées à 5 milliards de m³/an. L'exploitation atteint actuellement 1.6 milliards de m³ par forage et 85 millions de m³ par foggaras. La particularité de cette ressource est que c'est une ressource non renouvelable d'où la nécessité de réfléchir à deux fois avant de l'utiliser. [7]

I-6- La rareté des ressources en eau en Algérie :

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500

m³, elle n'était plus que de 720 m³ en 1990, 680 m³ en 1995, 630 m³ en 1998, elle ne sera plus que de 430 m³ en 2020. Cette diminution causée par la croissance démographique, l'urbanisation, les changements climatiques, l'industrialisation et le vieillissement des réseaux. [8]

I-7- Stratégies d'adaptation face à la raréfaction des eaux en Algérie :

La rareté grandissante des ressources en eau qui résulte de la diminution des quantités disponibles par habitant, la dégradation de la quantité et les objectifs de développement économique et social imposent donc l'élaboration et la définition d'une stratégie de gestion de l'eau à moyen et à long terme. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années de sécheresse qui ont touché l'ensemble du territoire, ont montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. Cette ressource vitale est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m³ d'ici l'année 2025.

Parmi ces stratégies, nous allons aborder suit :

I-7-1- Mobilisation et distribution de l'eau potable :

Dans le domaine de la mobilisation et de la distribution de l'eau potable, les efforts entrepris durant la décennie en cours, et notamment les cinq dernières années, ont permis d'enregistrer des améliorations sensibles.

Ainsi, alors que le pays ne possédait que 44 barrages seulement jusqu'en l'année 2000, 15 nouveaux barrages ont été mis en exploitation durant les dernières années dont ceux de Beni Haroun et de Taksebt en 2007. En outre, les réceptions attendues porteront les capacités de mobilisation de l'eau des barrages à 7,8 milliards de m³/an à la fin des travaux de construction des barrages, contre 2,5 milliards de m³ en 2000. En plus, il y a lieu de signaler que 28 sites de barrages sont lancés en études et accusent des avancements appréciables. Par ailleurs, ces nouveaux barrages sont intégrés dans de véritables grands systèmes de transfert permettant de résoudre la contrainte liée au caractère éparse de la ressource mobilisée.

I-7-2- Réhabilitation et gestion efficace des réseaux :

La mobilisation de la ressource hydrique pour l'alimentation en eau potable s'est accompagnée aussi de la réhabilitation et de l'élargissement du réseau de distribution.

Parmi les grandes opérations achevées dans ce domaine, on cite les réalisations, réhabilitation et rénovation de réseaux d'approvisionnement en eau potable dont 11 wilayas ont bénéficié à savoir: Tarf, Annaba, Bejaia, Bouira, Jijel, Tissemsilt, Tlemcen, les villes d'Oran, de Constantine, de Sidi Bel Abbés, ainsi que l'ouest d'Alger. Le réseau national d'alimentation en eau potable totalise désormais 60.000 kilomètres. En outre, le souci de mieux gérer la ressource en eau potable a amené les pouvoirs publics à conclure

des contrats de gestion des réseaux de distribution, avec des sociétés spécialisées au niveau de grandes villes dont, Alger, Oran, Constantine et Annaba.

I-7-3- Le transfert d'eau :

La répartition équitable des ressources en eau entre les différentes régions du territoire algérien constitue un autre axe de la politique mise en place par le gouvernement. Afin de pallier aux disparités géographiques, un programme de transferts régionaux qui vise à assurer une meilleure équité entre les territoires pour l'accès à l'eau a été progressivement mis en œuvre.

C'est principalement au cours de la dernière décennie que des opérations importantes ont été entreprises, certaines étant en cours de réalisation actuellement par l'ANBT. Ces transferts d'eau répondent également aux objectifs de la stratégie de sécurité alimentaire du pays qui vise à soutenir des régions à fort potentiel agricole.

Parmi les grands transferts en Algérie, on trouve :

- Le transfert Tichy Haf- Bejaia (150 millions m³/an) et planification hydraulique de la plaine de la Soummam.
- Le transfert koudiat Acerdoune –Keddara (178 millions m³/ an) et le renforcement de l'alimentation en eau de la capitale.
- Transfère des eaux a l'ouest Algérien (Mostaganem-Arzew-Oran à (Ce système, d'une capacité de transfert de 540.000m³/ jour, permet de satisfaire la demande en eau potable des wilayas d'Oran et Mostaganem, via la zone industrielle d'Arzew). (155 millions de m³/an destinés à l'A.E.P du couloir Mostaganem-Arzew-Oran).
- Le transfert Ain Salah-Tamanrasset devrait permettre de transférer dans un premier temps 50 000 m³/jour.

Un autre programme est lancé en vue du transfert des eaux du Sahara Septentrional vers les régions du Nord de l'Algérie, cette action vise essentiellement l'identification des zones aux Fortes potentialités en eau, avec des excédents permettant des transferts vers le nord.

- Transfert des eaux a l'est algérien (Béni Haroun – Wilaya de l'est):

Le barrage de Béni Haroun est un grand complexe hydraulique stratégique en Algérie, situé dans la wilaya de Mila au Nord-est de l'Algérie.

Le plus grand barrage en Algérie avec une capacité de 960 millions de mètres cube. Avec sa grande station de pompage d'eau brute, dont la puissance est de 180 MW, le barrage alimente en eau potable plusieurs régions limitrophes de la wilaya de Mila, Notamment les wilayas de Jijel, Constantine, Oum el Bouaghi, Batna et Khenchela. Le barrage fournit également une quantité importante d'eau d'irrigation pour quelques centaines d'hectares d'exploitations agricoles dans les régions voisines. **(Voir figure N°05).**



Figure N°05 : Transfert des eaux a l'est algérien (Béni Haroun – Wilaya de l'est) <état a la date de 2009>.

A titre indicatif, pour le Constantinois, l'aménagement de Béni Haroun est le principal système de la région. Il permettra d'assurer un volume annuel de 504 millions de m³: 242 millions de m³ pour l'A.E.P de 4 620 000 habitants de Jijel, Mila, Oum El Bouaghi, Batna, Constantine, Ain M'lila et Khenchela ,262 millions de m³ pour l'irrigation de 30 000 Ha pour le transfert de Sétif - Honda -El Eulma, l'aménagement est constitué de deux systèmes.

I-7-4- Dessalement de l'eau de mer :

A toutes ces importantes actions, s'ajoute un important programme de dessalement d'eau de mer a été engagé et recouvrira à la fin des travaux, un total de 13 stations avec une production de près de 2,26 millions de m³/jour, soit 825 millions de m³/an. Cette quantité représentera près de 1/3 des capacités de retenue des barrages qui existaient jusqu'en 2000. Ce programme stratégique est destiné à libérer le pays de la dépendance de la pluviométrie pour l'alimentation en eau potable des populations des régions côtières,

et notamment dans l'ouest du pays qui souffre d'un grave déficit chronique en pluviométrie. [6]

I-7-5- Déminéralisation des eaux saumâtres :

La déminéralisation des eaux saumâtres se fait dans les Hauts Plateaux et le Sud. Les stations situées dans le sud de l'Algérie et dont le débit de traitement est relativement faible (entre 100 et 200 m³/j). [5]

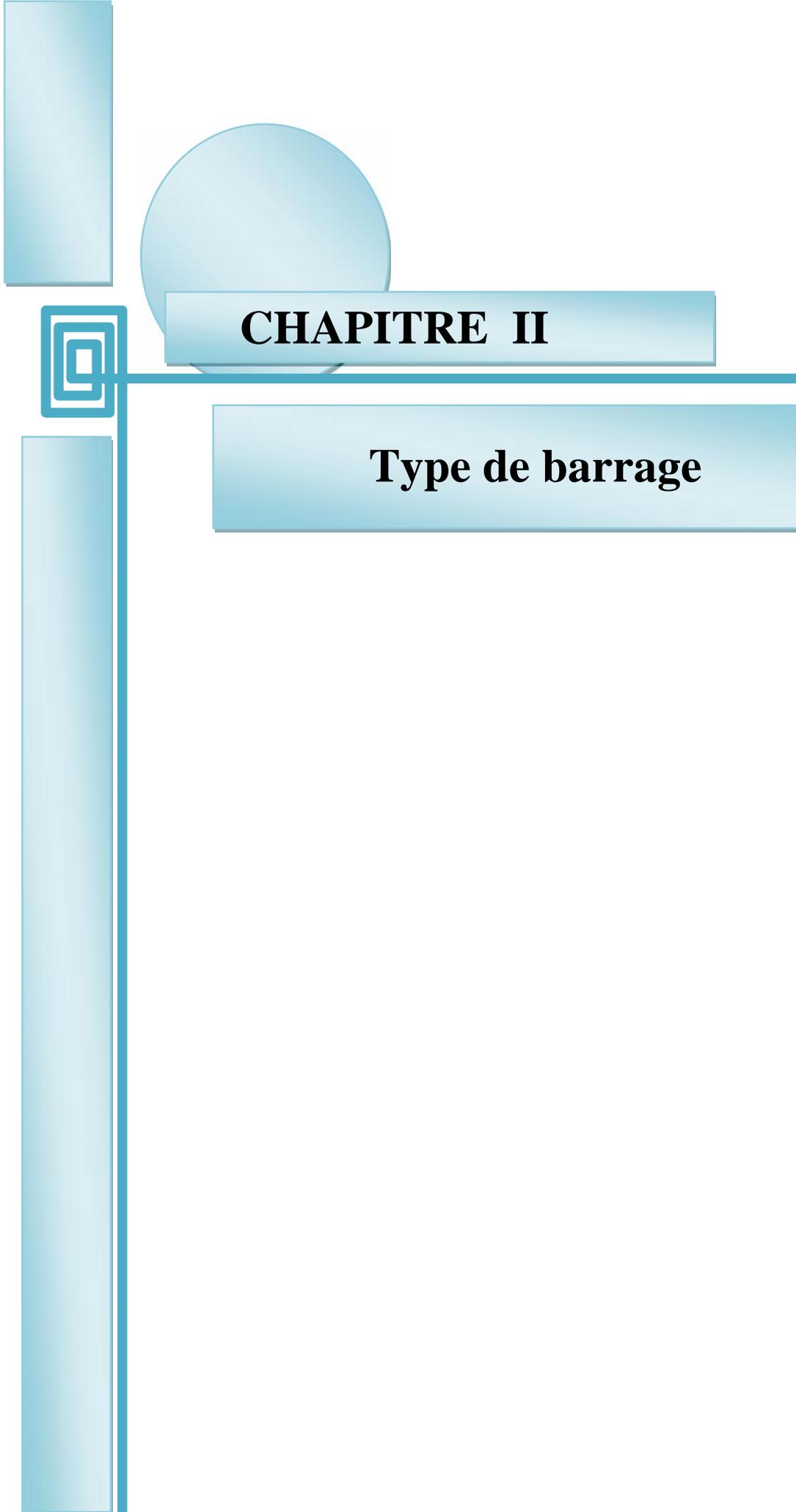
I-7-6- La réutilisation des eaux usées épurées :

Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 750 millions de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020. Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration :

- Situation actuelle (exploitation) : Nombre de station d'épuration : 102 (52 STEP+ 50 lagunes) Capacité installée actuelle : 570 hm³/an (1999 : 28 STEP pour une capacité de traitement de 98 millions de m³/jour).
- Situation du programme en cours de réalisation : Nombre de station d'épuration : 176 (87 STEP+ 89 lagunes) Capacité installée : 355 hm³/année.
- La capacité totale installée après l'achèvement de ce programme est de 925 millions de m³/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité.

Conclusion :

La dimension stratégique et vitale de l'eau caractérisée par la rareté et la pénurie impose une politique de mobilisation maximale et d'exploitation rationnelle de cette ressource. Les défis à relever dans ce domaine sont liés à la sécurité de la population et de l'économie du pays dont il importe de pourvoir aux besoins en eau tant il est vrai que la sécurité hydrique est intimement liée à la sécurité économique, sanitaire et écologique et à la sécurité alimentaire en particulier. Et pour cette raison notre pays fait des efforts afin d'atteindre cet objectif par plusieurs méthodes.



CHAPITRE II

Type de barrage

Introduction :

Les barrages furent construits afin de répondre à un seul problème: l'approvisionnement en eau et l'irrigation. Avec le développement des civilisations, les besoins furent plus importants et plus nombreux, ajoutant aux précédents la nécessité de contrôler les crues, la navigation, la qualité de l'eau, le contrôle des sédiments et l'énergie. Par conséquent des barrages ont été construits pour répondre à ces besoins spécifiques. Un Barrage est la pierre angulaire dans le développement et la gestion des ressources hydriques. Les barrages polyvalents sont des projets très important pour les pays en développement, puisqu'un seul investissement permet aux populations de recevoir des bénéfices à la fois domestiques et économiques.

II-1- Définition:

Les barrages sont par définition des ouvrages hydrauliques disposés en travers d'un cours d'eau pour créer une retenue ou exhausser le niveau en amont, ces types d'ouvrages barrent sur toute la largeur une section d'une vallée et créer ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche. [9]

Les barrages sont construits dans le monde entier pour différents usages :

- + **Irrigation** des cultures, en particulier dans les régions arides ou semi-arides.
- + **Alimentation en eau** des hommes et des animaux, ainsi que des entreprises et de l'industrie.
- + **Nivellement des crues.**
- + **Production** d'énergie électrique.
- + **Régularisation des rivières navigables et alimentation des canaux** (eau de consommation des écluses).
- + **Alimentation des industries en eau de refroidissement** (centrales thermiques par exemple).
- + **Pisciculture** ou élevage d'autres espèces animales ou végétales aquatiques.
- + **Création** des paysages, de zones de repos ou de centres sportifs.

II-2- Choix du site et du type de barrage :

Les principaux paramètres à prendre en compte dans le choix du site et du type de barrage sont les suivants [10] :

- La topographie et les apports du bassin versant.
- La morphologie de la vallée.
- Les conditions géologiques et géotechniques.
- Le contexte météorologique et le régime des crues.
- Sismicité de la région.

II-3- Les différents types de barrages :

Chaque structure et matériau de construction définit le type de barrage.

On distingue [10] :

II-3-1- Barrages en béton:

- Barrage-poids (gravité).
- Barrages-voûtes.
- Barrages à contreforts.
- Barrages en béton compacté au rouleau (BCR).

II-3-2- Barrages en remblais :

- Barrages en terre homogène.
- Barrages à noyau.
- Barrages à masque.

II-3-3- Barrages mobiles

II-3-1-1- Barrage-poids (gravité) :

Un barrage-poids est un barrage dont la propre masse suffit à résister à la pression exercée par l'eau. Ce sont des barrages relativement épais, dont la forme s'apparente dans la plupart des cas à un triangle rectangle. **(Voire figure N°06). [7]**



Figure N°06 : Barrage poids.

II-3-1-2- Barrage voûte :

Le barrage-voûte emploie les mêmes principes de structure que le pont en arche. La voûte s'incurve vers le courant d'eau et la charge d'eau principale est répartie le long du barrage, mais surtout vers les parois latérales de la vallée étroite ou du canyon dans lesquels de tels barrages sont construits. À la courbure en plan s'ajoute parfois une courbure verticale, le barrage étant alors appelé barrage coupole. La courbure des barrages-voûtes était initialement circulaire, mais les outils informatiques (modélisation mathématique) ont permis de concevoir de nouvelles formes (**Voire figure N°07**). [07]



Figure N°07 : Le barrage voûte.

II-3-1-3- Barrage à contreforts :

Les barrages à contreforts sont constitués par une série de grands murs triangulaires parallèles au lit du cours d'eau et liés entre eux à l'amont par une paroi assurant la bouchure. Du fait de leur constitution répétitive, ces ouvrages sont applicables, comme le barrage-poids, à toute vallée quelle qu'en soit la largeur. Lorsque les appuis sont trop distants, ou lorsque le matériau local est tellement compact qu'une extraction s'avère presque impossible, la technique du barrage à contreforts permet de réaliser un barrage à grande économie de matériaux. **(Voire figure N°08). [07]**



Figure N°08 : Barrage de contrefort.

II-3-1-4- Barrages en béton compacté au rouleau (BCR) :

Les plus récents sont en béton compacté au rouleau (BCR) : le barrage est construit par couches successives mises en place par des engins de terrassement et compactées avant de passer à la couche suivante. Les barrages sont ainsi construits très rapidement, ce qui apporte pour les chantiers un intérêt économique certain. **(Voire figure N°09). [10]**



Figure N°09 : Barrage BCR.

II-3-2-1- Barrages en terre homogène :

Le barrage en terre homogène est constitué d'un massif en terre compactée imperméable, muni d'un dispositif de drains dans sa partie aval et d'une protection mécanique contre l'effet du batillage dans sa partie amont. (Voire figure N°10). [11]

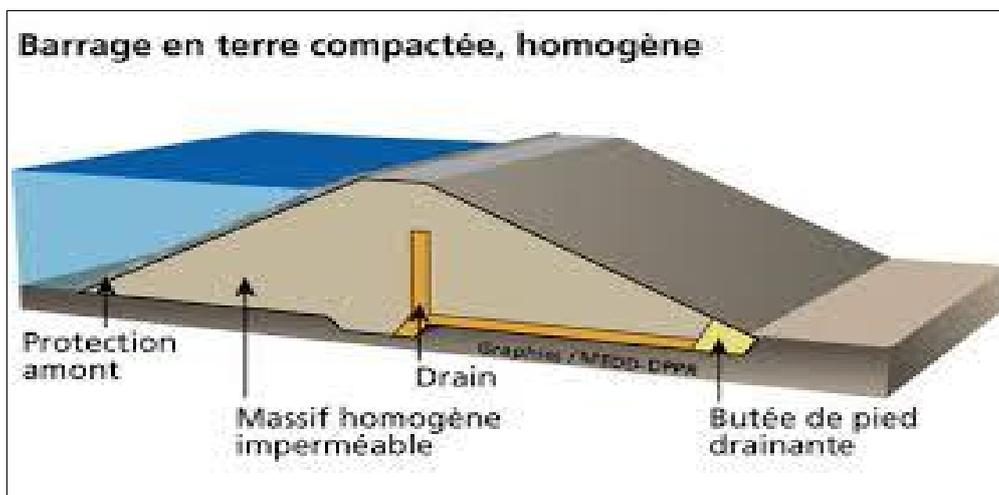


Figure N°10: Barrage homogène.

II-3-2-2- Barrage a noyaux :

Ces barrages sont constitués de zones de caractéristiques variables réalisées autour d'un noyau en matériau imperméable en argile. Le noyau est le plus souvent vertical mais il peut aussi être incliné. En général, les zones ont des perméabilités et des granulométries de plus en plus élevées à partir du noyau ce qui leur confère le rôle de filtres et de drains. De plus cette disposition permet de réduire les effets des gradients hydrauliques sur la stabilité des talus et donc d'avoir de plus fortes pentes. Les drains sont les organes de sécurité de l'ouvrage. (Voire figure N°11). [9]

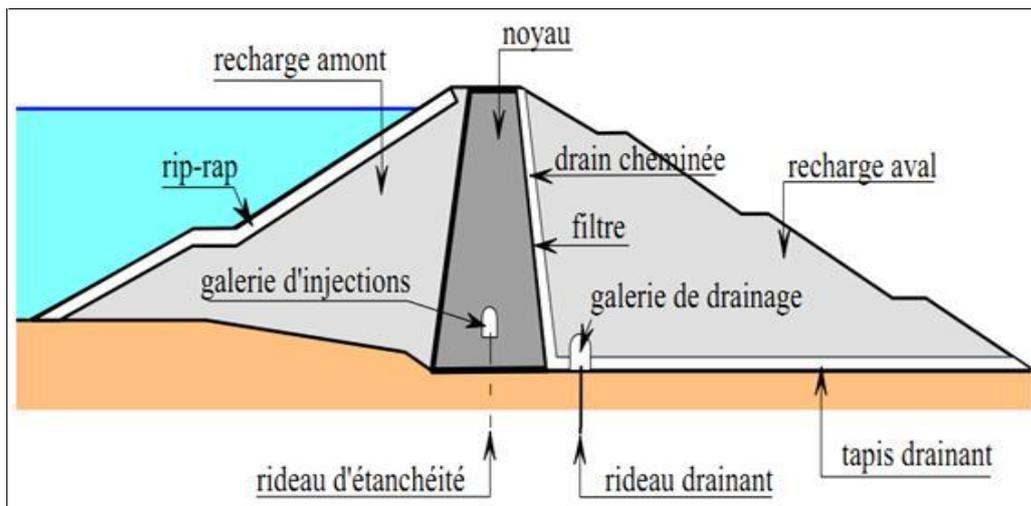


Figure N°11 : Barrage zoné avec un noyau étanche.

II-3-2-3- Barrage à masque amont :

L'étanchéité est placée sur le parement amont du barrage. Les matériaux utilisés pour la réalisation de l'étanchéité sont :

- Une dalle en béton armé avec très peu de joints (épaisseur 30 à 80 cm).
- Masque en béton bitumineux composés de deux à trois couches d'enrobés routiers plus riches en liant (7 à 9 %) pente 2/1.
- Géomembranes qui doivent être protégées par une couche superficielle (géotextile, petits enrochements, dalles, etc.)

Le problème commun à tous les types de barrages à masque amont est la liaison étanchéité-fondation. On réalise, en général, une plinthe en béton appelée para fouille ancrée à la fondation. (**Voire figure N°12**). [9]

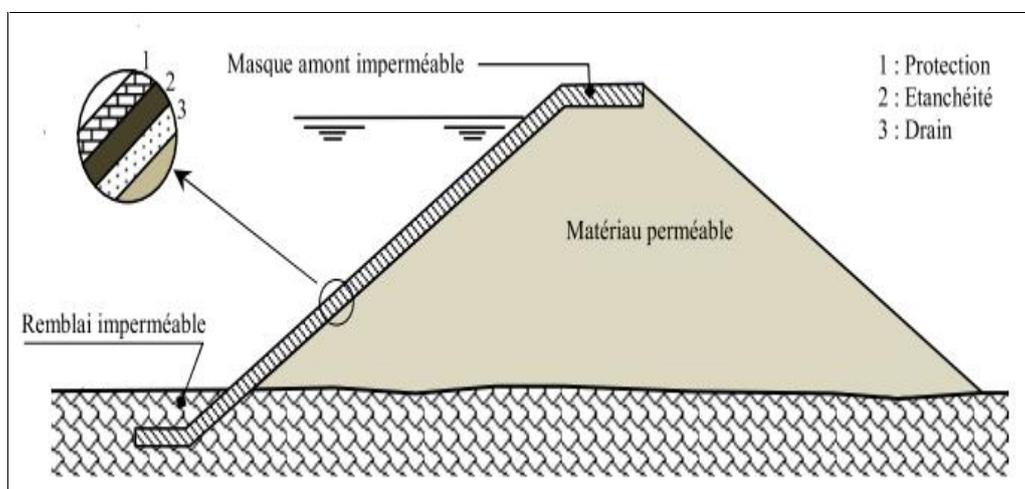


Figure N°12 : Barrage à masque amont.

II-3-3-1- Barrages mobiles :

Ont une hauteur limitée, ils sont généralement édifiié en aval du cours des rivières, de préférence à l'endroit où la pente est la plus faible. On utilise généralement ce type de barrage dans l'aménagement des estuaires et des deltas pour rendre les rivières navigables en les canalisant. [10]

II-4- Avantages et inconvénients de divers type de barrage :**II-4-1- Barrage poids [11] :****A) Avantages:**

- Faibles contraintes dans le béton.
- Faibles contraintes transmises par la fondation au rocher.
- Les variations de températures ne produisent que de faibles variations de contraintes.
- L'évacuateur de crue peut facilement combiner avec le barrage (diriger les crues directement par dessous).
- Le gradient des sous-pressions à travers la fondation est faible.
- Les points délicats sont : la résistance mécanique et l'étanchéité.

B) Inconvénients :

- Les sous-pressions sont importantes dans la fondation.
- Moyen risque de tassement.
- Le volume du béton est important (pour le barrage-poids évidé, il est plus faible).
- Le volume d'excavation de la fouille est important.
- Fragilité au séisme (si les joints entre les blocs ne sont pas faits par injections).
- L'échauffement du béton par la prise du ciment est assez problématique.

II-4-2- Barrage à voûte [11] :**A) Avantages :**

- Le volume du béton est faible.
- La fouille est assez petite.
- La résistance au séisme est haute.
- Les sous-pressions au niveau de la fondation sont faibles (la surface de la fondation est petite).

B) Inconvénients :

- Les contraintes sont importantes dans le béton et dans le rocher.
- Les forces sont transmises obliquement dans les appuis.
- Moyen risque de tassements.
- L'échauffement du béton par la prise du ciment est à considérer.
- L'intégration de l'évacuateur de crues (grands débits) dans le barrage est difficile.

- Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation est très grand.
- Les sous-pressions dans les fissures du rocher peuvent provoquer des glissements d'appuis.

II-4-3- Barrage à contrefort [11] :

A) Avantages :

- Les contraintes transmises par la fondation au rocher sont moyennes.
- Les sous-pressions au niveau de la fondation sont faibles.
- Le volume du béton est faible.
- L'échauffement du béton est faible.
- Les risques de tassements sont moyens.

B) Inconvénients :

- Très susceptible au séisme. La résistance à l'accélération latérale est presque inexistante.
- La fouille est importante.
- Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation est localement très élevé.
- Les contraintes dues au gradient de température peuvent devenir importantes à la tête du contrefort.

II-4-4- Barrage zoné avec un noyau étanche [11] :

A) Avantages :

- Le corps du barrage est très flexible et adaptable aux conditions du terrain.
- Peu susceptible aux tassements et aux séismes.
- Petite à moyenne fouille. La digue n'est pas forcément fondé sur un rocher sain.
- La compression du sol est faible.
- Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation ou du noyau est faible.

B) Inconvénients :

- Mise en place de grands volumes de matériaux.
- Le remblai du noyau en argile est influencé par les conditions atmosphériques (climat pluie).
- L'inconvénient majeur est les infiltrations à travers le massif.

II-4-5- Barrage à masque amont [11] :

A) Avantages :

- Le corps du barrage est très flexible et adaptable aux conditions du terrain.
- Les tassements limités sont tolérables.
- Pas très susceptible au séisme. Au dessous du masque, un système de drainage performant est nécessaire à cause de la fissuration.

- Le volume des déblais est moyen.
- Le masque doit être connecté au rocher (directement ou par une fouille).
- La compression du sol est faible.
- La présence du masque en parement amont présente le double avantage de permettre des réparations en cas de dégradation du masque, aussi d'autoriser des vidanges de retenue très rapides.
- Le masque amont présente l'avantage de pouvoir être exécuté après l'édification du remblai et de pouvoir être réparé aisément.
- Diminué les infiltrations à travers le massif.

B) Inconvénients :

- Mise en place de grands volumes de matériaux.
- Le gradient est très élevé près de la connexion entre le masque et le rocher (plinthe).

II-5- Quelques exemples de grands barrages dans le monde [09] :

- ✚ Le barrage Hoover aux États-Unis (1931-1935).
- ✚ Les barrages d'Assouan sur le Nil, en Égypte.
- ✚ Le barrage d'Inga sur le Congo, en République démocratique du Congo.
- ✚ Le barrage d'Itaipu à la frontière entre le Brésil et le Paraguay.
- ✚ La centrale Robert-Bourassa au Québec, Canada.
- ✚ Le barrage de Kapanda sur le Cuanza en Angola.
- ✚ Le barrage des Trois Gorges en Chine.
- ✚ Le barrage de la Grande-Dixence, en Suisse, plus précisément en Valais, dans le val d'Hérens.
- ✚ Le barrage Atatürk sur l'Euphrate en Turquie.
- ✚ Le barrage Daniel-Johnson sur la Manicouagan au Québec, Canada.
- ✚ Le barrage de Gurí au Venezuela.
- ✚ Le barrage de Nourek (300 m) au Tadjikistan est le plus haut du monde.

II-6- Les barrages en Algérie :

Selon le ministère des Ressources en eau : « l'Algérie compte 68 barrages en exploitation .

L'Algérie doit rattraper le retard constaté. Le pays perd 50 % d'eau dans les fuites. Le dessalement est favorisé par l'État. En effet, le gouvernement a installé quelques stations de dessalement à Alger et Tipasa. Plusieurs centres importants, comme à Arzew qui fourni 90 000 m³ ou le centre de Beni Saf, ont améliorés la situation du manque d'eau dans certaines villes.

Les grands barrages en Algérie sont Hamiz situé à 35 kilomètres d'Alger, Béni Haroun dans la wilaya de Mila, barrage de Timgad, Taqsebt, Tichy-haf , Tilesdit, Koudiat Acerdoun, barrage Ourkis, barrage de Kherrata dans la Wilaya de Béjaïa, etc. **(Voire Tableau N°3) . [09]**

Tableau N°3 : Les grandes Barrages en Algérie.

	Barrages	Wilaya	Oued	Type	Année de mise en eau	Capacité dernière levée Hm ³	Destination
1	Ain-Dalia	Souk-Ahras	Medjerra	Terre	1986	76.08	AEP
2	Bougous	El Taraf	Bougous	Terre	2002	65.2	AEP
3	HDebagh	Guelma	Bouhamdane	Terre	1987	184.35	AEP et IRR.
4	Boussiaba	Jijel	Boussiaba	BCR	2006	120	AEP
5	Cheffia	El Taraf	Bouamoussa	Terre	1965	158.83	AEP et AEI et IRR.
6	Ain-Zada	Bordj -Bou-Argeridj	Bousssellam	terre	1986	121.4	AEP
7	EL Agrem	Jijel	El-Agrem	ENR	2002	33.04	AEP
8	F.E.Gherza	Biskra	Al-Biod	Pois	1950	14.89	IRR.
9	Foum El Gueiss	khenchla	Gueiss	ENR	1939	0.43	AEP
10	Babar	Khenchla	Babar	Terre	1995	38.01	IRR.
11	Guenitra	Skikda	Fessa	Terre	1984	117.82	AEP, AEI et IRR.
12	EL Agrem	Jijel	El-Agrem	ENR	2002	33.04	AEP
13	H.Grouz	mila	Oued-Rhumel	Pois	1987	40.15	AEP
14	Kissir	Jijel	Kessir	Terre	2006	68	AEP et IRR.
15	Koudiat Medouar	Batna	Reboa	Terre	2003	74.32	AEP, IRR.
16	K'Sob	m'sila	K'Sob	Voute	1940	11.84	IRR.
17	Mexa	El Taraf	El-Kebir	Terre	1998	30.27	AEP
18	Oued Cherf	Souk ahras	Cherf	ENR	1995	152.65	IRR.
19	Beni Haroun	Mila	Kebir	BCR	2003	997.9	AEP et IRR.
20	Saf Saf	Tebessa	Saf Saf	Terre	2006	23	AEP
21	Zit El Emba	Skikda	Hammam	Terre	2001	116.59	IRR.
22	Oued Athmania	Mila	Oued.el kaim	Terre	2001	33.25	Satisfaire en eau potable de six wilayas et IRR.

23	Beni -Zid	Skikda	Oued BeniZid	Terre	1987	39.39	AEP et IRR.
24	Zardezs	Skikda	Saf Saf	Pois	1945	16.86	AEP et IRR.
25	FD Gazelles	Biskra	El Hai	Terre	1985	54.74	IRR.
26	Ourkiss	O.El Bouaghi	Ourkiss	Terre	2006	64	Ourkiss
27	Boukourda ne	Tipaza	El-Hachem	Terre	1992	105	AEP et IRR.
28	Bouroumi	Ain-Defla	Bouroumi	Terre	1985	181.86	AEP et IRR
29	Keddara	boumerdes	Boudouaou	Terre	1985	142.39	AEP
30	Koudiet Acerdoune	Bouira	Isser	BCR	1993	640	IRR.
31	Ladrat	Médea	Ladrat	Terre	1989	8.47	IRR.
32	Lekhal	bouira	Lekhal	Terre	1985	27.16	AEP et IRR.
33	Meurad	Tipaza	Boujabroun	Terre	1860	0.2	IRR.
34	Tichy Haf	Bejaia	Bousselam	Voute	1988	81.8	AEP, AEI et IRR.
35	Tilesdit	Bouira	Eddous	Terre	2004	164.55	AEP, AEI et IRR.
36	Beni-Amrane	Boumerdes	Isser	ENR	1988	11.85	Transfert Keddara par pompage
37	Boughzoul	Médea	Nahr-Oussal	Terre	1934	20.27	Transfert Ghrib
38	Hamiz	Boumerdes	Arbathache	Pois	1897	15.53	Transfert et IRR.
39	Taksebt	Tizi-Ouzou	Oued Aissi	Terre	1991	181.02	AEP
40	Brezina	el-Bayadh	Mouilah	Pois	2000	108.47	IRR.
41	Chéllif	Mostaghane m	El Kheir	Terre	2009	50	AEP
42	Cherfas II	Mascara	Mebtouh	Beton	1992	70.21	IRR.
43	Fergoug	mascara	El-Hammam	Terre	1970	0.4	AEP, A.E.I et IRR.
44	H.Boughra ra	Tlemcen	Tafna	Terre	1999	175.45	AEP et IRR.
45	Kramis	Mostaghane m	Oued Kramiss	Terre	2005	45.38	AEP et IRR.
46	Beni Bahdel	Tlemcen	Tafna	Voutes	1946	54.63	AEP et IRR.
47	Ouzert	Mascara	Taria	Terre	1986	93.91	Transfert Bou-Hanifia
48	Sarno	Sidi Bel Abbes	Sarno	Terre	1954	21.25	AEP
49	Sidi-Abdelli	tlemcen	Isser	Terre	1988	106.61	AEP
50	Meffrouch	Tlemcen	Meffrouche	Voutes	1957	14.99	AEP

51	Bou-hanifia	Mascara	El Hammam	ENR	1948	34.52	AEP et IRR.
52	Djorf-Torba	Béchar	Guir	Pois	1965	260.25	AEP et IRR.
53	Sikkak	Tlemcen	Sikkak	Terre	2004	25.5	AEP et IRR.
54	Gargar	Relizane	Oued-Rhiou	Terre	1988	358.28	AEP et IRR.
55	Ghrib	Ain-Defla	Chlef	ENR	1939	116.32	AEP et IRR.
56	Bakhadda	Tiaret	Mina	ENR	1936	39.94	AEP et IRR.
57	Merdja.S.A bed	Relizane	Chlef	Terre	1984	47.97	IRR.
58	Oued-Fodda	Chlef	Fodda	Pois	1932	102.85	AEP
59	Ouled Mellouk	Ain-Defla	Rouina	Terre	2003	119.4	AEP et IRR.
60	S.M.B.A	Relizane	Mina	Terre	1978	153.71	AEP et IRR.
61	Sidi - Yacoub	chlef	Ardjen	Terre	1985	252.85	AEP et IRR.
62	Dahmouni	Tiaret	Nahr-Oussal	Terre	1983	39.52	IRR.
63	Koudiat Rosfa	Tissemsst	Oued Fodda	Terre	1996	75	AEP
64	Harreza	Ain-Defla	Harreza	Terre	1977	76.65	IRR.
65	S.M.Bentai ba	Ain-Defla	Oued Abda	Terre	1993	75	AEP et IRR.
66	Deurdeur	Tissemsilt	Zemmour	Terre	1985	105.12	AEP et IRR.
67	Colonel Bougara	Tissemsilt	Nahr-Oussal	Terre	1987	11.32	IRR.
68	Kerrada	Mostaghane m	Kerrada	Terre	2011	65	AEP

Source (MRE)

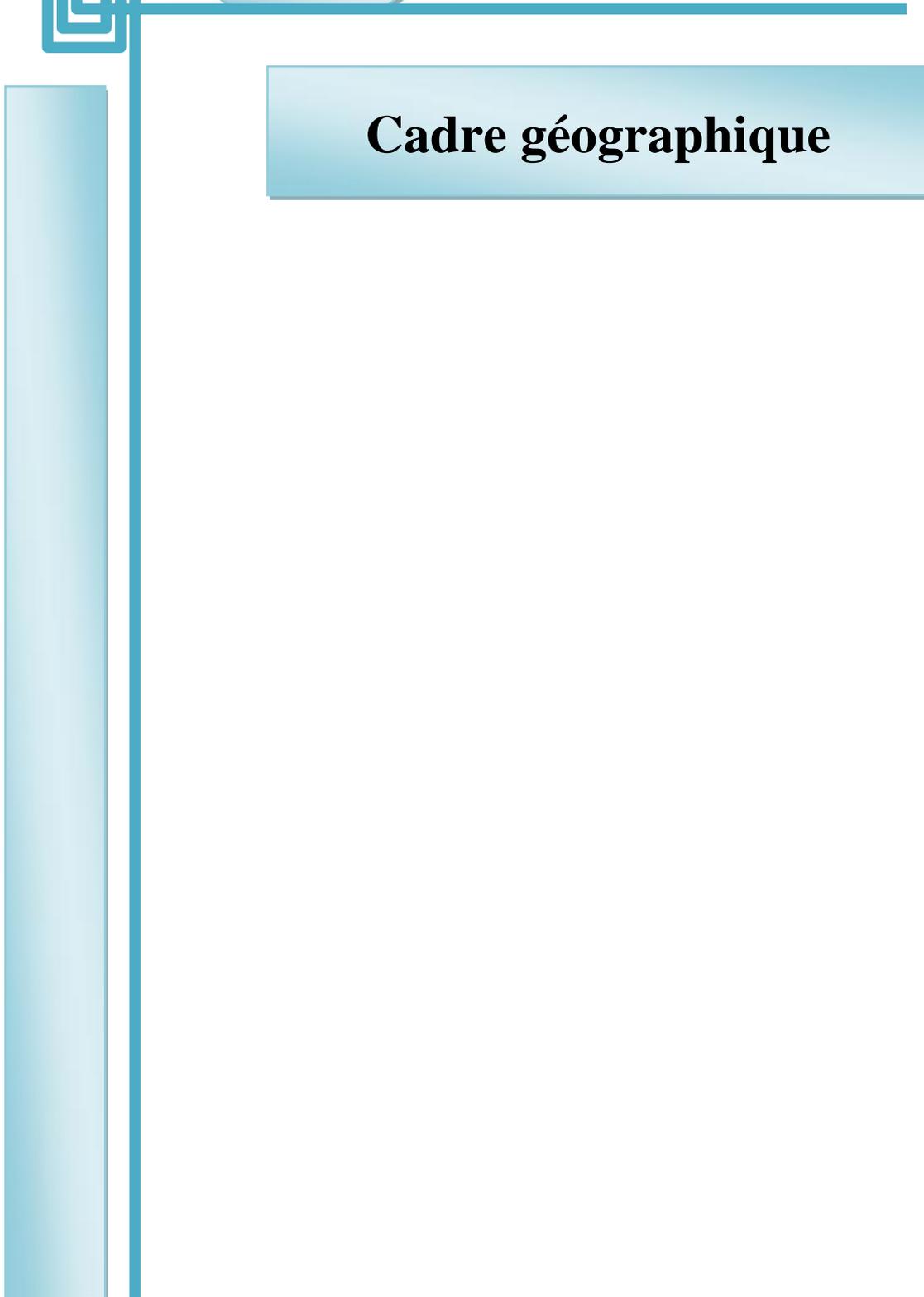
Conclusion :

La principale raison qui conduit à réaliser des barrages est le stockage d'un grand volume d'eau pour qu'il soit disponible en cas de besoin.

Le secteur hydrique en Algérie compte 68 barrages répartis sur tout le territoire national, le barrage de Beni-Haroun est le plus grand barrage en Algérie nous allons parler dans le chapitre suivant.



CHAPITRE III



Cadre géographique

Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude : caractéristiques morphologiques, géologiques, topographiques et climatiques de la zone d'étude.

III-1- Situation géographique de Mila :

La wilaya de Mila est située dans le nord-est algérien en Kabylie orientale, elle occupe une superficie totale de 3.480,54 Km² soit 0,14% de la superficie du pays, elle est délimitée :

- Au nord, par les wilayas de Jijel et de Skikda.
- À l'est, par la wilaya de Constantine.
- Au sud, par les wilayas de Batna et d'Oum el Bouaghi.
- À l'ouest, par la wilaya de Sétif

La wilaya abrite le plus grand barrage d'eau au niveau national barrage Beni-Haroun qui alimente une grande partie de l'est algérien avec de l'eau potable et de l'eau d'irrigation.

[12]

III-2- Situation géographique du barrage:

Le site du barrage de Beni-Haroun est situé dans le nord-est de l'Algérie sur l'oued Kebir à une quarantaine de km de son embouchure dans la mer Méditerranée. La retenue créée par le barrage se trouve au sud de ce dernier. Elle est située à environ 40 km au NW de la ville de Constantine et à 350 km de l'est d'Alger.

Le barrage est situé à l'extrémité amont de la gorge calcaro-marneuse de Beni-Haroun et a environ 4km du confluent de l'Oued Rhumel et de l'Oued Endja. Le bassin total de l'Oued Kebir au site du barrage couvre une superficie voisine de 7725 km² tenant compte qu'une partie du bassin du Rhumel est mobilisée par le barrage de Hammam Grouz, la superficie intéressant le barrage Beni-Haroun est de 5328 km². [13]

La digue du barrage, construite en béton compacté se dresse sur une hauteur de 107 m au dessus du lit de l'oued Kébir. La retenue du barrage de Béni Haroun permet d'emmagasiner 963 hm³ d'eau, avec un volume utile de 723 hm³ entre les cotes 172 et 200 m. Le barrage de Béni Haroun permet de régulariser un apport annuel d'eau de 435 hm³. Le rapport entre la capacité de la retenue et sa surface donne une lame d'eau moyenne de 24 m. [14]



Figure N°13: Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (coté de la retenue).



Figure N°14 : Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (coté aval).

Ce gigantesque ouvrage comporte une station de pompage d'une puissance totale de 180 mégawatts, située à 50 km au Nord-Ouest de Constantine et à 100 km de Jijel. Cette station permet de refouler, selon une estimation de l'ANBT, un débit global de 22,5 m³/s jusqu'à un bassin d'expansion situé à une hauteur de 880 m transférant l'eau jusqu'au barrage d'Oued Athmenia. A partir du barrage (réservoir) d'Oued Athmenia, dont le volume avoisine 20 millions m³, seront directement alimentées les villes de Constantine, d'El Khroub, d'Aïn Smara, de Chelghoum Laïd, d'Oued Athmenia, d'Oued Seguin et de Téléghma. [14]

III-3- Le bassin versant de Beni-Haroun :

III-3-1- Localisation et description :

Le bassin versant se définit plus précisément comme la totalité de la surface topographique drainée par un réseau hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau (sous forme de précipitations essentiellement, sans oublier les apports souterrains issus d'autres bassins) et où l'écoulement (et le transport de matériaux mobilisés par l'érosion) s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur). Cette unité hydrographique cohérente permet d'organiser la gestion ou la restauration de la qualité de l'eau de façon globale.

Le bassin de Beni-Haroun est l'un des plus grands bassins hydrographiques importants en Algérie. Il est centré 36° de latitude Nord, de 7° de longitude Est. **(Voire figure N°15).** [15]

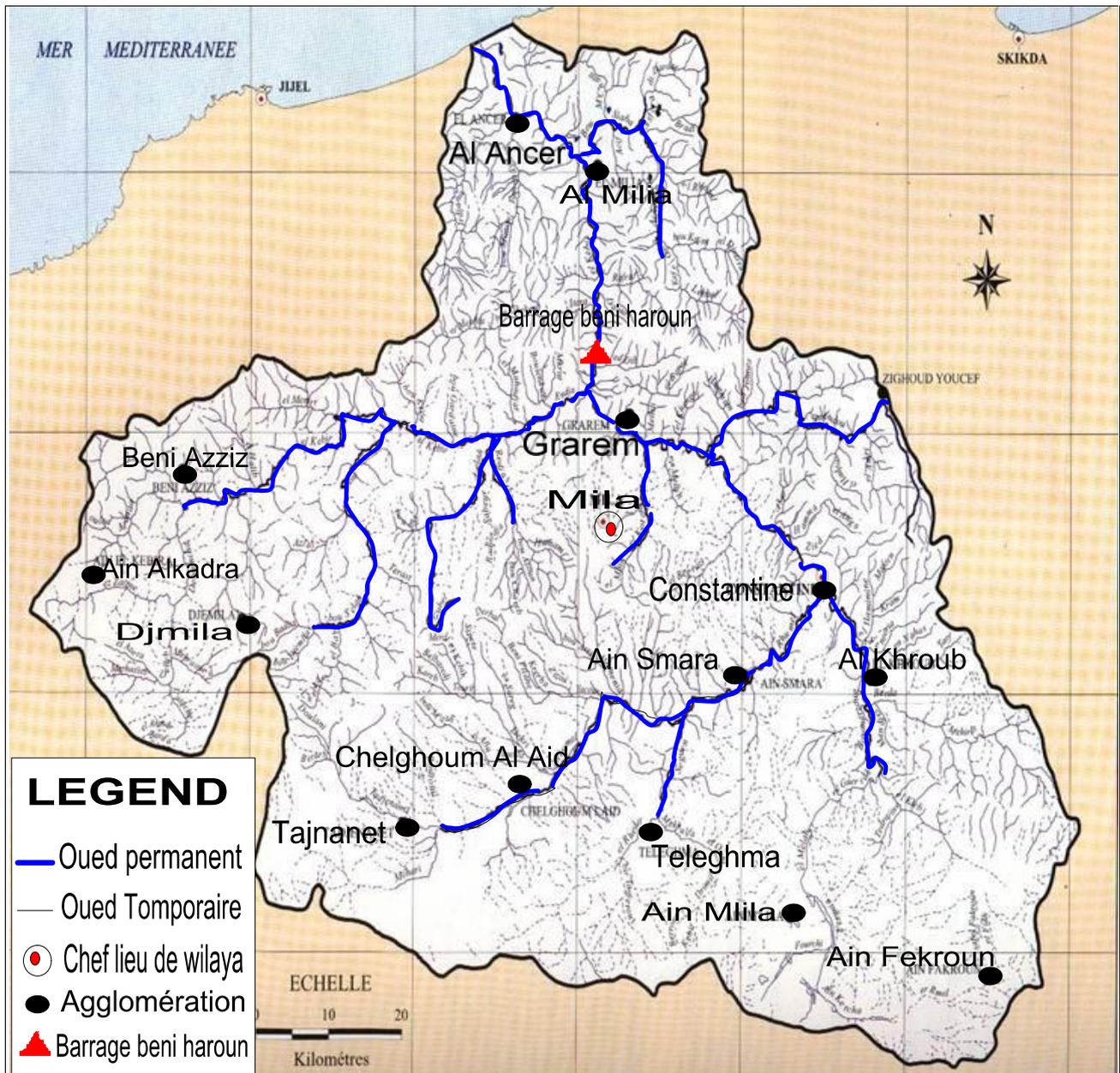


Figure N°15 : localisation du bassin versant du barrage de Béni Haroun.

Le bassin de Beni-Haroun est situé en grande partie sur le versant méridional du bombement tellien. Il représente à ce titre une zone intermédiaire entre le domaine tellien à très forte influence méditerranéenne au nord et le domaine des hautes plaines à forte influence continentale au sud. [15]

Il est subdivisé en 7 sous bassins Il est limité naturellement par :

- Au Nord Ouest et Est le bassin des côtières Constantinois Est et Centre.
- Au Sud, le bassin des hauts plateaux constantinois.
- A l'Ouest les bassins de l'Algérois- Hodna- Soummam.
- A l'Est le bassin de la Seybouse.

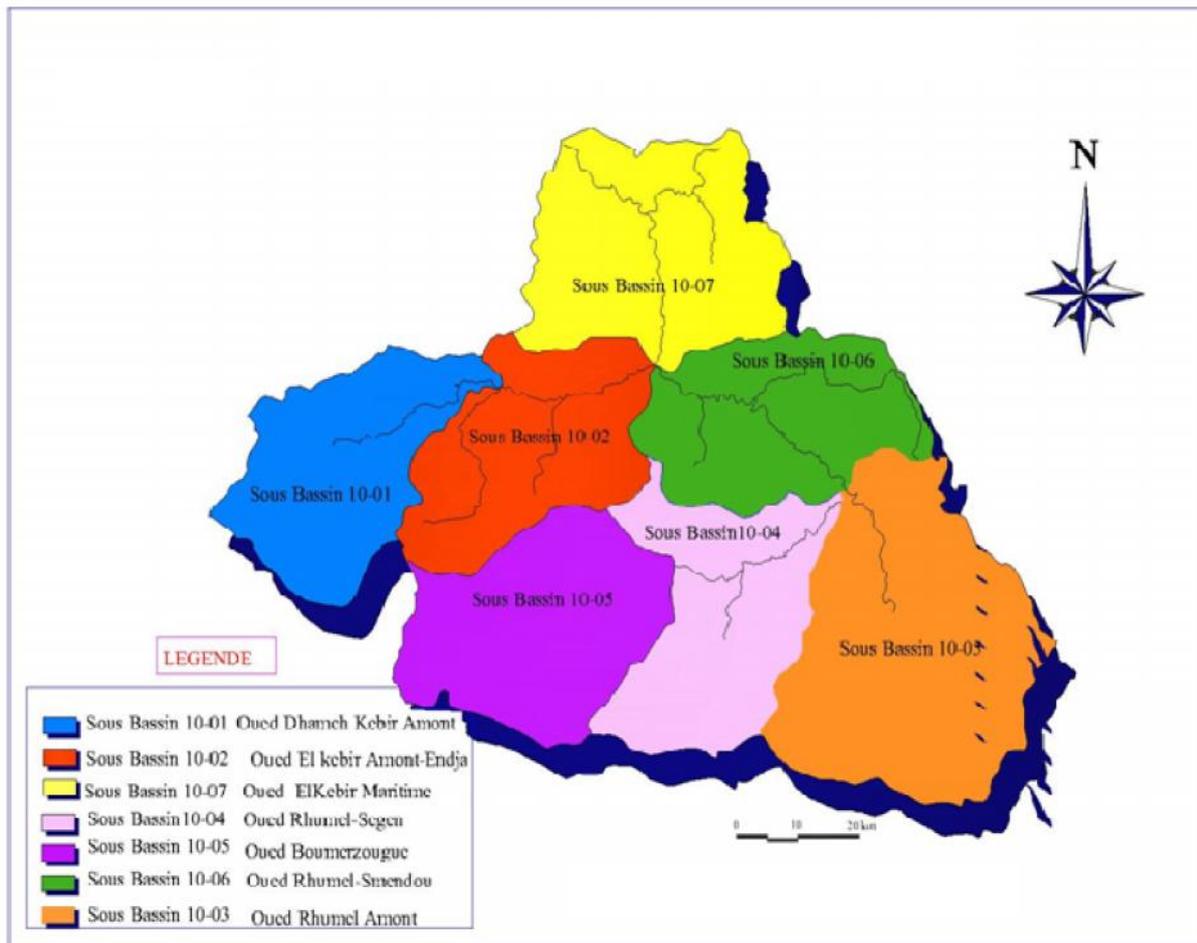


Figure N° 16 : Situation géographique du bassin versant kébir-Rhumel et ses sous bassins versants (DHW, 2013).

Administrativement le bassin couvre quatre (04) wilaya : Constantine en sa quasi-totalité, Mila, Sétif et Oum El Bouaghi partiellement. Ces quatre wilayas constituant le bassin, contiennent quarante trois (43) communes.

Le site de drainage principal du bassin comprend par Oued Rhumel et ses affluents et Oued Boumerzoug et ses affluents. Les deux oueds se convergent à la ville de Constantine pour former de nouveau Oued Rhumel qui se jette dans le barrage de Beni Haroun. [15]

III-3-2- Les grands ensembles du relief :

Le bassin versant de Ben Haroun est constitué d'un relief compartimenté. Au nord, l'épine dorsale du tell oriental, un ensemble de sommets alignés d'ouest en est appelé «chaîne numidique ». Au sud, les hautes plaines à forte influence continentale, dévoilant chacune des caractères et des problèmes géomorphologiques propres.

Du Nord au sud on peut distinguer les unités suivantes [16] :

➤ **Le versant nord de la chaîne numidique :**

La chaîne numidique par son versant nord représente les limites supérieures du bassin, séparant les hautes plaines au sud du bassin et les plaines côtières. De direction ouest-est, elle est composée d'une suite de massifs à altitudes modestes: djebel Sidi Driss est le point culminant dans le bassin atteint 1364 m. L'altitude décroît chaque fois qu'on se dirige vers l'est.

Cette chaîne jouant le rôle de ligne de partage des eaux, descend vers les hautes plaines, où par endroits elle est relayée par des massifs culminants vers 1300 m à 1400m. C'est le cas de djebels Chettaba (1316 m), Ouahch (1281 m) au Nord-est du bassin.

De nombreux cours d'eaux naissent sur les pentes de cette chaîne et descendent soit vers le nord, soit vers le sud comme l'oued Smendou. Les grands ensembles comme l'oued Rhumel comme dans notre bassin, descendent des hautes plaines, ils ont pu creusées de profondes vallées aux versants raides, à la traverser des ces massifs, ou ils ont pu tailler d'étroites gorge comme celui de Beni-Haroun, à son passage de la chaîne Zouagha.

Dans ces secteurs aux pentes fortes, les processus d'érosion ont selon la nature lithologique des terrains, d'une ampleur plus ou moins grande. [16]

➤ **Les piedmonts sud-tellien :**

Ils correspondent au bassin néogène de Constantine. C'est une grande dépression s'étendant de Mila à l'ouest jusqu'à Zighoud Yousef à l'est du bassin. Ils sont limités par les Hautes plaines au sud. Il s'agit de basses collines aux formes molles, taillées dans du matériel tendre et un réseau de ravins donne au relief un aspect disséqué.

Le bassin comporte quelques reliefs calcaires isolés. Il s'agit des djebels Lakhel (1256m) et Kef En Sour (690 m) au Nord Ouest du bassin, Bergli (770 m) au Nord. Ils correspondent à des séries charriées vers le sud pendant la phase alpine. [16]

➤ **Les hautes plaines constantinoises :**

Localisées généralement entre l'atlas tellien au nord et l'atlas saharien au sud, elles correspondent à la limite sud du bassin.

C'est une couverture de nappes venues du nord, ces terrains d'âge quaternaire à dominance marneuse et dont les altitudes sont plus ou moins importantes de 800 à 900m, où émergent en horsts des massifs calcaires : djebels Feltene (1113 m), Teioualt (1285 m) au sud, Grouz (1187 m) au sud Est, Oum Settas (1326 m) au Sud Ouest Guerioun (1729m), fortas (1477m) au Sud Ouest du bassin. Il s'agit d'un ensemble de massifs calcaires appartenant à une structure d'orientation sud ouest- nord est. [16]

III-3-3- Les altitudes :

Les altitudes dans le bassin de notre étude varient de (200 à 1700) m, Voir tableau N°04 ci-dessous, montre les tranches d'altitudes dans le bassin. des fréquences altimétriques apporte plusieurs précisions. La classe maximum de la courbe des fréquences altimétriques, se situe entre (800 et 900) m, avec une superficie de 1461,2 km² de L'aire réceptrice du bassin. [16]

Tableau N°04 : Les classes des altitudes dans le bassin.

classes d'altitudes	superficie (Km ³)
<200	20.81
200 - 300	69.19
300 - 400	178.07
400 - 500	263.23
500 - 600	253.55
600 -700	446.38
700 - 800	1337.93
800 - 900	1461.32
900 - 1000	1145.22
1000 - 1100	88.55
1100 - 1200	42.34
1200 - 1300	18.51
>1400	2.90
TOTAL	5328

III-3-4- Les pentes :

Calculées par le programme MAPINFO, sur la carte établie par S.Touil (2001), les classes des pentes sont les suivantes :

➤ **La classe très faible (<3) % :**

D'une superficie de 2671,20 km², soit 50,14% de la surface totale du bassin, cette classe de pente y très répandue, elle regroupe la partie des hautes plaines au sud du bassin et les bords des oueds, constitués de formations quaternaires. Ces zones à topographie plus ou moins planes représentent le siège de l'érosion linéaire surtout. [16]

➤ **La classe moyenne (3-25) %:**

La superficie de cette classe est de 1722, 59 km², soit 32,33% de la superficie totale du bassin. Cette classe désigne les piedmonts montagneux des Djebels Kellel, Bergli, Lakhal et Chettaba au Nord Est du bassin, les piedmonts de Djebels Oum Settass, Felten, elle concerne des zones dans la partie centrale du bassin, et au Sud Est du bassin aux piedmonts du Dj.Guerioun, constituées essentiellement de formations miopliocène exposés au ruissellement à caractère torrentiel. [16]

➤ **La classe forte (25-35) % :**

Cette catégorie de pentes désigne les versants montagneux, d'une superficie de 559,85 km², soit 10,5 % de la superficie totale du bassin. Elle apparaît sur les versants de Djebel Chettaba au Nord - Est du bassin, au centre sur les versants de Djebels Felten et Oum Settass, et en grande partie au nord sur le versant Sud de la chaîne numidique. [16]

➤ **La classe très forte (>35) %:**

Cette classe est la moins répandue dans le bassin, d'une superficie de 237,56 km², soit 4,45 % de la superficie totale du bassin. Elle désigne les sommets montagneux des djebels Sidi Driss, Bit Djezia au nord du bassin, Ouahch au nord -est, et les versants des chaînes calcaires des Djebels Oum Settass à l'est du bassin, et Guerioun Nif N'sser au sud du bassin. [16]

III-3-5- Aspect géologique :

La géologie de l'importante surface du bassin versant du Kébir-Rhumel reflète clairement l'aspect lithologique de la zone centrale de l'Est Algérien. L'oued Kébir-Rhumel, long de 200 km, draine plusieurs domaines géologiques et hydrogéologiques très différents. Il va de soi que cette hétérogénéité du bassin versant provoque des influences différentes sur le régime des cours d'eau conjointement à celles dues à la répartition des précipitations. De la source à la mer, on rencontre schématiquement 5 grands domaines géologiques et hydrogéologiques. [17]

➤ **Le domaine des Hautes-Plaines Sud-Constantinoises (DI)**

Il est constitué de deux grandes unités lithologiques:

- Les massifs carbonatés du néritique constantinois: Composés de (1 000 à 1 200) m de calcaires jurassiques et crétacés, ils émergent en horsts très karstifiés de 10 à 100 km² limités par des abrupts imposants. Au pied de ces massifs, dans la zone d'éboulis, émergent de grosses sources karstiques: Ain Fesguia à la base du Guérioun, Aïn Fourchi (pompages de 300 lls aux fins de l'irrigation) au sud d'Aïn M'lila et à l'est du Djebel Nif Enner, Aïn Bou-Merzoug au nord du massif du Fortas.
- Les plaines captées alimentent les oueds (haut-Rhume1 et Bou Merzoug) qui drainent les différentes plaines quaternaires cloisonnées par les djebels calcaires.

Sur l'ensemble de ces plaines, les nappes phréatiques sont activement exploitées pour l'irrigation par gravité des cultures maraîchères. [17]

➤ **Le bassin néogène de Constantine-Mila (DII)**

Ce bassin mio-pliocène est à dominance argileuse à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres renfermant des ressources exploitées localement. Par ailleurs, émergent de nombreux horsts de calcaires néritiques d'âge jurassique-crétacé donnant lieu à des aquifères karstiques hydrothermaux tel le système de Hamma Bouziane-Constantine. [17]

➤ **Le domaine des «nappes» tectoniques de Djemila (DIII)**

A l'ouest de Ferjioua, les «nappes» de Djemila sont formées d'une alternance de marnes et de calcaires marneux (Jurassique-Crétacé-Eocène). Les niveaux calcaires les plus épais donnent des sources à débit relativement faible, excepté la source faiblement thermique d'Aïn Hamman qui contribue en partie à l'alimentation de l'Oued El Kébir-amont (Oued Enndja). [17]

➤ **La dorsale Kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV)**

Ce domaine, localisé au niveau de la confluence de l'oued Endja et de l'oued Rhumel au nord de Grarem, est constitué essentiellement de grès numidiens sous lesquels

apparaissent des calcaires jurassiques très tectonisés de la dorsale kabyle. Ces calcaires donnent naissance à des émergences dont le débit n'est pas négligeable. [17]

➤ **Le socle granitique et cristallophyllien de la petite Kabylie d'El-Milia (DV)**

Au sud d'El-Milia, la vallée du Kébir-Rhumel s'encaisse dans les formations du socle. De telle vallée, large de 1 à 2 Km, renferme des graviers et des sables alluviaux très abondants. La nappe alluviale, en partie exploitée, constitue à l'opposé des formations du socle, la ressource hydraulique la plus importante du secteur. (Voire figure N°17). [17]

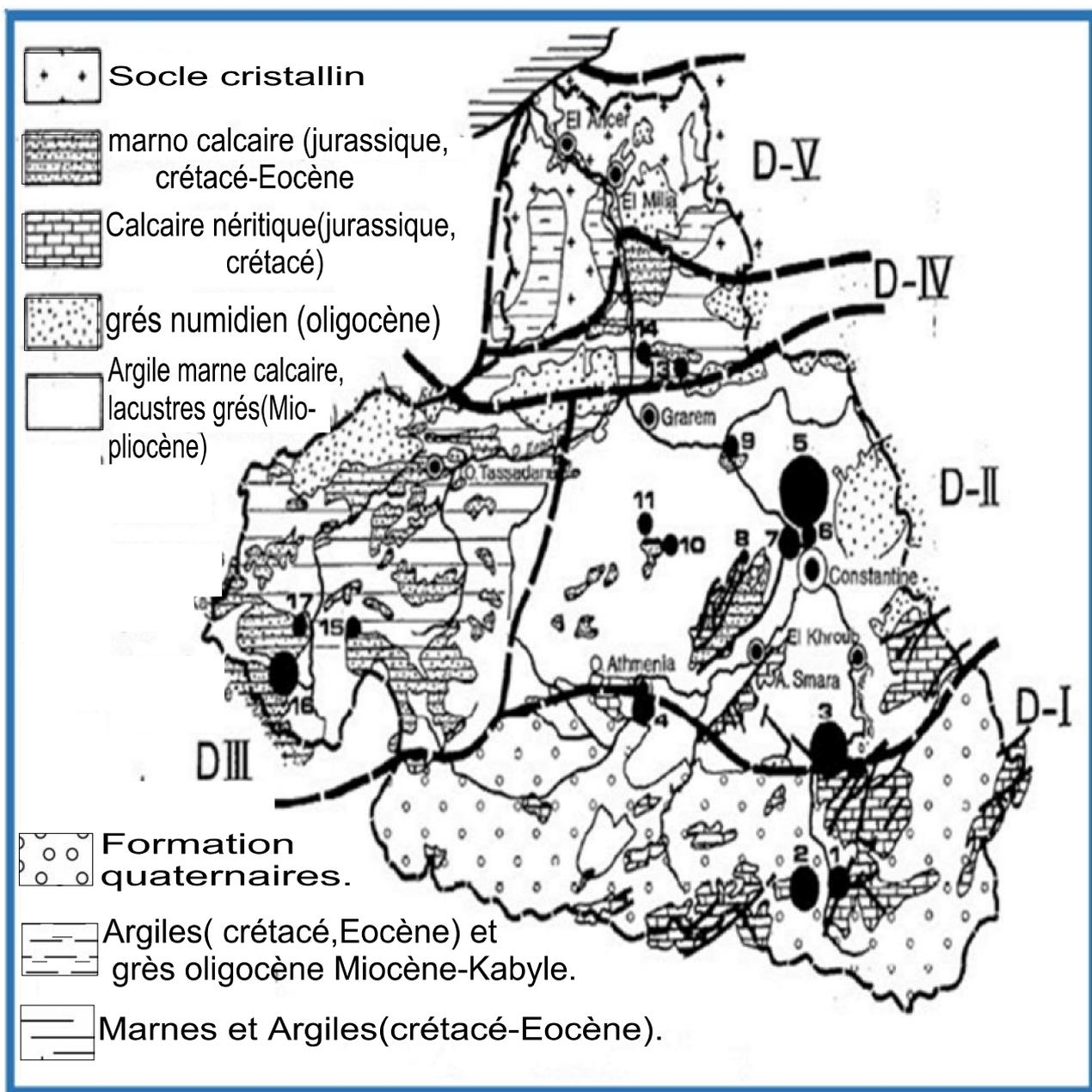


Figure N°17 : Les grands domaines hydrogéologiques du Bassin Beni Haroun.

III-3-6- Aspect topographique :

S'étendant entre la mer méditerranée au Nord et les Hautes plaines des lacs salés au Sud, le bassin du Kébir-Rhumel. Présente un relief compartimenté, reflétant une nette position topographique tell-hautes plaines. **(Voire figure N°18). [17]**

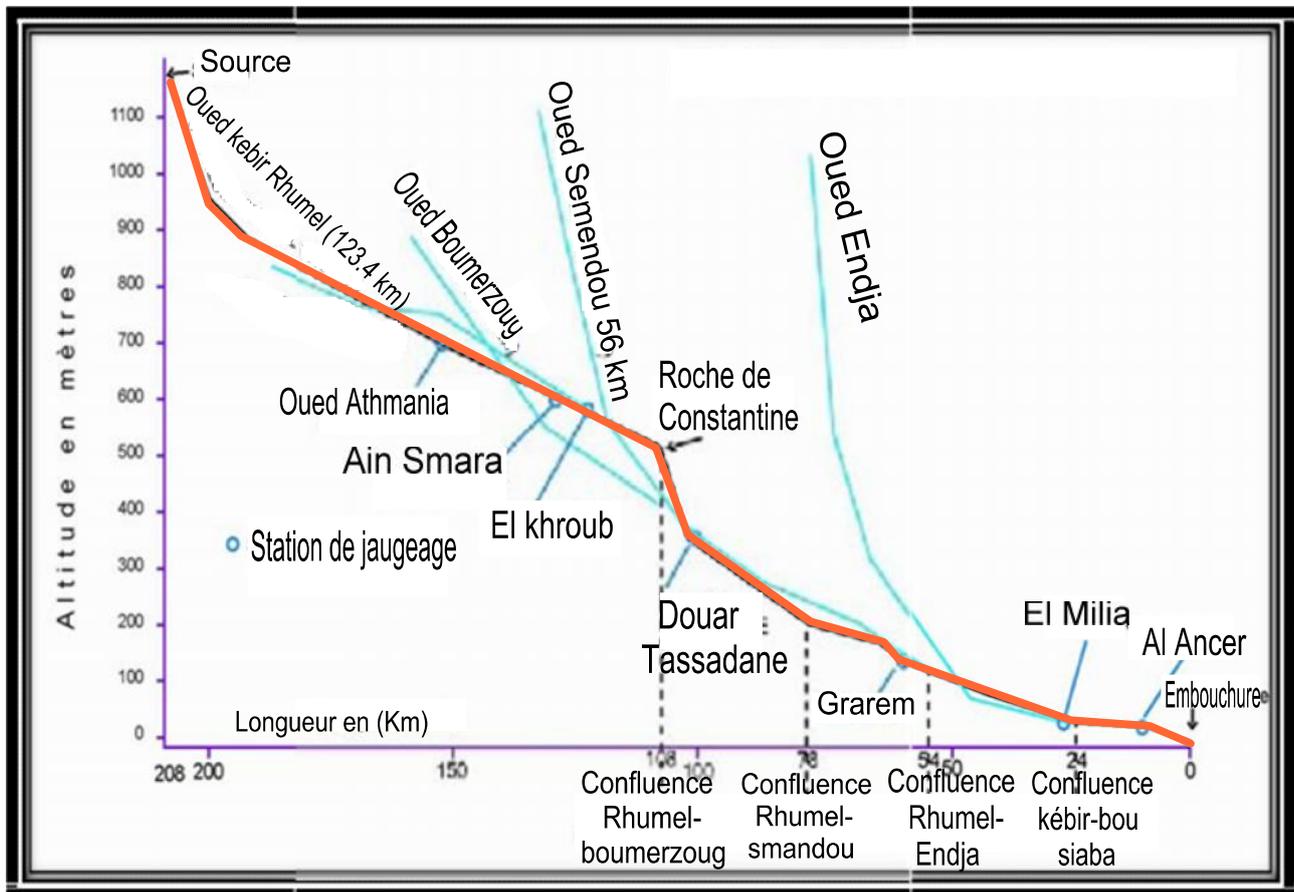


Figure N°18 : Profil en long de l'Oued Kébir-Rhumel.

III-3-7- Réseau hydrographique :

En géographie physique, un réseau hydrographique est un organisme qui assure le drainage d'une aire délimitée par une ligne de partage des eaux. Il est composé de l'ensemble des cours d'eau et points d'eau irriguant un territoire. On lui associe généralement les cours d'eau artificiels que sont les canaux et autres rigoles qui viennent en superposition de la trame viaire. La densité et les plans des réseaux varient selon la quantité et la régularité des précipitations et selon les données de la structure géologique.

- Le bassin versant de Beni-Haroun est drainé par deux cours d'eau très importants :

L'Oued Rhumel et l'Oued Endja. La confluence de ces deux Oueds à l'amont de l'Oued El Kébir. **[15]**

III-3-7-1- Oued Rhumel :

Est caractérisé par un réseau hydrographique très dense vu l'importante superficie qu'il draine d'un linéaire de plus de 123 Km, c'est l'oued le plus important. Il prend naissance dans les hautes plaines Sétifiennes, entaille les gorges de Constantine jusqu'à la confluence de l'Oued Endja autour de Sidi Merouane dans la ville de Mila. Le principal affluent de la rivière est Oued Boumerzoug qui draine les zones industrielles et urbaines.

[15]

III-3-7-2- Oued Endja :

D'un linéaire de 15 Km, il naît à la confluence de l'Oued El Kébir et de L'Oued Redjas, à l'instar de la haute vallée du Rhumel, il suit une direction Sud Ouest-Nord Est, mais cette fois à travers les reliefs montagneux du Tell, parallèlement à la chaîne numidique qui le borde au Nord. Il collecte les eaux des oueds Rarama (ou Djemila) ainsi que ceux de Bou Selah, de Redjas et d'El Melah .Son lit possède une forme lithologique très intéressante du point de vue hydrogéologique ce qui explique le réseau hydrologique dense du barrage de Beni Haroun. [15]

III-3-7-3- Oued El Kébir

L'oued Kebir résultant de la jonction des deux grands cours d'eau précédents (Rhumel et Endja), prend d'abord une direction Sud-Nord et franchit vigoureusement la chaîne numidique, bien exposée aux vents pluvieux en provenance de la Méditerranée. Puis en prenant une orientation Sud Est-Nord Ouest, il traverse les massifs très arrosés de la petite Kabylie d'El Milia, avant de s'écouler dans une large vallée vers la mer.

Le bassin de Beni Haroun présente un chevelu hydrographique très dense, totalisant un réseau de plus de 4200 km. Quarante oueds ont une longueur supérieure à 10 km. [15]

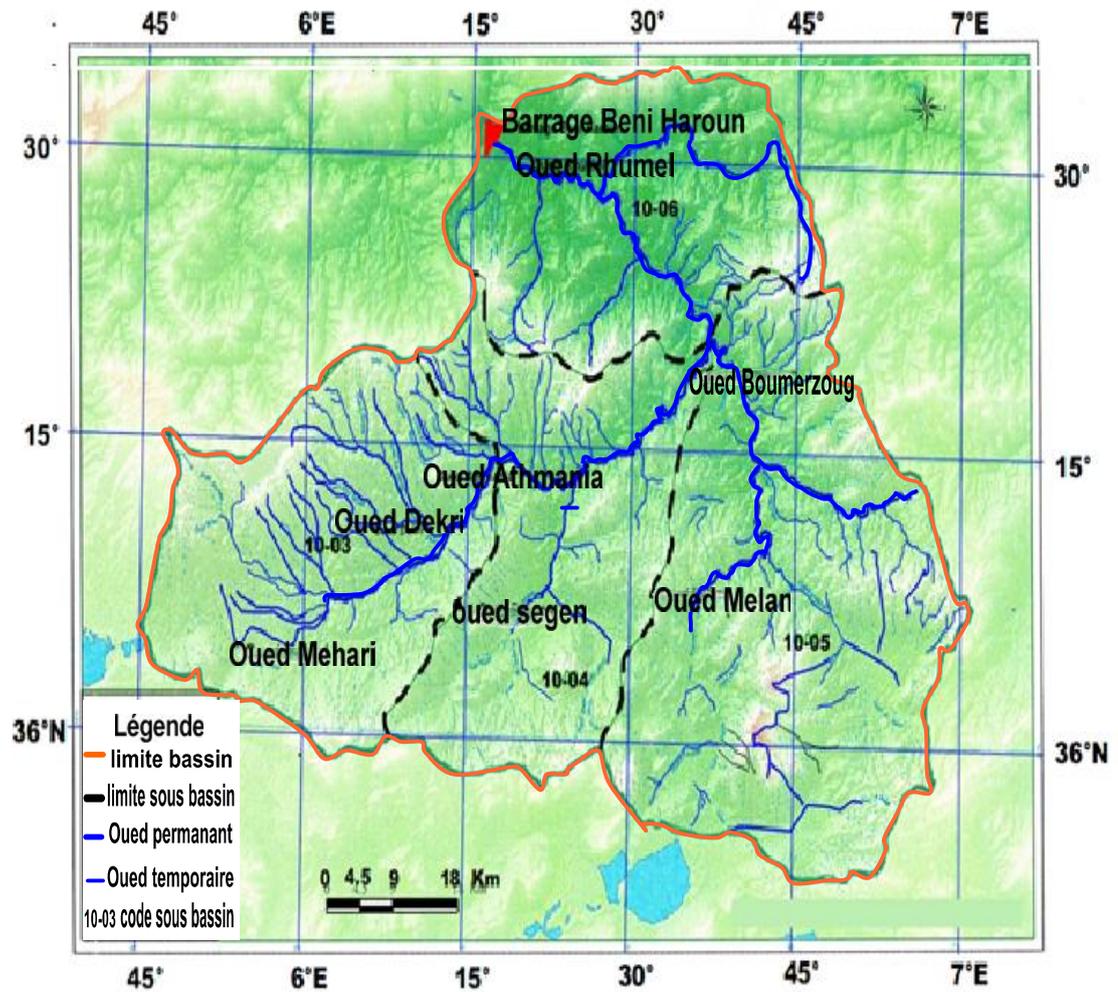


Figure N°19 : Carte des réseaux hydrographiques du bassin versant Oued Rhumel.

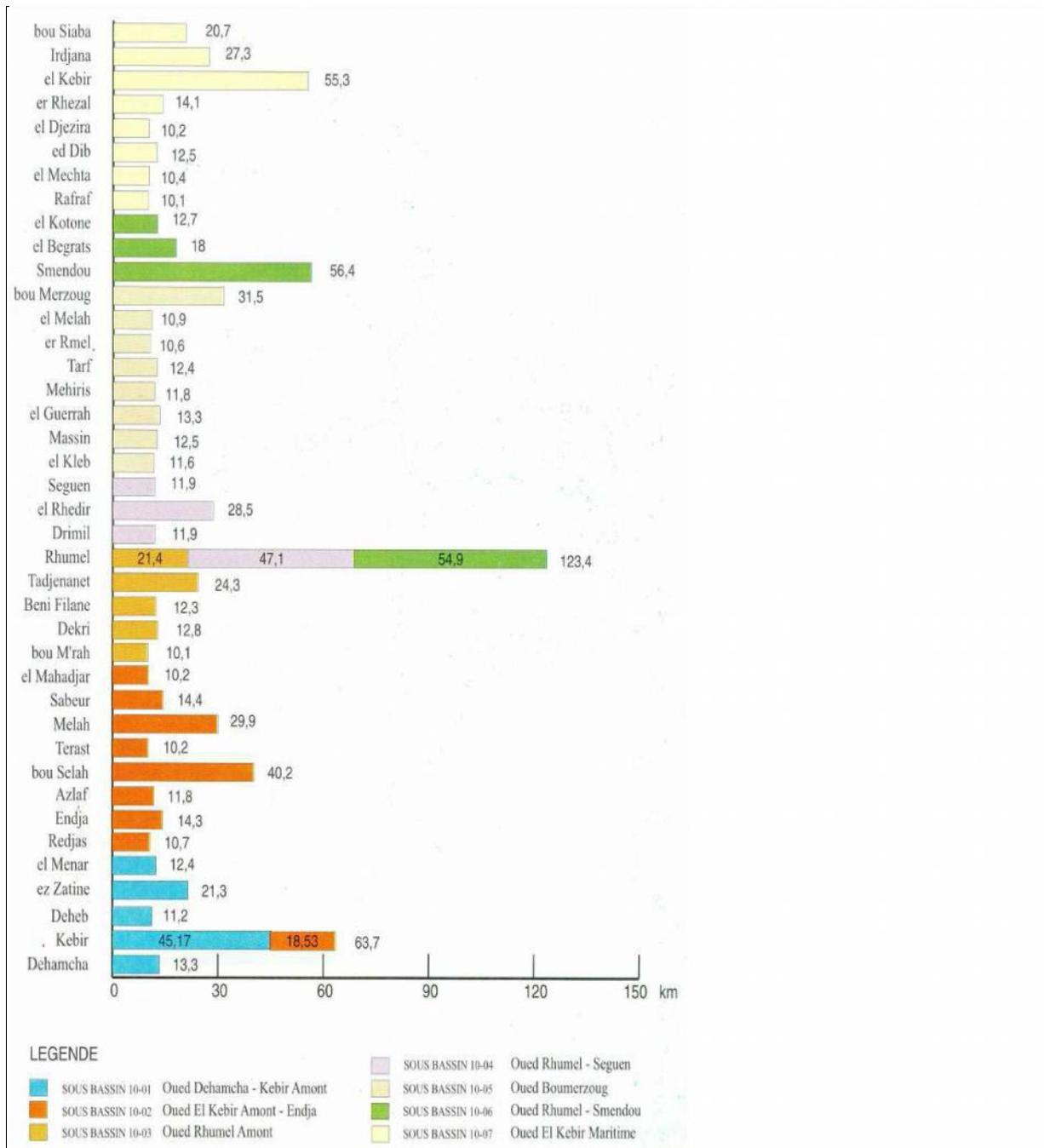


Figure N°20 : Principaux oueds du bassin versant de Beni Haroun (longueur > 10 km).

III-3-8- Climatologie

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point de la surface terrestre. Aussi, la bonne connaissance des conditions climatiques de la zone d'étude, et de ses caractéristiques est importante pour la compréhension de l'évolution des éléments climatiques et du comportement hydrologique des cours d'eau. La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes. Notre zone d'étude est soumise à des influences méditerranéennes. [15]

III-3-8-1- Précipitation :

Les précipitations constituent évidemment, le paramètre climatique essentiel. Leur intensité, leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement, de sa localisation et de sa violence.

L'interprétation de l'histogramme (**Figure N°21**) fait sortir, que d'une manière générale les précipitations se caractérisent par leur irrégularité interannuelle. La moyenne annuelle des pluies précipitées pour la période 2003/2015 est de 679.90 mm, l'année la plus pluvieuse est en (2004-2005) avec une moyenne de 924.6 mm tandis que l'année la moins pluvieuse est en (2005-2006) avec une moyenne de précipitation de l'ordre de 479.6mm. [15]

Tableau N°05 : Précipitations Mensuelles et annuelles durant la période (2003-2015) Station du Barrage Beni Haroun. (Source ANBT)

Années	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Total (mm)
2003-2004	30,1	50,0	38,2	190,6	83,4	32,2	50,2	81,6	60,7	44,0	0,9	0,0	661,9
2004-2005	35,0	32,1	145,6	228,3	167,6	154,3	50,0	103,3	6,2	0,0	0,5	1,7	924,6
2005-2006	12,2	19,2	86,9	84,2	94,8	85,3	37,3	10,6	45,9	0,4	0,0	2,8	479,6
2006-2007	35,3	28,0	34,9	151,8	10,3	58,2	175,1	46,1	16,4	11,3	0,0	10,5	577,9
2007-2008	33,9	66,7	72,6	134,3	15,2	16,6	120,0	50,8	47,8	6,3	5,4	4,3	573,9
2008-2009	25,2	25,8	120,0	50,0	158,0	71,5	86,1	108,8	36,0	5,5	0,3	7,0	694,2
2009-2010	157,2	65,1	52,5	80,7	96,1	47,5	58,5	34,6	82,0	21,5	2,5	3,0	701,2
2010-2011	33,0	74,0	100,0	59,6	19,5	156,0	38,0	60,0	34,3	34,0	3,5	1,0	612,9

2011-2012	25,0	89,0	57,0	99,0	52,5	197,5	40,5	76,0	6,5	10,5	2,0	4,0	659.5
2012-2013	49,0	9,5	35,0	55,5	112,0	180,0	67,0	30,0	39,0	3,5	3,5	26,5	610.5
2013-2014	27,0	54,5	248,5	67,5	69,0	59,0	253,0	10,0	23,0	21,0	0,0	0,0	832.5
2014-2015	0,5	5,5	63,0	202,0	219,0	192,0	98,0	4,5	26,6	1,5	0,0	17,5	830.1
													8158.8

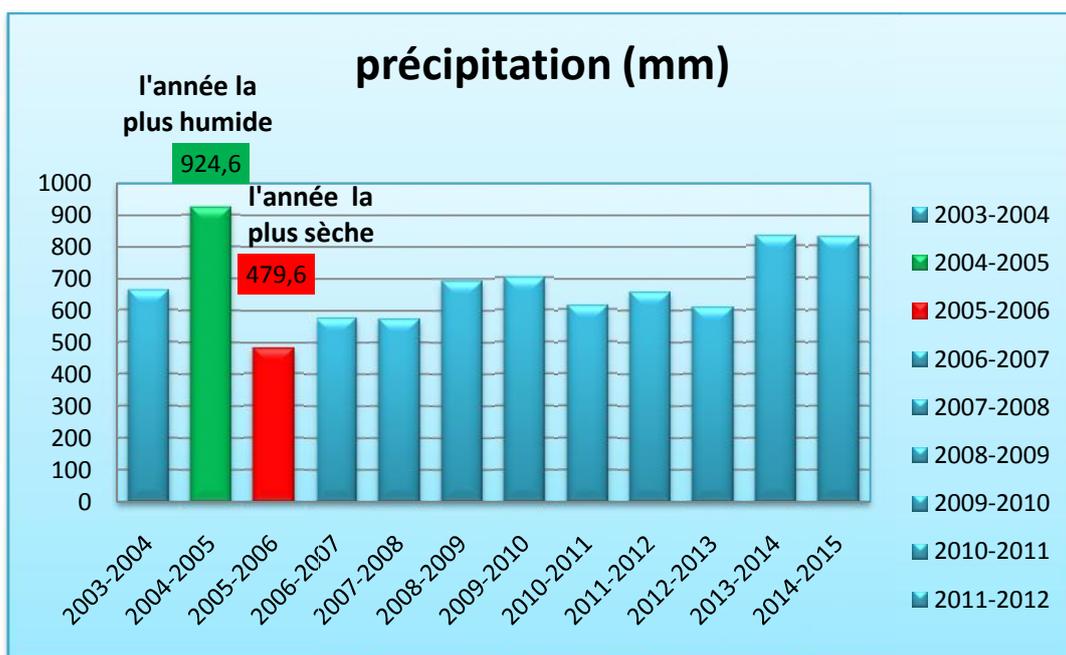


Figure N°21 : Variations interannuelles des précipitations 2003/2015 station de Beni Haroun (ANBT).

III-3-8-1-1- Précipitations moyennes mensuelles inter- annuelles :

Tableau N°06: Précipitations moyennes mensuelles inter-annuelles - station de beni haroun (2003-2014) (Source (ANBT)).

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Jui.	Aou.	Tot.
Précipitations (mm)	38,62	43,28	87,85	116,96	91,45	104,18	89,48	51,36	35,37	13,29	1,55	6,53	679,90

Pour la période (2003-2015) la somme des moyennes mensuelles des précipitations durant une période de 12 ans est de l'ordre de 679,90 mm.

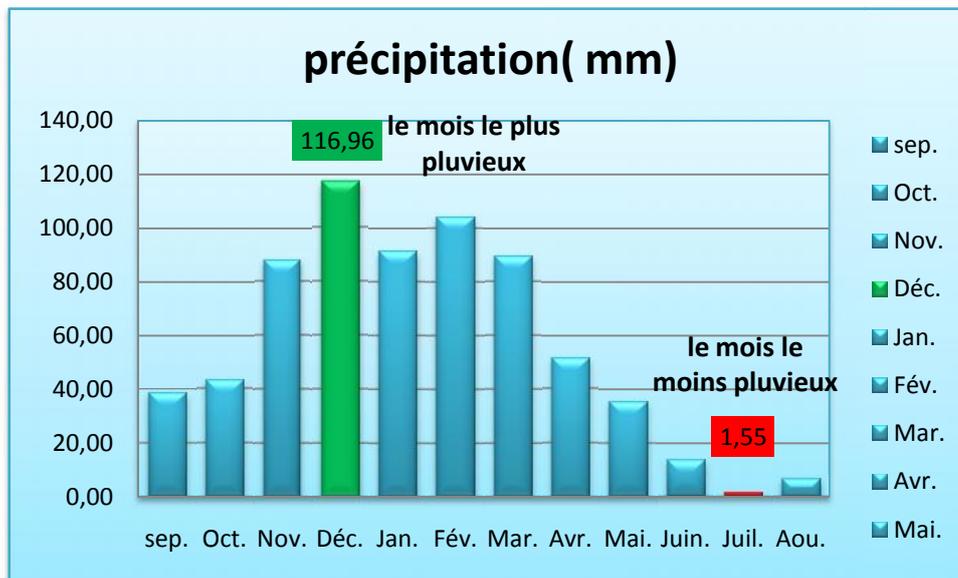


Figure 22 N°: Précipitations moyennes mensuelles inter-annuelles – station barrage Beni-Haroun.

III-3-8-2- Température:

Les températures moyennes mensuelles et annuelles régissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (précipitation, insolation, etc....). Le phénomène d'évaporation et par la même, le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Les températures sont donc l'un des éléments majeurs influençant le climat d'une région. C'est aussi cet effet caractéristique du régime thermique qui nous intéresse spécialement d'autant plus que l'évapotranspiration atteint des valeurs importantes dans notre bassin notamment en saison chaude. [18]

III-3-8-2-1- Les températures moyennes mensuelles inter-annuelles :

Les données dont nous disposons intéressent la station du barrage de Beni-haroun pour la période 2004-2015. Les données des températures sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau N° 07 : Températures moyennes mensuelles inter-annuelles station de barrage Beni-Haroun (Source (ANBT)).

mois	sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Moy.
T° moy en °C	22,58	18,58	12,71	8,93	8,12	7,96	10,54	14,15	17,43	22,62	26,47	26,63	16,39
T° min en °C	16,40	12,21	7,67	3,70	3,13	2,93	4,40	8,92	11,83	16,78	21,12	22,25	10,95
T° max en °C	31,1	25,7	19,1	15,1	14,9	14,5	18,8	21,4	24,5	30,2	32,8	32,4	23,38

Avec :

T° moy : désigne la température moyenne mensuelle (°C).

T° min : désigne la température moyenne mensuelle des minima (°C).

T° max : désigne la température moyenne mensuelle des maxima (°C).

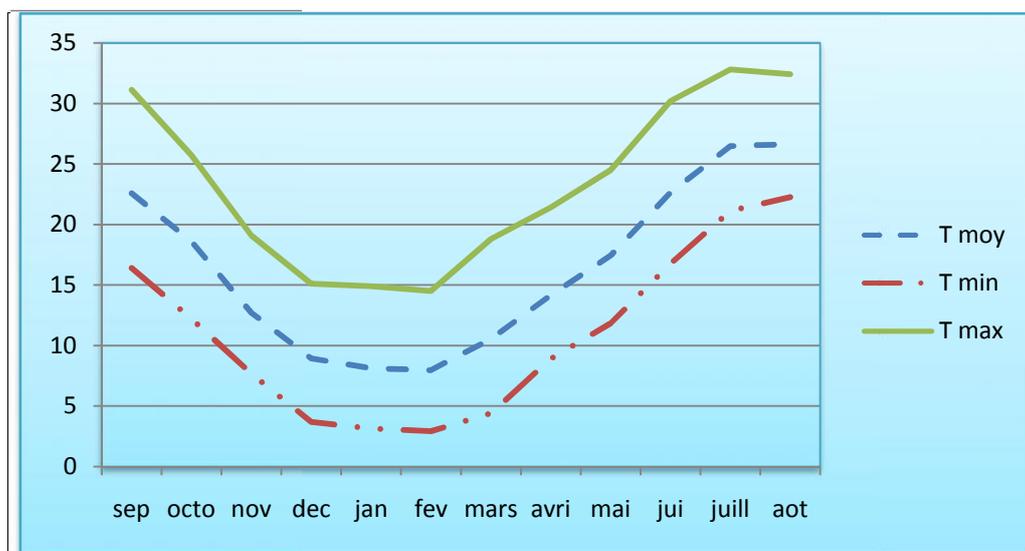


Figure N° 23 : graphe des températures moyennes mensuelles inter-annuelles station de Barrage beni haroun- (2004- 2015).

III-3-8-3- Evaporation :

L'évaporation est la perte en eau subie par la surface d'eau libre et le sol, représente la transformation de l'eau en vapeur, elle est très importante surtout quand elle est renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds comme le sirocco, dominant dans notre région d'étude.

D'après les relevés de la station du barrage de Beni-Hroun, période de (2003-2015) L'évaporation est inscrite dans le **tableau N°08** ci-dessous. [18] :

Tableau N°08 : Evaporations moyennes annuelles station du barrage de Beni-Haroun. Source (ANBT).

Années	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
Evaporation En (hm ³)	0.38	1.23	2.34	2.69	2.93	3.31	3.39	3.85	4.38	4.27	4.21	4.91

III-3-8-4- Indice d'aridité De Martonne :

L'aridité peut s'exprimer quantitativement par différents indices d'aridité conventionnels et empiriques, la plupart est un simple rapport hydro thermique fondé principalement sur des grandeurs moyennes de précipitations et de températures qui sont utilisées pour définir les degrés d'aridité et les conditions d'écoulement fluvial.

Le géographe De Martonne (1989) définit un indice d'aridité I, calculé selon la formule suivante :

Avec :

$$I = P_{\text{moy annuelle}} / (T+10)$$

I : indice d'aridité.

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : températures moyennes annuelles (C°).

Tableau N°09 : Type de Climat selon le classement de l'indice d'aridité.

Classement de l'Indice d'aridité	Type de Climat
I < 5	climat hyperaride
5 < I < 7.5	climat désertique
7.5 < I < 10	climat steppique
10 < I < 20	climat semi-aride
20 < I < 30	climat tempéré
I > 30	climat humide

• **Application numérique :**

T = 16.39 °c et P = 679.90 mm

Donc :

I = 25.76

Cette valeur indique que notre région est soumise à un climat de type tempéré.

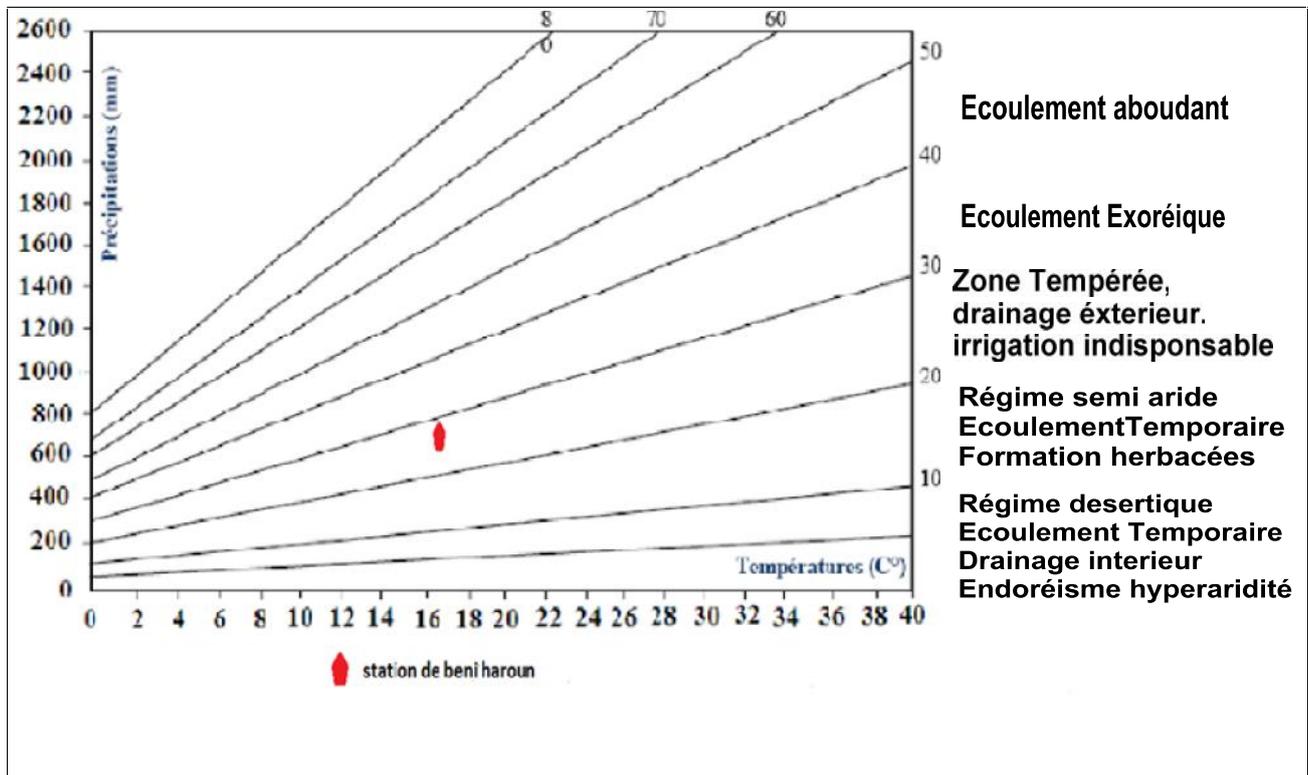


Figure N°24: Indice d'aridité de De Martonne.

III-3-8-5- diagramme Ombro-thermique de Gaussen et baignouls:

Pour avoir la relation entre la température et la précipitation on utilise le diagramme Ombro-thermique de Gaussen et baignouls qui est établi à partir des données des températures moyennes mensuelles et des précipitations moyennes mensuelles avec une échelle **P = 2T**.

Tableau N°10 : Températures et précipitations mensuelles moyennes inter-annuelles

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.
P (mm)	38,62	43,28	87,85	116,96	91,45	104,18	89,48	51,36	35,37	13,29	1,55	6,53
T °C	22,58	18,58	12,71	8,93	8,12	7,96	10,54	14,15	17,43	22,62	26,47	26,63

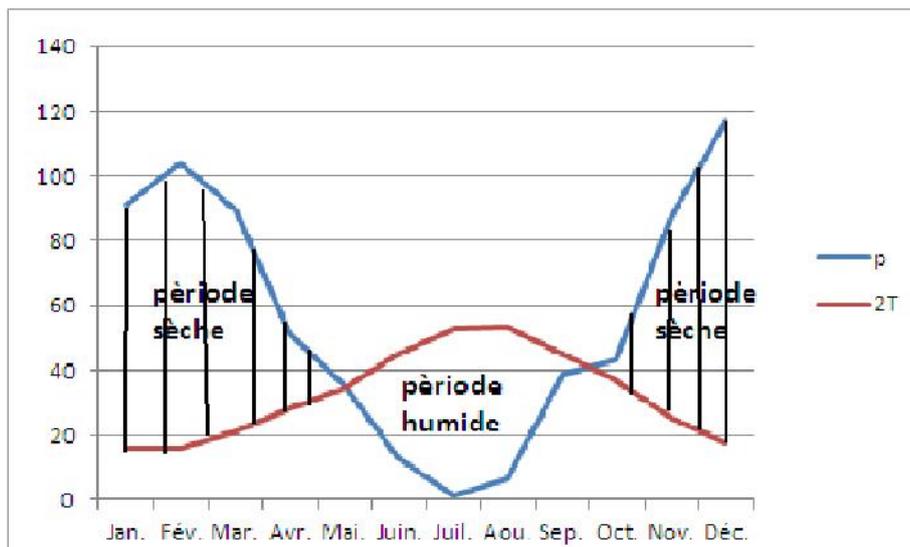


Figure N° 25 : Diagramme Ombro-thermique de Gausson et baignols de la station du barrage de Beni Haroun (2003-2015).

Le diagramme montre que notre région présente une période humide et pluvieuse qui débute du mois de Septembre et se prolonge jusqu'au mois de Mai.

La période sèche s'échelonne pour une durée de 4 mois : du mois Mai jusqu'au mois de septembre.

III-3-8-6- Calcul des paramètres du bilan hydrique :

Le bilan hydrique exprime le processus de l'arrivée de l'eau sur la surface terrestre jusqu'à son évaporation et son retour à l'atmosphère.

L'établissement du bilan nous permet d'estimer la répartition des précipitations sur les termes suivants :

ETR : l'évapotranspiration réelle.

R : ruissellement.

I : infiltration.

A/ Evapotranspiration :

La connaissance du bilan d'eau d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations entre l'écoulement, l'infiltration et l'évaporation. L'évapotranspiration est

définie, comme étant une restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre à l'atmosphère.

Cette notion englobe aussi bien la lame d'eau évaporée à partir du sol que celle transpirée par les plantes. Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air et le couvert végétal.

A-1- Evapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évapotranspiration potentielle est la quantité d'eau évaporée à partir d'un bassin versant, dans les conditions d'alimentation excédentaires (évaporation permanente).

Alors plusieurs méthodes ont été proposées par différents auteurs. La méthode la plus utilisée est celle de Thornthwaite. Pour notre étude, on utilise la formule de Thornthwaite.

➤ Formule de Thornthwaite :

$$ETP = 16 \times \left(10 \frac{T}{I}\right)^a$$

Avec :

ETP : l'évapotranspiration potentielle en (mm).

T : la température moyenne mensuelle en (C°).

I : l'indice thermique obtenu par la formule :

$$I = i, \text{ ou } i = (T/5)^{1.514}$$

$$I = 77.14$$

Cependant G. Serra (1954) Suggère de retenir :

$$a = 0.016 I + 0,5$$

$$a = 1.73$$

- L'évapotranspiration potentielle mensuelle corrigée est obtenue à partir de la formule Suivante :

$$ETP \text{ corrigée} = ETP.K$$

K : Coefficient de correction qui dépend du mois et de la latitude de lieu.

A-2- calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

L'évapotranspiration réelle désigne la quantité d'eau effectivement évaporée par le sol, les végétaux et les surfaces d'eau. Elle se manifeste en fait par des conditions naturelles dans un site donné, compte tenu de la demande climatique de l'air et de la disponibilité en eau du sol. Elle a été estimée par différentes méthodes :

a/ Méthode de Turc :

La formule du Turc est déduite du bilan hydrologique de 254 bassins versants du globe, Cette relation est applicable à tous les climats, elle est une fonction des précipitations et des températures moyennes annuelle. La formule est la suivante :

$$ETR = \frac{p}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{p}{L}\right)^2}}$$

Où :

ETR : Évapotranspiration réelle, en (mm).

P : Précipitation moyenne mensuelle, en (mm).

$$L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$$

Pouvoir évaporant de l'atmosphère.

T : Température moyenne mensuelle, en (C°).

b/ Méthode de Thornthwaite :

Se base sur la confrontation des précipitations à l'évapotranspiration potentielle et sur le pouvoir de stockage des réserves utiles par les plantes.

➤ **ETR peut être évaluée en deux cas :**

Premier cas : si les précipitations sont supérieures à l'ETP \Rightarrow **ETR = ETP**

Dans ce cas l'excédent de précipitation sur l'évaporation et emmagasiné dans le sol pour alimenter la RFU jusqu'à la saturation.

Le surplus de la valeur de saturation de réserves en eau du sol sera ajouté à l'excédent, qui va être disponible pour l'alimentation d'écoulement de surface et les nappes profondes.

Deuxième cas : si les précipitations sont inférieures à l'ETP \Rightarrow **ETR = P+RFU**

Si la réserve facilement utilisable RFU disponible est insuffisante pour satisfaire l'ETR, alors $ETR = P$ et elle sera inférieure à ETP, dans ce cas on évaluera un déficit agricole (Da)

Avec :

$$Da = ETP - ETR$$

➤ **Estimation des réserves facilement utilisables (RFU) :**

Elle représente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- la nature de sol
- couverture végétale

RFU = 40 mm (donnée par la station de Béni-Haroun)

$$Ex = P - ETR$$

B/ Calcul du ruissellement :

Le ruissellement est l'écoulement temporaire des eaux sur un versant à la suite des averses :

La méthode qui permet le calcul du ruissellement a été établie par Tixeront et Berkaloff :

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

Avec :

R : Ruissellement (mm).

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

ETP : évapotranspiration potentielle annuelle (mm).

Avec : **P = 679,90 mm** **ETP = 868,92mm**

$$R = \frac{679.90^3}{3(868.92)^2}$$

$$R = 138,76 \text{ mm}$$

$$R (\%) = \frac{R(mm) \times 100}{p(mm)}$$

$$R = \frac{138,67 \times 100}{679,90}$$

$$R = 20,41\%$$

Donc le ruissellement représente 20,41 % des précipitations.

C/ Etablissement du bilan hydrique :

Dans le cadre de l'identification de chaque part du bilan hydrique, nous appliquons la méthode de Thornthwaite.

Nous avons dressé un tableau récapitulatif des résultats du bilan hydrique, sur une période de 12ans (2003-2014) de la région d'étude.

Tableau N°11: Calcul des paramètres du bilan hydrique.

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	total
T°C	22,58	18,58	12,71	8,93	8,12	7,96	10,54	14,15	17,43	22,62	26,47	26,63	196,72
P (mm)	38,62	43,28	87,85	116,96	91,45	104,18	89,48	51,36	35,37	13,29	1,55	6,53	679,90
I	9,80	7,30	4,11	2,41	2,08	2,02	3,09	4,83	6,62	9,83	12,47	12,58	77,14
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	12,38
ETP (mm)	103,05	73,48	38,04	20,62	17,49	16,90	27,49	45,82	65,78	103,37	135,76	137,18	784,97
ETP corr	106,14	71,28	32,71	17,32	15,21	14,36	28,32	50,40	79,59	126,11	168,34	159,13	868,92
P-ETP _c	-67,52	-28,00	55,14	99,63	76,24	89,81	61,16	0,96	-44,22	-112,82	-166,79	-152,61	/
RFU	0,00	0,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	/
ETR	38,62	43,28	32,71	17,32	15,21	14,36	28,32	50,40	35,37	13,29	1,55	6,53	296,97
DA	67,52	28,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,22	112,82	166,79	152,60	571,95
EXD	0,00	0,00	55,14	99,63	76,24	89,81	61,16	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	382,93

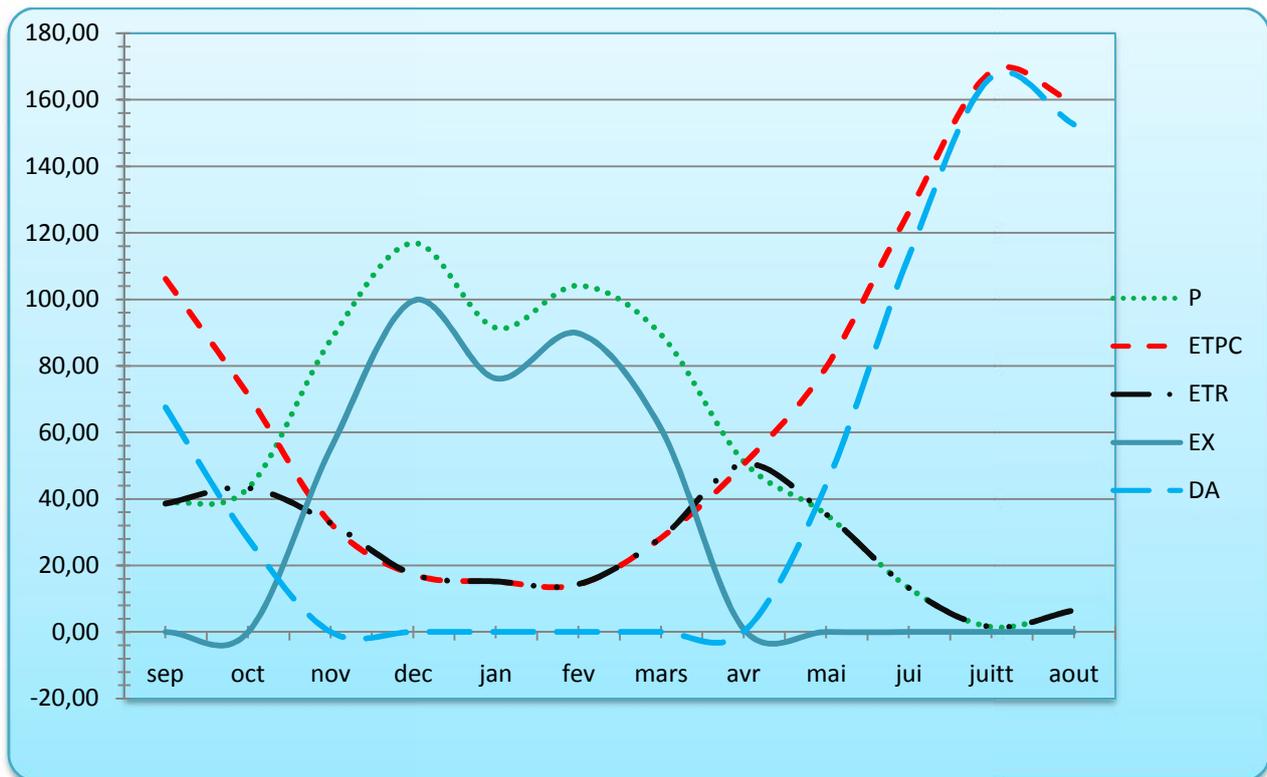


Figure N°26: Représentation graphique du bilan hydrologique pour la période: 2003-2014 (Station Barrage Beni-Haroun).

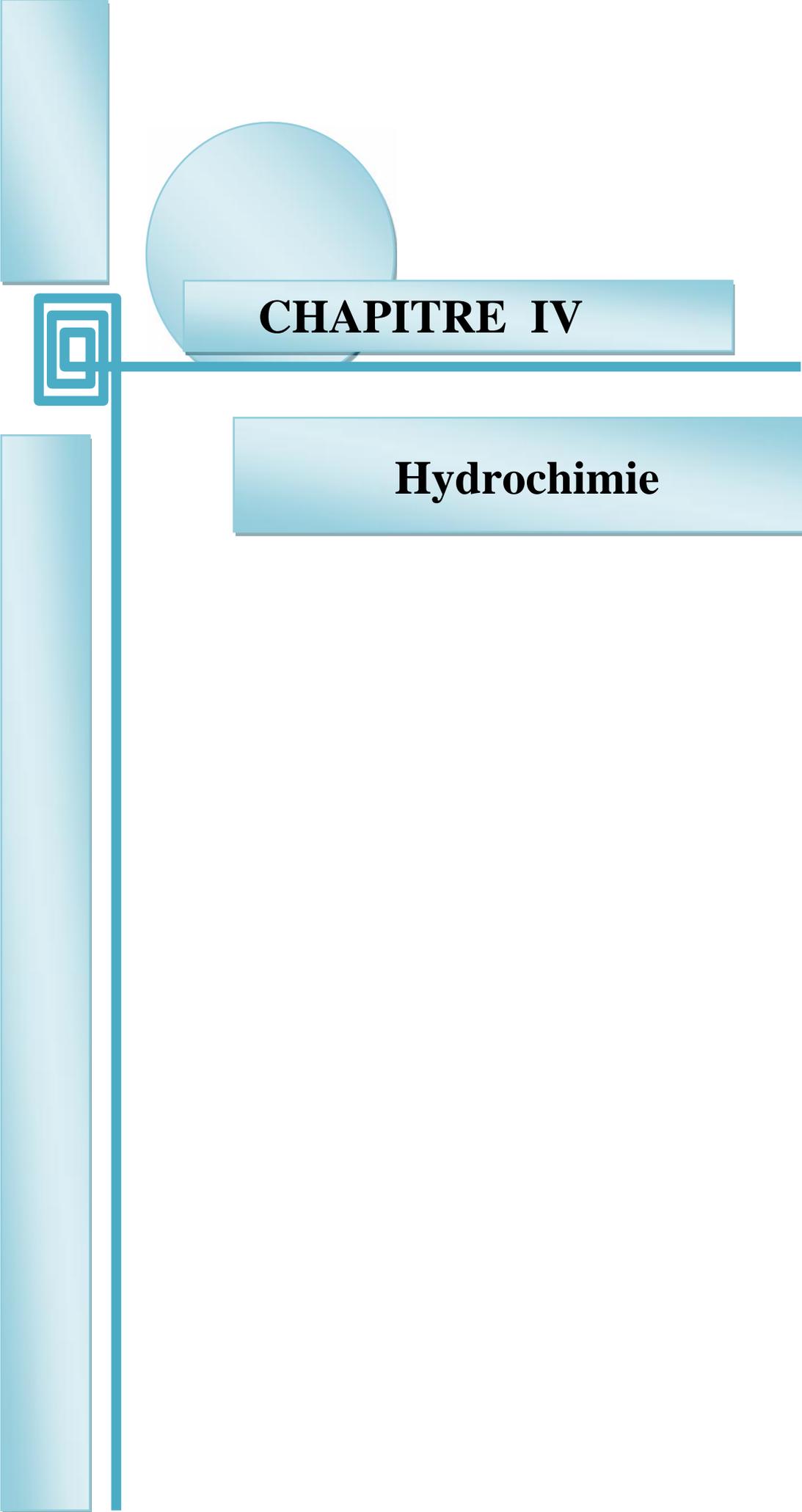
III-3-8-7- Interprétation du bilan hydrologique :

L'examen des données récapitulées dans les tableaux précédents et les résultats donnés par les graphiques des bilans hydrologiques permet d'en déduire les résultats suivants :

- Les valeurs des précipitations et d'excédent atteignent leur max au mois de décembre par contre le déficit atteint leur min, ce dernier atteint son max au mois de juillet là où les précipitations et l'excédent atteignent leur min
- Pour les courbes l'évapotranspiration réelle et potentielle descendent à la période humide et ascendante à la période sèche lorsque atteignent leur max au mois de juillet par rapport à l'évapotranspiration potentielle et atteignent leur min par rapport à l'évapotranspiration réelle.

Conclusion :

- Le bassin de Beni-Haroun est situé en grande partie sur le versant méridional du bombement tellien, drainé par deux cours d'eau très importants : Oued Rhumel et Oued Endja. La confluence de ces deux Oueds à l'aval de l'Oued El Kébir.
- Il draine plusieurs domaines géologiques et hydrogéologiques très différents.
- le climat de la région d'étude est typiquement Tempéré.



CHAPITRE IV

Hydrochimie

Introduction :

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure des paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau.

A travers ce chapitre nous essayerons d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage de Beni-Haroun.

Pour mieux identifier les paramètres de la qualité de l'eau, les résultats d'analyses effectuées au sein du laboratoire d'ADE de Mila (Algérienne des eaux), après une collecte d'échantillons d'eau.

IV-1- Les paramètres physico-chimiques de l'eau :

Ces paramètres, font l'identité de base de l'eau et sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates...) ou par des indicateurs plus globaux comme :

- la conductivité électrique, qui permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau.
- le titre alcalimétrique, qui permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau.
- le potentiel d'hydrogène qui représente le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau contrôlant la plupart des réactions chimiques. [19]

IV-2- Echantillonnage et prélèvement :

Le programme d'échantillonnage d'eau a pour but d'estimer un ou plusieurs paramètres qui caractérisent la concentration ou ces variations, ou les eaux au cours d'une période donnée.

Les résultats peuvent être nécessaires soit à un programme de recherche, soit à la caractérisation des paramètres pour lesquels un contrôle continu n'est pas nécessaire.

Le prélèvement d'échantillon d'eau doit être fait de façon telle que les résultats de l'analyse des échantillons prélevés permettent de tirer des conclusions valables quant aux propriétés de l'eau résiduaire. Il faut éviter toute pollution secondaire de l'échantillon provoquée par le mode de prélèvement, ou par les récipients contenant les échantillons. L'échantillon analysé est bien représentatif de la masse d'eau considérée. Cet échantillon ne s'est pas altéré entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse.

IV-2-1- Point de prélèvement :

Trois campagnes de prélèvement d'eau ont été réalisées manuellement durant la journée du : **29/02/2016**.

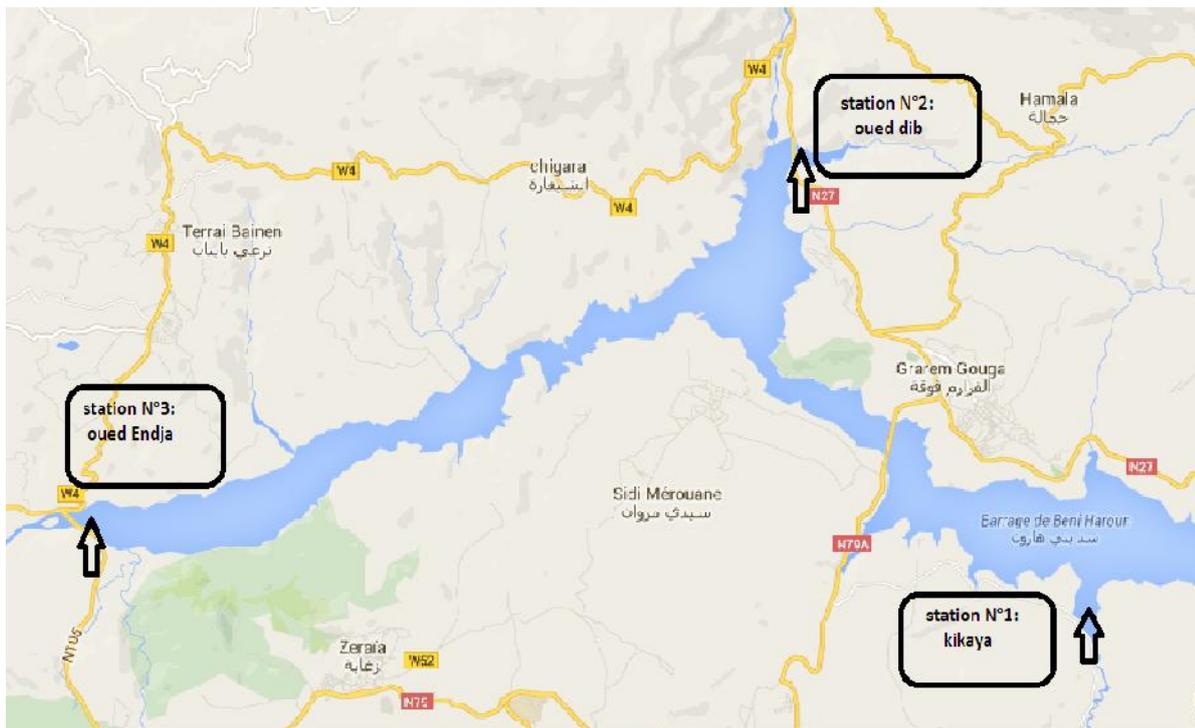
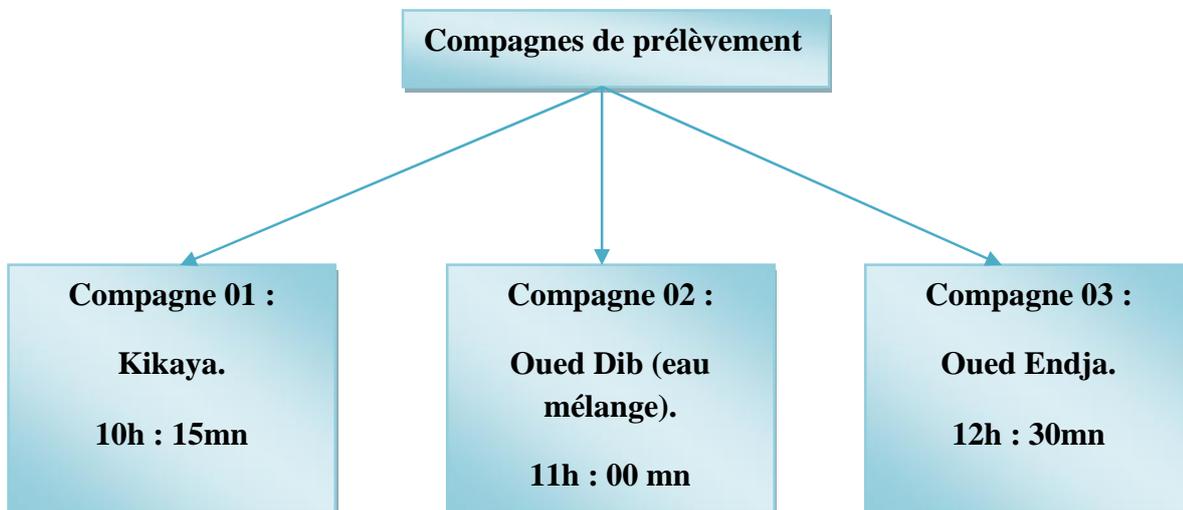


Figure N°27 : les Points de prélèvement.

IV-3- Matériel et Méthode :

IV-3-1- Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques :

Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par Rodier (8^{ème} édition), selon les techniques ISO et Methode Allemande (Mr.KERN) Les analyses physico-chimiques consistent à déterminer : [18]

- La température, le pH, la turbidité et la conductivité électrique : ces paramètres sont déterminés par des appareils électro métriques multitâches (pour la température, le pH et l'oxygène : pH oxymétrie, et pour la conductivité (le conductimètre). On rince plusieurs fois l'électrode par l'eau distillée, puis on la trempe dans un bêcher contenant l'eau à examiner, Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation pour éliminer les bulles d'air.
- La dureté totale, l'alcalinité, ainsi que les tenures en chlorures, en sulfates, calcium, Magnésium, et en MO.
- Les éléments indésirables (nitrates, nitrites, phosphates, le fer, Ammonium).

IV-3-1-1- La température :

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz, de l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique, par ailleurs la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 fois pour une augmentation de température de 10°C. L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc élevée lorsque la température de l'eau accroît (Devillers 2005).

Selon Foussard et Etcheber 2011, la température de l'eau est un paramètre qui conditionne la présence des espèces selon leurs thermorésistantes. En fonction du degré de perturbation de la température, les variations peuvent avoir une influence sur le déplacement des espèces.

Elle a été déterminée sur les lieux de prélèvement à l'aide d'un thermomètre incorporé au pH-mètre. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°c).

IV-3-1-2- Le pH :

Le PH (potentiel hydrogène) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans la substance. Il varie entre 1 et 14.

Où :

$(\text{OH}^-) = (\text{H}^+) \Rightarrow \text{pH} = 7 \Rightarrow$ (l'eau est considérée comme neutre).

$(\text{OH}^-) > (\text{H}^+) \Rightarrow \text{pH} > 7 \Rightarrow$ (l'eau est considérée comme basique).

$(\text{OH}^-) < (\text{H}^+) \Rightarrow \text{pH} < 7 \Rightarrow$ (l'eau est considérée comme acide).

A/ Principe :

La détermination électro métrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution.

Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution. Selon la loi de Nernst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+

B/ Appareillage et Matériel :

- pH-mètre.
- Electrode.
- Bécher de 50 ml.

C/ Mode Opérateur :

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- Tremper l'électrode dans le bêche.
- Laisser stabiliser un moment.
- Puis noter le pH.

D/ Expression des résultats :

La valeur est lue directement.

IV-3-1-3- La conductivité électrique :

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau.

A/Appareillage :

- Conductimètre

B/ Mode Opérateur :

Mesurée à l'aide d'un conductimètre de terrain équipé d'une cellule (constante de la cellule = 1), d'une sonde pour la mesure de la température et d'un convertisseur intégré

convertissant les Siemens en g/l de sel. Les résultats sont directement lus sur un écran digital.

IV-3-1-4- La turbidité :

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes fines telles que les argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc.... . On comprend immédiatement qu'il existe une certaine relation entre la concentration en matières en suspension (MES) et la turbidité d'une eau. La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Ce sont des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industriels riches en matières en suspension grossières.

A/ Principe :

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

B/ Appareillage :

- Turbidimètre.
- Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

C/ Mode Opérateur :

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. La mesure est obtenue directement en NTU.

Une eau convenablement traitée devra avoir une turbidité inférieure à 0,5 N.T.U (Directives C.E.E).

IV-3-1-5- Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+}) :

A/ Principe :

Le Calcium et le magnésium sont dosés avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à un pH de 10, ce dosage se fait en présence d'un indicateur coloré.

L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de Calcium et de Magnésium libres, l'indicateur vire de la couleur rouge à la couleur violette, puis au point d'équivalence avec les ions Calcium et Magnésium combinés, la couleur passe du violet au bleu.

B/Réactifs :

- Solution d'E.D.T.A N/50 ($C_{10} H_{14} N_2 Na_2 O_8 2H_2O$) : (0.02N ou 0.01 M) :
 - EDTA déshydraté 2 h à 80°C..... 3,725 g.
 - H₂O distiller.....q.s.p 1000 ml.
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2N :
 - NaOH (pastilles) 80 g.
 - H₂O distillée.....q.s.p 1000 ml.
- Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pH = 10.1 :
 - Chlorure d'ammonium..... 67,5g.
 - NH₄OH (25%)..... 570 ml.
 - EDTA disodique 5 g.
 - H₂O distillée..... q.s.p 1000 ml.
- Noir eriochrome T :
 - Noir Eriochrome T..... 1g.
 - Chlorure de sodium 100g.

Mélanger les produits solides jusqu'à uniformisation de la couleur et les conserver dans un flacon en verre brun.

- Solution étalon de Ca²⁺ à 10 mmol/l :
 - Carbonate de calcium CaCO₃.....1.001g.
 - HCl 4 mol/l.....q.s.p pour la dissolution du CaCO₃.
 - Eau distillée.....q.s.p. 1000 ml.

Lorsque le volume de l'eau atteint 700 ml porté à ébullition, refroidir et ajouter quelques gouttes de rouge de méthyle, puis une solution ammoniacale à 3 mol/l jusqu'à coloration orange. Ramener le volume à 1000 ml dans fiole jaugée.

1 ml de cette solution contient 0.4008 mg (0.01 mmol) de Ca²⁺.

C/Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml de la solution de NH₄.
- Ajouter une pincée de l'indicateur NET.

- Vérifier le ph qui doit être de 10.0+ - 0.11 l'ajuster si nécessaire avec D'hydroxyde de sodium.
- Titrer avec L'EDTA jusqu'au virage du rouge et du violet au bleu.
- Vérifier le titrage par l'ajoute d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

Sans changement de coloration.

D/ Expression des résultats

$$C_{\text{ca+mg}} = \frac{c_1 v_3}{v_0} \quad \text{en mg de CaCO}_3$$

C_1 : concentration en mmol/l de Ka solution d'EDTA (0.01).

V_0 : volume de la prise d'essai en ml (50ml).

V_3 : volume de la chute d'EDTA nécessaire au virage bleu.

Si une dilution est opérée sur l'échantillon tenir compte du facteur de dilution.

La concentration de l'EDTA est calculée sur la base du titrage de la solution étalon de CaCO_3 par d'EDTA.

$$C_1 = \frac{c_2 v_1}{v_2}$$

C_2 : concentration de la solution étalon de Ca^{+2} (0.001 mmol/l).

V_1 : volume de la solution étalon.

V_2 : volume de l'EDTA utilisé pour l'étalonnage (20 ml dilués dans 50 ml d'eau distillée).

IV-3-1-6- Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-) :

A/ Principe :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. Leurs déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

B/ Réactifs:

- Solution d'acide Chlorhydrique ou Sulfurique à 0.02 N :
 - H_2SO_40.53 ml.
 - HCl.....0.612 ml.
 - Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.
- Solution alcoolique de Phénolphtaléine à 0.5 % :
 - Phénolphtaléine.....5 g.

- Alcool Ethylique.....500 ml.

- Eau distillée.....500 ml.

- Solution de Méthylorange à 0.5 % :

- Méthylorange.....0.5 g.

- Eau distillée.....500 ml.

C/ Mode opératoire :

1) TA

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 gouttes de la solution alcoolique de Phénolphtaléine.
- Développement d'une coloration rose, dans le cas contraire le TA =0 et $\text{pH} < 8,3$.
- Titrer avec l'acide jusqu'à décoloration complète de la solution.

Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.

2) TAC

- Prendre l'échantillon traité précédemment.
- Ajouter 2 gouttes de Méthylorange.
- Développement d'une coloration jaune.
- Titrer avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé $\text{pH} = 4,3$.

Soit V' le nombre de millilitres d'acide utilisés depuis le début du dosage.

D/ Expression des résultats:

1) TA

- $V/5$ exprime le titre alcali métrique en milliéquivalents par litre.
- V exprime le titre alcali métrique en degrés français.
- $12 V$ exprime le titre alcali métrique en milligrammes de CO_3^{2-} par litre.

2) TAC

- $(V' - 0,5)/5$ exprime le titre alcali métrique complet en milliéquivalents par litre.
- $V' - 0,5$ exprime le titre alcali métrique complet en degrés français.
- $12.2 (V' - 0.5)$ exprime le titre alcali métrique en milligrammes de HCO_3^- par litre.

IV-3-1-7- Dosage des chlorures (Cl⁻):**A/ Principe :**

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur cette réaction est utilisée pour l'indication du virage .durant le titrage . le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

B/ Réactifs :

- Solution de chromate de potassium à 10%.
 - H₂SO₄.....0.53 ml.
 - HCl.....0.612 ml.
 - Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.
- Solution de nitrate d'argent a 0.02N :
 - Phénolphtaléine.....5 g.
 - Alcool Ethylique.....500 ml.
 - Eau distillée.....500 ml.
- Solution à chlorure de sodium a 0.02N :
 - Méthylorange.....0.5 g.
 - Eau distillée.....500 ml.

C/Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analysé.
- Ajouter 1 ml de K₂CrO₄ (coloration jaunâtre).
- Tirer avec Ag NO₃ à 0.02N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

Soit V_E le nombre de ml de la solution Ag NO₃ utilisés pour obtenir le virage de l'échantillon

Soit V₀ le nombre de ml de la solution Ag NO₃ utilisés pour obtenir le virage du blanc.

D/ Expression des résultats

La concentration en chlorure exprimée en milligrammes par litre et donnée par la formule :

$$(Cl^-) = \frac{(V_E - V_0) \times 0.02 \times 35453}{100}$$

IV-3-1-8- Détermination des Sulfates (SO₄²⁻):**A/ Principe :**

Les ions Sulfates sont précipités et passés à l'état de Sulfate de Baryum en présence de Ba Cl₂.

**B/ Réactifs**

- Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de K₂SO₄:
 - Peser 1,81 g de K₂SO₄1000 ml d'eau distillée.
- Solution stabilisante :
 - Acide Chlorhydrique (c)60 ml.
 - Ethanol.....200 ml.
 - Chlorure de Sodium.....150g.
 - Glycérol.....100 ml.
 - Eau distillée.....Q.S.P. 1000 ml.
- Solution de chlorure de baryum:
 - BaCl₂.....150 g.

Ou

 - BaCl₂-2H₂O.....175.95 g.
 - Acide Chlorhydrique.....5 ml.
 - Eau distillée.....q.s.p. 1000 ml.

C/ Mode opératoire:

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420 \text{ nm}$.

D/ Expression des résultats:

mg/l SO₄²⁻ = la valeur lue sur le spectrophotomètre x facteur de la dilution.

IV-3-1-9- Dosage des Nitrates (NO_3^-) :**A/ Principe :**

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

B/ Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).

0.5 Gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

H_2SO_4 concentré.

Tartrate double de sodium et de potassium.

- Hydroxyde de sodium NaOH..... 400g.
- Tartrate de sodium et de potassium..... 60g.
- Eau distillée.....qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 100 mg/l.
 - Nitrate de potassium anhydre.....0.722g.
 - Eau distillée..... 1000 ml.
 - Chloroforme.....1 ml.

- Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

50 ml de la solution mère dans 1000 ml d'eau distillée.

C/ Appareillage.

- Etuve.
- Spectrophotomètre U.V visible

D/ 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 au spectrophotomètre au 415 nm.

E/ Expression des résultats :

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

IV-3-1-10- Dosage des nitrites (NO_2^-) :

A/ Principe :

Les nitrites reagissent avec le sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec le N1 naphthyléthylènediamine dichloride donne naissance a une coloration rose médurée à 543 nm.

B/ Réactifs :

- Réactif mixte
 - Sulfanilamide.....40g.
 - Acide phosphorique.....100 ml.
 - N-1- Naphtyle éthylène diamine..2 g.
 - H_2O distillée..... q.s.p 1000 ml.
- Solution mère étalon d'azote nitreux a 100 mg/l :
 - Nitrite de Sodium.....492.8 mg.
 - H_2O distillée..... q.s.p 1000 ml.
- Solution file étalon d'azote nitreux a 1 mg/l :
 - solution mè.....1 ml.
 - H_2O distillée..... q.s.p 100 ml.

C/ Mode opératoire :

- Prendre 50ml d'eau a analyser.
- Ajouter 1ml du reactif mixte.
- Attendre 10minute.

Effectuer la lecture a 543 nm.

D/ Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l sur le spectrophotomètre UV-visible.

IV-3-1-11- Dosage colorimétrique du phosphate (PO_4^{3-}):

A/ 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.

B/ Appareils :

- Spectrophotomètre UV. visible

C/ Réactifs :

- **Réactif Mixte :**

- Heptamolybdate d'ammonium.....	13g.	}	A
- Eau distillée.....	100 ml.		
- Tartrate d'antimoine.....	0.35.	}	B
- Eau distillée.....	100 ml.		
- Acide sulfurique pur.....	150 ml.	}	C
- Eau distillée.....	150 ml.		

(A + B) + C \Rightarrow 500 ml d'eau distillée.

- **Acide ascorbique à 10 %:**

- Acide ascorbique.....	10g.
- Eau distillée.....	100ml.

- **Solution mère à 50 mg/l PO_4^{3-}**

- Solution fille à 2 mg/l PO_4^{3-}

D/ 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.

E/ Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

IV-3-1-12- Procédure d'analyse de la matière oxydable en milieu acide (MO):

A/ Principe:

Oxydation par un excès de permanganate de potassium, en milieu acide et à ébullition (10 mn), des matières oxydables contenues dans l'échantillon. Réduction de l'excès de permanganate par l'oxalate de sodium en excès et titrage en retour de l'excès d'oxalate par le permanganate de potassium.

B/ Réactifs :

- **Solution de permanganate de potassium à 0,1N**

- KMnO_4 3,1608 g.
- H_2O distillée bouillante.....q.s.p 1000 ml.

Porter la solution à (90 – 95) °C pendant 2 heures, refroidir et laisser reposer au moins 2 jours.

Décanter la solution claire et conserver dans une bouteille en verre brun.

- **Solution de KMnO_4 à 0.002N.**

- Solution de KMnO_4 à 0.1N.....ml.
- H_2O distillée..... q.s.p 1000 ml.

Cette solution doit-être conservée à l'obscurité .Bien qu'elle soit relativement stable, il est conseillé de la renouveler assez souvent et de la vérifier

- **Solution d'acide oxalique 0,05 mol/l :**

- $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 6,3033 g.
- H_2SO_4 (d=1.84).....50ml.
- Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

Cette solution est stable environ 6mois à l'obscurité.

- **Solution d'acide oxalique à 0.005N :**

- Solution mere 100 ml.

- H₂SO₄ (d=1.84)50ml.
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

- **Solution d'acide sulfurique diluée (d=1.27)**

1 volume acide sulfurique (d=1.84).

3 volumes eau distillée.

C/ Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5ml d'acide sulfurique dilué et homogénéiser. Porter à ébullition douce pendant une minute puis.
- Ajouter 15ml de la solution de permanganate de potassium à 0.002N avec 10min d'ébullition, régulière et douce.
- Ajouter 15ml de la solution d'acide oxalique à 0.01N.

Titre après décoloration, alors que la solution est encore chaude, avec la solution de permanganate de potassium à 0.002N jusqu'à apparition d'une coloration rose claire qui persiste 15 à 20 secondes.

N.B : Un essai à blanc est nécessaire.

D/ Expression des résultats :

On indique les résultats comme oxydabilité (consommation de permanganate de potassium) en mg de Kmno₄/l. aussi en mg d'O₂/l. sur la base des rapports stœchiométriques et selon lesquels :

1ml de KMnO₄ à 0.01N correspond à 0.316 mg de Kmno₄.

Et 1ml de Kmno₄ à 0.01N correspond à 0.08 mg d'O₂.

Les valeurs d'oxydabilité sont calculées selon les formules suivantes :

$$\text{Mg Kmno}_4/\text{l} = \frac{(\text{Vech}-\text{V0}) * \text{F} * 316}{\text{PE}}$$

$$\text{Mg O}_2/\text{l} = \frac{(\text{Vech}-\text{V0}) * \text{F} * 80}{\text{PE}}$$

$$\text{F} = \frac{\text{V acide oxalique}}{\text{V Permanganate}}$$

IV-3-1-13- Détermination du résidu sec :**A/ Principe :**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

B/ Matériel :

- Capsule en porcelaine.
- Balance analytique.
- Etuve réglable.

C/ Mode opératoire :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml 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 ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

D/ Expression des résultats :

$$(PP - PV) \times 1000 = \text{mg/l de RS.}$$

Les résultats sont donnés en mg/l.

D'où :

PP : est le poids plein de la capsule.

PV : est le poids vide de la capsule.

IV-4- Résultats et Discussion :

IV-4-1- Evolution de la qualité des eaux de surface :

La chimie des eaux de surfaces est influencée par plusieurs facteurs. En raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin de contrôler la chimie des eaux du barrage de Beni-Haroun et son évolution dans le temps à l'aide des résultats des analyses effectuées dans laboratoire et l'état actuel de la qualité de ces eaux. Ces données nous ont été confiées par la direction du Barrage. Ces analyses comportent des paramètres physiques (potentiel hydrogène (pH), conductivité électrique de l'eau (CE), la température de l'eau de la retenue du barrage (T), la Turbidité de l'eau et des paramètres chimiques : calcium (Ca^{+2}), magnésium (Mg^{+2}), sodium (Na^+), potassium (K^+), chlorures (Cl), sulfates (SO_4^{-2}), bicarbonates (HCO_3^{-}), nitrates (NO_3^{-}), nitrites (NO_2^{-}). Ces données constituent la qualité des eaux brutes et des eaux traitées. Afin de bien illustrer et comprendre ces variations, deux formes de représentations des données seront réalisées dans ce qui suit :

- Des statistiques présentant les valeurs maximales, moyennes, minimales et les écarts types.
- Des graphiques présentant la variation temporelle de ces concentrations dans le temps.

IV-4-1-1- Statistiques descriptives des paramètres physico chimiques :

Tableau N°12: Statistiques descriptives des analyses chimiques des eaux brutes du Barrage De Beni-Haroun (2005-2014)(source ANBT).

	unité	max	min	moye	écart types
T c°	c°	30	2,7	19,38	6,22
Ph	-	8,2	7	7,69	0,25
Conductivité	µs/cm	1810	800	1174.86	217,71
turbidité	NTU	32,6	0,3	4,17	5,66
Ca	mg/l	160	28,9	102,17	16,57
Mg	mg/l	64	6	33,11	8,57
Cl	mg/l	280	10	144,34	38,08
HCO₃	mg/l	314	91,5	166,00	34,81
NH₄	mg/l	1,5	0	0,07	0,16
NO₂	mg/l	18,3	0	0,42	1,72
NO₃	mg/l	23	0	7,57	4,75
Fe	mg/l	0,83	0	0,09	0,15
K	mg/l	11	0	4,31	2,12
Na	mg/l	168	14	96,04	24,50
MES105		2144	8	91,51	215,36

PO₄	mg/l	25	0	0,42	2,32
Rs à105 c°	mg/l	1110	104,8	772,02	112,88
Saturat en o₂	mg/l	190,58	44	92,88	25,10
SO₄	mg/l	462	24	243,32	52,81

IV-4-1-2- Présentation Graphiques d'évolution temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux de Beni-Haroun :

A/ Evolution temporelle des paramètres physique (période 2005-2014) :

A-1/ Température :

D'après le graphe ci-dessous les valeurs des températures de Beni-Haroun sont les mêmes durant toutes la période (2005-2014). La valeur maximum est 30°C enregistré durant les années (2008-2011), la valeur minimale est de (2.7°C) enregistré durant l'année 2010 et la valeur moyenne des températures est (19.38°C). Les variations de la température ont des effets sur tous les paramètres physico-chimiques de l'eau et sur toutes les réactions chimiques et biochimiques de dégradations et de minéralisation des matières organiques.

Tableau N°13: Variation de la température moyenne annuelle des eaux du barrage de Beni-Haroun (2005-2014).

Paramètres	Paramètres statistiques de température(T) en (°C)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	30	2,7	19,38	6.22
Norme Algérienne : /				
Norme OMS : 25°C				

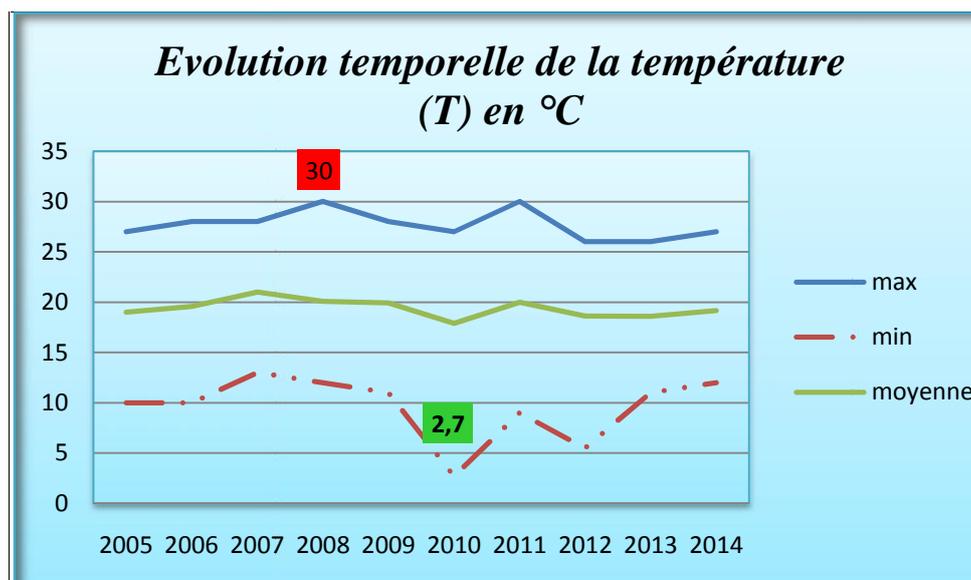


Figure N°28: Evolution temporelle de la température moyenne annuelle des eaux du barrage de Beni-Haroun. (Période 2005-2014).

A-2- Potentiel d'Hydrogène :

D'après le graphe on remarque que le ph max des eaux brutes du barrage Beni-Haroun est enregistré aux années (2005, 2006, 2008, 2014), par contre la valeur du ph min est enregistrée à l'année 2008.

Reste à signaler que généralement le ph des eaux brutes du barrage de Beni-Haroun coïncide avec les normes l'OMS et les normes de l'Algérie.

Tableau N°14: Variation du pH des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques du Potentiel d'Hydrogène (pH)			
	Max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	8,2	7	7,69	0.25
Norme Algérienne : 6,5-8,5 Norme OMS : 6,45-8,5				

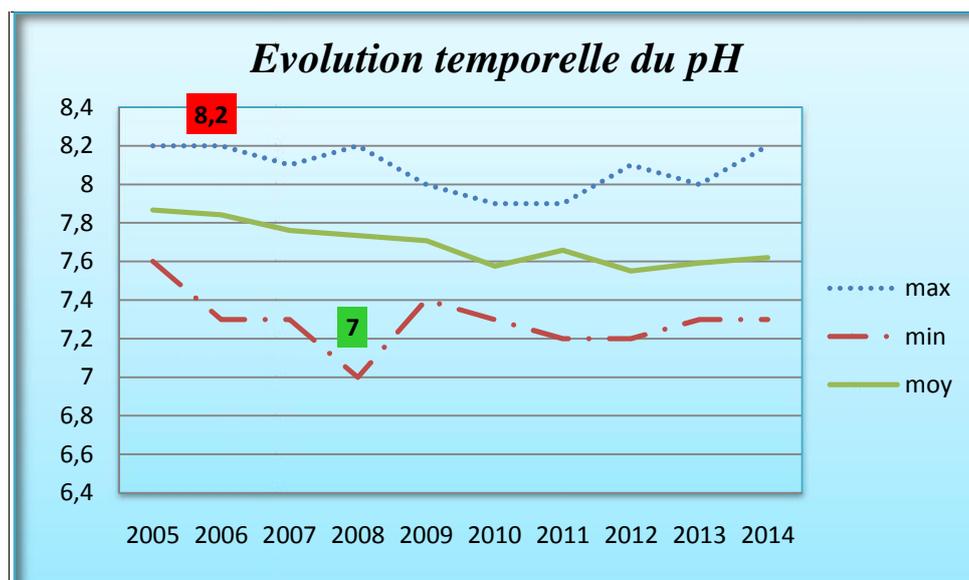


Figure N°29: Evolution temporelle du pH des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

A-3- Conductivité :

La Conductivité des eaux du barrage de Beni-Haroun mesuré durant la période (2005-2014) varie entre 800µS/Cm à 1810 µS/Cm. La valeur la plus élevée est enregistrée en 2005, la valeur la plus basse est enregistrée en 2005 et la moyenne est de l'ordre de 1174.86 µS/Cm.

Tableau N°15: Variation de la conductivité des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Conductivité (CE) (µS/Cm)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	1810	800	1174.86	217.71
Norme Algérienne : <2800 Norme OMS : 1500 µS/Cm				

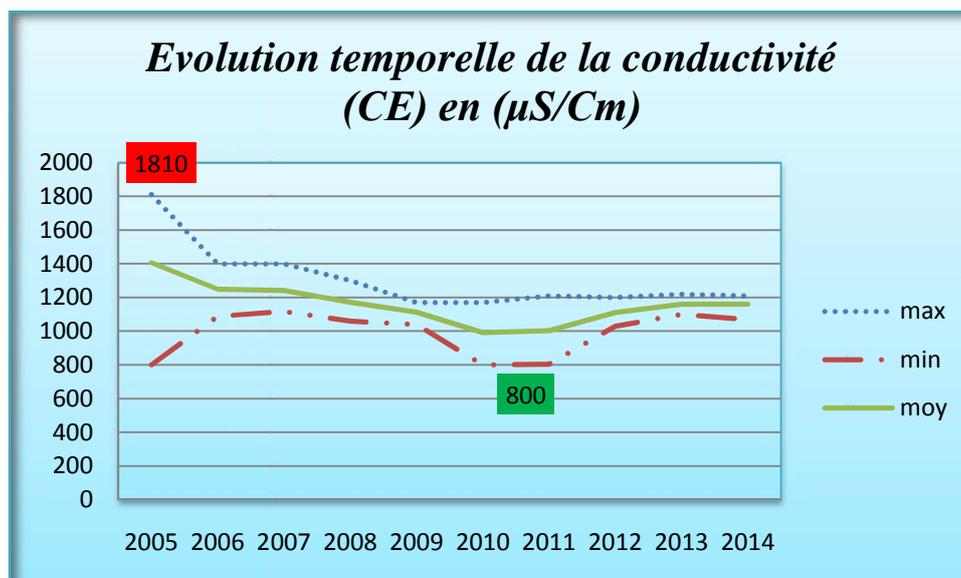


Figure N°30: Evolution temporelle de la conductivité des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

A-4- Turbidité :

La turbidité se caractérise par un effet visuel et se traduit par des eaux troubles ce qui empêche la pénétration de la lumière, elle est aussi liée à la transparence de l'eau.

D'après les résultats des séries d'analyse sur les eaux de barrage de Beni-Haroun on remarque que les valeurs des turbidités dépassent parfois la norme de l'OMS, l'échantillon de l'eau en 2013 est la plus trouble (elle a une turbidité de 32.6 NTU enregistrée au mois de mars suite à des fortes crues, cela s'explique par la présence des particules colloïdales d'argile en suspension), alors la plus faible est de l'ordre de 0.3 NTU marquée en 2007. En général la turbidité des eaux du barrage de Beni-Haroun est à la moyenne de 4.17 NTU.

Tableau N°16: Variation de la turbidité en NTU des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Turbidité en (NTU)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	32,6	0,3	4,17	5.66
Norme Algérienne : <5 NTU Norme OMS : 5 NTU				

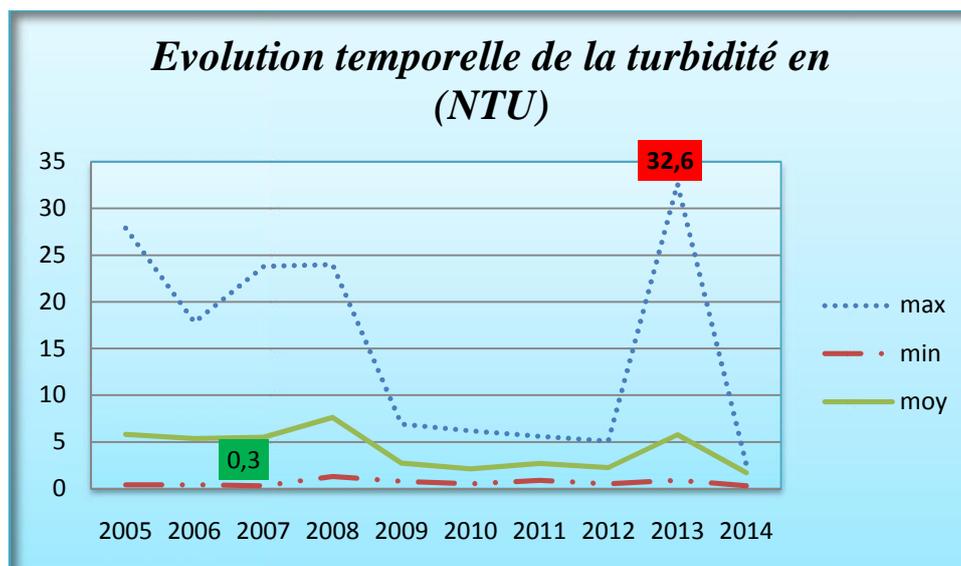


Figure N°31: Evolution temporelle de la turbidité des eaux du barrage de Beni-Haroun (Période 2005-2014).

B/ Evolution temporelle des paramètres chimiques :

B-1- Calcium :

Les eaux du barrage de Beni-Haroun présentent des teneurs en Calcium comprises entre la valeur minimale 28.9 mg/l durant l'année 2014 et la valeur maximale de 160 mg/l enregistrée en 2006 et la valeur moyenne est égale à 102.17 mg/l.

Les teneurs en Calcium de l'eau du barrage de Beni-Haroun sont conformes à la norme de l'OMS et Algérienne.

Tableau N°17: Variation de la teneur en Calcium des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Calcium (Ca ²⁺) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	160	28,9	102,17	16.57
Norme Algérienne : <200 mg/l Norme OMS : 200 mg/l				

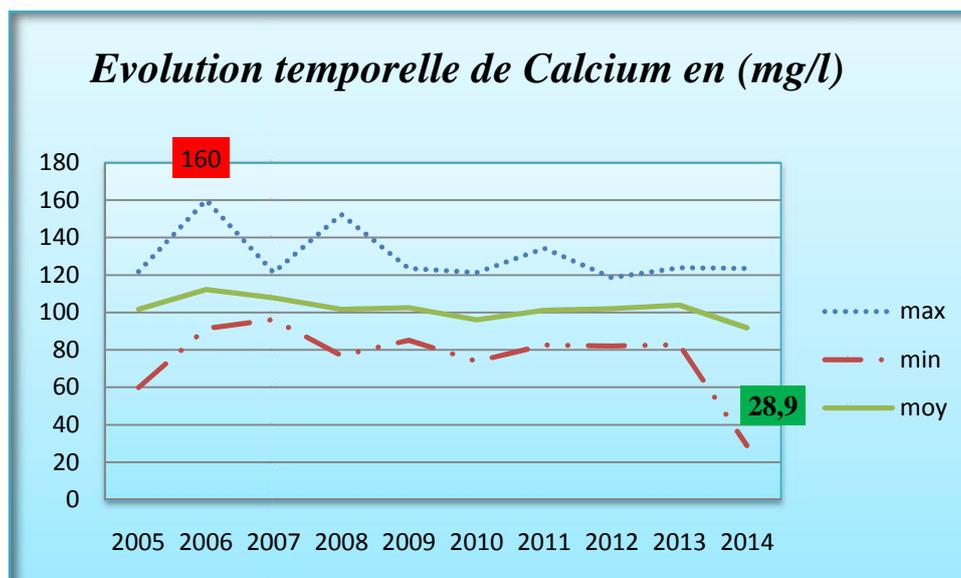


Figure N°32: Evolution temporelle de la teneur en Calcium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-2- Magnésium :

Les teneurs les plus élevées en Magnésium de l'eau du barrage de Beni-Haroun sont observées pendant l'année 2005 avec une valeur maximale de 64 mg/l. La valeur la plus faible 6 mg/l est enregistrée pendant l'année 2014. Le Magnésium de l'eau du barrage de Beni-Haroun atteint une valeur moyenne de l'ordre de 33.11 mg/l.

La comparaison des concentrations avec la norme de l'OMS montre que les teneurs sont inférieures aux limites de potabilité.

Tableau N°18: Variation de la teneur en Magnésium des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Magnésium (Mg ⁺²) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni Haroun (2005-2014)	64	6	33,11	8.57
Norme Algérienne : <150 mg/l Norme OMS : 150 mg/l				

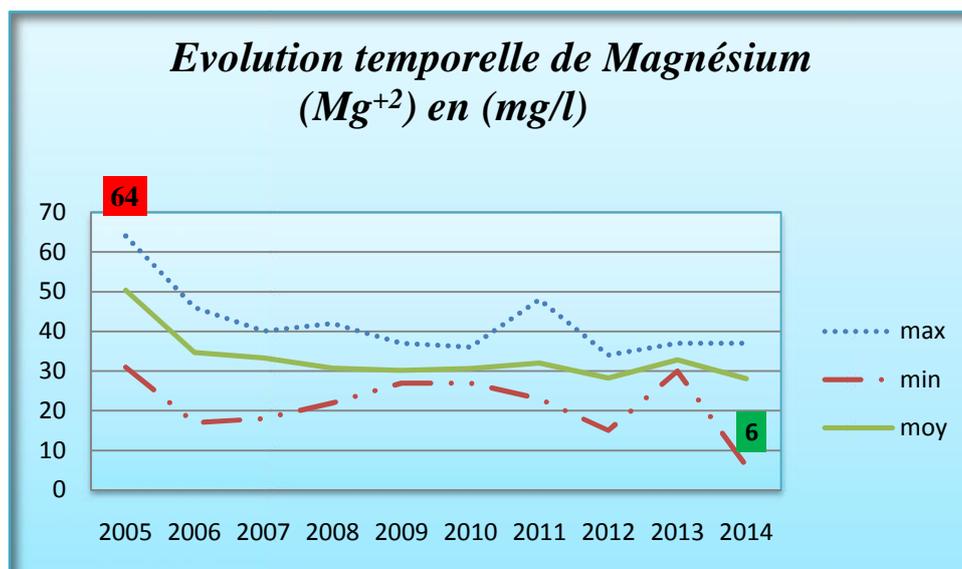


Figure N°33: Evolution temporelle de la teneur en Magnésium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-3- potassium :

L'analyse des eaux du barrage présente une valeur maximale en potassium de l'ordre de 11 enregistrée en 2005 et la valeur minimale est de l'ordre de 0 et une valeur moyenne qui est 4.31

Tableau N°19: Variation de la teneur en potassium des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de potassium (K^+) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	11	0	4,31	2.12
Norme Algérienne : < 12 mg/l				
Norme OMS : 12 mg/l				

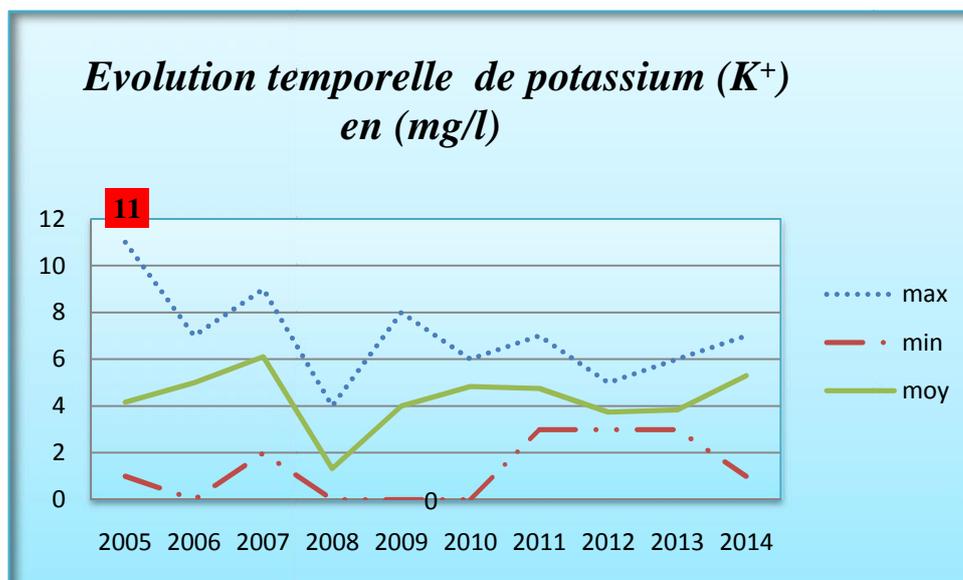


Figure N°34: Evolution temporelle de la teneur en potassium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-4- sodium :

L'analyse des eaux du barrage présente une valeur maximale en sodium de l'ordre de 168 mg/l enregistrée en 2005 et la valeur minimale est de l'ordre de 14 mg/l enregistrée en 2014 et une valeur moyenne qui est 96.04mg/l.

Tableau N°20: Variation de la teneur en sodium des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de sodium (Na ⁺) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	168	14	96,04	24.50
Norme Algérienne : <200mg/l				
Norme OMS : = 200mg/l				

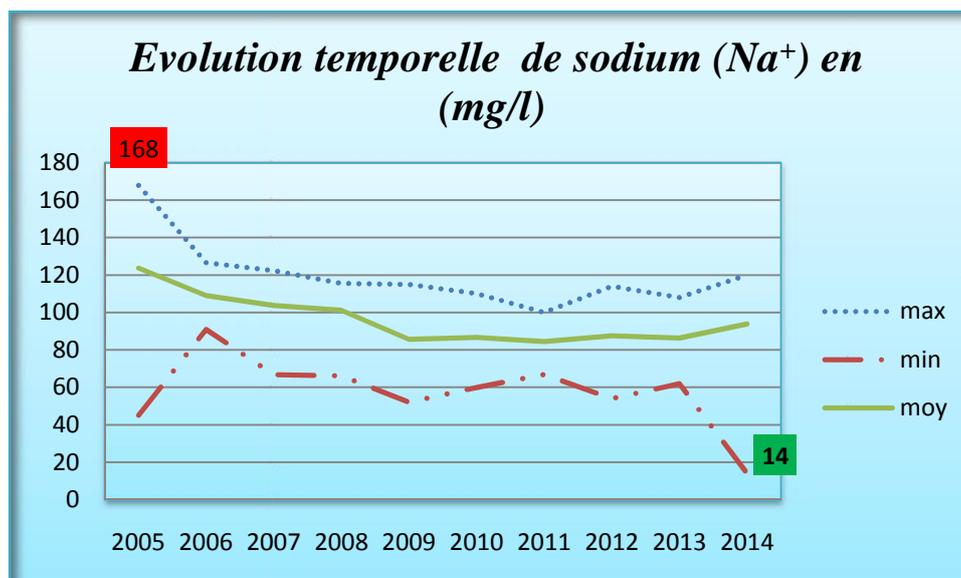


Figure N°35: Evolution temporelle de la teneur en sodium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-5- Bicarbonates :

L'analyse des eaux du barrage présente une valeur maximale en bicarbonates de l'ordre de 314 mg/l enregistrée en le mois de septembre 2005 et la valeur minimale est de l'ordre de 91.5 mg/l observée en 2013. Les concentrations montrent des variations importantes enregistrées autour d'une valeur moyenne qui est 166 mg/l.

Tableau N°21: Variation de la teneur en bicarbonates des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Bicarbonates (HCO_3^-) en (mg/l)			
	Max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	314	91,5	166,00	34.81
Norme Algérienne : - Norme OMS : -				

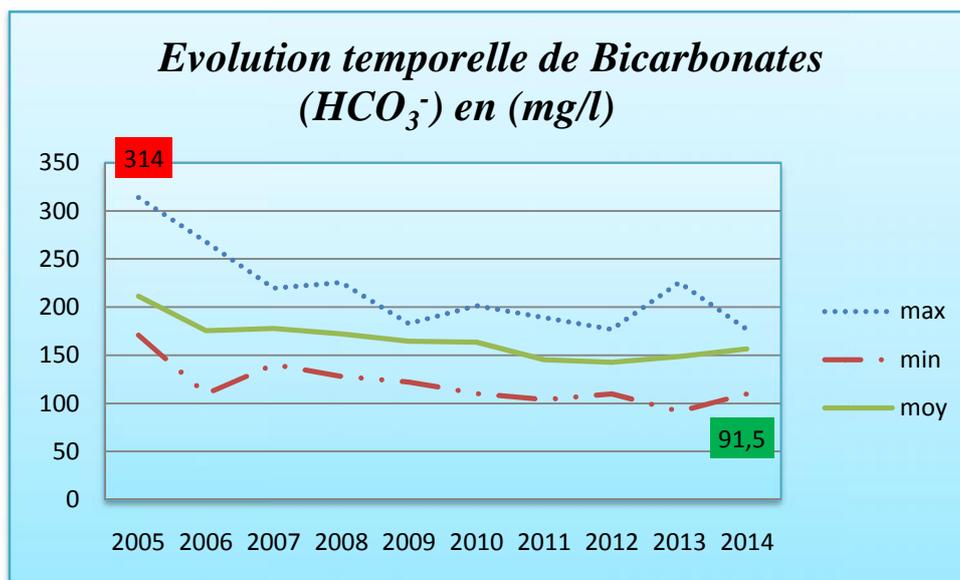


Figure N°36: Evolution temporelle de la teneur en Bicarbonates des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-6- Chlorures :

La concentration maximale est égale à 280 mg/l enregistrée en 2005 alors que la valeur la plus faible est de l'ordre de 10 mg/l. marquée en 2014, La valeur moyenne de Chlorures des eaux du barrage est de l'ordre de 144.34 mg/l.

On remarque que les teneurs en Chlorure (Cl^-) des eaux du barrage de Beni-Haroun respectent les normes de l'OMS et Algérienne.

Tableau N°22: Variation de la teneur en Chlorures des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques des Chlorures (Cl^-) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	280	10	144,34	38.08
Norme Algérienne : <500 mg/l Norme OMS : 500 mg/l				

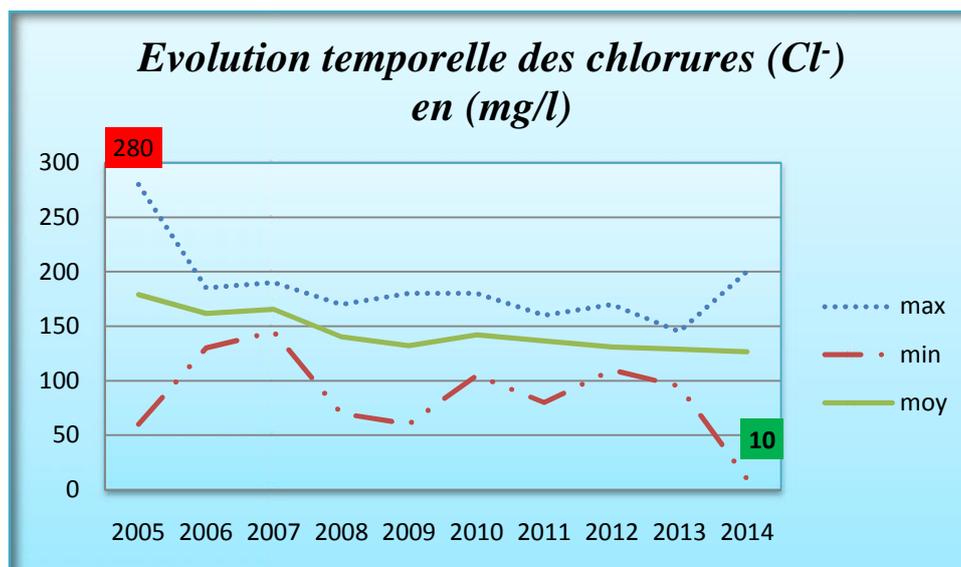


Figure N°37: Evolution temporelle de la teneur en Chlorures des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-7- Sulfates :

La valeur maximale de sulfates est de 462 mg/l enregistrée en 2008, alors que la plus faible est de 24 mg/l marquée en 2014. La valeur moyenne est de 243.32 mg/l.

Tableau N°23: Variation de la teneur en Sulfates des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Sulfates (SO ₄ ⁻) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	462	24	243,32	52.81
Norme Algérienne : <400 mg/l Norme OMS : <250mg/l				

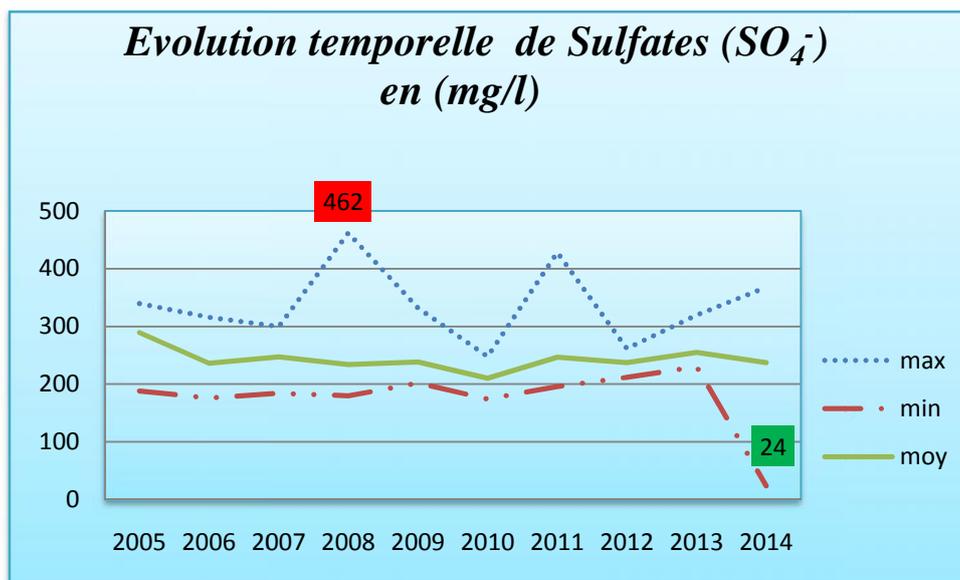


Figure N°38: Evolution temporelle de la teneur en Sulfates des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-8- Nitrates :

La concentration moyenne au niveau des eaux du barrage de Beni-Haroun est 7.57mg/l, la valeur maximale des Nitrates est égale à 23 mg/l Alors que la valeur la plus faible est marquée en 2008.

Tableau N°24: Variation de la teneur en Nitrates des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Nitrates (NO_3^-) en (mg/l)			
	max	min	moy	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	23	0	7,57	4.75
Norme Algérienne : <50 mg/l Norme OMS : 45 mg/l				

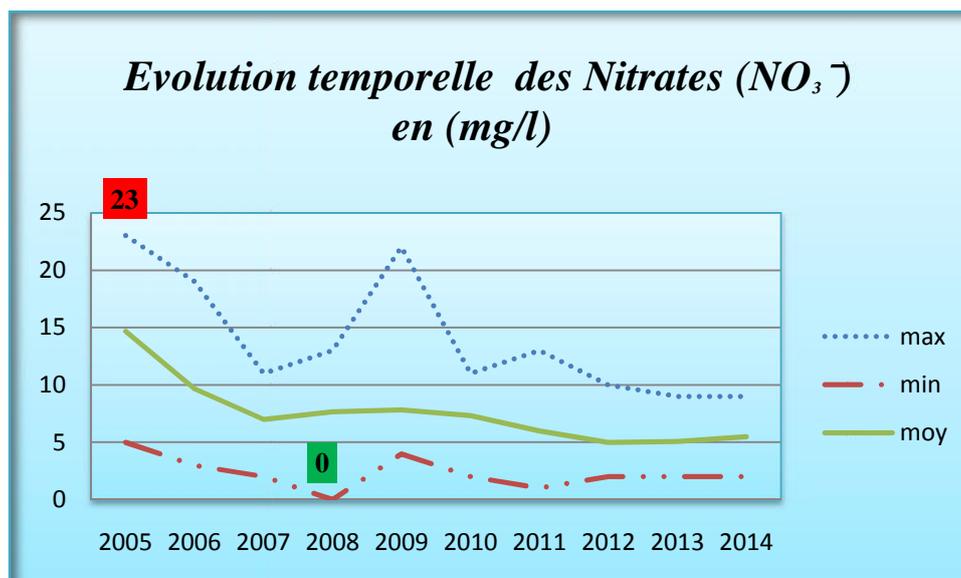


Figure N°39: Evolution temporelle de la teneur en Nitrates des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-9- Nitrites :

Les concentrations moyennes durant notre série d'observation montre une teneur maximale de 18.3 mg/l enregistrée dans le mois février, faible de 0 mg/l et moyenne en nitrites de 0.42 mg/l.

Tableau N°25: Variation de la teneur en Nitrites des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Nitrites (NO_2^-) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	18,3	0	0,42	1.72
Norme Algérienne : <0.2 mg/l Norme OMS : 0.1 mg/l				

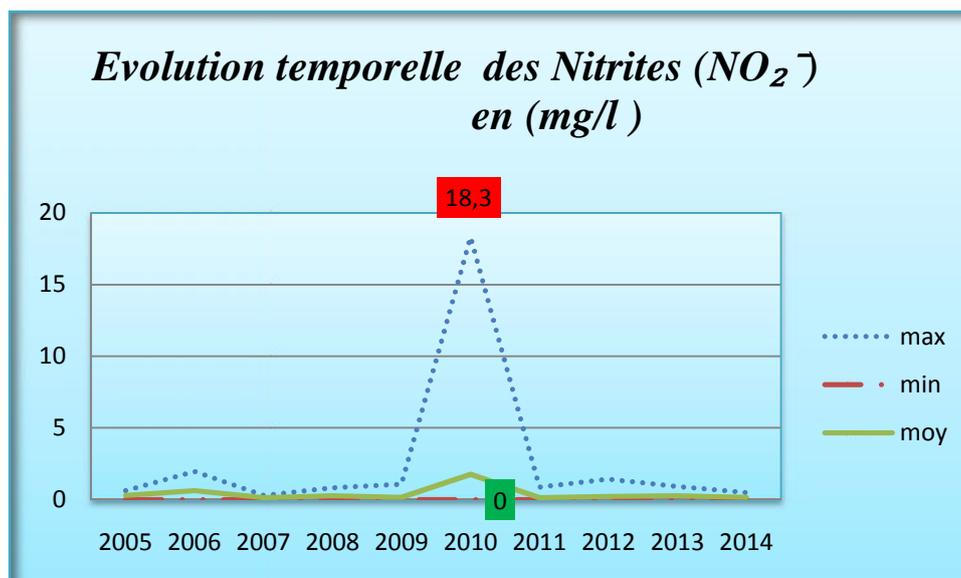


Figure N°40: Evolution temporelle de la teneur en Nitrites des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-10- Ammonium :

L'analyse des eaux du barrage présente une valeur maximale en ammonium de l'ordre de 1.5 mg/l enregistrée en le mois de mars 2006 et la valeur minimale est 0 mg/l observée en tous les années .La moyenne de l'Ammonium durant de cette série d'observation est égale à 0.07 mg/l traduisant une bonne qualité selon la norme de l'OMS et Algérienne.

Tableau N°26: Variation de la teneur en Ammonium des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de L'Ammonium (NH_4^+) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	1,5	0	0,07	0.16
Norme Algérienne : <0.5mg/l Norme OMS : 0.5 mg/l				

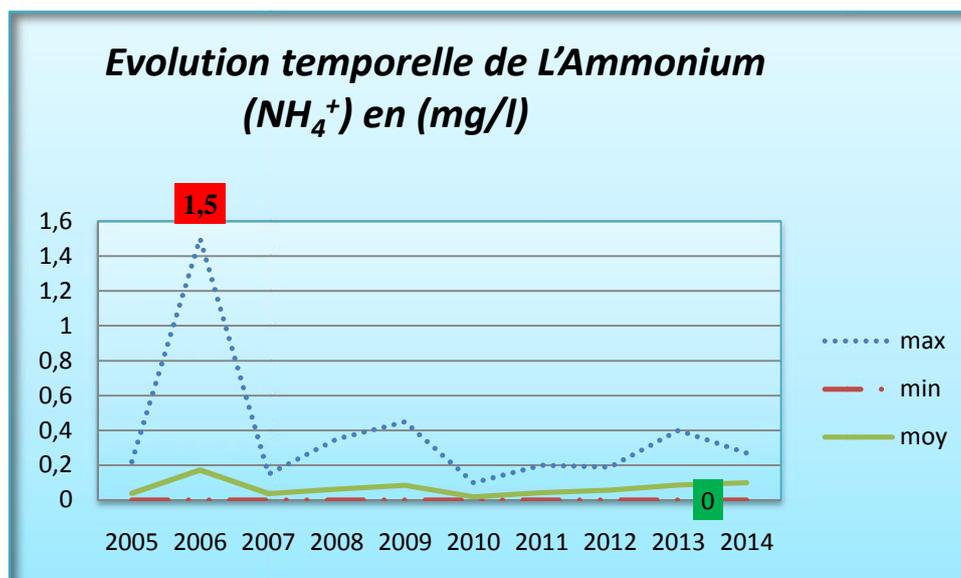


Figure N°41: Evolution temporelle de la teneur en Ammonium des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-11- phosphate :

Dans les eaux du barrage de Beni-Haroun la teneur des sulfates tend vers zéro durant toute la période (2005-2014) à l'exception du mois de Mai 2011 où On a enregistré une valeur maximale de 25 mg/l. elle est dépassée les normes algérienne et l'OMS.

Tableau N°27: Variation de la teneur en Phosphates des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Phosphates (PO ₄ ⁻³) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	25	0	0,42	2.32
Norme Algérienne : <0.5 mg/l Norme OMS : 0.5 mg/l				

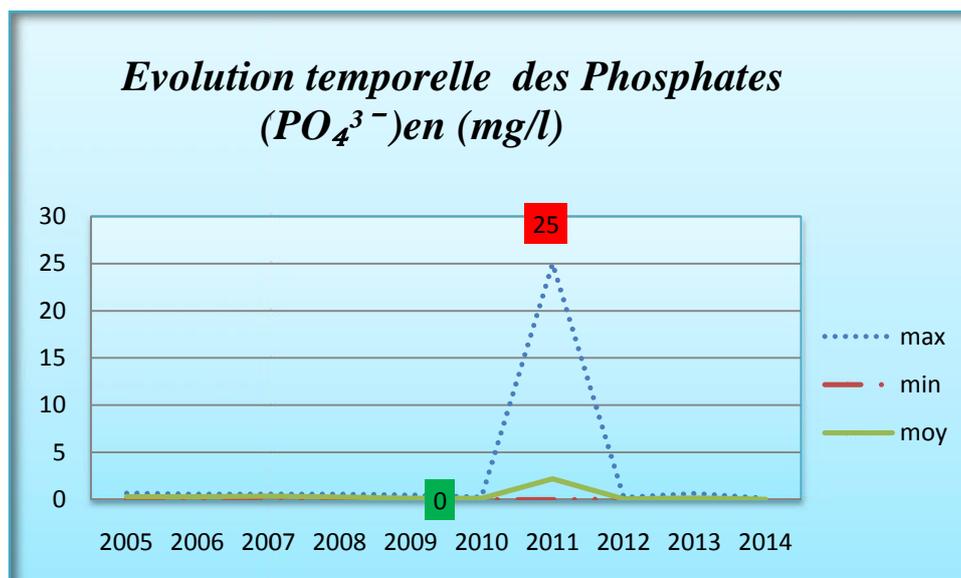


Figure N°42: Evolution temporelle de la teneur en Phosphates des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014)

B-12- Fer :

La teneur en Fer la plus élevée des eaux du barrage de Beni-Haroun est observée en le mois de février 2013 de l'ordre de 0.83 mg/l, et la valeur moyenne est égale à 0.09 mg/l.

Tableau N°28: Variation de la teneur en Fer des eaux du barrage de Beni-Haroun

paramètres	Paramètres statistiques de Fer (Fe^{2+}) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	0,83	0	0,09	0.15
Norme Algérienne : <0.3 mg/l Norme OMS : 0.3 mg/l				

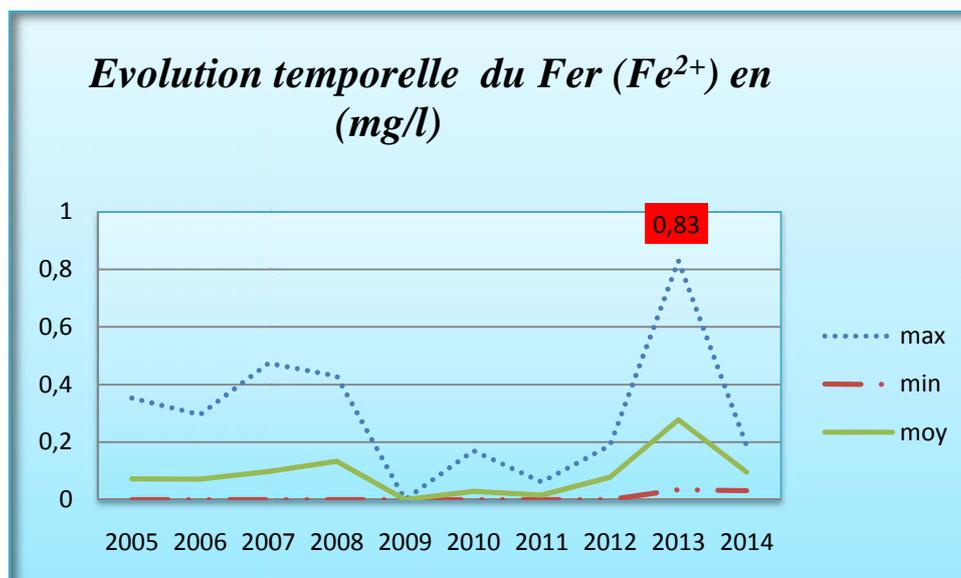


Figure N°43: Evolution temporelle de la teneur en Fer des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-13- Résidu sec à 105 °c :

La teneur en résidu sec au niveau des eaux du barrage Beni-Haroun présente des variations importantes. La valeur la plus élevée a été enregistrée en 2005, La valeur la plus faible a été enregistrée en 2010.

Tableau N°29: Variation de la teneur en Résidu sec à 105 °c des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de Résidu sec à 105°C(Rs105) en (mg/l)			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	1110	104,8	772,02	112.88
Normes algérienne : 1500 mg/l				

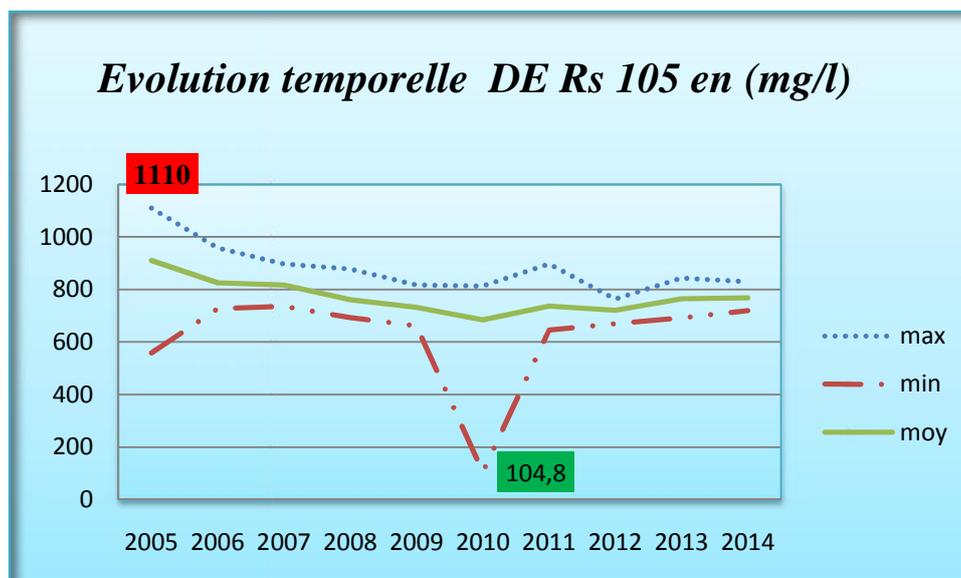


Figure N°44: Evolution temporelle de la teneur en Résidu sec à 105 °c des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014).

B-14- saturation en Oxygène :

On remarque que la saturation en oxygène au niveau des eaux du barrage Beni-Haroun présente des variations importantes. La valeur la plus élevée a été enregistrée en 2010, La valeur la plus faible a été enregistrée en 2005.

Tableau N°30: Variation de la teneur en saturation en O₂ des eaux du barrage de Beni-Haroun.

paramètres	Paramètres statistiques de saturation en O ₂ %			
	max	min	moye	écart type
barrage de Beni-Haroun (2005-2014)	190,58	44	92,88	25.10
Norme Algérienne : / Norme OMS : /				

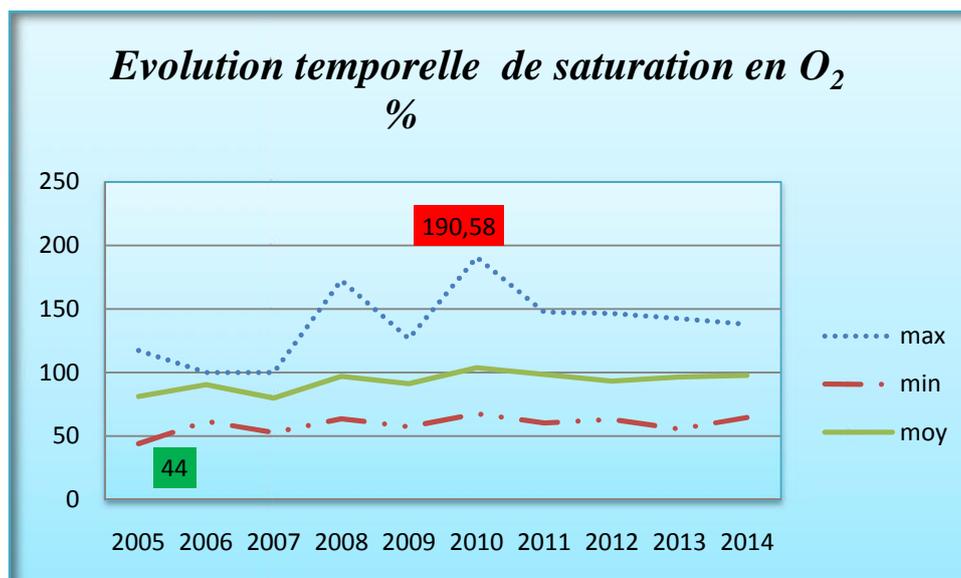


Figure N°45: Evolution temporelle de la teneur en saturation en O₂ des eaux du barrage de Beni-Haroun (période 2005-2014)

IV-4-1-3- Qualité actuelle des eaux du barrage :

La présentation des analyses physico-chimique des différentes zones en graphes et en Diagramme de Piper et Scholler.

- Kikaya.
- Oued Dib (eau de mélange).
- Oued Endja.

A/ Résultats des paramètres physico-chimiques :

A-1/ Résultats des paramètres Physique :

Tableau N°31: Les résultats des paramètres physiques des eaux de barrage Beni-Haroun février 2016.

Echantillon	pH	Turbidité	Conductivité	salinité	TDS	Résidu sec à 105c°
kikaya	7.21	5.14	1313	657	0.7	222
Oued Dib	7.98	2.29	1209	605	0.6	284
Oued Endja	8.37	4.21	1039	270	0.3	209

A-1-1- pH :

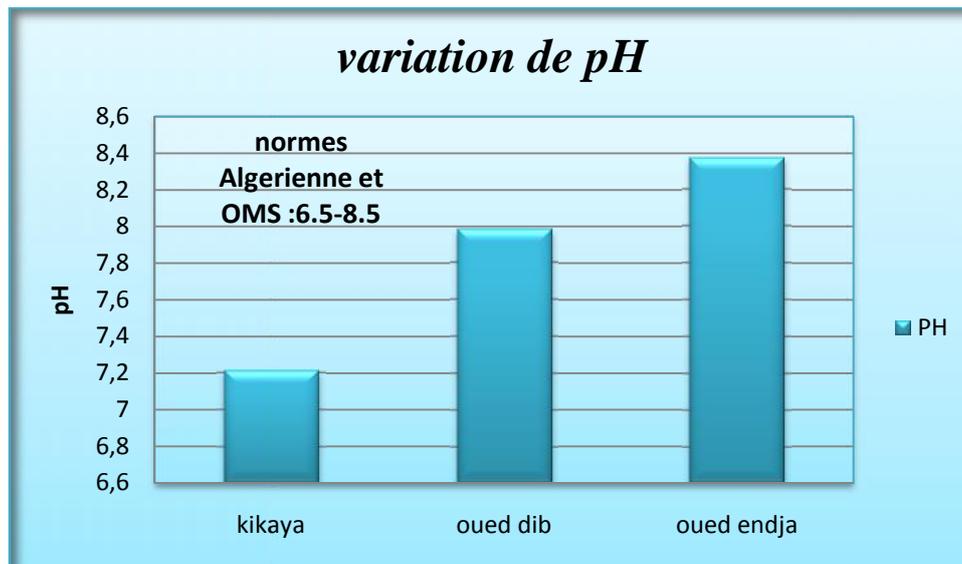


Figure N°46: Variation de pH de Beni-Haroun des stations d'étude.

Les valeurs du pH des eaux des trois échantillons montre une légère variation de ces teneurs qui oscillent entre 7.21 a kikaya, 7.98 oued dib et 8.37 a oued Endja. Ces valeurs enregistrées coïncident avec la norme de l'OMS et la norme Algérienne.

Nos résultats obtenus pour le pH montrent que les eaux du barrage sont alcalines dans toutes les stations.

A-1-2- turbidité :

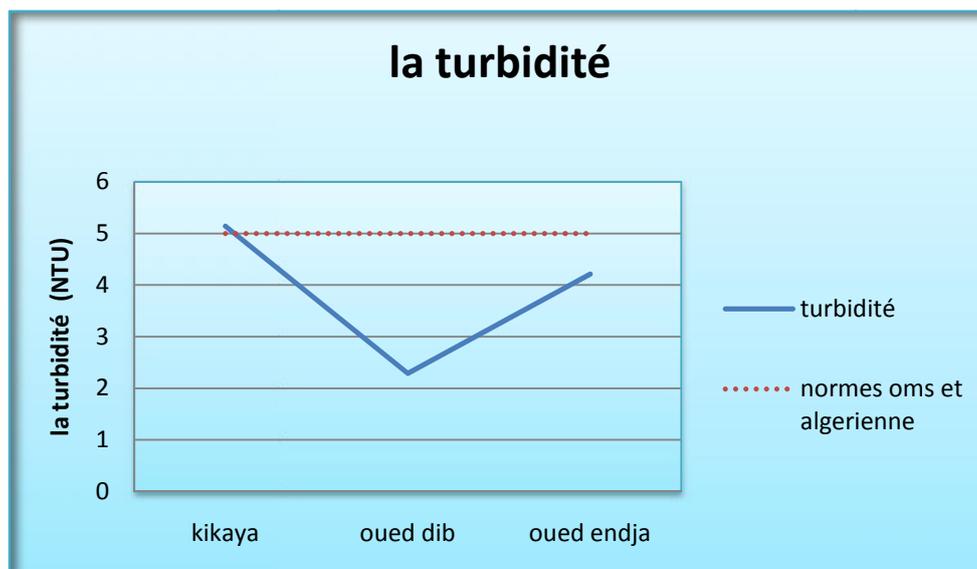


Figure N°47: Variation de la turbidité de Beni-Haroun des stations d'étude.

D'après les résultats des analyses sur les eaux du barrage de Beni-Haroun on remarque que les valeurs des turbidités coïncident avec la norme de l'OMS et algérienne.

A-1-3- Conductivité électrique :

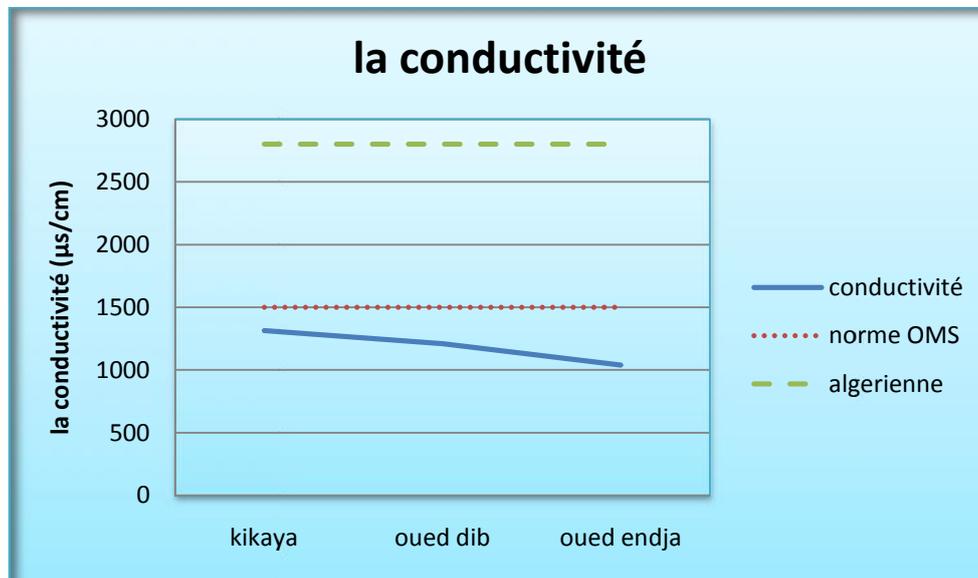


Figure N°48: Variation de la conductivité de Beni-Haroun des stations d'étude.

La conductivité électrique présente des variations irrégulières d'une station à une autre. La valeur la plus élevée (1313 $\mu\text{S}/\text{cm}$) a été enregistrée à kikaya et la plus faible (1039 $\mu\text{S}/\text{cm}$) a été enregistrée à oued Endja. Toutes les valeurs de la conductivité électrique mesurées dans l'eau du barrage de Beni-Haroun respectent les normes Algérienne et l'OMS.

A-1-4- salinité :

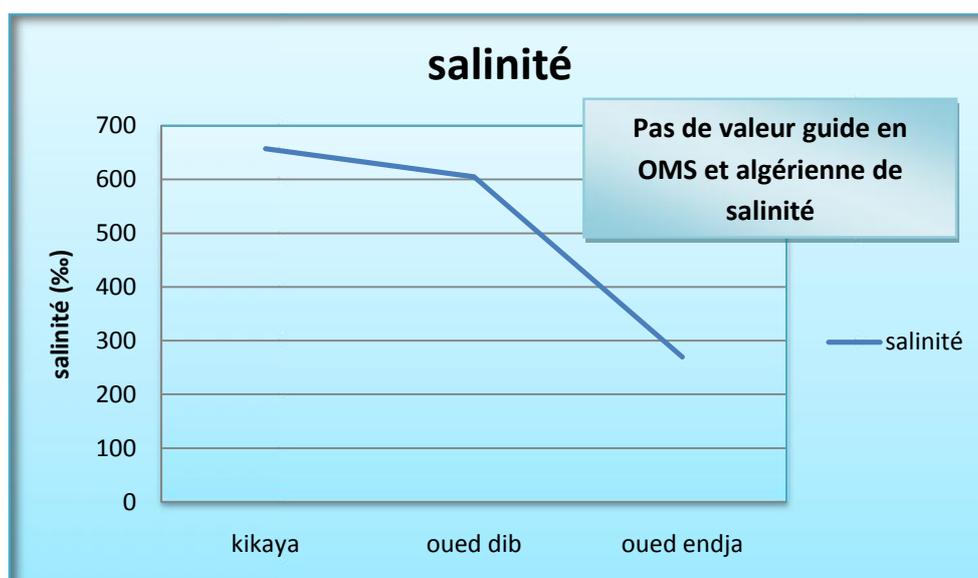


Figure N°49: Variation de la salinité de beni Haroun des stations d'étude.

La salinité des eaux du barrage de Beni-Haroun présente des variations importantes d'une station à une autre. La valeur la plus élevée (657‰) a été enregistrée à kikaya et la plus faible (270‰) a été enregistrée à oued Endja.

A-1-5- total des sels dessous (TDS) :

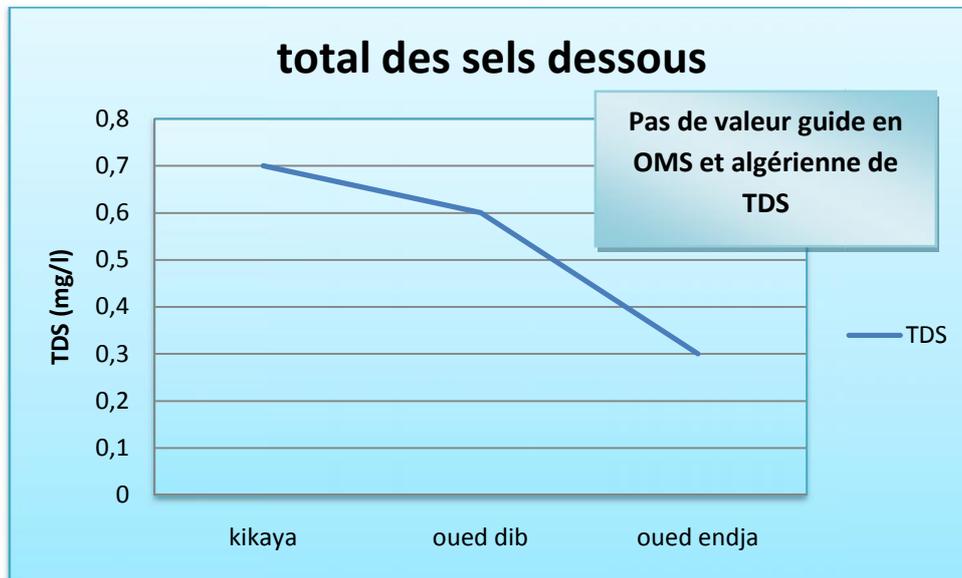


Figure N°50: Variation des sels dessous de Beni-Haroun des stations d'étude.

D'après les résultats des analyses du sel dessous présent des variations irrégulières d'une station à une autre. La valeur la plus élevée est 0.7mg/l a été enregistrée à kikaya et la plus faible est 0.3 a été enregistrée à oued Endja.

A-1-6- Résidu sec à 105 °c :

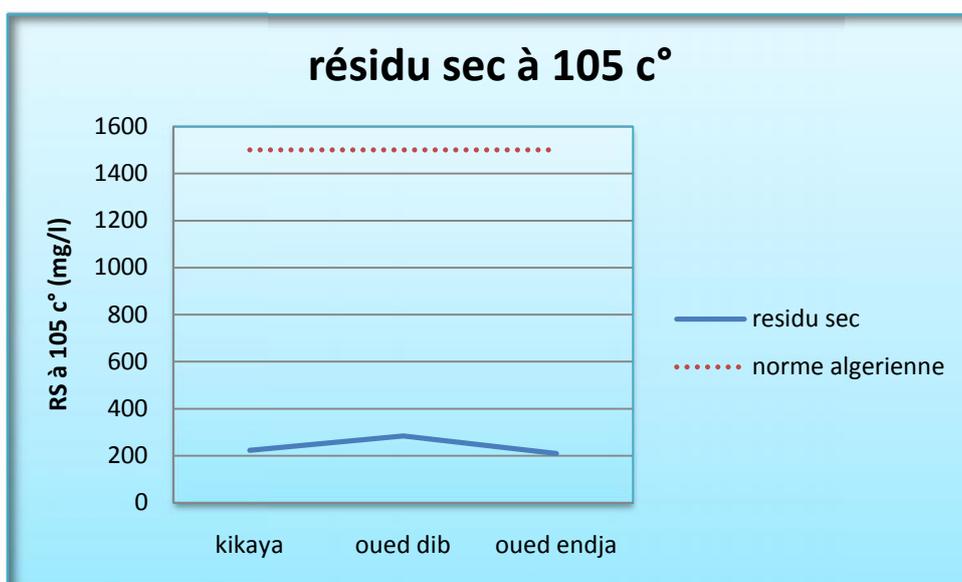


Figure N°51: Variation de résidu sec de Beni-Haroun des stations d'étude.

Le résidu sec présente des variations. La valeur minimale du résidu sec est de 209mg/l enregistré a oued Endja et la valeur maximale est de 284 mg/l mesurée a oued Dib.ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne.

A-2- Résultats des paramètres chimiques :

A-2-1- Les Cations :

Tableau N°32: les résultats des Cations des eaux du barrage Beni-Haroun.

Echantillon	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
kikaya	105.81	37.90	86	1
Oued Dib	64.12	15.06	91	4
Oued Endja	51.30	59.29	67	3

A-2-1-1- calcium :

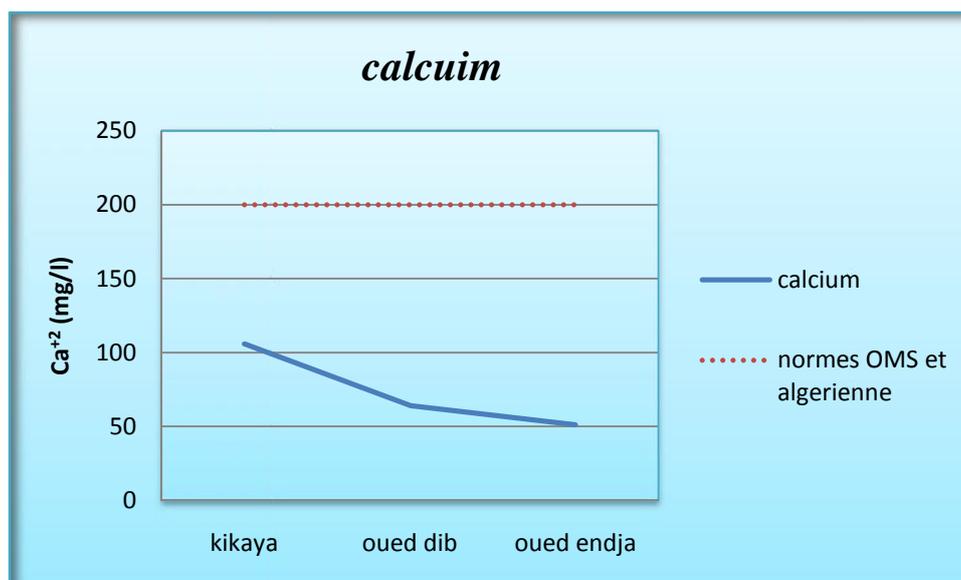
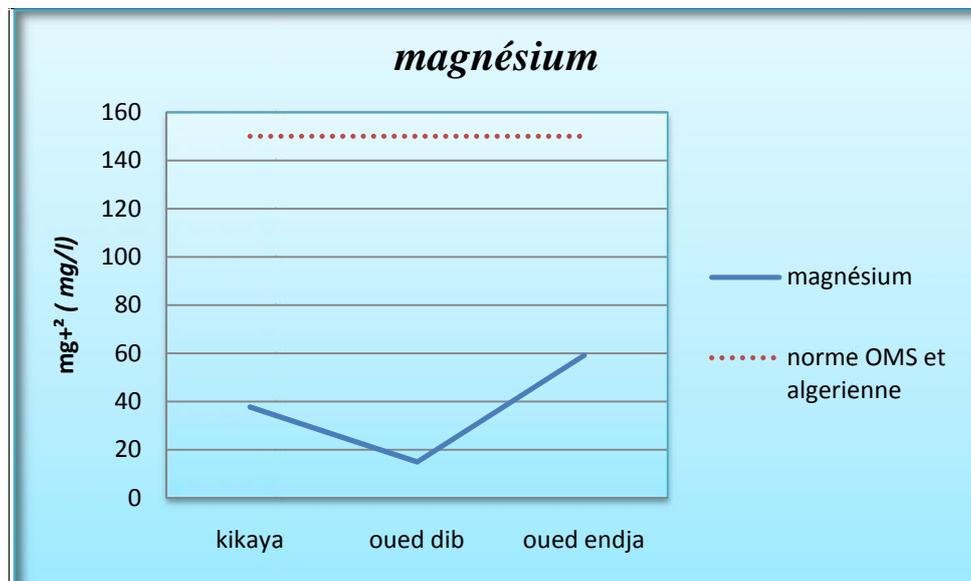


Figure N°52: Variation de calcium de Beni-Haroun des stations d'étude.

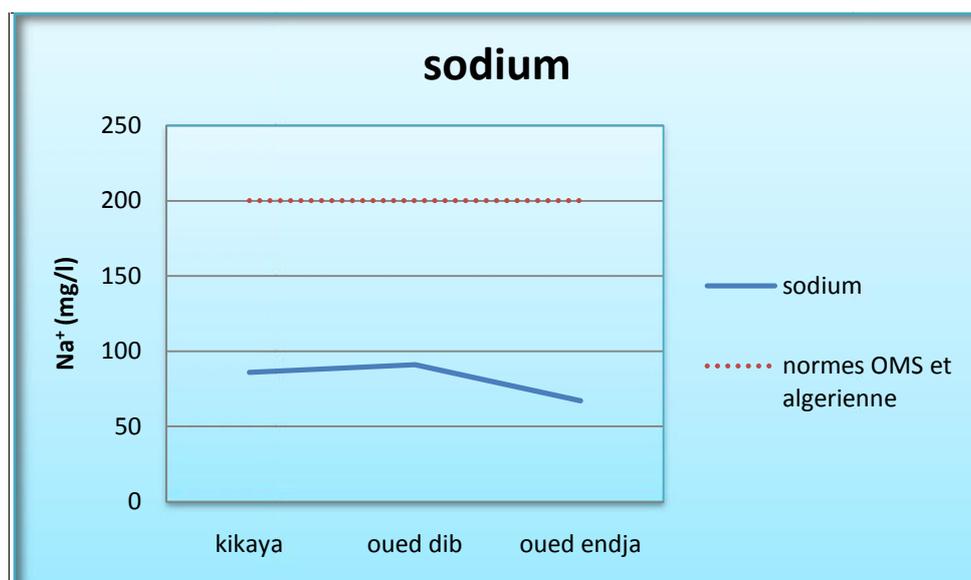
Les valeurs du calcium sont variables d'une station à une autre et d'un lieu de prélèvement à l'autre. Les eaux du barrage de Beni-Haroun présentent une valeur maximale de calcium de 105.81 mg/l à kikaya et une valeur minimale de 51.30 mg/l à oued Endja .les résultats des analyses de calcium respecté la norme de l'OMS et algérienne.

A-2-1-2- magnésium :

**Figure N°53: Variation de magnésium de Beni-Haroun des stations d'étude.**

Les teneurs en magnésium sont assez proches les unes des autres et varient d'une station à l'autre et d'un lieu de prélèvement à l'autre. Toutes les valeurs de magnésium mesurées dans l'eau du barrage de Beni-Haroun respectent les normes Algérienne et l'OMS.

A-2-1-3- sodium :

**Figure N°54: Variation de sodium de Beni-Haroun des stations d'étude.**

Les teneurs en sodium sont assez proches les unes des autres et varient d'une station à l'autre et d'un lieu de prélèvement à l'autre. Toutes les valeurs de sodium mesurées dans l'eau du barrage de Beni-Haroun respectent les normes Algérienne et l'OMS.

A-2-1-4- Potassium :

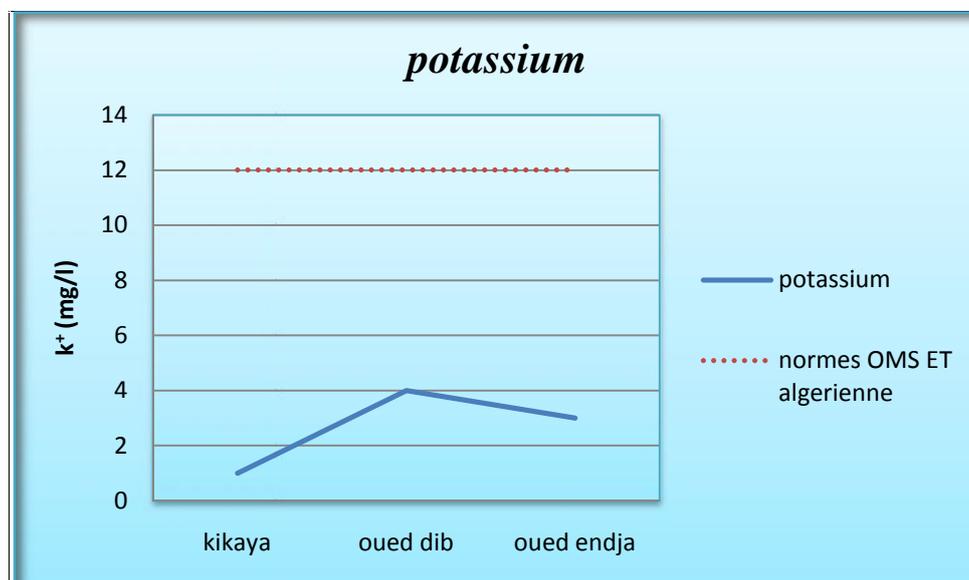


Figure N°55: Variation de potassium de Beni-Haroun des stations d'étude.

Les teneurs en potassium des eaux analysées sont aussi irrégulières, la valeur de potassium la plus basse est de 1 mg/l enregistrée à kikaya, la plus élevée est de 4 mg/l enregistrée à oued Dib. Toutes les valeurs mesurées dans les trois stations respectent les normes Algérienne et l'OMS.

A-2-2- Les Anions :

Tableau N°33: les résultats des Anions des eaux du barrage Beni-Haroun.

Echantillon	Cl ⁻ (mg/l)	So ₄ ⁻² (mg/l)	No ₃ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
Kikaya	19.85	21.67	9.34	212.28
Oued Dib	131.01	168.41	1	189.1
Oued Endja	63.81	94.02	2.1	68.32

A-2-2-1- chlorures :

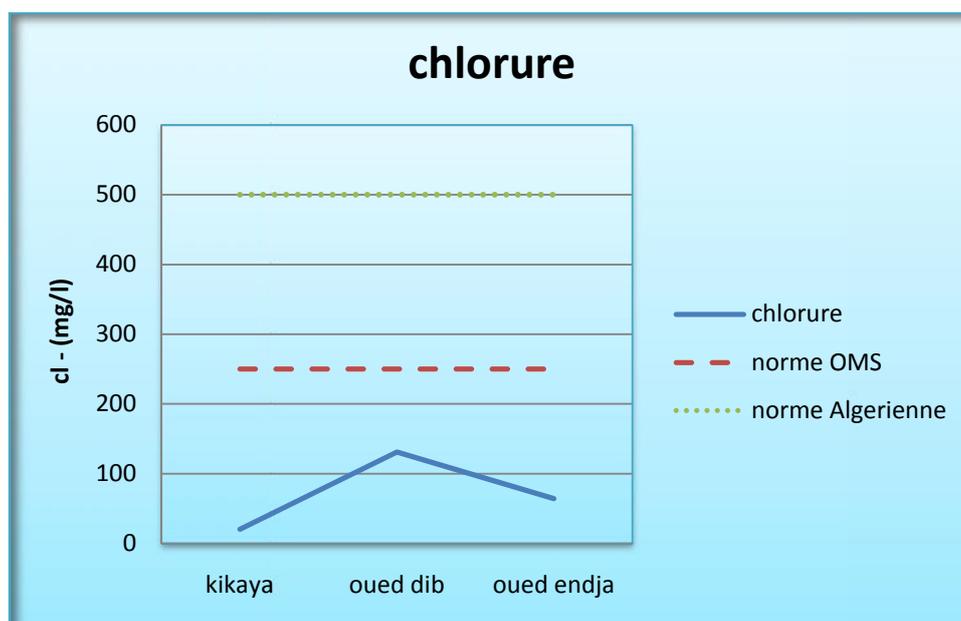


Figure N°56: Variation des chlorures de Beni-Haroun des stations d'étude.

Les teneurs en chlorures des eaux analysées sont aussi irrégulières, la valeur des chlorures la plus basse est de 19.85 mg/l enregistrée à kikaya, la plus élevée est de 131.01 mg/l enregistrée à oued Dib. Toutes les valeurs mesurées dans les trois stations coïncident avec les normes Algérienne et l'OMS.

A-2-2-2- Sulfates :

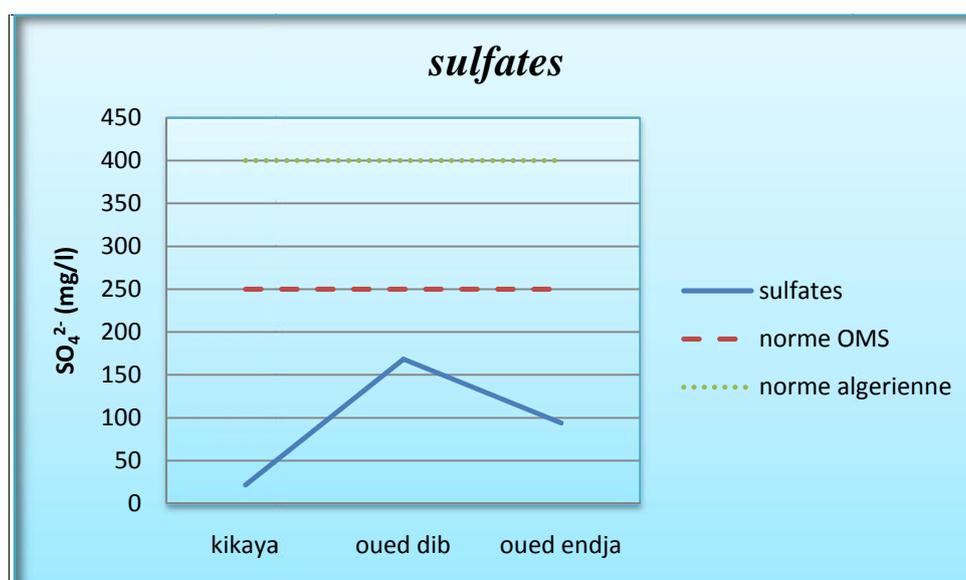


Figure N°57: Variation de sulfates de Beni-Haroun des stations d'étude.

Les sulfates présentent des teneurs irrégulières d'une station à une autre. La valeur la plus élevée est 168.41mg/l a été enregistrée à oued Dib et la plus faible est 21.67 a été enregistrée à kikaya. Toutes les valeurs mesurées dans les trois stations respectent les normes Algérienne et l'OMS.

A-2-2-3- Nitrates :

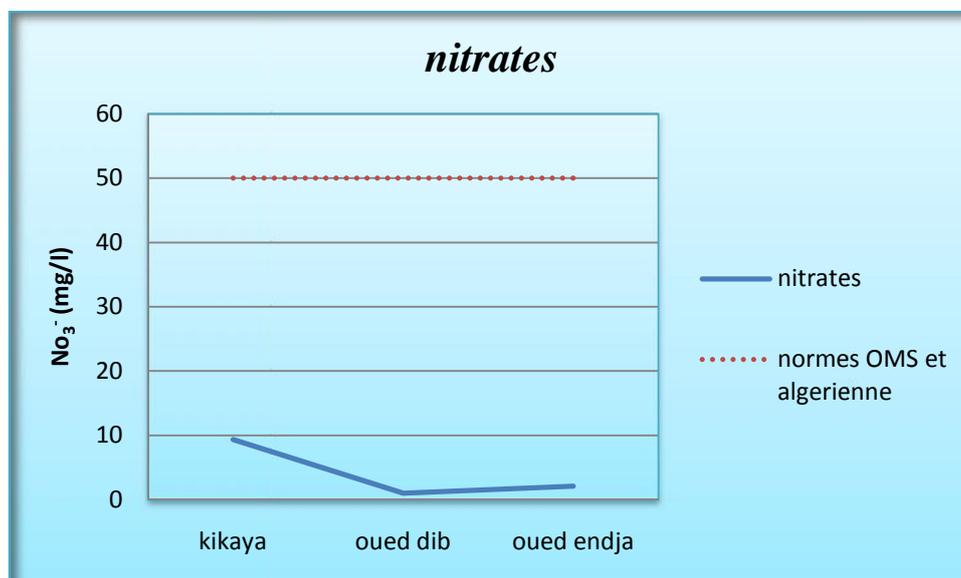


Figure N°58: Variation de nitrates de Beni-Haroun des stations d'étude.

Les résultats montrent que Les teneurs en nitrates les plus importantes sont enregistrées a kikaya, la valeur la plus faible est enregistrer a oued Dib. Toutes les valeurs mesurées dans les trois stations respectent les normes Algérienne et l'OMS.

B-2-2-4- bicarbonates :

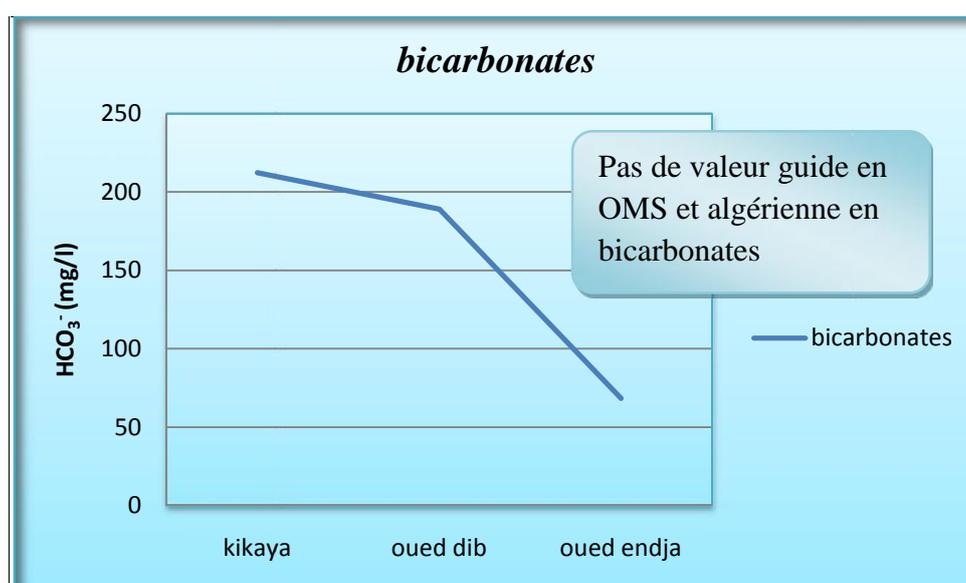


Figure N°59: Variation de bicarbonates de Beni-Haroun des stations d'étude.

Dans la zone d'étude elle excite une diminution de la teneur de HCO_3^- . La teneur la plus important est enregistrée à kikaya et la plus faible sont enregistrées à oued Endja. Pour les bicarbonates pas de valeur guide.

B/ Résultats des paramètres indicateurs de pollution :

Tableau 34: les résultats des paramètres indicateurs de pollution des eaux en mg/l.

Echantillon	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	MO (mg/l)
kikaya	9.34	0.015	0.063	1.83
Oued Dib	1	0.002	0.005	3.92
Oued Endja	2.1	0.007	0.044	6.46

B-1- Nitrite :

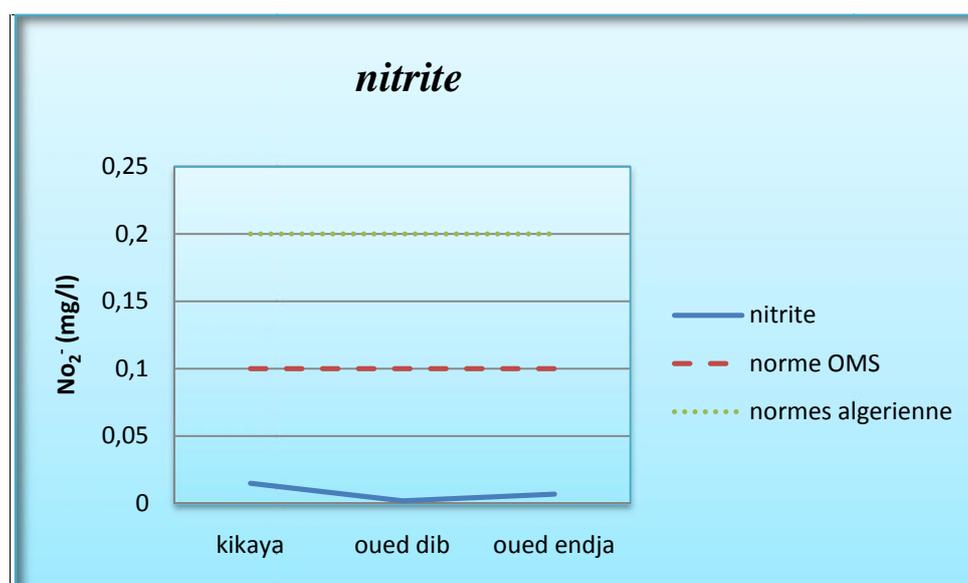


Figure N°60: Variation de nitrite de beni Haroun des stations d'étude.

Le résultat d'analyse de nitrite présente des teneurs légèrement variables d'une station à l'autre. La valeur la plus élevée est 0.015mg/l a été enregistrée à kikaya et la plus faible est 0.002 mg/l a été enregistrée à oued Dib. Toutes les valeurs mesurées dans les trois stations respectent les normes Algérienne et l'OMS.

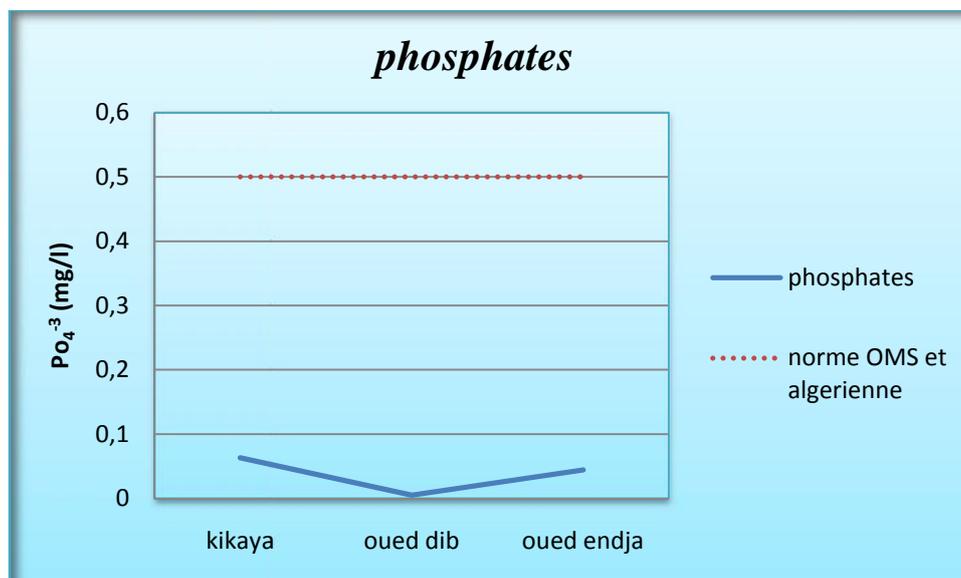
B-2- Phosphates :

Figure N°61: Variation de phosphates de Beni-Haroun des stations d'étude.

Les teneurs en phosphates présentent des variations faibles d'une station à l'autre. La valeur la plus élevée est 0.063mg/l a été enregistrée à kikaya et la plus faible est 0.005 mg/l a été enregistrée à oued Dib. À partir de ces valeurs on peut dire qu'elles sont conformes à la norme de l'OMS et la norme Algérienne.

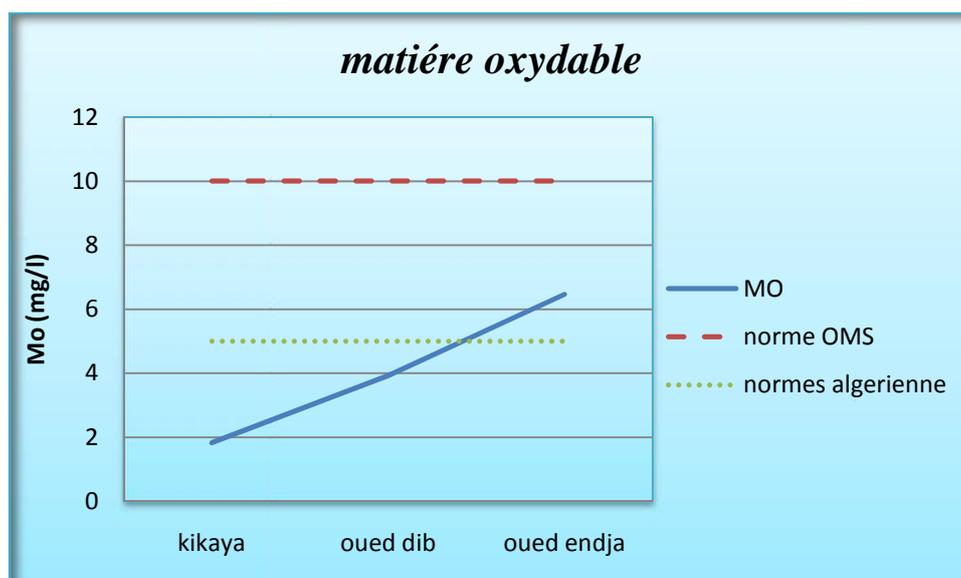
B-3- Matière oxydable :

Figure N°62: Variation de la matière oxydable de Beni-Haroun des stations d'étude.

Les Résultats des analyses montrent que les eaux du barrage de Beni-Haroun présentent des concentrations en Matière oxydable peu variables, elles varient entre la valeur minimale de 1.63 mg/l observée à kikaya et la valeur maximale est égale à 6.46 mg/l marquée à oued Endja, Ces valeurs sont conformes à la norme de l'OMS et supérieur aux normes Algérienne à oued Endja.

Remarque :

D'après les résultats effectués du barrage Beni-Haroun, On remarque que toutes les analyses coïncidentes avec les normes algériennes et l'OMS sauf les résultats de la turbidité, et la matière oxydable ont dépassé légèrement les limites aux normes.

C/ Faciès chimiques et classification des eaux :

Tableau N°35 : Le Faciès chimique des eaux de kikaya, oued Dib, et oued Endja.

Echantillons	Formule ionique	Faciès chimique
kikaya	$r\%HCO_3^- > r\%Cl^- > r\%SO_4^{2-} > r\%NO_3^-$ $r\%Ca^{+2} > r\%Mg^{+2} > r\%Na^+ > r\%K^+$	Bicarbonatée- calcique
Oued Dib	$r\%Cl^- > r\%SO_4^{2-} > r\%HCO_3^- > r\%NO_3^-$ $r\%Ca^{+2} > r\%Na^+ > r\%Mg^{+2} > r\%K^+$	Chlorurée-calcique
Oued Endja	$r\%SO_4^{2-} > r\%Cl^- > r\%HCO_3^- > r\%NO_3^-$ $r\%Mg^{+2} > r\%Na^+ > r\%Ca^{+2} > r\%K^+$	Sulfatée- magnésienne

C-1- Digramme de Piper :

Le diagramme de Piper permet de visualiser sur le triangle des anions ou des cations des échantillons analysés et de définir non seulement leur faciès grâce aux éléments major, mais de suivre également leur évolution dans le temps. La représentation des concentrations et exprimée en pourcentage. La représentation des données de l'analyse de l'eau de kikaya, eau de oued Dib, eau de oued Endja sur le diagramme de Piper, permis de distinguer trois faciès chimiques de type carbonatée- calcique, Chlorurée-calcique et Sulfatée-magnésienne.

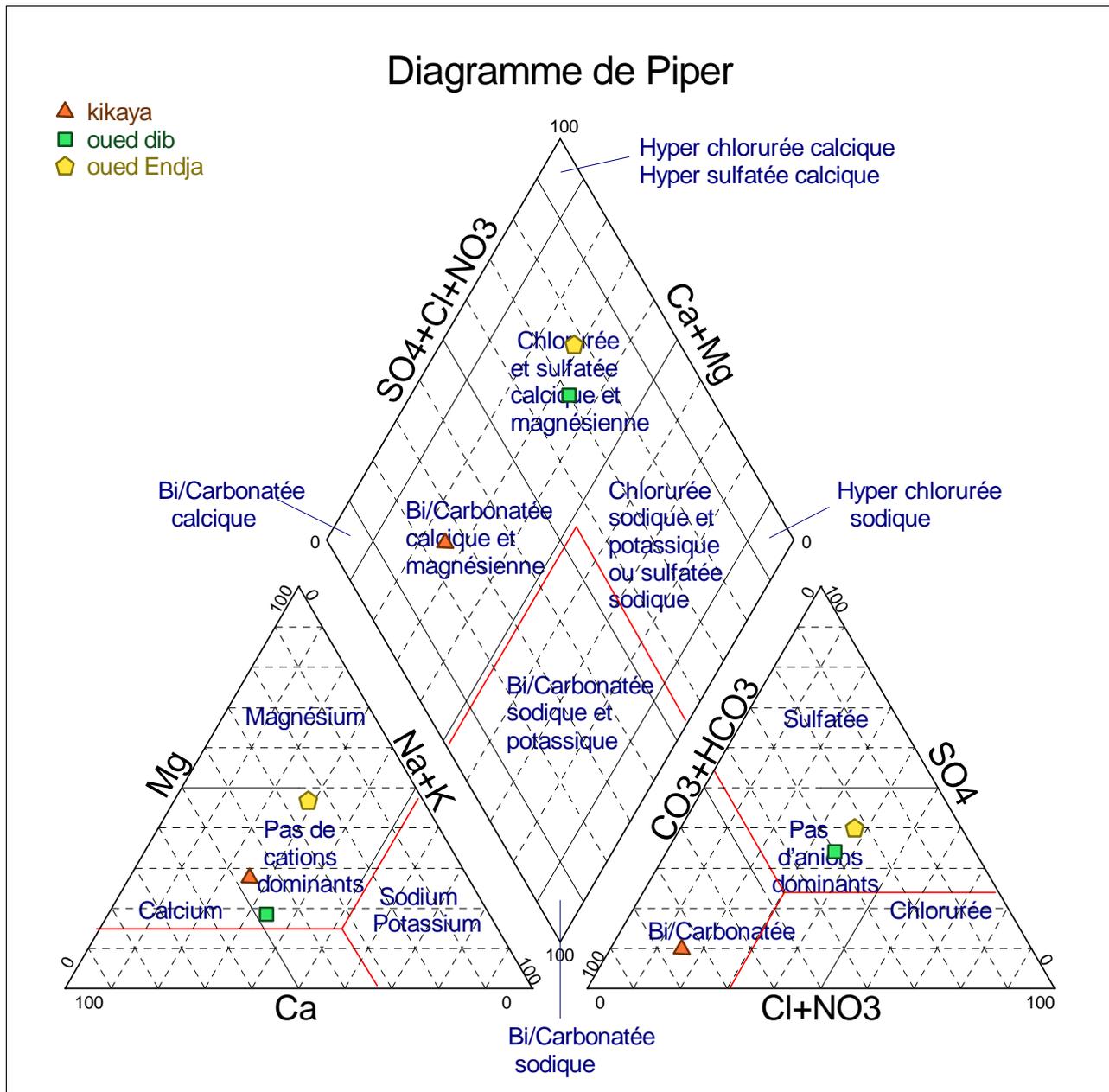


Figure N°63: Classification des eaux d'après Piper de kikaya, oued Dib et oued Endja.

C-2- Diagramme de Scholler-Berkaloff :

Ce diagramme comporte une échelle logarithmique sur laquelle on porte les teneurs des principaux ions en (mg/l) sur l'axe des abscisses. On porte de gauche à droite, à intervalle régulier (Ca^{+2} , Mg^{+2} , $Na^{+}+K^{+}$, Cl^{-} , SO_4^{-2} , HCO_3^{-}), les points reportés sont ensuite reliés par une ligne brisée qui facilite la comparaison des résultats de l'analyse de l'eau d'un ensemble d'échantillons. D'une manière générale, l'allure des courbes brisée, montre que les faciès de l'eau de kikaya, oued Dib et oued Endja sont de type carbonatée-calcique, Chlorurée-calcique et Sulfatée-magnésienne.

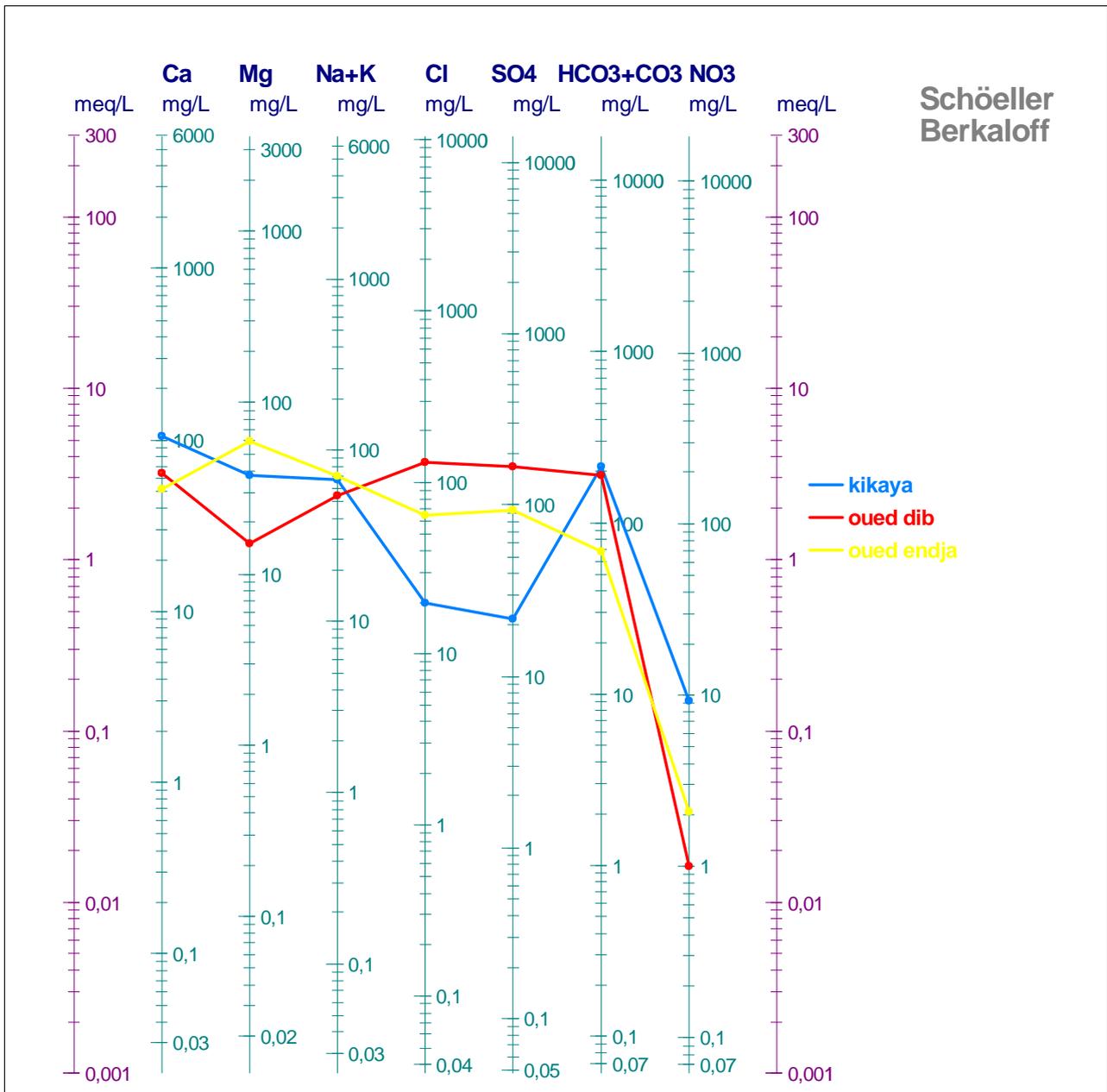


Figure N°64: Classification des eaux d'après scholler Berkaloff de kikaya, oued Dib et oued Endja.

IV-4-2- Qualité des eaux :

IV-4-2-1- Pour l'AEP :

Selon les normes Algérienne aussi bien celle de l'OMS, on remarque que la turbidité, la matière oxydable dépassent légèrement les normes et le reste des paramètres ont des teneurs inférieures à les normes (**voir tableau 36**).

Tableau N°36: la qualité des eaux selon les Normes.

Paramètres	Unité	Kikaya	Oued Dib	Oued Endja	Norme OMS	Norme Algérienne
ph	/	7,21	7,98	8,37	6.5 à 8.5	6.5 à 8.5
turbidité	NTU	5,14	2,29	4,21	5	<5
conductivité	µs/cm	1313	1209	1039	1500	<2800
salinité	‰	657	605	270		-
TDS	mg/l	0,7	0,6	0.3		-
nitrites	mg/l	0,015	0,002	0,007	Max 0.1	<0.2
nitrates	mg/l	9,34	1	2.1	Max 50	<50
sulfates	mg/l	21,67	168,41	94,02	Max 250	<400
phosphate	mg/l	0,063	0,005	0,044	Max 0.5	<0.5
calcium	mg/l	105,81	64,12	51,3	200	<200
magnésium	mg/l	37,9	15,06	59,29	150	<150
sodium	mg/l	86	91	67	200	<200
potassium	mg/l	1	4	3	12	<12
bicarbonates	mg/l	212,28	189,1	68,32	-	-
matières oxydables	mg/l	1,83	3,92	6,46	10	<5
chlorures	mg/l	19,85	131,01	63,81	Max 250	<500
résidu sec	mg/l	222	284	209		1500

IV-4-2-2- Pour l'irrigation :

le forte demande dans le domaine conduit à utiliser l'eau de surface mobilisé pour l'irrigation. Ceci nous amène à évaluer leur aptitude à l'irrigation selon le diagramme de Richard.

L'évolution de la qualité de l'eau d'irrigation est donnée par les travaux de l'USSL (1954) puis complétée par DURANT (1958). D'après les concentrations du sodium par rapport au calcium et au magnésium la relation suivante est utilisée :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}+\text{Mg})}{2}}}$$

$$\text{Na \%} = \frac{(\text{Na}+\text{K})}{(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K})}$$

➤ **Classe de risque de Salinité :**

Quatre classes de risques de salinité ont été définies par l'United States Département of Agriculture (Clément & Galland, 1979), ce sont :

C1 risque faible	CE	250 (µs/cm)
C2 risque moyen	250 < CE	750
C3 risque élevé	750 < CE	2250
C4 risque très élevé	CE > 2250	(µs/cm)

➤ **Classe de risque de l'alcalinité :**

Quatre classes de risque alcalin ont été définies, en relation avec le risque salin c'est :

S1 risque faible	S.A.R	10
S2 risque moyen	10 < S.A.R	18
S3 risque élevé	18 < S.A.R	26
S4 risque très élevé	S.A.R > 26,	(Clément & Galand, 1979)

Tableau N°37: Les valeurs de la conductivité, SAR et Na%.

	Conductivité	SAR	Na %
kikaya	1313	7,79	29,04
Oued Dib	1209	7,95	40,55
Oued Endja	1039	9,01	38,76

D'après U.S. Département of Agriculture les eaux du barrage Beni-Haroun présentent un risque élevé du côté de salinité vu qu'elles sont classées dans les classes C3 et présentent un risque faible de côté alcalin.

IV-4-2-2-1- Classification des eaux selon de Wilcox :

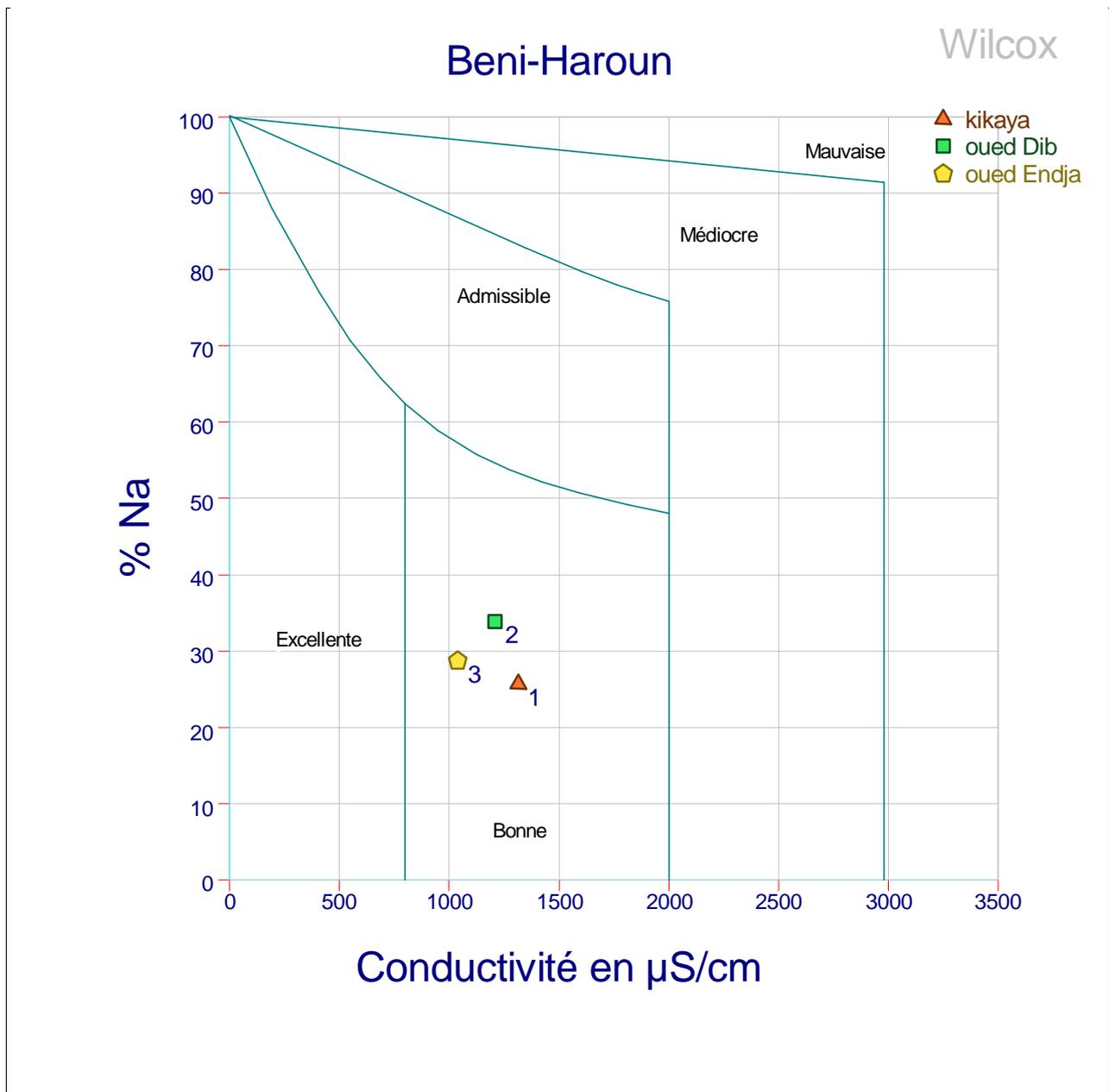


Figure N°65: Classification des eaux d'irrigation selon la méthode de Wilcox.

Le diagramme de Wilcox, montre que l'eau de kikaya, oued Dib et oued Endja appartiennent aux classes bonnes pour l'irrigation.

IV-4-2-2-2- Classification des eaux selon de Richard :

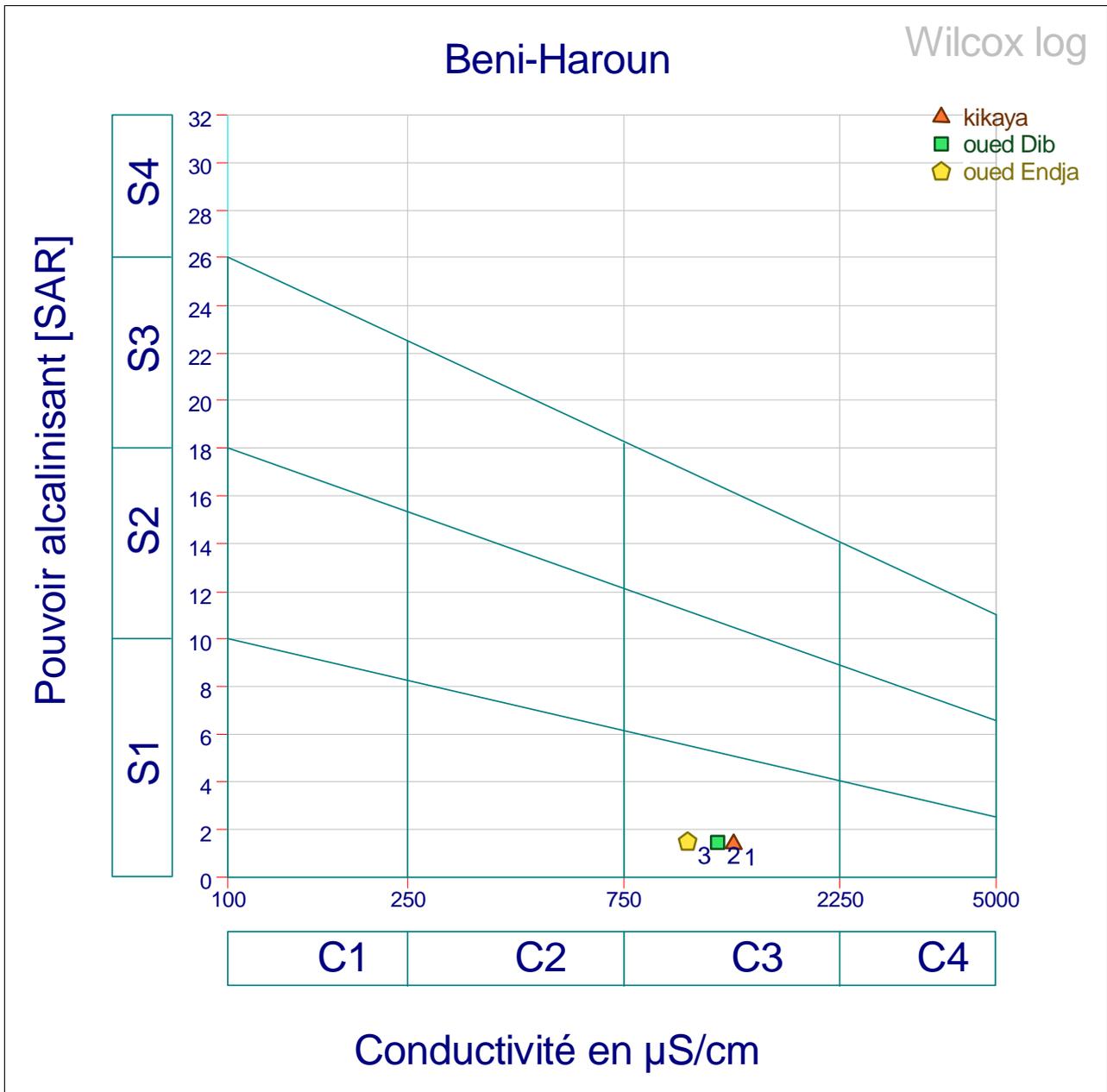


Figure N°66: Classification des eaux d'irrigation selon la méthode de Richard.

Le diagramme de Richards montre que l'eau de kikaya et oued Dib et oued Endja appartiennent à la même classe (C3S1).

(C3S1) ➡ Qualité moyenne à médiocre. A utilisé avec précaution. Nécessité de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.

Tableau N°38 : Les différentes classes de classification et leurs interprétations.

Classes	Interprétation
C1-S1	Bonne qualité pour l'irrigation. Précaution avec les plantes sensibles.
C1-S2, C2-S1	Qualité moyenne à bonne, A utilisé avec précaution dans les sols mal drainé et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).
C2-S2, C1-S3, C3-S1	Qualité moyenne à médiocre. A utilisé avec précaution. Nécessité de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.
C1-S4, C2-S3, C3-S2, C4-S1	Qualité médiocre à mauvaise. Exclure les plantes sensibles et les sols lourds. Utilisation avec beaucoup de précautions dans les sols légers et bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.
C2-S4, C4-S2, C2-S2	Qualité mauvaise. A n'utiliser, avec beaucoup de précautions que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensables
C3-S4, C4-S3	Qualité très mauvaise. A n'utilisé que dans des circonstances exceptionnelles.
C4-S4	Déconseillé pour l'irrigation.

Conclusion :

Des importantes remarques sont observées dans ce chapitre :

- l'évolution des paramètres physico-chimiques du barrage de Beni-Haroun durant la période (2005-2014) a une variation importante, alors que la majorité de ces paramètres respectent les normes de l'OMS et Algérienne à l'exception quelques paramètres parfois dépassent les normes comme la turbidité, le fer, l'ammonium, nitrite, phosphate et sulfate.
- On peut dire que le faciès chimique des eaux de kikaya, oued dib et oued Endja est déficient. D'après la série d'analyses des eaux, certains paramètres tels que la turbidité, et la matière oxydable sont dépassés légèrement les limites aux normes et le restes des paramètres sont respectent les normes.
- Selon la classification de Piper et scholler Berkaloff les faciès existents dans les trois eaux sont : bicarbonatée calcique, chlorurée-Calcique et sulfatée-magnésienne.
- selon la norme de l'irrigation les trois échantillons de l'eau brute présentent une faible alcalinité, mais un danger de salinité élevée et se classent comme une eau apte à être utilisée en agriculture, il ne reste que connaître le type d'irrigation qui va avec la nature des plants et arbres qui supportent cette eau.

Conclusion Générale:

L'objectif principal du présente mémoire est d'estimer la qualité physico-chimique des eaux brutes du Barrage de Beni Haroun et surtout nous avons mis l'accent sur l'aptitude à l'irrigation, Cette étude nous à aider à tirer les conclusions suivantes :

- Le bassin de Beni Haroun est situé en grande partie sur le versant méridional du bombement tellien. Il représente à ce titre une zone intermédiaire entre le domaine tellien à très forte influence méditerranéenne au nord et le domaine des hautes plaines à forte influence continentale au sud.
- Le bassin versant de Beni Haroun est drainé par deux cours d'eau très importants : Oued Rhumel et Oued Endja. La confluence de ces deux Oueds à l'amont de l'Oued El Kébir.
- La région d'étude est caractérisée par un climat typiquement Tempéré., Les Précipitations moyennes mensuelles inter-annuelles sont de l'ordre de 679.90 mm, avec une température moyenne mensuelle inter-annuelles de l'ordre de 16.39 C°.
- Les paramètres physico-chimique et aussi l'étude des paramètres de pollution anthropique surtout que la zone est à vocation agricole. on a recensé plusieurs localités répartie sur les deux affluents principaux du barrage. nous avons menu plusieurs compagnes (kikaya, oued Dib et oued Endja). Le choix des points de prélèvement a été fait d'une manière judicieuse de telle sorte à avoir l'eau de l'affluent d'oued Endja et oued Rhumel.
- Les analyses ont été effectués dans le laboratoire d'ADE Mila montre généralement que les eaux bruts du barrage Beni Haroun respecte la norme Algérienne et la norme OMS
- selon la norme de l'irrigation les trois échantillons de l'eau brute se classent comme une eau apte à être utilisée en agriculture, il ne reste que connaitre le type d'irrigation qui va avec la nature des plantes et les arbres qui supportent cette eau.

Référence

[3] **BOUCHELOUKH S.et BOUCHABTOUL D.** Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des sources de el-badssi et ain guemra dans la commune de Grarem Gouga. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention de brevet de technicien supérieur en traitement des eaux. I.n.s.f.p laarbi ben m'hidi – Mila .2011.17-18 p.

[4] **CHARIF S.et GUECHI D** .Etude comparative entre la qualité physico-chimiques & bactériologiques des eaux de consommation humaine & des eaux thermales dans la région de Geni Guecha Ferdjioua -wilaya de Mila. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention de brevet de technicien supérieur en traitement des eaux .i.n.s.f.p laarbi ben m'hidi – Mila 2011.9 p.

[5] **BEN RABAH S.** Etat actuel des ressources en eau dans la wilaya de skikda (essai de synthèse) bilan – gestion - perspective. Ingénieur d'état. Université badji Mokhtar-Annaba. Département de géologie.2006.1 p.

[6] **La direction technique chargée des statistiques régionales et de la cartographie.** Statistiques sur l'environnement Alger, office national des statistiques – février 2015 – .11 p.

[7] **Mme BOUZIANI.** Eau, environnement et énergies renouvelables : vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie. Doctorat en sciences de gestion. Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen-.2015.73-103 p.

[8] **NICHANE M.et KHELIL M. A.** Changements climatiques et ressources en eau en Algérie : vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation.vol 4 n° 2 décembre 2014.pp 1-7

[9] **BOUAICHA A.** Simulation numérique de l'effet de tremblement de terre sur les barrages en terre. magister en génie civil .université Mohamed khider – Biskra. Département génie civil et hydraulique.2013. 27-29 p.

[10] **MOULAY ELBOUDKHILI A.** Etude paramétrée de la stabilité des barrages poids. Master en génie civil. Université Abou Bekr Belkaid. Département de génie civil. 2014.4-15 p.

[11] **HERAGMI A.** Choix et conception de l'organe de l'étanchéité des barrages en terre barrage el-Agrem jijel. Magister hydraulique urbaine et construction hydraulique. Université Badji-Mokhtar-Annaba. Département d'hydraulique.2009.24-31 p.

[12] **TOUKA C.** gestion du barrage Beni –Haroun et estimation des apports liquides. Mémoire de master ii en géologie. Université du colonel el-hadj Lakhdar Batna.13 p.

[13] **ANBT.** Mémoire technique

[14] **MERABET S.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. Magister en chimie analytique. Université Mentouri de Constantine. Département de chimie. 2010.26 p

[15] **RABIA Y .et DJAMAA Y.** Contribution a l'évaluation de la qualité des eaux du barrage Beni Haroun dans la région de Mila. Diplôme de master ii biologie appliqué et environnement. Institut des sciences et de la technologie. Centre universitaire de Mila. 2014.28-40 p.

[16] **SIAR N .et Al.** Etude hydro-climatologique du bassin versant du barrage de Beni Haroun Mila. Mémoire licence académique en hydraulique. Spécialité sciences hydrauliques, institut des sciences et de technologie. Centre universitaire de Mila.2014. 12-14 p.

[17] **MELGHIT M.** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau / sédiments de l'oued Rhumel,et des barrages hammam Grouz et Beni Haroun. Magistère en écologie. Université Mentouri de Constantine. Faculté des sciences de la nature et de la vie.17-19 p.

[18] **Merzougui S.et Halloufi N.** Caractérisation hydro chimique des eaux du barrage de Koudiet Medouar après le transfert hydraulique a partir du barrage de Beni Haroun .diplôme de master ii en géologie. Université el- hadj Lakhdar-Batna. Département des sciences de la terre et de l'univers.49-59.61-104 p.

[19] **MEKAOUSSI N.** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (est algérien). Mémoire de magister en hydraulique numérique et environnement. Institut de génie civil, d'hydraulique et d'architecture.2014.6 p.

[20] **BOUHANNECHE F .et HAMMADA L.** l'évaluation physico-chimique et biologique de la qualité des eaux de l'oued Endja. Diplôme de master ii en biologie. Centre universitaire de Mila, institut des sciences et technologie. Département de science et technologie.2014.5-19 p.

Sites internet :

[1] (<http://www.technoscience.net/?onglet=glossaire&definition=5754>).

[2] <http://www.vivaqua.be/fr/espace-clients/cycle-naturel-de-leau>).

Annexes 01 : Matérielle de laboratoire physico- chimique.



► Turbidimètre

Définition

La turbidité désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle est causée par des particules en suspension qui absorbent ou réfléchissent la lumière.



► Jar-test

Définition

Le jar-test consiste en une rangée de béchers alignés sous un appareillage permettant de tous les agiter à la même vitesse en même temps. Les différents béchers ont reçus une dose différente de réactifs et à la fin de l'expérimentation, on détermine quel sont les quantités de réactifs à injecter sur le procès (sulfate, polymère, acide, KMnO_4 ...etc.)



► PH- mètre

Définition

La mesure du pH (potentiel Hydrogène) traduit l'acidité ou l'alcalinité d'un milieu, la neutralité étant à pH 7 Température °C
 $\text{PH} = - \log (\text{H}^+)$



Définition

La conductivité détermine l'ensemble des minéraux (cations + anions) présents dans une solution elle traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant. L'unité de mesure est le micro siemens/cm ($\mu\text{s/cm}$).

► Conductimètre



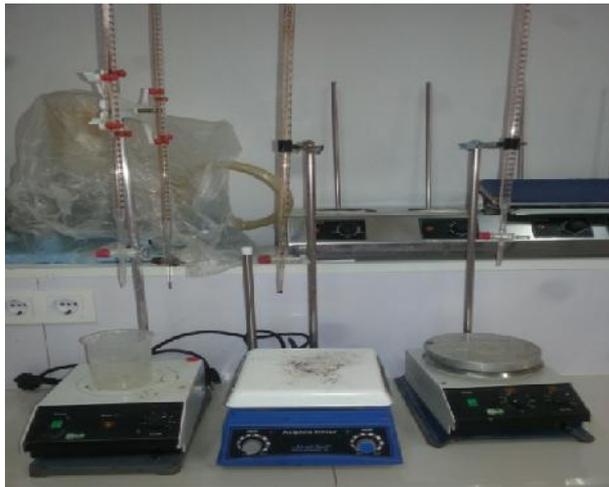
Le spectromètre

- Mesure des ammoniums, nitrites, nitrates, Aluminium, Magnésium, sodium, potassium, chlorure, sulfate, bicarbonate, phosphate, DBO5, Fer et Manganèse.

► Spectromètre



► Dessiccateur Etuve



► Agitateur



► La hotte d'aspiration



► Bain marie.

Annexes 02 : Les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques de l'eau utilisée

Paramètre	Unité	Méthode	Appareillage
Température	°C	Lecture directe	pH mètre
pH	-	Lecture directe	pH mètre
Conductivité électrique (CE)	µS/ cm	Lecture directe	Conductimètre
Oxygène dissous	mg.L ⁻¹	Lecture directe	Oxymétrie
l'alcalinité totale(TAC)	mg.L ⁻¹	Méthode titrimétrie (Rodier, 2005)	Volumétrie
Nitrite	mg.L ⁻¹	La diazotation de l' amino-4- benzène sulfonamide par les nitrates). (Rodier, 2005)	Spectrophotomètre Absorption Moléculaire
Nitrate	mg.L ⁻¹	Méthode au salicylate de sodium (Rodier, 2005).	Spectrophotomètre Absorption Moléculaire
Ammonium	mg.L ⁻¹	Méthode au bleu d'indophénol en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate (Rodier, 2005).	Spectrophotomètre Absorption Moléculaire
Calcium	mg.L ⁻¹	Méthode tetrimétrique à l'EDTA (Rodier, 2005)	Volumétrie
Magnésium	mg.L ⁻¹	Méthode tetrimétrique à l'EDTA (Rodier, 2005)	Volumétrie
Dureté totale	mg.L ⁻¹	Méthode tetrimétrique à l'EDTA noir d'ériochrome à 5% (Rodier, 2005)	Volumétrie