



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA

Faculté de Science de la vie et la nature

Département de Biologie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Réalisé en vue de l'obtention du diplôme de MASTER II

Option : écologie fondamentale et appliqué

Thème

*Contribution à l'étude de la qualité physique et chimique des
eaux du barrage de BABAR (W- Khenchela)*

Par

MERAH Samira - FETHOUN Dounia

Soutenu le 18/07/2021 devant le jury composé de :

Président : Dr. OUANES Meyada -MCB-

Professeur Uni. KHENCHELA

Encadreurs : Dr. MAZHOUD Amel -MAA-

Professeur Uni. KHENCHELA

Examineurs : Dr. LAKHDHARI Soumia -MAA-

Professeur Uni. KHENCHELA

Année Universitaire: 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements :

Au terme de ce travail, qui fut l'un des travaux les plus importants de notre carrière académique, d'abord grâce au succès que nous avons reçu de Dieu Tout-Puissant

En premier lieu je m'adresse par mes sincères remerciements à madame mezhoud amel, professeur à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie, université de Zhenchela, qui a bien voulu assurer un encadrement continu et rigoureux de ce travail.

A madame ounes meyhada professeur à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie, université de Zhenchela. Ses compétences scientifiques, ses conseils fructueux et son aide ont amplement contribué à l'aboutissement de ce travail. Les mots ne pourront jamais parvenir à traduire mes plus vifs remerciements,

Je remercie vivement les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail

Je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail, et j'espère que ce sera quelque chose au sommet dont les générations futures bénéficieront .



Dédicace

Je dédie cette Thèse à :

Mes très chers parents

Pour leur Compréhension, Pour leur patience, leur grand amour et leur confiance en moi.

En témoignage de mon affection et de ma reconnaissance.

Pour tout ce qu'ils ont fait pour mon bonheur et ma réussite.

Je n'oublierai jamais leurs conseils prodigieux qui restent toujours dans mon esprit.

A travers ce travail je leur manifeste mon amour infini et ma gratitude.

Mon très cher époux

Pour ses encouragements, ses aides.

Pour la sympathie et l'affection dont il m'a toujours entouré. pour son grand amour.

Qu'Allah le garde ; bonne santé et longue vie.

Mon petit soleil « AHMED YACINE »

Pour mes yeux et mon coeur «ASSER & SARA»

Je serais présente pour vous à chaque moment pour vous accompagner dans le bon sens.

Mes frères et mes sœurs

Pour leur affection, encouragement et soutien moral.

Qu'Allah leur protège et leur offre tout le succès et le bonheur qu'ils méritent.

Un salut spécial à ma deuxième famille, la famille de mon mari

Surtout ma belle mère et ma bon père , que Dieu les protège et prolonge leur vie.

Mes collègues et collègues de l'Office National des Terres Agricoles

Au personnel du laboratoire algérien des eaux pour leur aide et leur gentillesse

Ma meilleure amie Mayada pour son soutien

Mon binome dounia.

Samira



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À Mon cher Papa , REBIAI ; les mots me manquent pour exprimer toute

L'affection

et toute la reconnaissance que j'éprouve pour toi. Avec beaucoup

d'amour et de sacrifices,

À Ma mère DALILA, Tu as fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Sois

comblée. Que Dieu te bénisse et t'accorde longévité afin que tu puisses

jouir du fruit de tes sacrifices.

À mes chers frères : DJALAL ET HAYTHEM

À mes copine : SOUFIA ET SOUMIA

À Mon binôme : SAMIRA

À tous mes amis et ma deuxième famille avec qui je passais tout mon

temps

À tous qui me connaissent de près ou de loin.

dounia

Table des matières

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Table des matières	
Resume	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction generale	
I. Partie bibliographique	
CHAPITRE I : Le milieu physique	
	<i>N °page</i>
1.1 Le bassin versant de l'oued l'Arab	1
I.1.1. Les montagnes	1
I.1.2. Les piedmonts	1
I.1.3 Les hautes plaines ou Hauts plateaux	1
I.1.4 Les pentes	2
I.1.5 L'occupation du sol	4
I.1.5.1- Les forêts	4
I.1.5.2 – Les maquis (Terres des forêts dégradées)	4
I.1.5. 3- Les parcours steppiques	4
I.1.5.4- Les céréales	4
I.1.6 L'érosion	5
I.2. Localisation géographique de Babar	5
I.3. Localisation du barrage Babar	6
I.3.1 Caractéristiques principales du barrage	7
I.3.2 Le réseau hydrographique	8
CHAPITRE II : Etude géologique	
Introduction	10
II.1 Description stratigraphique et lithologique	10
II.1.1 Stratigraphie	10
II.1.1.1 Le Crétacé supérieur	10
a/ Maestrichtien supérieur	10
b/ Maestrichtien inférieur	11
c/ Campanien	11
d/ Santonien et Coniacien	11
II.1.1.2 Le Crétacé moyen	11
a/ Turonien (moyenne et supérieur)	11
b/ Turonien basal	11

Table des matières

c/ Cénomanién supérieur	11
d/ Cénomanién moyen	11
e/ Cénomanién inférieur	12
II.1.1.3 Le Crétacé inférieur	12
a/Le Barrémien	12
b/ Albien	12
c/ Aptien	12
II.1.1.4 Le Quaternaire	12
A. Terrasse supérieure	12
B. Terrasse inférieur	13
II.1.2 La tectonique	14
II.1.2.1. Les structure	14
A. Les grands plis de l'Ouest	14
B. Les diapirs de l'Est et du Nord-Est	14
II.1.3 La perméabilité	15
II.1.3.1- Formations de perméabilité moyenne a élevée	15
II.1.3.2 - Formations de perméabilité faible à moyenne	15
II.1.3.3 Formations de perméabilité moyenne	15
II.1.4 Profils en long oued El Arab	16
CHAPITRE III :Etude hydro climatologique	
Introduction	18
III.1Climatologie de la zone d'étude	18
III.1.1 Les facteurs climatiques	19
III.1.1.1 La température	19
III.1.1.2 Précipitations	20
III.1.1.3 Les vents	21
III.1.1.4 L'humidité	22
III.1.2 Synthèse climatiques	23
III.1.2.1. La méthode d'Euverte	23
III.1.2.2. Indice d'aridité de Martonne	24
III.1.2.3. Indice ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS	25
III.1.2.4. Le quotient pluviothermique d'Emberger	26
III.1.3 Le bilan hydrique	28
II.1.3.1 Mesure de l'ETR	28
III.1.3. 1.1 ETR selon la formule de Turc	29

Table des matières

III.1.3.1.2 ETR selon la formule de Thornthwaite	29
III.1.3.2 L'évapotranspiration potentielle (ETP)	30
III.1.3.3 Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)	31
III.1.3.4 Interprétation du bilan hydrique	33
II.1.3.5. Estimation du ruissellement et de l'infiltration	33
II.1.3.5.1. Ruissellement	33
III.1.3.5.2. Infiltration	34
Conclusion	35

CHAPITRE IV : Matériel et méthode

Introduction	36
IV. 1 Méthode d'échantillonnage	36
IV.1.1 Prélèvement de l'eau	36
IV.1.2 Matériels utilisée	37
IV.1.3 Electrochimique	38
IV.1.3.1 Teste de chlore	38
IV.1.3.2 Température et PH	38
IV.1.3.3 La conductivité	39
IV.1.3.4 La turbidité	40
IV.1.4 Paramétrer physiquo-chimique	40
IV.1.4.1 L'azote Ammoniacal	40
IV.1.4.2 Les nitrate	41
IV.1.4.3 Les nitrites	42
IV.1.4.4 Les Phosphates	42
IV.1.4.5 Calcium	43
IV.1.4.6 Le magnésium	44
IV.1.4.7 Le sodium	45
IV.1.4.8 Les chlorure	45
IV.1.4.9 Les sulfate	46
IV.1.4.10 La Matière organique	47
IV.1.4.11 Résidu sec	47

CHAPITRE V: Résultats et discussions

Introduction	49
--------------	----

Table des matières

V.1 Les principaux paramètres physico-chimiques	49
V.1.1 Les paramètres physiques	49
V.1.1.1 La température	49
V.1.1.2. Le potentiel hydrogène	51
V.1.1.3 La conductivité électrique	52
V.1.1.4 La turbidité	54
V.1.2 L'analyse des éléments chimiques	56
V.1.2. 1 Les nutriments	56
V.1.2.1.1 L'azote	56
V.1.2.1.2 Les ortho phosphates	61
V.1.3 Les élément majeur	62
V.1.3.1. Les cations	62
V.1.3.1.1 Calcium	62
V.1.3.1.2 Le magnésium	64
V.1.3.2 Les anions	66
V.1.3.2.1 Les chlorure	66
V.1.3.2.2 Les sulfate	67
V.1.3.2.3 Les bicarbonates	69
V.1.4 Les éléments organiques	70
V.1.4.1 La matière organique	70
V.1.4.2 Le Résidu sec	72
Conclusion	73
Conclusion générale	
référence	

Résumé

Résumé

Barrage Babar a été construit sur Oued El Arab qui est située dans le Sud-Est de l'Algérie, dans les confins Est de l'Atlas saharien et précisément au niveau de la chaîne montagneuse de Djebel Djehfa appartenant aux monts de Nememcha.

L'étude hydroclimatique montre que La zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride.

L'étude hydrochimique des eaux du barrage de Babar avant le traitement et après nous a permis à la détermination des caractéristiques des eaux de surface du barrage de Babar dans la wilaya de Khenchela à travers les propriétés physiques et chimiques Il a également contribué à la pollution de ce barrage avec des éléments tels que le (phosphore, et les nitrates) et des autres éléments.

L'évolution des éléments chimiques fait ressortir que des fortes concentrations de sulfate, calcium d'ou le facies chimique sulfaté calcique est lié au formations évaporitiques ou salifères comme le gypse.

Mots clés

Bassin versant, Oued El Arab, eau de surface, barrage Babar, pollution, Khenchela

ملخص

تم بناء سد بابار على واد العرب الواقع جنوب شرق الجزائر ، على الحدود الشرقية لأطلس الصحراء وبالتحديد على مستوى سلسلة جبال جحفة التابعة لجبال النمامشة. تظهر الدراسة المناخية المائية أن منطقة الدراسة تتميز بمناخ شبه جاف. الدراسة الهيدروكيميائية لمياه سد بابار قبل المعالجة وبعدها أتاحت لنا تحديد خصائص المياه السطحية لسد بابار بولاية خنشلة من خلال الخواص الفيزيائية والكيميائية كما ساهمت في تلوث هذا السد بالعناصر. مثل (الفسفور والنترات) وعناصر أخرى. يوضح تطور العناصر الكيميائية أن تركيزات عالية من الكبريتات والكالسيوم ، حيث يرتبط الكالسيوم الكيميائي كبريتات بالتكوينات التبخيرية أو اللعابية مثل الجبس.

الكلمات الدالة

مستجمعات المياه ، واد العرب ، المياه السطحية ، سد بابار ، تلوث ، خنشلة .

Résumé

summary

Babar Dam was built on Oued El Arab which is located in the south-east of Algeria, in the eastern borders of the Saharan Atlas and precisely at the level of the mountain range of Jebel Djehfa belonging to the Nememcha mountains.

The hydroclimatic study shows that the study area is characterized by a semi-arid climate.

The hydrochemical study of the waters of the Babar dam before treatment and after allowed us to determine the characteristics of the surface water of the Babar dam in the wilaya of Khenchela through the physical and chemical properties. It also contributed to pollution of this dam with elements such as (phosphorus, and nitrates) and other elements.

The evolution of chemical elements shows that high concentrations of sulphate, calcium, where the chemical sulphate calcium is linked to evaporitic or saliferous formations such as gypsum.

Keywords

Watershed, Oued El Arab, surface water, Babar dam, pollution, Khenchela

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : le milieu physique

Figure n °	Titre	Page n °
1	carte des pentes du Bassin versant d'oued EL-ARAB	3
2	Carte d'Occupation du Sol du Bassin versant d'oued el-arab	5
3	Situation géographique de la région d'étude	6
4	La carte de barrage BABAR	8
5	Les réseaux hydrographiques de bassin versant d'Oued El Arab	9

Chapitre II : Etude géologique

Figure n °	Titre	Page n °
6	La géologie du bassin versant d'Oued EL Arab	13
7	Carte de perméabilité du bassin versant d'Oued El Arab	16
8	Profil en long d'oued el arab et de ses principaux affluents	17

Chapitre III: Etude hydro climatologique

Figure n °	Titre	Page n °
9	Répartition moyenne de la température mensuelle de la commune du BABAR de la période (2009-2019)	20
10	Histogramme de variations des Précipitations moyennes mensuelles de la commune de BABAR de la période (2009-2019)	21
11	Histogramme de variation des vitesses des vents mensuelles de la commune de BABAR de la période de (2009-2019)	22
12	Histogramme de variation d'humidités moyennes mensuelles de la commune de BABAR de la période (2009-2019)	22
13	Indice d'aridité annuel de Martonne de la zone d'étude	25
14	Diagramme Ombrothermique. (2009-2019).	26
15	Le climagramme d'Embergie pour la zone d'étude	27
16	Représentation graphique du bilan hydrique	32

LISTE DES FIGURES

--	--	--

Chapitre VI: Matériel et Méthode

Figure n °	Titre	Page n °
17	Localité du site d'échantillonnage	36
18	Les prélèvements d'eaux.	37
19	Comprimés DPD 1, DPD4	38
20	Appareil de pH Mètre.	39
21	Appareil de Conductimètre	40
22	Appareil de Turbidimètre.	40
23	Expression des résultats d'azote Ammoniacal	41
24	Expression des résultats de Nitrate	42
25	Expression des résultats de nitrite	42
26	Expression des résultats de Phosphate	43
27	Expression des résultats de calcium.	44
28	Spectrophotomètre	45
29	Expression des résultats de chlorure	46
30	Expression des résultats de sulfate.	47
31	Expression des résultats de la MO	47
32	Expression des résultats de Résidu sec	48

Chapitre V: Résultats et discussions

Figure n °	Titre	Page n °
33	Variation spatiotemporelle de la température d'eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (°C) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	50
34	Variation spatiotemporelle de la température d'eaux du barrage de Babar traitées exprimé en (°C) pendant la période	50

LISTE DES FIGURES

	de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	
35	Variation spatiotemporelle des potentiels d'hydrogène (pH) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg. l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021)	51
36	Variation spatiotemporelle des potentiels d'hydrogène (pH) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg. l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	52
37	Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique (CE) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (μs. cm ⁻²) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	53
38	Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique (CE) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (μs. cm ⁻²) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	53
39	Variation spatiotemporelle de la turbidité des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (NTU) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	55
40	Variation spatiotemporelle de la turbidité des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (NTU) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	55
41	Variation spatiotemporelle des teneurs en nitrate (NO ₃ ⁻) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	57
42	Variation spatiotemporelle des teneurs en nitrate (NO ₃ ⁻) des eaux traitées du barrage du Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	57
43	Variation spatiotemporelle des teneurs azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	58
44	Variation spatiotemporelle des teneurs azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	59
45	Variation spatiotemporelle des teneurs nitrites (NO ₂ ⁻) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	60
46	Variation spatiotemporelle des teneurs nitrites (NO ₂ ⁻) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	60
47	Variation spatiotemporelle des teneurs ortho phosphates (PO ₄ ⁻) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	61
48	Variation spatiotemporelle des teneurs ortho phosphates (PO ₄ ⁻) des eaux traitées du barrage du Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021)	61
49	Variation spatiotemporelle des teneurs en calcium (Ca ²⁺) des	63

LISTE DES FIGURES

	eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	
50	Variation spatiotemporelle des teneurs en calcium (Ca ²⁺) des eaux traitées du barrage du Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	63
51	Variation spatiotemporelle des teneurs en magnésium (Mg ⁺²) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	65
52	Variation spatiotemporelle des teneurs en magnésium (Mg ⁺²) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	65
53	Variation spatiotemporelle des teneurs en chlorures (Cl) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	66
54	Variation spatiotemporelle des teneurs en chlorures (Cl) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	67
55	Variation spatiotemporelle des teneurs en sulfate (SO ₄ ⁻) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	68
56	Variation spatiotemporelle des teneurs en sulfate (SO ₄ ⁻) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	68
57	Variation spatiotemporelle des teneurs en Bicarbonate (HCO ³⁻) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	69
58	Variation spatiotemporelle des teneurs en Bicarbonate (HCO ₃ ⁻) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	70
59	Variation spatiotemporelle des teneurs matière organique (MO) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021)	71
60	Variation spatiotemporelle des teneurs matière organique (MO) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	71
61	Variation spatiotemporelle des teneurs résidus secs (RS) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	72
62	Variation spatiotemporelle des teneurs résidus secs (RS) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l ⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).	72

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : le milieu physique

Tableau n °	Titre	Page n °
1	Classes des pentes	2
2	Occupation du Sol	4
3	Les coordonnées géographiques	6
4	Caractéristiques principales du barrage	7

Chapitre II: Etude géologique

Tableau n °	Titre	Page n °
5	Répartitions des classes de la perméabilité	15

Chapitre III: Matériel et Méthode

Tableau n °	Titre	Page n °
6	Les coordonnées géographiques de la station d'Oum El Bouaghi	18
7	méthode d'Euverte période 2009-2019	23
8	Evaluation du quotient pluviométrique Q2 pour la région de Babar pendant la période (2009-2019).	27
9	L'ETR selon la formule de Turc	29
10	ETR selon la C.W Thornthwaite	30
11	Evapotranspiration potentielle (ETP)	31
12	Bilan hydrique selon C.W. Thornthwaite à la donnée climatique de BABAR	32
13	le ruissellement	33
14	l'infiltration	34

Liste des abréviations

LISTE DES ABRÉVIATIONS	
m	Mètre
l	Liter
mm	millimètre
s	seconde
CE	conductivité électrique
pH	potentiel hydrogène
µs	Micro- siemens.
MES	matières en suspension
mg	Milligramme
MO	Matieres organique
RS	Residus secs
mg	Milligramme
ETR	Evapotranspiration réelle
ETP	évapotranspiration potentielle
FTB	Fiche technique du barrage

Introduction générale

Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ 98% de ces eaux sont des eaux marines. Les 2% restant constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs, les étangs ... A cause de leurs utilisations multiples, ces eaux continentales sont d'une très grande importance pour les activités humaines, pour les activités domestiques comme la consommation et les loisirs, pour les activités agricoles et halieutiques et pour les activités industrielles. Les milieux aquatiques continentaux procurent une variété de biens et de services à l'homme, ce qui leur confère une valeur économique irremplaçable **(Groga, 2012)**. Une eau minérale naturelle correspond à une eau de boisson d'origine souterraine, faisant en général l'objet d'une exploitation commerciale, elle est constituée à l'abri de tout risque de pollution, microbiologiquement saine dès l'origine, elle n'est perturbée par aucune contamination d'origine humaine **(Berradia et Serisser, 2019)**. Dans de très nombreuses régions du globe, de l'existence, de l'accessibilité et de la qualité de cette ressource vitale, pourtant limitée et fragile **(Khaldoun, 2015)**.

Les activités humaines influent donc sur la quantité et la qualité des ressources en eau et de l'eau souterraine en particulier. Les statistiques nous font croire tout d'abord que, sur l'ensemble des eaux de la surface terrestre, seulement 3% sont constitués d'eaux douces et 97% d'eaux salées. D'autre part, l'eau souterraine représente 30% de ses réserves en eau douce, la plus grande partie étant représentée par les glaciers **(Lutete 2012)**.

Ces dernières années, ces rejets des eaux usées d'origine urbaine et industrielle ont augmenté dans les oueds. Ceci constitue une menace pour la qualité des eaux des barrages. Si le phénomène persiste encore, des retenues de barrages **(Khemici et Anrhdrc, 2011)**. L'eutrophisation, qui est une réaction du milieu à un accroissement excessif en substances nutritives, essentiellement l'azote et le phosphore, se manifeste par un développement algues microscopiques (phytoplancton) causant la détérioration de la qualité des eaux des retenues du barrage. En période estivale, l'établissement de la stratification thermique, empêche le mélange des eaux de surface avec celles du fond, ce qui aggrave l'altération de la qualité au début du brassage automnale **(Khemici, 2008)**. Celle-ci sédimente au fond de l'eau où elle se décompose en consommant une grande quantité d'oxygène dissous.

Le ministère des ressources en eau coordonne l'ensemble des activités liées à l'eau au niveau national, chaque wilaya a une direction de l'hydraulique. Il existe aussi des sociétés nationales telles ANB (Agence nationale des barrages), AGEP (Agence Générale de l'eau potable), ... des entreprises de wilaya et depuis 1996, existe un nouveau découpage par bassin hydrographique. Ainsi cinq régions de bassins hydrographiques et cinq comités de bassins ont

Introduction générale

été définis (Oranie-Chott Chergui; Cheliff Zahrez; Algerois-Hodna-Soummam; Constantinois- Seybousse-Mellegue; Sahara) afin d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau. Des agences de bassin sont donc créées avec mise en place progressive de dispositifs et d'outils réglementaires pour la gestion quantitative et qualitative de l'eau.

L'Algérie dispose d'une grande capacité de réception avec seize grands bassins versants, comme le sous bassin versant d'Oued El Arab qui appartient au bassin de Chott Melghir. Le barrage de Babar a été construit pour satisfaire la demande en eau pour alimenter les villes de Babar, Chechar, Ain Djerboua, Bouhmama et Tamza, de même que pour l'irrigation en aval du barrage (**Gaagai, 2009**).

Cette mémoire est une étude comparative entre l'eau brute et l'eau traité du barrage de Babar, ce Barrage se trouve au Sud de la ville de Khenchela dans le Sud-Est Algérien. Cet ouvrage a été construit pour satisfaire la demande en eau potable des villes de Babar, Checher, Ain Djerbaou, Bouhmama et Tamza et l'irrigation des terres agricoles se trouvant en aval de cet ouvrage, qui a été mis en service en 2000, constitue une source fondamentale et unique de cette région afin de retenir les eaux superficielles.

Pour cet effet, nous avons procédé aux prélèvements des échantillons d'eaux.

Pour réaliser ce travail nous sommes basée sur la méthodologie suivante :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation générale de la zone d'étude et de ses principales caractéristiques ;
- Dans le deuxième chapitre nous présentons une synthèse géographique et géologique de la zone d'étude ;
- Le troisième chapitre est l'étude climatique qui contient tous les analyses de données météorologique ;
- Dans le quatrième chapitre présent une étude expérimentale consacrée aux présentations du matériel et méthodologie suivie pour la réalisation des analyses physicochimiques de la qualité des eaux du barrage de Babar, et une interprétation des principaux résultats expérimentaux obtenus.

Enfin, une conclusion générale résumera l'ensemble du travail réalisé.

Chapitre 01

LE MILIEU PHYSIQUE

1.1 Le bassin versant de l'oued l'Arab

Le bassin versant de l'oued l'Arab a une forme allongée orientée Nord-est Sud –Ouest. Oued l'Arab est composé d'un affluent principal descendant de la plaine de Khenchela et dénommé successivement :

- Oued Rharour ;
- Oued el Hatiba ;
- Oued Arab.

Sur cet affluent se trouve le barrage de Babar, situé à proximité de la ville de même nom. En rive droite un affluent important descend du djebel Chelia, il se nomme successivement :

- Oued zenag;
- Oued azreg ;
- Oued mellagou .

Les bassins versants voisins sont :

- Au Nord, le bassin versant de l'oued Meskiana et le bassin endoréique de Garaet et Tarf ;
- Au sud le bassin endoréique de chott Mehrir ;
- A l'Ouest, l'oued Abiod ;
- A l'Est, plusieurs oueds des monts du Nemencha (**Guilal ,2019**).

I.1.1. Les montagnes

Ces reliefs on les retrouve au Nord-Ouest sur le massif des Aurès représentés par : DJ-Aidel (2092m), Dj-Chentgomma (2115m), Dj-Bezez (2141m) et à l'Est dans les massifs de Nemencha représentés par Dj –Bouzendag (1390m), Dj-Sguiguine (1453m), Dj-Tedliste (1507m). Au centre du bassin, on retrouve les massifs de Djebel Djahfa (1707m). L'ensemble ne constitue que 14% de la surface totale du bassin versant (**Gaagai, 2009**).

I.1.2. Les piedmonts

C'est une zone de transition entre les montagnes et la plaine ; ils se situent au Sud-Est et au Nord-Ouest entre les altitudes 1200m-1400m avec une pente moyenne de 9%. Ces zones sont occupées par les forêts et ne représentent que 17% de la surface totale du bassin versant (**Gaagai, 2009**).

I.1.3 Les hautes plaines ou Hauts plateaux

Elles s'intercalent entre les deux chaînes montagneuses du bassin versant sur des altitudes de moins de 1200m sur une surface de 375km² soit plus de (3/5) de la surface totale du bassin versant. Elles sont drainées par un réseau hydrographique très important tel que

l'Oued Hatiba et Oued. Tamagra. Ces terres, de pentes faibles « 0-6% » et sans couvert végétal, sont occupées par la céréaliculture (orge, blé).

La plus part des terres du bassin versant sont des terres sans couvert végétal ce qui favorise ou accélère l'action érosive (Aouachria, 2008).

I.1.4 Les pentes

Le but principal de l'étude des pentes réside dans l'importance de leur influence sur l'orientation des activités humaines et l'entravent ou l'accélération du phénomène érosif, d'où, Hudson et el, a trouvé que la perte de sol (E) augmente plus avec l'inclinaison de la pente(S) selon la relation suivante : $E = Sa$ ($1,3 < a > 1,5$).

Tableau 01 : Classes des pentes

Classe de pente (%)	Surface (km2)	Surface (%)
<3	379	66.84
3 – 12	68	11.99
12,5 – 25	74	13.05
25>	46	8,01
Total	567	99,98

Source : (Aouachria, 2008)

De la carte des pentes n° (01) et du Tableaux n° (01), on peut distinguer quatre classes :

- **Classe 1: <3%**

C'est la classe la plus étendue et représente plus des 66% de la surface totale du bassin versant. Elle occupe le centre de la zone d'étude, des limites N.E vers les limites S.W du bassin. Ses terres forment la zone des plateaux qui sont occupées par des cultures extensives (orge, blé) drainées par un réseau hydrographique important ce qui les rendent exposées aux phénomènes d'érosion pendant la période des pluies.

- **Classe 2: 3-12%**

Elle représente les terres de pédiments des montagnes et des collines du bassin (N-W Dj.Jahfa, Dj.Tadelist, KedKoudine,...), qui prend la forme d'une bande parallèle suivant l'orientation générale des montagnes (S.W-N.E), et occupe moins de 12 % de la surface totale du bassin versant, son couvert végétal est de type steppique (armoise, alfa).

I.1.5 L'occupation du sol

Selon la carte n° (02) d'occupation du sol, on distingue les répartitions suivantes :

Tableau 02 : Occupation du Sol

Type d'occupation	Surface (Km2)	Surface (%)
Forêts	24	04.23
Maquis	22	03.83
Parcours steppiques	40	07.05
Céréales	481	84.83

Source : (Aouachria, 2008)

I.1.5.1- Les forêts

Ils se localisent à l'extrémité Nord-Ouest du (Dj.Aidel, Dj.Chentegomma et au Sud Est du bassin sur Dj.Bouzendag et ne présentent que 04.23 % de la surface totale. Parmi les principales espèces végétales on trouve : le pin d'Alep, le chêne vert, le genévrier et le cèdre.

I.1.5.2 – Les maquis (Terres des forêts dégradées)

Ils occupent juste le massif du Dj Djahfa et présentent moins de 4% de la surface totale du bassin.

I.1.5. 3- Les parcours steppiques

Formées en majorité des nappes alfatières (environ 07.05 % de la surface totale) qui se situent aux piedmonts Nord-Ouest des montagnes Dj.Aidel, Dj.Chentegomma. Leur végétation est composée de deux strates (Arbuste et plante pérenne) et des espèces principales : Alfa, Armoise.

Elles jouent un rôle prépondérant au niveau du secteur de l'élevage extensif.

I.1.5.4- Les céréales

Ces terres représentent plus de 84% de la surface totale du bassin et se localisent dans la vallée ce qui donne à la zone l'aspect agropastorale d'où leur orientation à la semence des céréales et à l'élevage. Cet aspect favorise l'accélération des effets érosifs par la démolition des particules du sol par l'élevage et l'action de labour dans le sens des pentes (Aouachria, 2008).

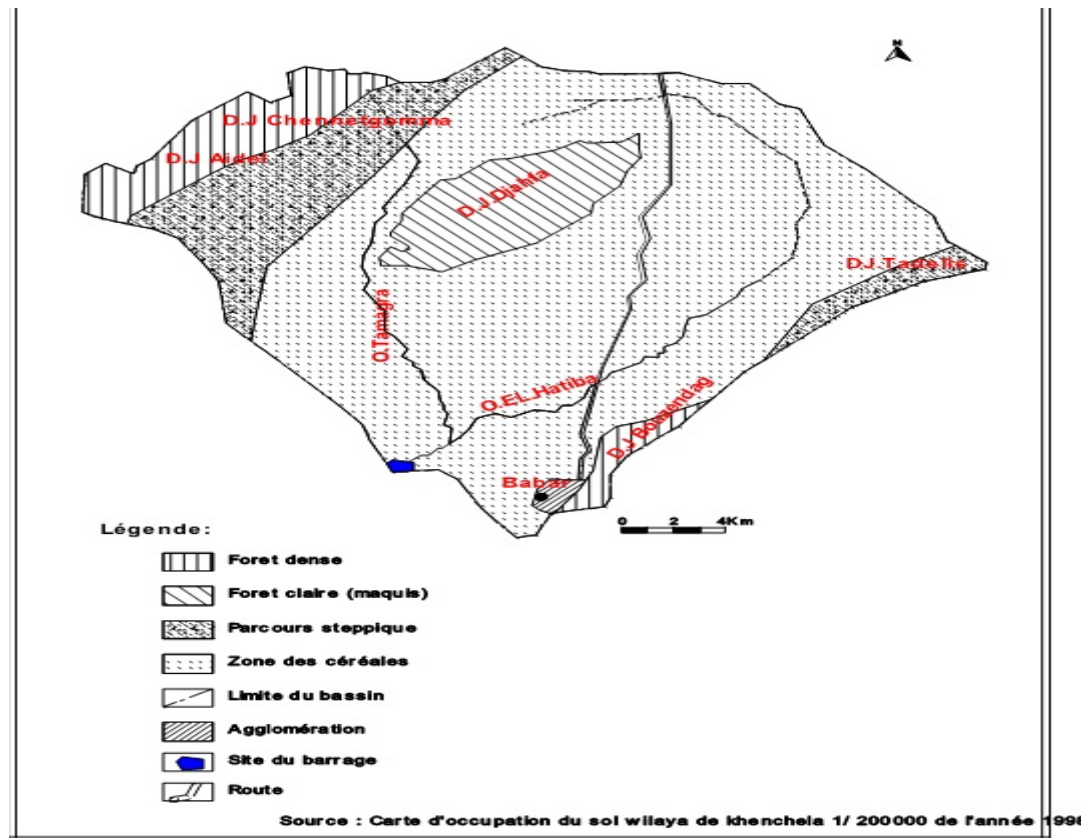


Figure 02: Carte d'Occupation du Sol du Bassin versant d'oued el-arab (Aouachria, 2008)

I.1.6 L'érosion

Les différentes formes d'érosion rencontrées sur le terrain sont dues essentiellement à l'érosion de l'eau. L'alternance des pluies hivernales le plus souvent très rencontrées et des périodes chaudes, pratiquement sèche conduit à une érosion d'autant plus violente que la couverture végétale est plus faible. L'action brutale des crues aboutit latérale des berges (érosion régressive).

En effet on distingue les formes d'érosion suivantes :

- Erosion en nappe ;
- Erosion en rigole (Hadji, 2013).

I.2. Localisation géographique de Babar

La commune de Babar est située au Sud de la wilaya de Khenchela, distante de 30km ; elle est limitée :

- ✓ Les communes de Chechar et de Kheirane et la wilaya de Biskra à l'Est ;
- ✓ Les communes d'Ouled Rechachet de el Mahmel et la wilaya de Tebessa à l'Ouest ;
- ✓ La commune de N'sigha au nord ;
- ✓ La Wilaya D'El oued au sud. (Hadji, 2013)

Le barrage a été construit sur Oued El Arab et son bassin versant a une surface de 567km² environ qui fait partie du grand bassin versant de Chott Melghir (Gaagai, 2009) .

I.3. Localisation du barrage Babar

Le barrage de Babar est situe dans la wilaya de Khenchela à 30 km de la dite ville et 9 km au sud-ouest de la ville de Babar (FTB ,2021).

La région étudiée est située à l’Est algérien dans les confins Est de l’Atlas saharien et précisément au niveau de la chaîne montagneuse de Djebel Djehfa appartenant aux monts de Nememcha (Gaagai, 2009).

Tableau 03: Les coordonnées géographiques

Altitude	952m
Latitude	35° 09’22’’ Nord
Longitude	07° 00’50’’ Est

Source : (DRE, 2021)



Figure 03: Situation géographique de la région d’étude (Gaagai, 2017).

Le barrage a été construit en 1995 sur Oued El Arab et son bassin versant qui fait partie du grand bassin versant de Chott Melghir.

Il est délimité par:

- Les montagnes des Aurès dont les principaux sont Dj-Chentgomma et Dj-Aidel au Nord-Ouest. Dj-Tadliste et Dj-Bougendag à l'Est et Sud-Est. La plaine de Khenchela au Nord et au Nord-Est (Gaagai, 2009).
- Entre les deux ensembles physiques des montagnes s'intercale une vaste plaine appelée haute plaine de Djahfa, qui est drainée par des Oueds secondaires (O.Tamagra et O. El Htiba) qui se rejoignent pour former O.El-Arab juste avant le site du barrag (Aouaigja, 2012) , la longueur maximale de la retenue est 5 km, la largeur est 2 km (Gaagai, 2009).

Le barrage Babar joue un rôle essentiel dans l'alimentation en eau potable des populations des zones avoisinantes (Ouldja, Khirane, Djellal, Chechar) à hauteur de 60% des besoins, ainsi que pour l'irrigation des terres agricoles (Sghiri et Djellal, 2020).

Ce barrage est destiné à la régularisation des apports d'Oued El Arab en vue d'irriguer les terres environnantes (FTB, 2021).

I.3.1 Caractéristiques principales du barrage

Tableau 04 : Caractéristiques principales du barrage

Désignation	quantité	unité
Bassin versant		
surface	567	Km ²
Apport moyen annuel	19.5	10 ⁶ m ³ /an
Retenue		
Cote retenue normal (R N)	940.00	M
Cote de plus hote en eau (PLE)	942.50	M
Capacité a la coté	38.005	10 ⁶ m ³
Surface inondée	3.79	Km
Volume régularisé	12.33	10 ⁶ m ³ /an
Volume mort	16.50	10 ⁶ m ³
Barrage		
Hauteur	37.00	M
Largeur en crête	8.00	M
Longueur en crête	673.00	M

Source : (FTB, 2021)

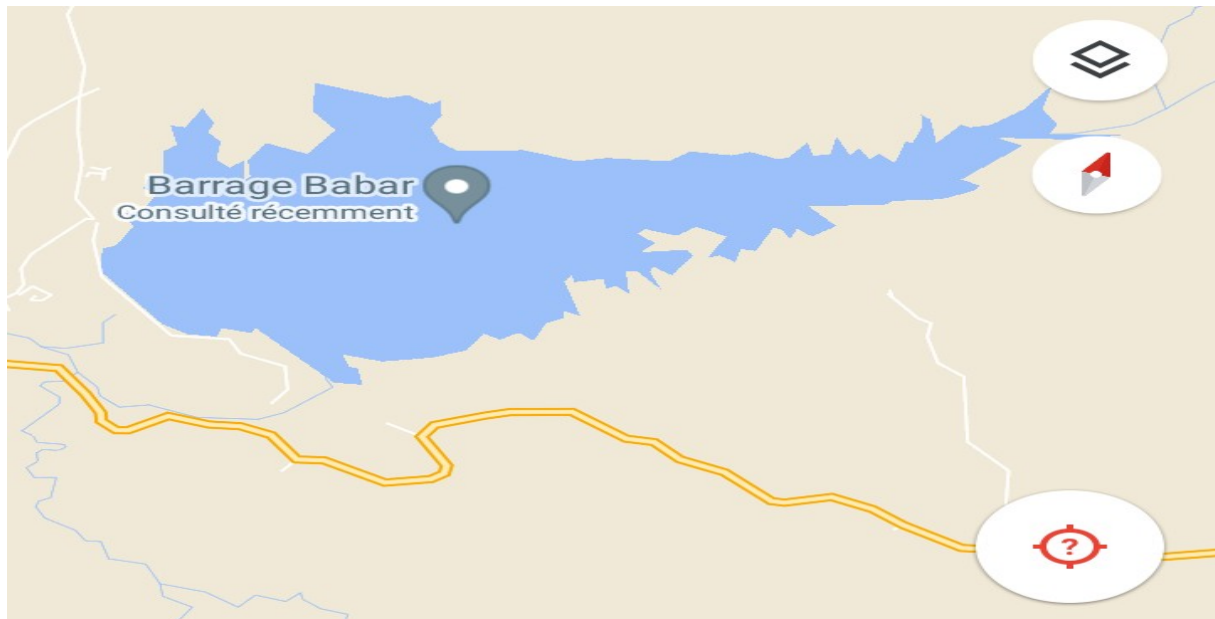


Figure 04 : La carte de barrage BABAR (Google earth)

I.3.2 Le réseau hydrographique

Le barrage a été construit sur Oued El Arab et son bassin versant à une surface de 567 km² environ, inclus dans le vaste bassin versant de Chott Melghir.

Il est délimité par les montagnes des Aurès au Nord-Ouest, à l'Est et Sud-Est et la plaine de Khenchela au Nord et au Nord-Est. Entre les deux ensembles physiques des montagnes s'intercale une vaste plaine appelée haute plaine de Djahfa, qui est drainée par des Oueds secondaires (Tamagra et El Htiba) qui se rejoignent pour former Oued El-Arab juste avant le site du barrage (Gaagai, 2009).

L'oued Boumajeur au droit du site de barrage draine une surface de 561Km². Son réseau d'écoulement totalise une longueur de 1723Km soit une densité de drainage de 3.069Km/Km² ce qui est notable.

Le réseau d'écoulement est réparti uniformément de l'amont vers l'aval en dehors de la rive gauche de l'oued principal, où il est observé un chevelu hydrographique très dense dénotant une activité intensive de l'écoulement. Plusieurs petits affluents se jettent dans la cuvette du barrage (Tecsult International, 2008).

Chapitre 02

Etude géologique

Introduction

Toute étude hydrogéologique doit obligatoirement passer par une étude géologique elle permet de définir les formations et les structures susceptibles de constituer des réservoirs, et d'estimer leurs importances et capacités (Djoudi, 2018).

La géologie est une discipline scientifique se focalisant sur les couches externes de la terre, notamment sur leur structure, leur composition et leur évolution au cours des temps passés et à venir.

De ce fait, la géologie se compose de nombreuses disciplines spécialisées, comme la minéralogie, la paléontologie, la pétrologie, la géodynamique, la géomorphologie, etc. [01]

La géologie est une science multidisciplinaire. On distingue:

- La pédologie: qui est la science des sols. La pédologie permet de planifier l'agriculture et avoir une idée sur les richesses du sous-sol
- La minéralogie: Elle étudie les différents minéraux qui constituent les roches
- La pétrographie: qui est l'étude des roches
- La stratigraphie: étudie les couches de terrain ou strates. Elle étudie en même temps leur âge et leur ordre de défaut.
- La paléontologie: C'est l'étude des fossiles. On appelle fossiles les êtres vivants qui ont vécu dans les temps très anciens; ils sont matérialisés aujourd'hui par les traces de leurs activités ou bien par leurs restes. [02]

Dans ce chapitre on donnera un aperçu sur l'étude géologique générale du bassin versant d'Oued EL Arab.

II.1 Description stratigraphique et lithologique

II.1.1 Stratigraphie

Les formations représentent dans la zone d'étude sont :

II.1.1.1 Le Crétacé supérieur

a/ Maestrichtien supérieur

C'est un assise constante et homogène de calcaires massifs blanchâtres grumeleux, en bancs décimétriques ou métriques, à large stratification oblique avec les emprunts d'inocérames ; Il contient des modules de silex et des tests de lamellibranches. Les principaux affleurements constituent le Djebel Tadleste et Djebel Bouzendag et aussi le sommet de Djebel Djahfa. L'épaisseur de ces formations ne dépasse pas les 95m (Tellil, Kattoum, 2016).

b/ Maestrichtien inférieur

Il est constitué par une alternance de marnes beiges et de calcaires ocres ou beiges avec une épaisseur de 40 m.

c/ Campanien

Il comporte à sa base une barre de marnes crayeuses, en bancs décimétriques ou métriques. A la fin on a un passage de marnes avec une épaisseur de 65m. Au dessus se développe 150m de marnes noires à microfaune comparable qui est bien visible dans les différentes parties du bassin versant surtout sur les limites Sud (**Gaagai, 2009**).

d/ Santonien et Coniacien

Ils s'agissent des marnes avec à la base et au sommet quelque barres de marno-calcaires, il se trouve essentiellement sur le flanc Sud de Djebel Djehfa. Il ne dépasse pas les 100m.

II.1.1.2 Le Crétacé moyen**a/ Turonien (moyenne et supérieur)**

Il est formé par une alternance de marnes grises et des calcaires zoogéniques noduleux.

La prédominance des intercalations calcaires crée une barre bien visible dans la morphologie au Nord-Ouest du bassin, avec une épaisseur de 150m.

b/ Turonien basal

La base de cet ensemble est constituée par quelques mètres de marno-calcaires, blanchâtres en plaquettes fines à cassures noirâtres bitumineuses. L'épaisseur de cette formation est de 200m.

c/ Cénomaniens supérieur

Le sommet de cet étage est formé par des calcaires sous forme d'une barre avec des cassures écailleuses ayant un aspect bitumineux et à films centimétriques de marnes gris-bleu.

Au sommet, on retrouve un niveau de nodules de pyrite qui constitue un repère constant dans la région. La formation a une épaisseur de 30 m (**Gaagai, 2009**).

d/ Cénomaniens moyen

C'est une puissante formation qui débute par 650m de marne grise accompagnée sporadiquement de micrites gris blanchâtres à fins tests de lamellibranches.

e/ Cénomanién inférieur

Il s'agit de marne grise accompagnée de biomicrite argileuse grise avec des niveaux de glauconies et des empreintes d'ammonites, sur une épaisseur de 100m.

II.1.1.3 Le Crétacé inférieur**a/Le Barrémien**

Il affleure au Nord-Ouest du bassin versant à (Dj.Aidel) sous forme d'une petite bande locale. Sa lithologie est constituée essentiellement de matériaux détritiques (grés, calcaires, gréseux, grés quartzeux, conglomérat et marnes vertes ou rouges) (**Tellil, Kattoum, 2016**).

b/ Albien

Il entoure régulièrement l'anticlinal de Khenchela en formant une ceinture plus ou moins continue au dessus de l'Aptien. Il s'agit d'une alternance de grés et de marne grise, des dolomies et d'argiles grises. La limite inférieure correspond à une surface minéralisée dans les limites Nord-Ouest du bassin à Djebel El Aidel et Tadlist avec une épaisseur totale de 160m.

c/ Aptien

Il est formé essentiellement de bas à haut par:

- Une alternance d'oomicrite, d'oosparite et de calcaire marneux;
- Une alternance de grés blancs et d'oosparites grises;
- Une alternance de marne grise et d'oomicrite.

Cet étage est caractérisé par des calcaires dolomitiques fortement minéralisés (fer, azurite, malachite, barytine) largement développés au sommet des montagnes au N-W avec une épaisseur totale est de 330m.

II.1.1.4 Le Quaternaire

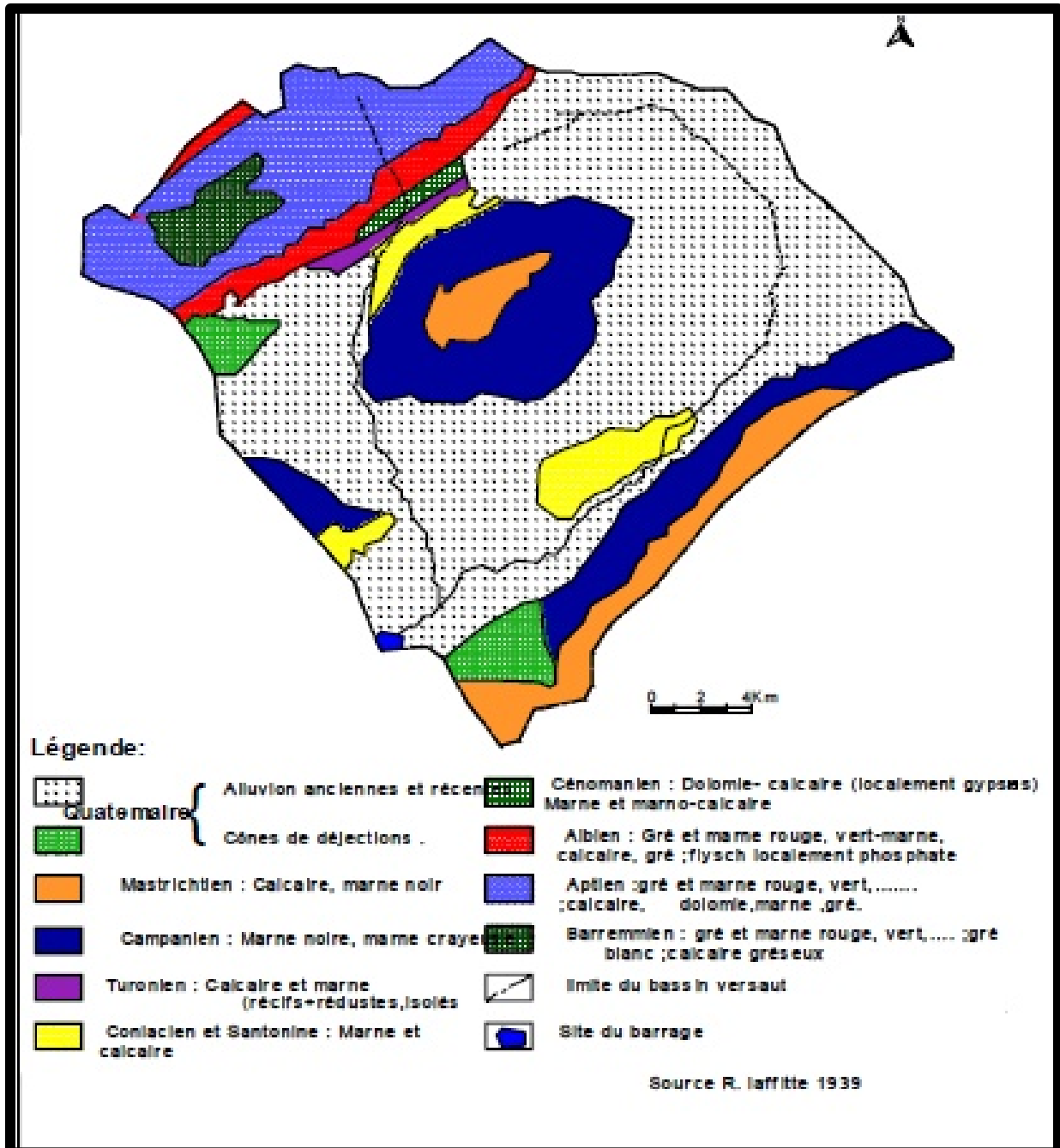
Il couvre une très vaste surface de (60%) de la surface totale du bassin avec une épaisseur assez limitée. Ce ci est du au processus d'érosion intensif qui provoque l'arrachement des formations superficielles sur les pentes raides (**Gaagai, 2009**).

A. Terrasse supérieure

Les alluvions de la terrasse supérieure sont limitées et sont représentées par des terrains argileux et graveleux. Leur épaisseur totale ne dépasse pas les 5 m.

B. Terrasse inférieur

Les alluvions de la terrasse moyenne sont représentées en grande partie par des terrains argileux et plus rarement par des galets, des graviers, des limons sableux et argileux. L'épaisseur de ces dépôts est en générale de 5 à 7 m. Dans les dépressions, l'épaisseur de cette formation peu attendre 8 à10m.) (Tellil , Kattoum , 2016) .



Source : R laffitte, 1939

Figure 06 : La géologie du bassin versant d'Oued EL Arab (Aouachria, 2008).

II.1.2 La tectonique

Du point de vue tectonique la région se rapporte à l'Atlas tunisien séparé de l'Atlas saharien par le massif des Aurès avec le plus haut sommet à 2328 m où la direction des grands plis change du NE au NNE.

A partir de la carte géologique de Khenchela, on peut remarquer une opposition entre deux secteurs :

- A l'Ouest de la région étudié le style tectonique ressemble à celui des Aurès ;
- A l'Est de la région, l'organisation plissée perd sa prédominance et les structures sont compliquées par la présence de diapirs triasiques (**Gaagai, 2009**).

II.1.2.1. Les structure

A. Les grands plis de l'Ouest

Du Nord-Ouest au Sud-Est se succèdent :

- L'anticlinal de Djebel Chelia dont la voûte est visible à l'Est, un peu au Sud-Est du Djebel Tirkabine, précisons qu'il ne s'agit pas d'une terminaison périclinale. Cet anticlinal paraît effondré et son extrémité Sud-Est est affecté par des accidents cassants orientés selon une direction NW-SE qui peuvent être d'anciens coulissements alpins ;
- Le synclinal de Djebel Aurès qui s'enfonce sous le Miocène gréseux sans terminaison périclinale visible ;
- L'anticlinal de Khenchela, puissamment fracturé par des failles directionnelles ou sensiblement E-W (**Gaagai, 2009**).

B. Les diapirs de l'Est et du Nord-Est

Ce sont des zones en forme d'anticlinal. Il s'agit :

- Du diapir de Khenchela qui a une forme très allongée. Le Trias recoupe des terrains allant du Cénomaniens inférieur au Coniacien ;
- Du diapir de Djebel El-Kroume et Knif qui possèdent une forme plus complexe qui peut être induite par la présence des corps récifaux et des compartiments bousculés par la phase Alpine. Le Trias découpe des terrains allant de l'Albien au Maestrichtien supérieur ;
- Du diapir d'El-Mahmal qui est le plus développé malgré le recouvrement Quaternaire qui empêche d'évaluer son tracé et ses dimensions. Le Trias n'est en contact qu'avec le Crétacé

supérieur. Entre ces diapirs, les terrains ont gardé une disposition Subtabulaire ou faiblement synclinale comme Djebel Djehfa (Gaagai, 2009).

II.1.3 La perméabilité

Le degré de la perméabilité influe sur l'action érosive, selon les formations lithologiques.

L'examen de la carte lithologique, nous a permis de classer les roches d'après leurs perméabilités en trois classes selon leurs duretés comme le représente la carte n° (06) des degrés de perméabilité et le Tableau N° (05). (Aouachria, 2008)

Tableau 05 : Répartitions des classes de la perméabilité

Classes	Lithologie	Bassin	
		Surface (Km2)	%
Perméabilité moyenne	Grés, Calcaires	71,0	12,52
Perméabilité faible a moyenne	Marno-Calcaires	40,0	07,10
Perméabilité moyenne a élevée	Alluvions, Marnes	456	80,70

Source : (Aouachria, 2008)

II.1.3.1- Formations de perméabilité moyenne a élevée

Formée essentiellement par des dépôts récents, qui occupent la majorité de la surface du bassin versant au centre estimé de plus de 80% de la surface totale du bassin.

II.1.3.2 - Formations de perméabilité faible à moyenne

Constituées de formation Marno- Calcaire et des marnes qui se manifeste an Nord Ouest du bassin et au sommet du Dj. Djahfa, avec une surface estimé à 07,10 % de la surface totale du bassin.

II.1.3.3 Formations de perméabilité moyenne

Leurs formations lithologiques sont constituées des Grés et des Calcaires fissurés. Elles se situent au Sud -Est et au Nord-Ouest du bassin versant sous forme de bandes parallèles aux chaînes montagneuses formant les limites de la cuvette du bassin, avec une superficie estimée à 12,52 % de la surface totale du bassin.

Dans ce cas, on peut constater que la zone d'étude à une perméabilité moyenne a élevée (Aouachria, 2008).

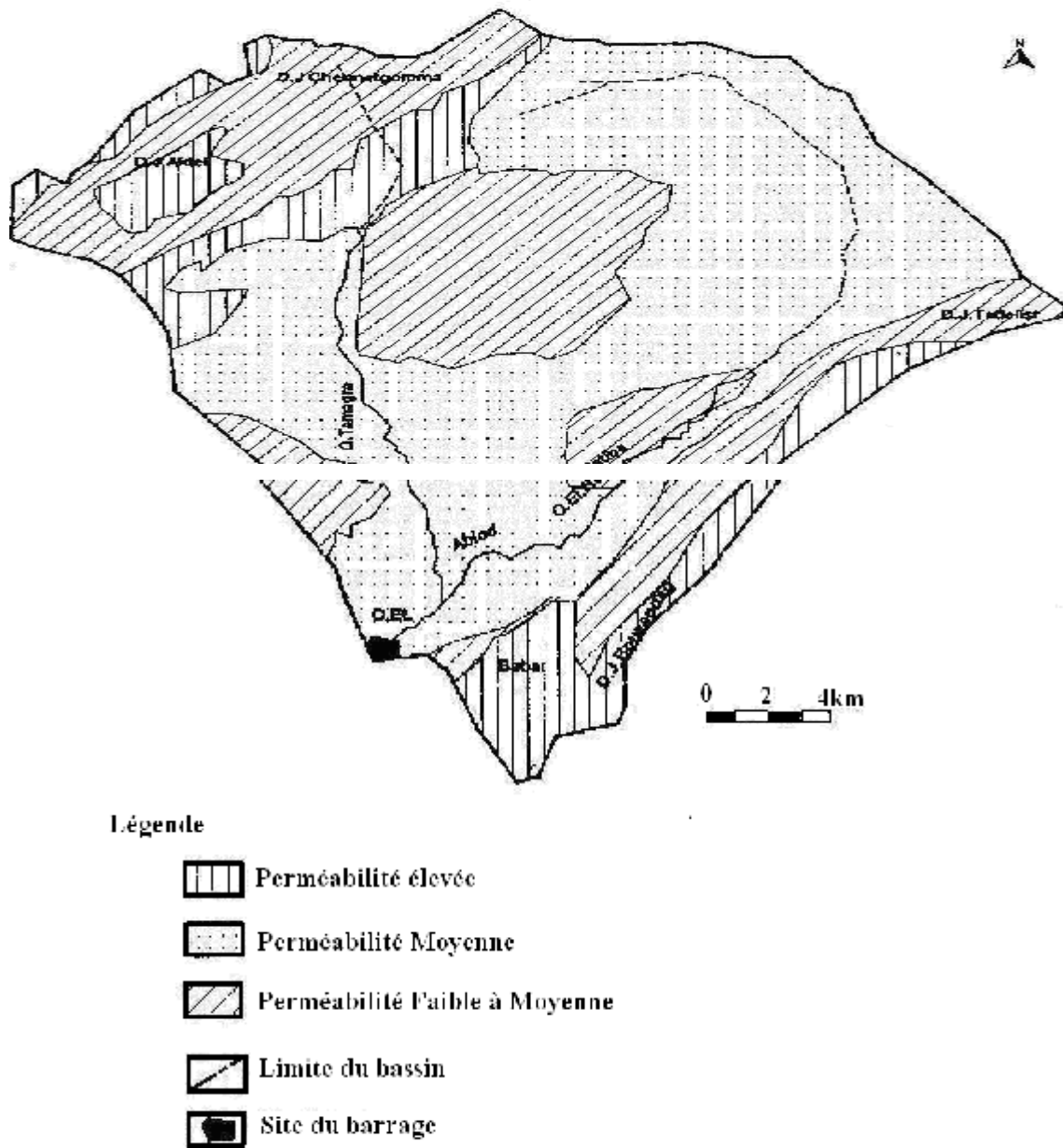


Figure 07 : Carte de perméabilité du bassin versant d’Oued El Arab (Gaagai, 2009).

II.1.4 Profils en long oued El Arab

Son profil en long laisse apparaître sa grande longueur ainsi que les nombreux affluents qui augmentent son débit et plus particulièrement l’oued Mellaguou qui prend sa source à 2300m. Dans le djebel Chélia. L’oued el Arab ne présente donc pas des accidents majeurs, au contraire, il est aéré et par conséquent n’est que très peu exposé aux processus érosifs. (Kamel et Meharzi, 2010)

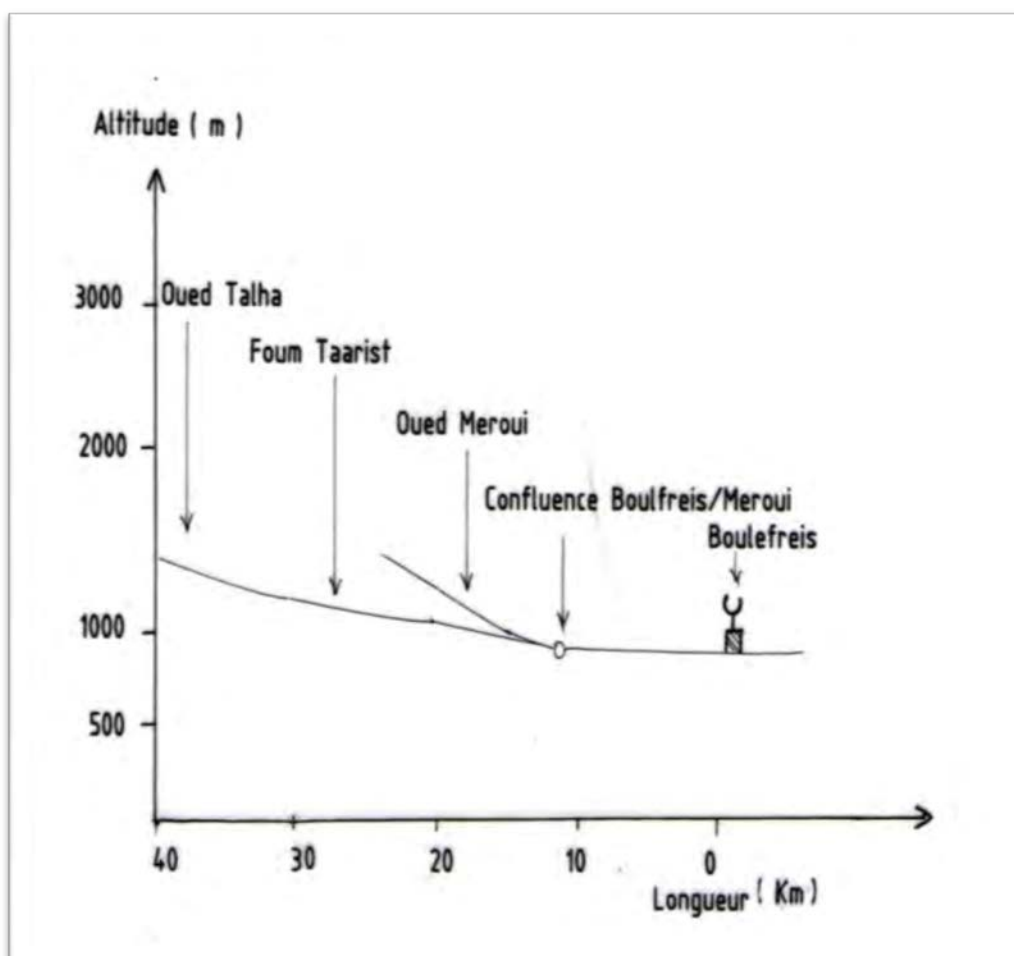


Figure 08 : Profil en long d'oued el arab et de ses principaux affluents
(Kamel et Meharzi, 2010).

Chapitre 03

Etude climatique

Introduction

Le climat est un terme que nous avons tendance à utiliser vaguement. En fait, les gens confondent parfois le climat avec la météo. la météo est la combinaison de la température, de l'humidité, des précipitations, du vent, nébulosité et autres conditions atmosphériques se produisant à un lieu et heure spécifiques. Le climat est la moyenne à long terme météorologique et peut être locale (**Smith, 2015**).

Est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui se produisent au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle (**Encarta, 2009**). Cette définition s'apparente à celle du climatologue Max Sorre qui le définit comme étant l'ambiance atmosphérique constituée par la série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle. Le climat se distingue également selon les régions (équatoriale, tropicale, tempérée, etc.) (**Sankara, 2010**).

La variabilité climatique désigne une transformation à court terme du climat d'un lieu donné. Une mesure de cette transformation et les modifications que subissent des paramètres climatiques comme la température, le vent et les précipitations. (**Hermès, 2008**)

III.1 Climatologie de la zone d'étude

Pour cette étude, les séries des données d'une période de (2009 à 2019) qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été collectées auprès de la station pluviométrique de KHENCHELA, dont Les coordonnées géographiques sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 06: Les coordonnées géographiques de la station de météo

Dates	Location		Climat zone
	Latitude	Longitude	
01/01/2009 - 12/31/2019	35.0382	7.0064	na (référence Briggs et al: http://www.energycodes.gov)

III.1.1 Les facteurs climatiques

III.1.1.1 La température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 2002**)

La température de l'air est un paramètre ayant une grande influence sur le bilan hydrologique. Elle conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration.

La température est un facteur qui varie dans le temps et dans l'espace. L'effet de cette variation est marqué au niveau de l'amplitude thermique et aussi au niveau des températures minimales et même maximales (**Lakhedheri, 2012**).

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition des espèces dans la biosphère. Sans chaleur, le développement des plantes est impossible. A très basse température, les échanges entre le sol et les plantes sont impossibles et les fonctions physiologiques principales sont bloquées ou fortement ralenties (**Khasirikani, 2009**).

La température apparaît comme l'un des plus importants facteurs abiotiques agissant sur le vivant de manières multiples. Les modifications thermiques environnementales, généralement associées à des modifications des quantités d'oxygène et de CO₂, ont participé aux grands Changements évolutifs tels que les périodes d'extinction de masse menant à une diversification des espèces (**Ayala, 2019**).

L'influence de la température dépend également des écosystèmes. Les réponses à la température diffèrent entre des organismes marins, terrestres ou dulcicoles (**Hessen et al., 2013**)

Les effets de la température peuvent différer selon la nature, la durée du changement et le lieu d'occurrence. La hausse et la baisse de température n'impacteront pas forcément les organismes de la même manière (**Ayala, 2019**).

Les données de température pour la période (2009-2019) sont représentées par des courbes de variation mensuelle moyenne de la température.

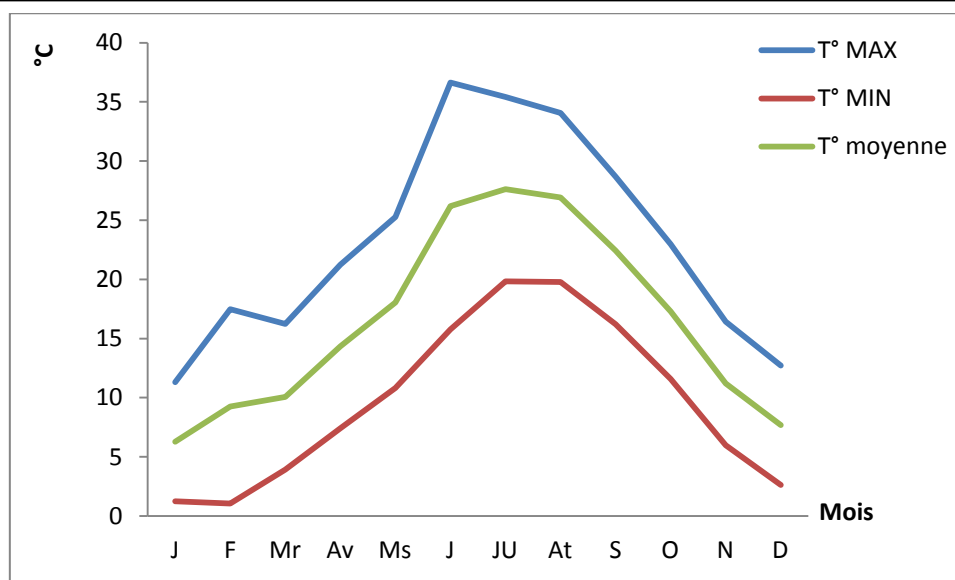


Figure 09 : Répartition moyenne de la température mensuelle de la commune du BABAR de la période (2009-2019)

Les histogrammes de variation des températures moyennes montre que la température maximale est enregistrée au niveau de moins Juin avec une valeur 27.63°C, et la température moyenne minimale au niveau de moins de Janvier avec une valeur de 6.28 °C. La température moyenne annuelle est de 16.44 ° C.

III.1.1.2 Précipitations

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuage qui engendre des précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Les précipitations, qui constituent l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels (**Ouanes, 2012**).

Les précipitations sont les eaux qui tombent sur la surface de la Terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) ou déposée (rosée, gelée, givre, ...) (**Kitenge, 2015**). Quelle que soit la forme de la précipitation, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps. On l'exprime généralement soit en millimètres (mm), soit en litres par mètre carré (l/m²).

La précipitation rappelle la distinction fondamentale entre deux ordres de faits qu'il convient de distinguer : d'une part, la condensation qui est le fait pour de la vapeur d'eau de passer à l'état liquide, sous forme de très fines gouttelettes qui restent en suspension dans l'air, ou encore à l'état solide sous forme de paillettes de glace également en traitant de la vapeur de l'eau atmosphérique ainsi des que nuages formés par ces particules en suspension (**Péguy, 1970**).

La pluviosité est définie selon **Djebaili en 1984**, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat. Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'une part, elle a un rôle social et économique d'autre part. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (**Khabthen, 2015**).

Les précipitations varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagne et de l'exposition. De ce fait, les versants Nord et Nord-Ouest reçoivent plus de précipitations que les autres expositions. Ainsi les quantités de pluies augmentent de bas en haut, selon un gradient pluviométrique altitudinal (**Hassad, 2018**).

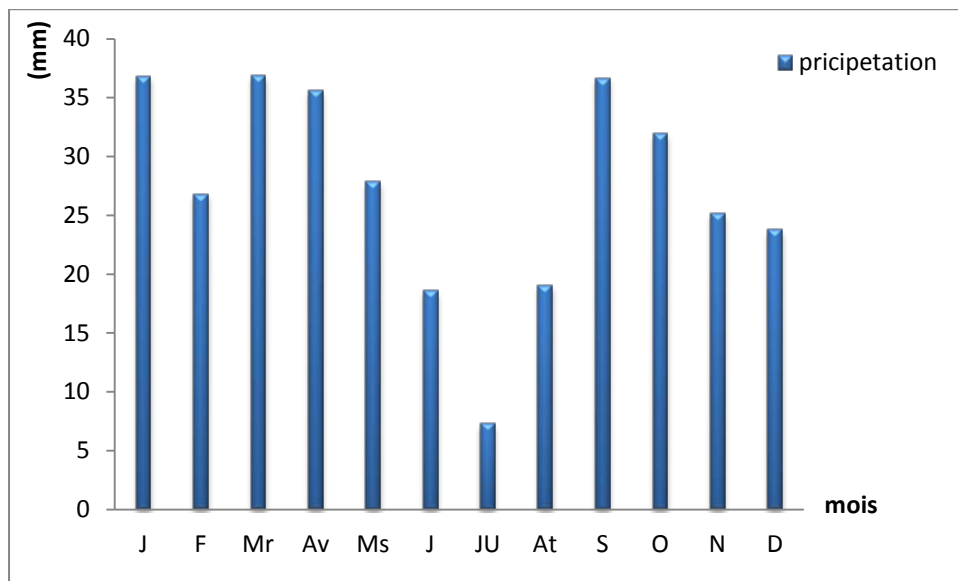


Figure 10: Histogramme de variations des Précipitations moyennes mensuelles de la commune de BABAR de la période (2009-2019)

Les données pluviométriques (**Fig.09**) montrent que la moyenne mensuelle est environ de 326,51 mm. Le mois le moins pluvieux est le mois de Juillet avec 7.33 mm, cependant, les quantités les plus élevées sont observées au mois de Janvier avec 36.82 mm.

III.1.1.3 Les vents

Le vent est un déplacement d'air à peu près horizontalement qui agit surtout sur la pluviométrie, l'évaporation, la température et l'humidité de l'air, il est donc un élément déterminant pour le climat (**Gaagia, 2016**). Est l'un des éléments les plus déterminants des régimes pluviaux de l'évapotranspiration et par conséquent le climat de la région (**Sadrati, 2018**).

Le vent est l'un des facteurs les plus caractéristiques du climat, et la connaissance de sa force et de sa direction s'avère aussi nécessaire, du fait qu'il accélère l'évaporation. Il possède un régime de déplacement variable en fonction de l'altitude. C'est un facteur

climatique qui entraine aussi des variations de températures et d'humidité, et exerce une action mécanique et physiologique sur les arbres forestiers

(Bettayeb et Azzaoui, 2010).

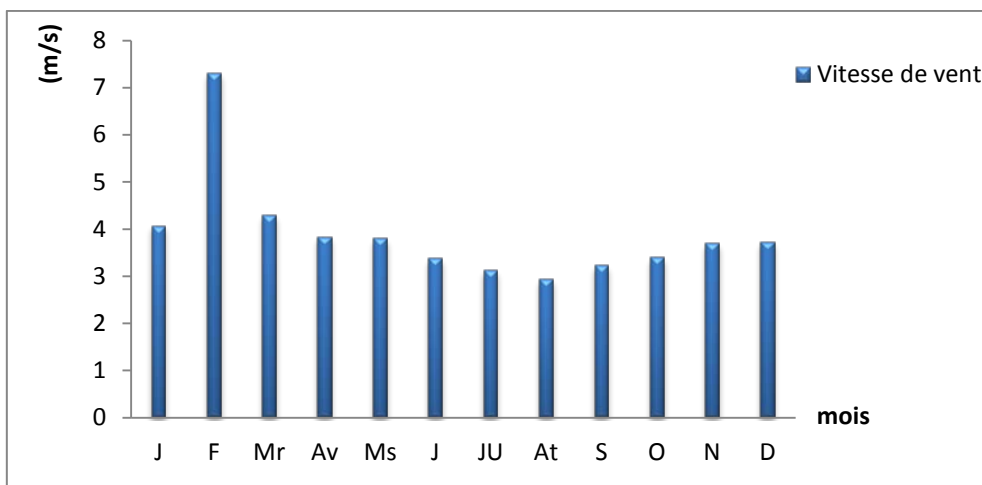


Figure 11 : Histogramme de variation des vitesses des vents mensuelles de la commune de BABAR de la période de (2009-2019)

III.1.1.4 L'humidité

L'humidité est la vapeur d'eau contenue dans l'air. Dans notre atmosphère, l'eau est omniprésente (même dans les déserts arides, il y a de l'humidité). L'air qui nous entoure renferme toujours une proportion d'eau sous forme de vapeur ; on qualifie cet air "d'air humide" (Sadrati, 2018).

L'humidité relative constitue par ses écarts brutaux, l'un des caractères climatiques les plus importants (Khanfouci, 2005). L'humidité et la pluviométrie constituent des facteurs écologiques liés et d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes (Khasirikani, 2009).

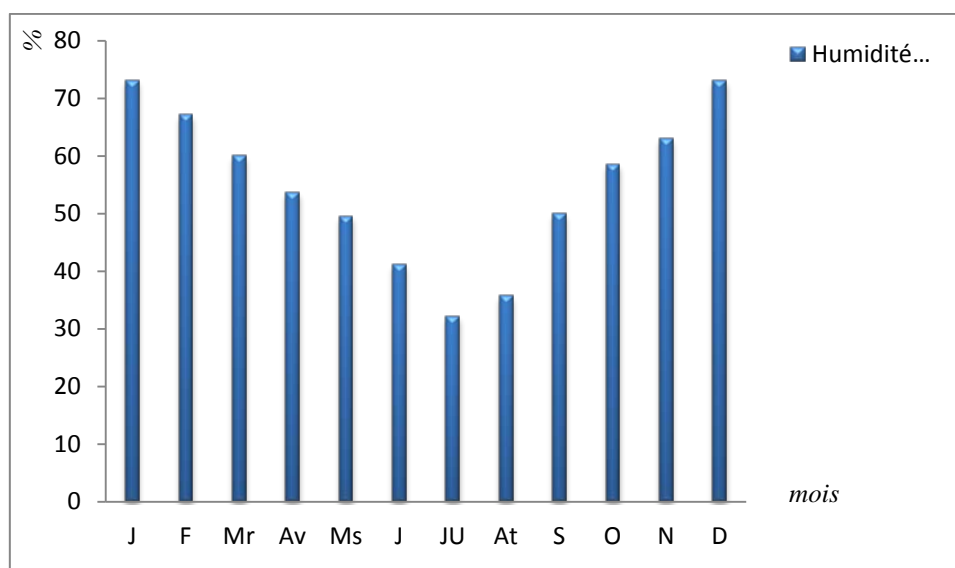


Figure 12 : Histogramme de variation d'humidités moyennes mensuelles de la commune de BABAR de la période (2009-2019)

Les valeurs de l'humidité relative sont relativement homogènes elles varient entre 32.16% et 73.22%.

Au cours d'une journée de la période estivale (Juin, Juillet, et Août), la température étant élevée, nous aurons une humidité journalière faible à moyenne 32.16 à 41.11 % et inversement, durant la nuit par dissipation de la température ambiante et l'humidité tend à augmenter. Par contre, durant la période hivernale (Janvier, Février, Décembre), la température étant faible et nous remarquons une humidité élevée et atteindre entre 67.16 à 73.22%.

III.1.2 Synthèse climatiques

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques : la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de l'étage bioclimatique bien définie d'une région donnée à l'aide du diagramme pluviométrique de GAUSSEN et BAGNOULS, et du coefficient pluviométrique d'EMBERGER (Qp) (Sekkiou, 2020).

III.1.2.1. La méthode d'Euverte

Cette méthode est basée sur le rapport des précipitations sur les températures mensuelles et qui permet de définir quatre types de régimes.

- Un régime très sec avec : $P/T < 1$;
- Un régime sec avec : $1 < P/T < 2$;
- Un régime subhumide avec : $2 < P/T < 3$;
- Un régime humide avec : $P/T > 3$ (Sadrati, 2018).

Tableau 07 : méthode d'Euverte période 2009-2019

mois	J	F	Mr	Av	Ms	J	JU	At	S	O	N	D
P (mm)	36,82	26,84	36,89	35,59	27,85	18,64	7,33	19,03	36,66	31,97	25,13	23,76
T°(C)	6,28	9,265	10,065	14,33	18,045	26,195	27,625	26,925	22,435	17,28	11,2	7,67
P/T	5,86	2,90	3,66	2,48	1,54	0,71	0,26	0,71	1,63	1,85	2,24	3,10

Le rapport P/T de la méthode d'Euverte appliquée dans le tableau (Tab. ..) ; montre que le régime de la zone Babare est :

- Très sec $P/T < 1$ entre juin et aout ;
- Sec dans les mois mais, septembre et octobre ;
- Subhumide les mois février, avril et novembre ;

- Humide mois de janvier, mars et décembre.

III.1.2.2. Indice d'aridité de Martonne

MARTONNE (1926) a défini un indice d'aridité utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse exprimé par la relation suivante :

$$I = P / T + 10$$

C'est cette fonction que nous appelons indice d'aridité. Il semble en effet qu'elle offre le moyen de mesurer facilement et avec assez de précision l'aridité du climat (**Martonne, 1926**). L'indice d'aridité de Martonne (1926) fait intervenir les précipitations annuelles (P) et la température moyenne annuelle (T) (**Antoine, 1988**).

L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Une faible aridité correspondant à des pluies abondantes et/ou des températures basses (**Rouabhi, 2020**)

P : Précipitations moyennes annuelles (mm) ;

T : Température moyenne annuelle (°c) ;

I : Indice d'aridité (**Boutemedjet, 2017**) .

Suivant les valeurs de (i), de Martonne a établie la classification suivent :

$I < 5$: Climat Hyperaride ;

$5 < I < 7.5$: Climat désertique ;

$7.5 < I < 10$: Climat steppique;

$10 < I < 20$: Climat semi-arid;

$20 < I < 30$: Climat Tempéré;

$30 < I < 45$: Climat humide. (**Bougandoura, 2013**)

- $P = 326.51$ mm ;

- $T = 16.44$ °C

Donc $I = 12.34$ ce qui implique que la zone d'étude bénéficie d'un climat semi-aride.

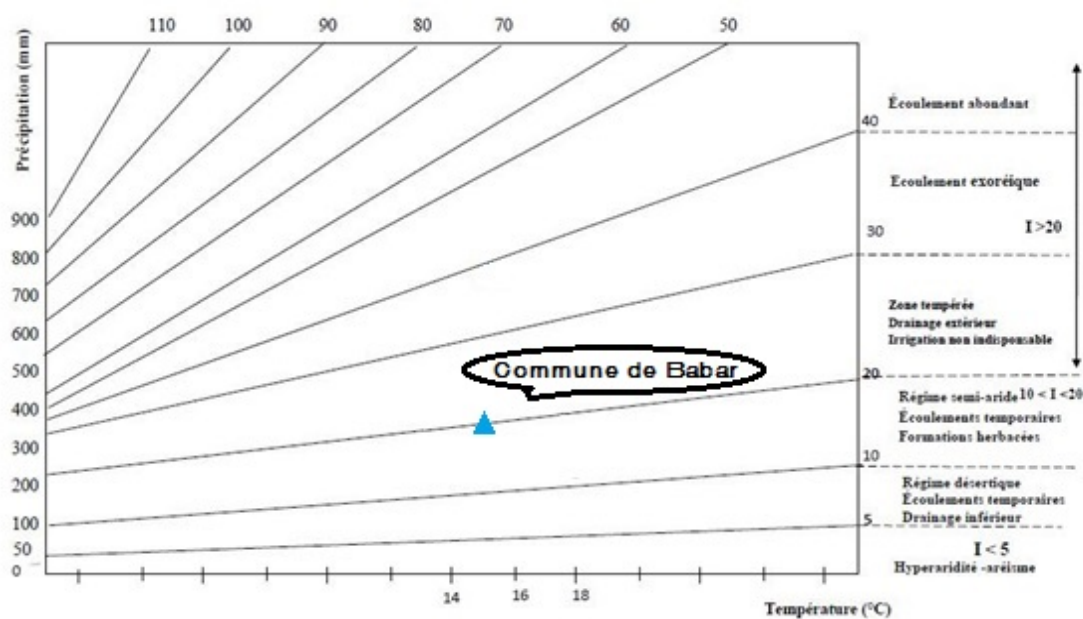


Figure 13 : Indice d'aridité annuel de Martonne de la zone d'étude

III.1.2.3. Indice ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), (Doubbi, 2016).

Pour GAUSSEN et BAGNOULS 1956, le mois est considéré sec quand le total des précipitations en (mm) est inférieur, ou égal au double de la température moyenne ($2T \geq P$). L'analyse des températures et des précipitations permet de mettre en évidence par le biais de la courbe ombro-thermique (Sekkiou, 2020).

D'après Gaussen (1953), la sécheresse n'est pas nécessairement l'absence totale des pluies, mais elle se manifeste quand les faibles précipitations se conjuguent avec les fortes chaleurs. (Nedjar, 2012).

La figure 05 portent les diagrammes ombrothermiques de commune de BABAE établit à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur la période (2009-2019). On établit un diagramme pluviométrique ci-dessous :

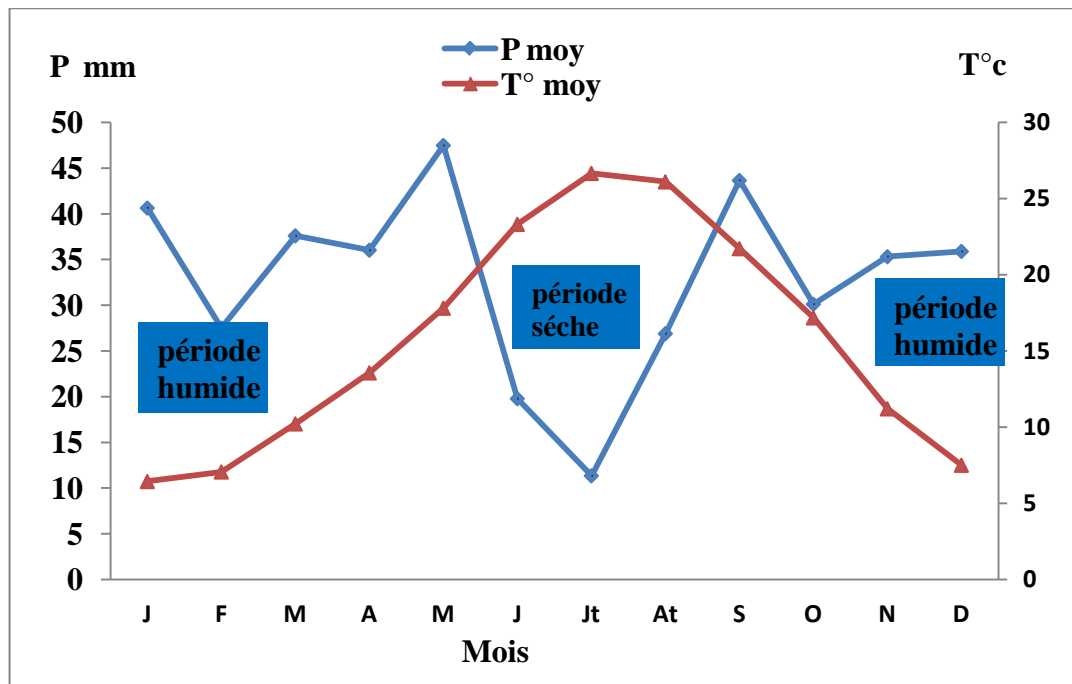


Figure 14: Diagramme Ombrothermique. (2009-2019).

-Saison sèche et chaude, elle commence de mois de début de mois de mai jusqu'au mi de mois d'aout

- Saison humide et froide, elle commence de mois de mi septembre jusqu'au fin de mois d'avril.

III.1.2.4. Le quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviothermique (Q_2) d'EMBERGER (1952) a été établi pour la région méditerranéenne et il est défini par la formule suivante :

$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

- P : Pluviosité moyenne annuelle
- M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud ($T + 273^\circ \text{ K}$)
- m : Moyenne des minima du mois le plus froid ($T + 273^\circ \text{ K}$) (Boutemedjet, 2017)

En fonction de la valeur de ce coefficient on distingue les zones suivantes :

- Humides pour $Q_2 > 100$;
- Tempérées pour $100 > Q_2 > 50$;
- Semi-arides pour $50 > Q_2 > 25$;
- Arides pour $25 > Q_2 > 10$;
- Désertiques pour $Q_2 < 10$. (Labeled, 2014)

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région de BABAR, nous avons calculé le quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2) avec des données climatiques calculées durant la période 2009-2019.

Tableau 08 : Evaluation du quotient pluviométrique Q_2 pour la région de Babar pendant la période (2009-2019).

période	M (°C)	m (°C)	P (mm)	Q_2	Étage
2009-2019	36.63	1.06	326.51	31.45	Semi-aride

Ces données montrent que la région d'étude est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais pendant la période 2009-2019.

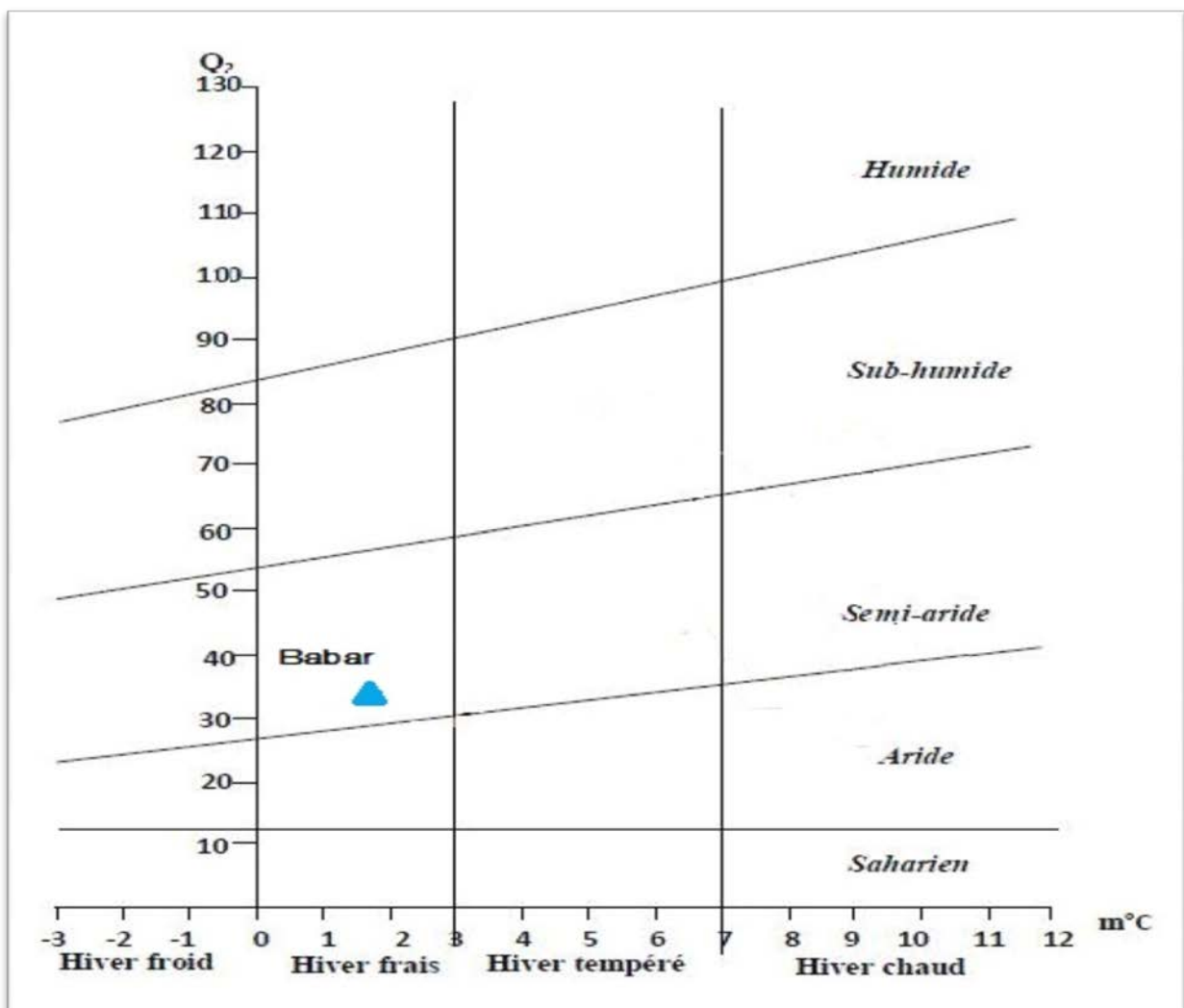


Figure 15: Le climagramme d'Embergie pour la zone d'étude

III.1.3 Le bilan hydrique

Le bilan hydrologique est un moyen de connaître les réserves et de suivre leur évolution au cours de l'année hydrologique (**Belkoum, 2017**). Les modèles les plus simples consistent à calculer des indices climatiques tels que la différence entre la pluie et l'ETP à un pas de temps mensuel. L'avantage essentiel de cette option est la facilité d'accès aux données climatiques. Elle permet en outre de caractériser un climat régional (**Granieret et al, 1995**).

Le bilan de l'eau global correspondant à une équation d'équilibre entre les apports et les pertes qui influent directement sur la variation des réserves. Ainsi pour déterminée le bilan de la zone d'étude, il est indispensable d'évaluée ses composantes (infiltration, ruissellement et évapotranspiration) (**Boubelli, 2009**).

L'établissement du bilan hydrique nous permet de connaître les différents paramètres (ETP, ETR, RFU, Déficit agricole, Excédent) qui nous aide à comprendre le fonctionnement des systèmes hydrauliques de surface. Lorsque la réserve facilement utilisable (RFU) est totale, il y a un surplus d'eau accompagné généralement par un écoulement. Dès que, la RFU diminue, il y a un épuisement du stock au point où la RFU sera complètement vide, il y aura un déficit agricole (DA) (**Guilal, 2019**).

Le bilan hydrique exprime le processus que suit une quantité d'eau arrivant au sol par précipitation ou neige avant de se retourner à l'atmosphère. Le bilan hydrologique naturel peut se calculer par la formule suivante (**Castany 1982**) :

$$P = ETR + R + I$$

ETR : l'évapotranspiration annuelle (mm) ;

I : Infiltration ;

P : Précipitation ;

R : Ruissellement. (**Djoudi, 2018**)

II.1.3.1 Mesure de l'ETR

Par définition, on appelle évapotranspiration réelle effective actuelle ou encore déficit d'écoulement (ETR) la somme de l'évapotranspiration et de la transpiration réelle pour une surface donnée et une période définie (**Guilal, 2019**).

III.1.3. 1.1 ETR selon la formule de Turc

Cette méthode est applicable à tous les climats et elle est fonction des précipitations et des températures moyennes mensuelles. La formule est la suivante avec :

$$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2}$$

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

- **ETR** : Evapotranspiration réelle (mm/an) ;
- **P** : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;
- **L** : Paramètre arbitraire lié à la température (pouvoir évaporant de l'atmosphère);
- **T** : Température moyenne annuelle (°C).

$$ETR=326.51/(0.9+106608,78/870787.586)^{1/2}$$

$$ETR = 322.9$$

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3 = 300 + 25(16.44) + 0.05(4443.29798)$$

$$L=933.16$$

Tableau 09: L'ETR selon la formule de Turc

Année	P (mm)	L	T (°C)	ETR (mm/an)
2009-2019	326.51	933.16	16.44	322.92

III.1.3.1.2 ETR selon la formule de Thornthwaite

La détermination de l'ETR est fonction de l'ETP et de la quantité d'eau disponible (Pluie + RFU) :

- Si $ETP = P$, il y a existence d'une évapotranspiration réelle ETR, la réserve RFU ne se modifié pas et aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe ;
- Si $ETP > P$, on a $ETR = P + RFU$. Un déficit apparaît, une partie de la RFU sera sollicitée jusqu'à la compensation de l'ETP. L'évapotranspiration agit donc sur le sol. Aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe ;
- Si $ETP < P$, on a $ETR = ETP$. La RFU pourra atteindre son maximum au delà duquel, il y aura infiltration vers la nappe. (Belkoun, 2017)

Pour l'estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) par la méthode de Thornthwaite est liée au volume de précipitation. (Guilal, 2019)

Avec une autre façon on peut évaluer l'évapotranspiration réelle par l'établissement du bilan hydrologique selon deux cas.

- Si $P > ETP$, alors $ETR = ETP$ Dans ce cas l'excédent provenant des précipitations est emmagasiné dans le sol pour alimenter la RFU jusqu'à sa saturation. Son surplus sera attribué à l'excédent.
- Si $P < ETP$, alors, $ETR = P + R.F.U$ (toute ou une partie de la R.F.U).
- Si R.F.U disponible est insuffisant pour satisfaire l'ETR, alors l'ETR = P, et elle sera inférieur à l'ETP, dans ce cas on aboutira un déficit agricole (Da).

Tableau 10 : ETR selon la C.W Thornthwaite

Année	ETR selon Turc (mm/an)	ETR selon Thornthwaite (mm/an)
2009-2019	322.92	326.5

III.1.3.2 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Le terme évapotranspiration désigne la quantité de vapeur d'eau rejetée dans l'atmosphère tant par évaporation directe au niveau du sol lui-même que par transpiration des organes aériens des plantes (Khabtane, 2015) .

Lorsqu'un couvert végétal étendu et couvrant bien le sol est abondamment pourvu en eau, c'est-à-dire lorsque les végétaux qui le composent peuvent puiser sans restriction dans l'environnement aérien, l'évapotranspiration croît et tend vers une limite maximale que l'on peut considérer comme l'un des aspects de l'évapotranspiration potentielle (ETP) (Khabtane, 2015). Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques. Cependant le choix dépend principalement du type de données climatiques disponibles et du type de climat de la région.(Gaagai, 2009)

$$ETP \text{ (mm/mois)} = 16 (10T/ I)^a. k + 0.5$$

T : Température moyenne du mois considère en ° C ;

ETP : Evapotranspiration potentielle du mois considéré en mm ;

K : Coefficient de correction de l'altitude ;

i : Indice thermique mensuel ;

I : Indice thermique annuel (Djoudi, 2018).

a: Coefficient calculé par la formule suivante: $a = (1.6/100) I$

I : Indice thermique annuel qui est égal à la somme des douze valeurs de l'indice thermique mensuel ($I = \sum i$). Cet indice est calculé par la formule suivante: $I = \sum i \quad i = (T/5)^{1.514}$

Tableau 11 : Evapotranspiration potentielle (ETP)

Mois	J	F	Mr	Av	Ms	J	JU	At	S	O	N	D
T° (C)	6,28	9,265	10,065	14,33	18,045	26,195	27,625	26,925	22,435	17,28	11,2	7,67
i	1,412	2,544	2,884	4,924	6,98	12,279	13,301	12,794	9,706	6,537	3,391	1,911
a	0,523	0,541	0,546	0,579	0,612	0,696	0,713	0,705	0,655	0,604	0,554	0,530
ETP	9.5	18.3	25.5	49.9	82.9	159.2	177.6	160.9	104.4	62.4	25.8	13.1
K	0.88	1.86	7.03	1.09	1.2	1.2	1.22	1.16	1.03	0.98	0.87	0.85

III.1.3.3 Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)

La RFU est la quantité d'eau emmagasinée dans la couche pédologique et qui est facilement utilisable par les plantes, pour son bon fonctionnement physiologique (**Gaagai, 2009**). La RFU représente l'eau facilement mobilisable par les cultures, elle dépend de la profondeur du sol et de l'enracinement de la végétation. C'est " celle que les plantes peuvent facilement utiliser par leur tension osmotique sans avoir à freiner l'ETR". (**Khechana et al., 2019**)

Selon **G. Gastanoy** lorsque les quantités d'eau provenant des pluies dépassent celles perdues par l'évapotranspiration, le surplus est stocké et constitue ce qu'on appelle réserve facilement utilisable.

$$RFU = 1/3 D_a H_e P$$

RFU: Réserve facilement utilisable en (mm) ;

D_a: Densité apparente du sol, (Hallaire propose de prendre $D = 0,9$) ;

P: Profondeur de la terre parcourue par les racines en (m) ;

H_e: Capacité de rétention:

He = 5 % pour un sol sablo limoneux ;

He = 10 % pour un sol limoneux ;

He = 20 % (**Guilal, 2019**).

Pour un sol argilo limoneux Pour notre cas et vu la nature du sol, on a adopté le dernier cas. He = 20% soit 0.20% P = 0.5m.

L'application de la méthode de Thornthwaite a donné les résultats qui ont été consignés dans le tableau :

Tableau 12 : Bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la donnée climatique de BABAR

Période	T _p (°C)	i	K	ETP _C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	22,43	9,7	1,03	104,4	36,66	-67,7	-0,6	0	0	36,7	67,7	0
O	17,28	6,5	0,98	62,4	31,97	-30,5	-0,5	0	0	32	30,5	0
N	11,2	3,4	0,87	25,8	25,13	-0,7	0	0	0	25,1	0,7	0
D	7,67	1,9	0,85	13,1	23,76	10,7	0,8	10,7	10,7	13,1	0	0
J	6,28	1,4	0,88	9,5	36,82	27,4	2,9	27,4	38,1	9,5	0	0
F	9,26	2,5	0,86	18,3	26,84	8,5	0,5	8,5	46,6	18,3	0	0
M	10,06	2,9	1,03	25,5	36,89	11,4	0,4	11,4	58	25,5	0	0
A	14,33	4,9	1,09	49,9	35,59	-14,3	-0,3	-14,3	43,7	49,9	0	0
M	18,04	7	1,2	82,9	27,85	-55	-0,7	-43,7	0	71,5	11,3	0
J	26,19	12,3	1,2	159,2	18,64	-140,6	-0,9	0	0	18,6	140,6	0
J	27,62	13,3	1,22	177,6	7,33	-170,3	-1	0	0	7,3	170,3	0
A	26,92	12,8	1,16	160,9	19,03	-141,9	-0,9	0	0	19	141,9	0
Année	16,4	78,6		889,5	326,5	-563				326,5	563	0

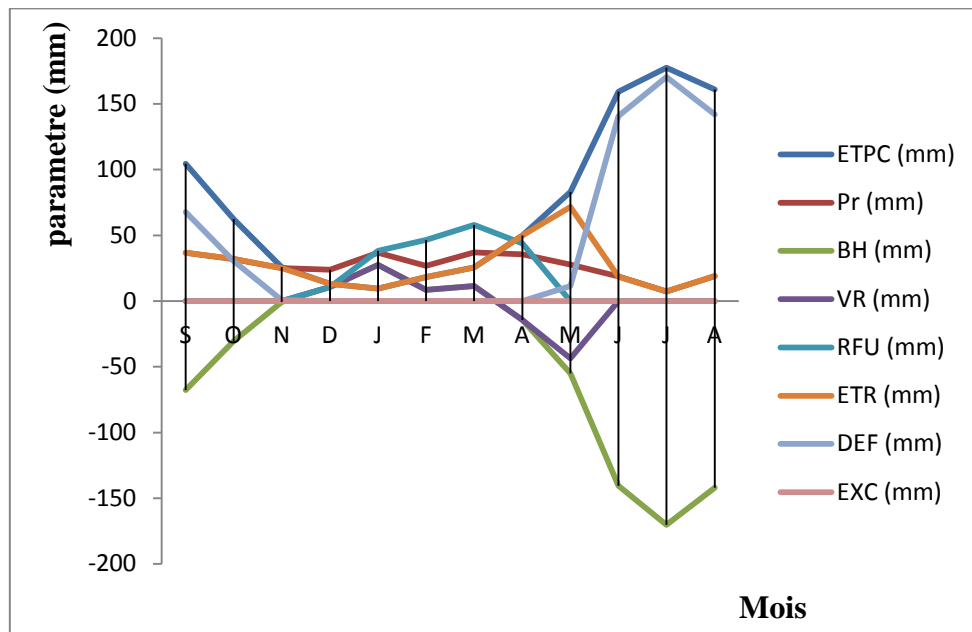


Figure 16: Représentation graphique du bilan hydrique

DA : Le déficit agricole est le déficit entre ETP et ETR donc :

DEF = ETP - ETR

EXC : L'excédent c'est la quantité d'eau pouvant s'écouler lorsque l'ETP et RFU sont satisfaits donc **EXC = P – ETR**

BH : Le bilan hydrique : **BH = RFU – DEF**

III.1.3.4 Interprétation du bilan hydrique

- A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations, elle représente le double des précipitations. ;
- L'examen de l'ETP à l'échelle mensuelle, montre l'existence de deux saisons bien distinctes : l'une pendant laquelle les précipitations sont supérieures ou égales à l'ETP (Avril-novembre), et la seconde on a l'inverse allant de Décembre à Mars.
- Pendant la saison froide, les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la formation de la RFU.
- A partir du mois de Mai on a un épuisement de la RFU, ce qui se traduit par un déficit agricole. A partir du mois de janvier on assiste à une reconstitution du stock, qui fixe son maximum au mois de Janvier, Février et Mars (25 mm), où la réserve commence à diminuer le mois d'Avril (8.91) jusqu'à épuisement du stock.
- D'après le bilan hydrique les précipitations (P) est supérieur à l'ETR. Donc, présence d'excédant.

II.1.3.5. Estimation du ruissellement et de l'infiltration

II.1.3.5.1. Ruissellement

Le ruissellement de surface peut être dû à un dépassement de la capacité d'infiltration du sol. (**Horton, 1933, in Cras, 2005**) ou à un dépassement du seuil de saturation du sol (**Dunne et Black, 1970**). Les fortes intensités des événements, conjuguées à la faible capacité d'infiltration des sols (due à des sols souvent compactés et recouvert d'une croûte et une végétation peu abondante) expliquent la prépondérance du ruissellement(**Barkani, 2017**) .

La méthode de **TIXERONT-BERKALOFF** permet le calcul du ruissellement, le raisonnement tenu par les deux auteurs est le suivant :

- Lorsque les précipitations augmentent, le ruissellement tend à égaler les précipitations déduction faite de l'évapotranspiration plafonnée à la valeur d'évapotranspiration potentielle.

- Lorsque les précipitations tendent aussi vers zéro, le ruissellement tend aussi vers zéro, et le rapport de ruissellement à la pluviométrie tend vers zéro (**Belkoun, 2017**).

D'après **TIXERONT-BERKALOFF**, le ruissellement est estimé par la formule suivante :

$$R = P^3 / 3 (ETP)^2$$

R : Ruissellement (mm) ;

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm) (**Djoudi, 2018**).

Tableau 13 : Le ruissellement

Année	P (mm)	ETP (mm)	R (mm)
2009-2019	326.51	889.5	14.66

III.1.3.5.2. Infiltration

Est la quantité d'eau franchissant la surface du sol. Elle renouvelle les réserves d'eaux souterraines et entretient le débit de l'écoulement souterrain des sorties après circulation dans les formations hydrogéologiques perméables du sous sol (**Lekoui, 2010**)

L'infiltration de l'eau dans le sol se définit comme étant le processus d'entrée de l'eau dans le sol à travers une surface déterminée. Dans l'application de la technique du bilan du volume, le comportement de l'infiltration de l'eau dans le sol reste inconnu. Vu sa variabilité dans l'espace et dans le temps, l'infiltration demeure difficile à quantifier. Plusieurs se sont penchés sur la question et ont fournis différentes techniques du bilan de volume qui est des approches permettant une intégration de la masse de l'infiltration (**Hounsegbe, 2006**).

L'infiltration signifie le transfert de l'eau à travers les couches superficielles du sol, lorsque celui-ci reçoit des averses ou s'il est exposé à une submersion. L'eau infiltrée remplit en premier lieu les interstices du sol en surface et pénètre par la suite dans le sol sous l'action de la gravité et des forces de succion. Ce processus est d'une grande importance dans la pratique, car son régime détermine souvent le ruissellement qui se forme à la surface du sol. On distingue deux types d'infiltration: L'infiltration horizontale et L'infiltration verticale (**Bennouar, 2009**)

Le taux d'infiltration est le rapport entre la quantité d'eau infiltrée et la durée d'infiltration. Il dépend avant tout du régime d'alimentation (irrigation, pluie), de l'état d'humidité et des propriétés physiques du sol (**Hounsegbe, 2006**). Et désigne le mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol et l'écoulement de cette eau dans le sol et le sous-sol, sous l'action de la gravité et des effets de pression (**Lutete, 2012**).

$$I = P - (ETR + R)$$

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm) ;

ETR : Évapotranspiration réelle annuelle en (mm) ;

R : Ruissellement annuel en (mm) ;

I : Infiltration efficace moyenne annuelle en (mm).

Tableau 14 : l'infiltration

Année	P (mm)	ETR (mm/an)	R (mm)	I
2009-2019	326.51	322.92	14.66	-11.07

Conclusion

L'étude climatique est basée sur le traitement des données, mettra en lumière les aspects fondamentaux de climat qui se caractérise par des saisons thermiques semblent bien tranchées, la saison chaude de Mai à Octobre et la saison froide de Novembre à Avril. Le vent souffle pendant l'Automne et l'Hiver, Là où l'humidité est élevée en Janvier et Décembre. Quant aux vents, il est fort en Février avec un taux de 7,3, et enfin les précipitations sont en janvier, mars, avril, septembre et enfin août au cours de ces mois par un grand pourcentage. D'après ces données la synthèse climatique montre que le climat de barrage Babar c'est un climat de type semi-aride à Hiver frais.

Chapitre 04

Matériel et méthode

Introduction

Les prélèvements d'échantillons, couplés avec les analyses en laboratoire. Ce chapitre se réserve à la présentation des méthodes d'échantillonnages et de prélèvements, ainsi qu'aux méthodes et matériels utilisés dans le laboratoire d'analyse hydro chimique.

IV. 1 Méthode d'échantillonnage

Une campagne de prélèvement des échantillons a été effectuée pendant les mois de mai 2020 jusqu'en mars 2021, et elle consiste à prélever des échantillons d'eaux et parallèlement aux prélèvements, des mesures physico-chimiques ont été effectuées in situ ou au laboratoire (la température (T), le pH, la conductivité électrique (CE), la turbidité, pour les cations (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+}), les anions (Cl^{-} , SO_4^{-2} , HCO_3^{-}) et les éléments nutritifs (NO_2^{-} , NO_3^{-} , NH_4 , PO_4).

Les analyses ont été effectuées au laboratoire Algérienne de l'eau de l'unité de Khenchela se situe au niveau de centre ville de la wilaya, cité de 1 er Novembre. La période d'observation s'étale sur sept mois du 05/2020 jusqu'au 03/2021.

IV.1.1 Prélèvement de l'eau

Le site de prélèvement était au niveau de la cascade, c'est-à-dire l'eau qui sort de la tour de Babar juste avant qu'elle n'atteigne la station de traitement comme le montre la figure 01. Deuxième site de prélèvement est après le traitement des eaux au niveau de station d'épuration, figure 16



Figure 17: Localité du site d'échantillonnage

Les porte-échantillons sont des bouteilles en plastique, d'un demi litre de volume. Elles sont rincées trois fois avec de l'eau distillée et une fois avec l'eau prélevée avant les prélèvements. Les échantillons ainsi prélevés sont conditionnés dans un lieu à l'abri de la lumière et à une basse température.

Pour cela nous avons effectué

- Flamber le robinet à l'aide d'une pince entouré de coton imbibé d'alcool.
- Laisser l'eau couler à 5 à 10 min.
- En utilisant des bouteilles en plastique (0,5L)
- Déboucher le flacon de prélèvement stérilisé et remplir en l'inclinant.
- Reboucher le flacon avec précaution, mentionner sur l'étiquette le lieu et l'heure de prélèvement.
- Placer le flacon dans une glacière gardant la température à 4°C.
- Les analyses physico-chimiques ont été effectuées dans les premières 24 heures au laboratoire et cela pour ne pas altérer l'échantillon.



Figure 18: Les prélèvements d'eaux.

IV.1.2 Matériels utilisée

Les verreries

- ✓ Flacon de 500ml ;
- ✓ Fioles en verre ;
- ✓ Béchers de 50 ml et de 100 ml ;
- ✓ Burette de 10ml ou 25 ml ;
- ✓ Eprouvette de 50ml ;

- ✓ Agitateur magnétique ;
- ✓ Tube à essai ;
- ✓ Entonnoir ;
- ✓ Balance ;
- ✓ Dessiccateur ;
- ✓ Bain marie ;

IV.1.3 Electrochimique

IV.1.3.1 Teste de chlore

Pour effectuer les analyses au niveau de laboratoire, tout d'abord, il faut faire un test de chlore par des comprimés DPD 01 et DPD 02 qui nous donne une idée sur l'état actuelle de la qualité de l'eau prélevés, pour prendre une décision de continuité d'analyser ou non (eau traitée ou l'inverse c.à.d. l'analyse ne peut pas être effectuée si l'eau est traitée précédemment au chlore).

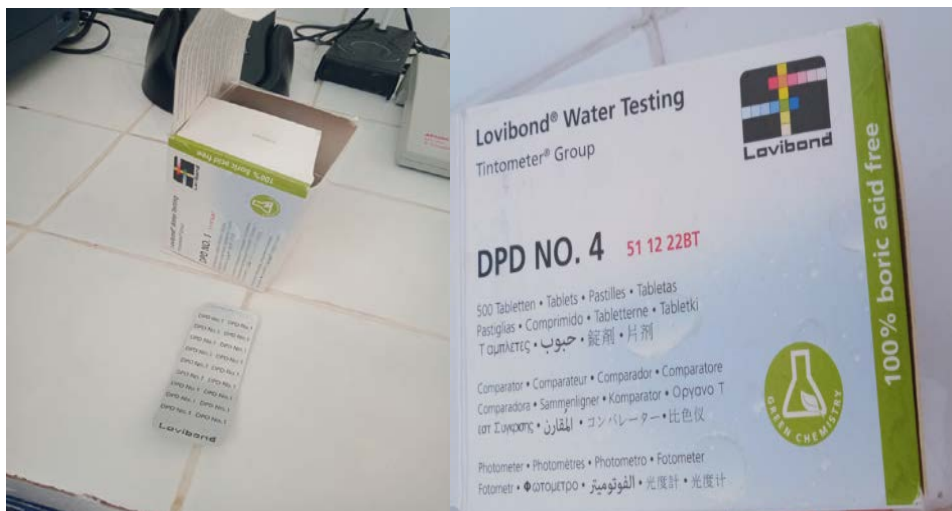


Figure 19 : Comprimés DPD 1, DPD4 .

IV.1.3.2 Température et PH

Sont mesuré par un pH Mètre.

Mode opératoire

- Allumer le pH Mètre (bouton rouge) ;
- Brancher l'électrode de pH ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation ;

- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation ;
- Puis noter le pH ;
- Et noter la température qui Afficher



Figure 20: Appareil de pH Mètre.

IV.1.3.3 La conductivité

Elle est mesurée par un conductimètre..Opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec l'eau distillée. Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Puis noter la valeur de conductivité électrique qui affiche.



Figure 21: Appareil de Conductimètre.

IV.1.3.4 La turbidité

L'appareil de mesure de la turbidité est un Turbidimètre. 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



Figure 22: Appareil de Turbidimètre.

IV.1.4 Paramétrer physico-chimique

IV.1.4.1 L'azote Ammoniacal

- Prendre 40 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4 ml de réactif I ;
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1 h ;
- L'apparition de la coloration verdâtre vers bleuâtre indique la présence de : NH_4^+

Réactif I

Acide dichloroisocyanurique.....	2 g
Hydroxyde de sodium (NaOH).....	32 g
Eau distillée.....	q.s.p 1000 ml

Réactif II (coloré)

Tri citrate de Sodium.....	130 g
Salicylate de Sodium.....	130 g
Nitropruciate de Sodium.....	0,97 g
Eau distillée	q.s.p 1000 ml



Figure 23: Expression des résultats d'azote Ammoniacal

IV.1.4.2 Les nitrate

- 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 à une température de 75-88 °C ;
- (Ne pas surchauffer ni surcharger très longtemps) laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ pur laissé reposer 10 mn ;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de Tartrate double de Sodium et de Potassium ;
- Evaporer à sec de 75-88 °C et poursuivre de la même manière que pour l'échantillon à analyser ;
- Multiplier par 4.43 pour obtenir la concentration en NO₃⁻.



Figure 24: Expression des résultats de Nitrate.

IV.1.4.3 Les nitrites

- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml d réactif mixte ;
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Réactif mixte

Sulfanilamide.....	40 g
Acide phosphorique.....	100 ml
N-1 Naphtyle éthylène diamine.....	2 g
Eau distillée	q.s.p 1000 ml.



Figure 25: Expression des résultats de nitrite

IV.1.4.4 Les Phosphates

- 40 ml d'eau à analyser ;

- 1 ml d'Acide Ascorbique ;
- 2 ml du réactif mixte ;
- Attendre 10 mn le développement de la couleur.

Réactif mixte

Heptamolybdate d'Ammonium.....	13 g	}	A
Eau distillée.....	q.s.p 100 ml		
Tartrate d'Antimoine.....	0.35 g	}	B
Eau distillée.....	q.s.p 100 ml		
Acide Sulfurique.....	150 ml	}	C
Eau distillée.....	150 ml		
(A + B) + C.....	q.s.p 500 ml		



Figure 26: Expression des résultats de Phosphate

IV.1.4.5 Calcium

- Prendre 50 ml d'eau à analyser. Ajouter 3 ml de NaOH puis 3 gouttes de Bleu d'Eriochrome.
- Verser la quantité nécessaire de solution d'EDTA pour obtenir le virage au violet. Noter V₁. Ajouter à la même solution 3.2 ml d'HCl 1 N et agiter durant 1 mn jusqu'à parfaite dissolution du précipité magnésien.
- Verser 5 ml de la solution tampon et 1 goutte de solution de Noir d'Eriochrome.
- Bien mélanger. Introduire la quantité de solution d'EDTA nécessaire au virage au bleu.
- Noter V₂.

Réactifs

- **Solution d'EDTA 0.02 N**

Dissoudre 3.721 g d'EDTA di sodique (cristallisé 2 H₂O) dans 1000 ml d'Eau distillée.

1 ml d'EDTA 0.02N correspond à 0.4008 mg de Calcium, 1 mg de Carbonate de Calcium et 0.243 mg de Magnésium.

• **Solution tampon**

Mettre dans 400 ml d'Eau distillée 55 ml d'HCl concentré. Ajouter 310 ml de 2-Aminoéthanol, 100 mg d'EDTA magnésien. Compléter à 1000 ml d'Eau distillée.

Solution de Noir d'Eriochrome

Noir d'Eriochrome.....0.5 g
 Ethanol.....25 ml

• **Solution de Bleu d'Eriochrome**

Bleu d'Eriochrome.....100 mg
 Eau distillée.....100 ml
 Chlorhydrate de d'hydroxylamine.....0.25 g

• **Solution de NaOH 1N**

NaOH.....4 g
 Eau distillée.....100 ml

• **Solution d'HCl 1 N**

HCl.....8.3 ml
 Eau distillée.....100 ml

Expression des résultats : Pour une prise d'essai de 50 ml

La teneur en Calcium est égale à

$$Ca \text{ (mg/l)} = (V1 * 0.4008 * 1000) / 50$$



Figure 27: Expression des résultats de calcium.

IV.1.4.6 Le magnésium

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium, magnésite : $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{Mg}^{+2} + \text{CO}_3^{-2}$
La teneur en Magnésium est égale à

$$\text{Mg (mg/l)} = (\text{V}_2 * 0.243 * 1000) / 50$$

IV.1.4.7 Le sodium

- Lire au spectrophotomètre ;
 - Mettre l'appareil sous tension;
 - Choisir la méthode no 0, pour lecture de l'absorbance;
 - Ajuster la longueur d'onde à 560 nm;
 - Emplir une cellule d'eau déionisée et faire le zéro de l'appareil avec cette cellule;
 - Emplir une cellule avec une solution standard;
 - Ajouter le contenu d'une gélule de réactifs à la cellule, bien agiter, attendre au moins 2 minutes pour permettre au complexe de se former complètement;
 - Mesurer l'absorbance de la solution.
- ✓ **Un spectrophotomètre** : Est un appareil de laboratoire qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée.



Figure 28: Spectrophotomètre

IV.1.4.8 Les chlorure

- **Le blanc**

Prendre 100 ml d'eau distillée + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le l' $AgNO_3$ à 0.02 mole/l.

- **Le titre**

Prendre 10 ml de $NaCl$ à 0.02 mole/l +90 ml d'eau distillée + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le l' $AgNO_3$ à 0.02 mole/l.

- **L'échantillon**

Prendre 100 ml d'échantillon + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le l' $AgNO_3$ à 0.02 mole/l.

Le tirage se fait jusqu'au virage rouge brique



Figure 29: Expression des résultats de chlorure

IV.1.4.9 Les sulfate

- 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 pd 1 mn ;
- Lire au spectrophotomètre.

Expression des résultats

$[SO_4^{2-}]$ mg/l = la valeur lue au spectrophotomètre * la dilution.



Figure 30: Expression des résultats de sulfate.

IV.1.4.10 La Matière organique

- Prendre 25 ml d'eau d'échantillon dans une alaine praire ;
- Ajouté 05 ml H₂SO₄ ;
- Placé dans un bain marie (96 °C) ;
- Après 10 min an ajoute oxalaine ;
- Titré par KmnO₄ ;



Figure 31: Expression des résultats de la MO

IV.1.4.11 Résidu sec

- Tarer une capsule préalablement lavée et rincée à l'eau distillée et desséchée ;
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser le dans la capsule ;
- Porter cette dernière à l'étuve pendant ;
- Laisser refroidir pendant un 1/4 d'heure au dessiccateur ;
- Peser immédiatement et rapidement.

Expression des résultats

Les résultats sont donnés en mg/l.

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

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

PV : est le poids vide de la capsule.



Figure 32: Expression des résultats de Résidu sec

Chapitre 05

Résultats et discussions

Introduction

L'eau est le facteur principal qui façonne les roches et transforme le paysage. Lors de son écoulement, elle dissout des minéraux, se sature et précipite d'autres minéraux. Par suite, elle acquiert un chimisme qui est le résultat de ses interactions avec la roche et de l'influence de facteurs externes naturels ou anthropiques. L'eau joue donc deux rôles complémentaires : réactif chimique qui dissout les minéraux et les matières organiques, et Agent transporteur d'énergie et de matière (**Bakalowicz, 1979**).

L'hydrochimie est la science qui étudie la chimie des eaux. Cette étude permet de connaître les faciès chimiques des eaux, leur qualité de potabilité, suivre l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques. Elle est liée à la nature lithologique du terrain traversé, au climat et à l'activité anthropique. Elle permet aussi de comparer les eaux entre elles, d'interpréter les données d'analyses par des diagrammes.

V.1 Les principaux paramètres physico-chimiques

V.1.1 Les paramètres physiques

V.1.1.1 La température

La température est un facteur environnemental important pour la vie aquatique contrôlant l'ensemble des processus biologiques (reproduction, croissance, liés à un environnement donné (**Noël, 2012**)).

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques. (**Belgoum, 2017**). Elle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz (**Houha, 2007**).

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (**Belgoum, 2017**).

Certes, toute variation brusque de ce paramètre entraîne une perturbation dans l'équilibre de l'écosystème aquatique (**Péguy, 1970**).

Ainsi, un réchauffement entraine l'apparition des algues flottantes et des organismes aquatiques indésirables (Gaagai, 2017) .

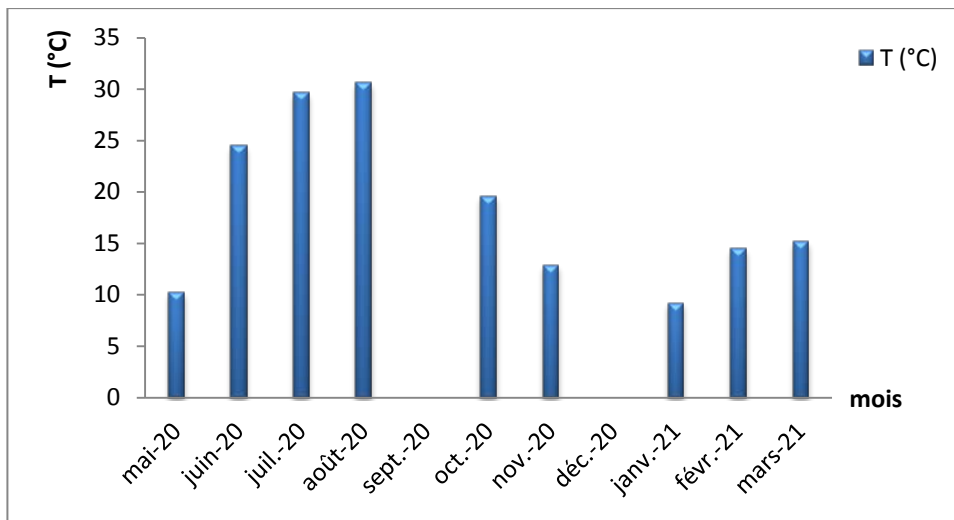


Figure 33 : Variation spatiotemporelle de la température d’eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (°C) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

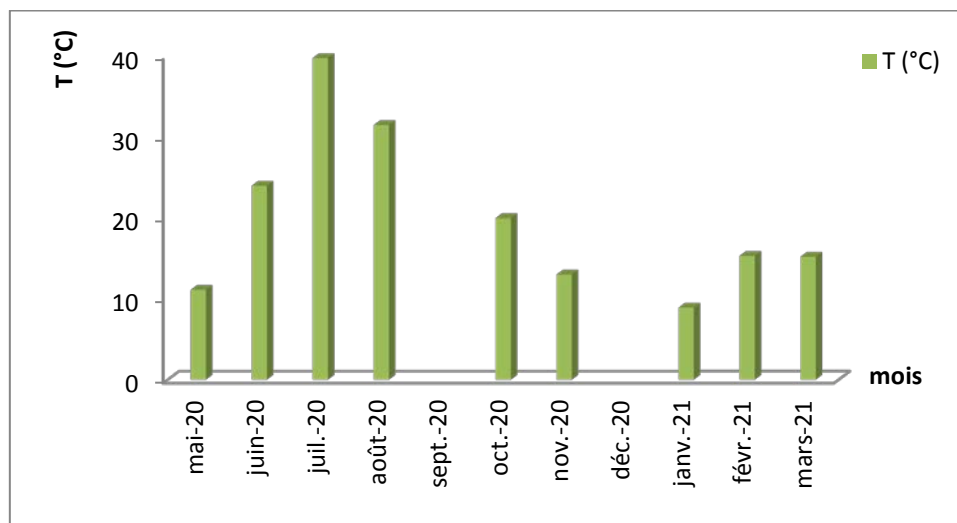


Figure 34: Variation spatiotemporelle de la température d’eaux du barrage de Babar traitées exprimé en (°C) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d’eau brute : Selon la figure (02), on remarque que les valeurs de la Température se varient entre 9.2°C comme valeur minimale observée dans le mois de Janvier et un maximum de 30.6°C pendant le mois d’Aout avec une moyenne de 18.6°C.

Cas d’eau traitée : selon la figure 03, la Température se varient entre 8.9°C mois du janvier et 39°C dans le mois de juillet avec une moyenne de 19.82°C.

La température des eaux de barrage est le même dans les deux cas. A l'exception de mois de juillet où on trouve qu'il ya une augmentation de la température (T° eaux traitées supérieur de T° d'au brute), ce qui explique l'influence directe de température de l'air sur l'eaux du barrage mais tous les valeurs restent toujours dans les normes..

V.1.1.2. Le potentiel hydrogène

Les eaux naturelles ont un pH voisin de 7, le plus souvent compris entre 6 et 8. Plus le pH est bas, plus la solution est dite acide (**Yahiathen et Tahirim , 2010**). Le pH d'une solution aqueuse est une mesure de l'équilibre acido-basique réalisé par différents composés dissous (**Sadrati, 2018**).La pollution atmosphérique et les précipitations acides demeurent la plus importante source d'acidité des plans d'eau (**Mouaici, 2002**).

Un pH inférieur à 7 peut provoquer une corrosion des tuyauteries métalliques. Supérieur à 8, il entraîne une diminution de l'efficacité du processus de désinfection au chlore et peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution.

Le potentiel hydrogène est liée principalement à la nature lithologique des terrains traversés. Il constitue le mode de représentation de la concentration en ion H^+ d'une solution, c'est- à- dire l'alcalinité ou l'acidité du chimisme du milieu (**Belgoum, 2017**). Parallèlement, la neutralisation de cette acidité peut avoir lieu à cause du carbonate de Calcium ($CaCO_3$) des poussières atmosphériques et/ou de l'ammonium relargué par les activistes industrielles ou liées à l'agriculture et d'autres sources naturelles (**Guergueb, 2016**).

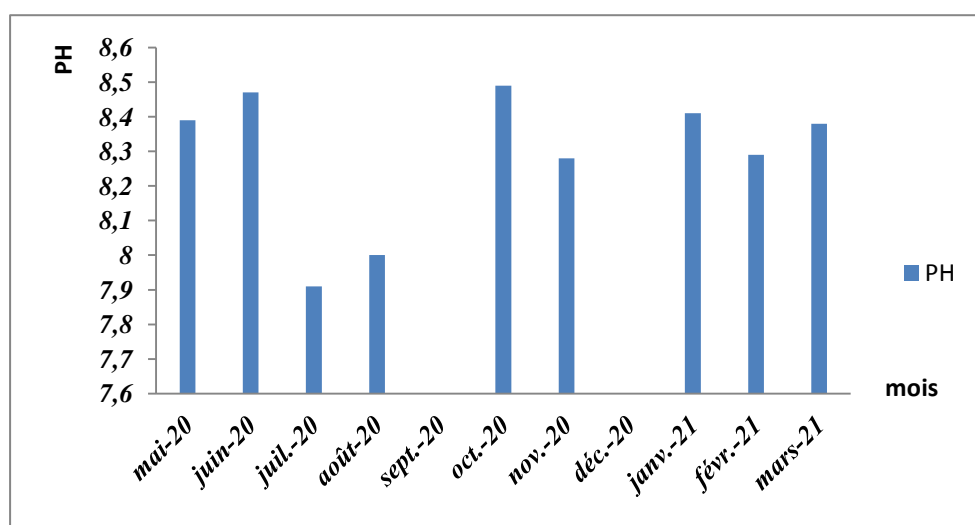


Figure 35: Variation spatiotemporelle des potentiels d'hydrogène (pH) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($mg. l^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021) .

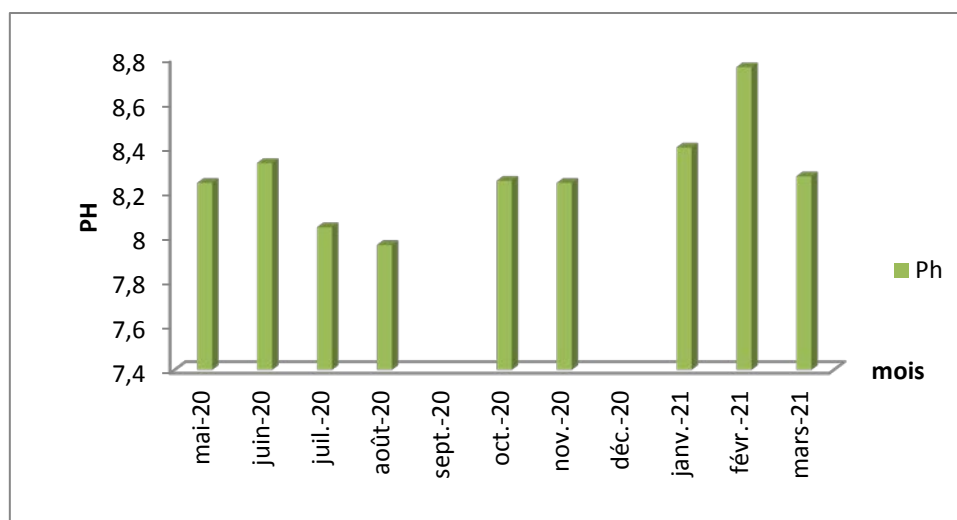


Figure 36: Variation spatiotemporelle des potentiels d'hydrogène (pH) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg. l^{-1}) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Le pH mesuré dans notre étude est en moyenne de 8,29. On observe que les valeurs du pH varient entre (7,91 et 8,49), la valeur maximale observée dans le mois d'Octobre avec une valeur de (8.49), et la valeur minimale est observée dans le mois de Juillet avec une valeur de (7,91). L'alcalinité des eaux est bien marquée le barrage.

Cas d'eau traitée : Le pH des eaux du barrage après traitement est variées entre 7.96 et 8.76 avec une moyenne de 8.27,

Donc le pH de la zone d'étude est en adéquation avec la norme OMS (6,5 et 9,5) pour une eau potable. Et s'avère que l'eau de ce barrage possède toujours un caractère alcalin comme les figures 04 et 05 indiquent

V.1.1.3 La conductivité électrique

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. La conductivité est directement proportionnelle à la quantité des sels minéraux dissous dans l'eau. Ainsi, plus la concentration en minéraux dissout sera importante, plus la conductivité sera élevée (Trabelsi, 2017).

La conductivité électrique de l'eau est affectée par la présence d'éléments solides inorganiques dissous (Gaagai, 2016). La conductivité électrique est une mesure du contenu de l'eau en substance dissoute ions et électrolytes. Une variation de la conductivité électrique peut avoir une cause aussi bien anthropique (pollution de l'eau) que naturelle (dilution par les eaux météoriques, infiltration d'eau de surface peu minéralisée, etc (Valles, 2005).

La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. Sa mesure est précise et rapide. Sa variation est liée à la nature des sels dissous et de leur concentration (Belgoum, 2017). L'appareil utilisé s'appelle un conductimètre, il est essentiel que les mesures soient corrigées à une température de référence choisie, habituellement 25°C ; même si la température de l'échantillon diffère de cette température.

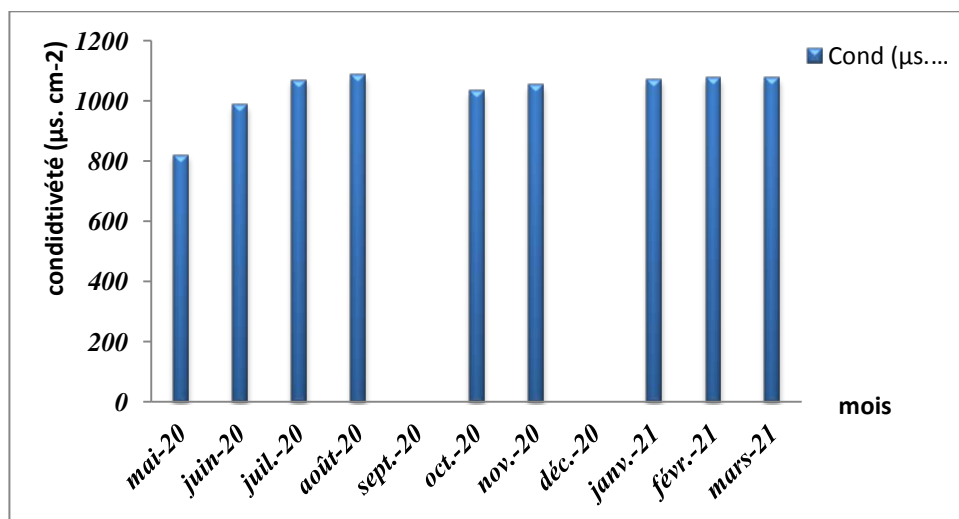


Figure 37 : Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique (CE) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($\mu\text{s. cm}^{-2}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

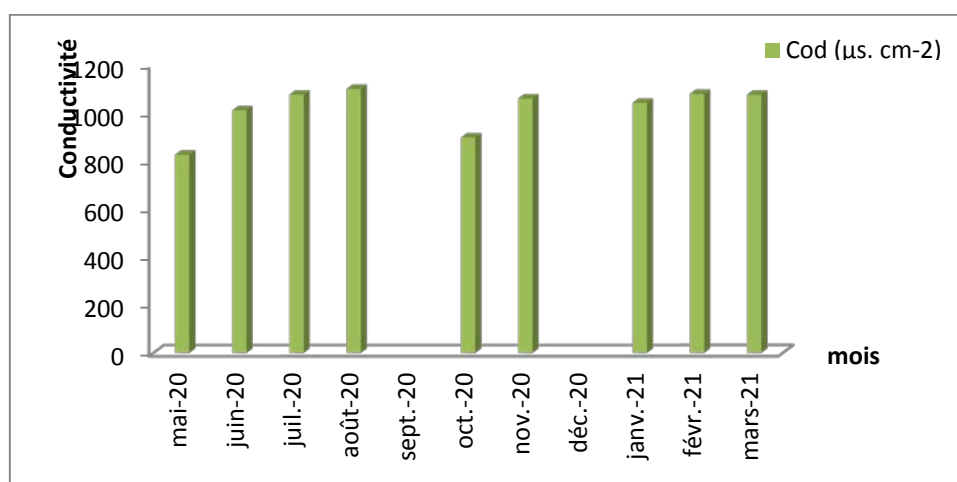


Figure 38 : Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique (CE) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en ($\mu\text{s. cm}^{-2}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : D'après l'histogramme de variation de la conductivité durant la période (mai 2020 - mars 2021), une valeur maximale 1086 $\mu\text{s/cm}$ a été enregistrée au mois d'Aout avec une valeur de conductivité minimale 820 au mois du Mai. Donc la conductivité

électrique de ces échantillons présente des concentrations inférieures à la norme (2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

Cas d'eau traitée : D'après l'histogramme (Fig. 05), la conductivité est variée entre une Valeur maximale 1100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a été enregistrée mois d'Aout et une valeur minimale 825 au mois du Mai.

La majorité des valeurs de la conductivité des échantillons analysés des eaux de Barrage de la région d'étude est presque similaire dans les deux cas, et ne dépassent pas 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sachant que la conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (IBGE, 2005).

V.1.1.4 La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (Rodier, 2009).

Est la turbulence d'un fluide causé par des particules individuelles (solides en suspension). La turbidité dans l'eau libre peut être causée par la croissance du phytoplancton, des activités humaines qui conduisent à des niveaux élevés de sédiments entrant dans les plans d'eau pendant les tempêtes de pluie (Gaagai, 2017).

Elle permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau. La turbidité est causée par les particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers est relative: certaines populations habituées à consommer une eau très colorée n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension: la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc suspecte (Diallo, 2015).

La forte turbidité des eaux enregistrée en période de crue peut être expliquée par un apport important de particules solides issues du lessivage des sols du bassin versant (Noël, 2012).

. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale (Dekhil, 2012).

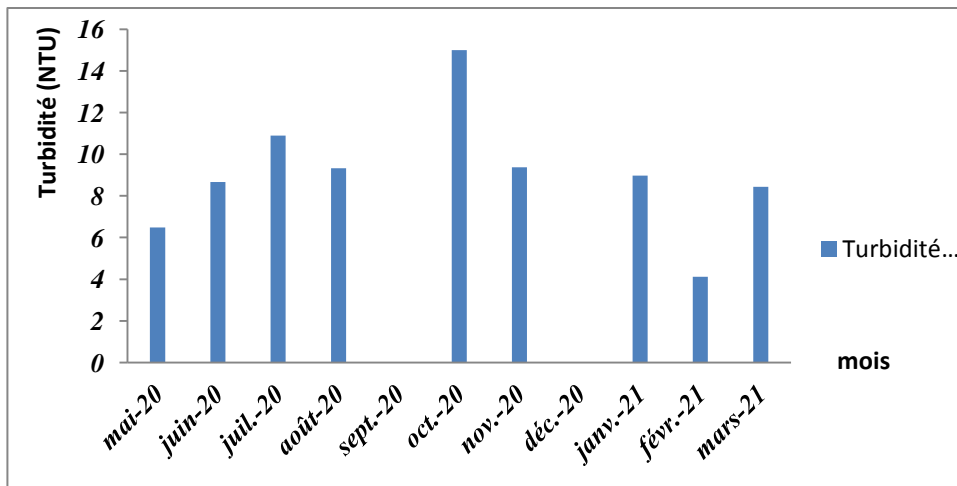


Figure 39 : Variation spatiotemporelle de la turbidité des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (NTU) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

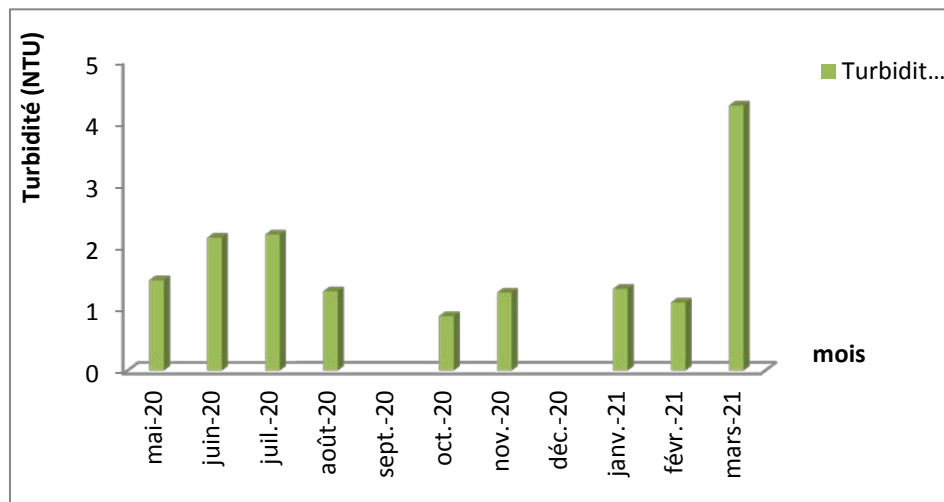


Figure 40: Variation spatiotemporelle de la turbidité des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (NTU) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : La turbidité mesuré dans notre étude est variée entre (6.48 et 15 NTU), où elles sont dépassée la norme (05 NTU) pendant tout les mois sauf au cours du mois du février 2021. Elle est probablement causée, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes.

Cas d'eau traitée : La turbidité mesuré après le traitement des eaux est varié entre (0.88 et 4.28 NTU). Donc ces échantillons présentent des concentrations inférieures à la norme.

V.1.2 L'analyse des éléments chimiques

Les eaux douces, qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle sont plus ou moins minéralisées par des sels naturels. Il est souvent très important de connaître précisément cette minéralisation en plus des indications données par les paramètres globaux de type « titre » et « potentiel ».

Par ailleurs, certains des cations et anions minéraux naturels présents dans les eaux sont considérés comme indésirables ou toxiques selon l'usage auquel l'eau douce est destinée (domestique, agricole, industriel, santé, tourisme, refroidissement...). Ces anions et cations sont généralement présents à des concentrations très variables, de l'ordre de quelques ppb ou dizaines de ppb (comme par exemple, l'arsenic, le sélénium, le manganèse le fer, etc.) à plusieurs dizaines ou centaines de ppm (comme par exemple le calcium, le magnésium, les carbonates, les fluorures, etc.) (Rodier *et al.*, 2009).

V.1.2. 1 Les nutriments

V.1.2.1.1 L'azote

- L'azote nitrique

Le nitrate présent à l'état naturel partout dans l'environnement, c'est un composé commun dans la nature et largement présent dans le sol, les eaux et les aliments (Khadouma 2012). Toutes les formes de l'azote (azote organique, ammoniacque, nitrate etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrate est très variable suivant la saison et les origines des eaux il peut varier 2 à 15 mg par litre et une concentration de 2 ou 3 mg par litre et peut-être considéré comme normal (Rodier ,2009). Les nitrates sont utilisés comme indice de pollution lorsque dépasse les normes 50mg/l. (selon le manuel de laboratoire).



Figure 41: Variation spatiotemporelle des teneurs en nitrate (NO₃⁻) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

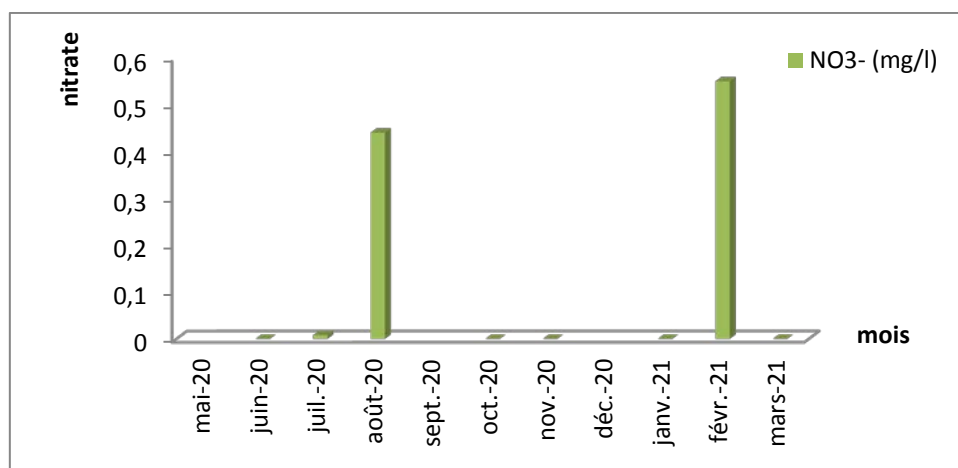


Figure 42: Variation spatiotemporelle des teneurs en nitrate (NO₃⁻) des eaux traitées du barrage du Babar exprimé en (mg .l⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la figure (39) on remarque que les teneurs en nitrates sont assez faible durant la période étudiée et inférieure par rapport à la norme (50 mg/l). On remarque que la période de suivi les teneurs sont faibles et inhibées par la température des eaux, ou on enregistré panant les deux mois juillet et novembre des valeurs nul (00 mg/l), la valeur minimale est enregistrée dans le mois de Octobre avec une valeur de l'ordre de (0.27 mg. l⁻¹), par contre la valeur maximale est observé dans le moi de Février avec une valeur de l'ordre de (13.46 mg. l⁻¹).

Les eaux de barrage de Babar présente une valeur moyenne de l'ordre de (3.04 mg. l⁻¹).

Cas d'eau traitée: Ratios très proches de zéro où pendant les mois Juin, Octobre Et Novembre 2020 et Janvier, Mars 2021 la teneur en nitrates enregistrée est nul. La valeur maximale est 0.55 mg/l enregistrée au mois de Février et le minimal 0.008mg/l dans le mois de Juillet.

- **L'azote ammoniacal**

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes (**Hamdi et Ait Kaci, 2008**).

L'ammoniaque (NH_4^+) provient principalement de la décomposition de la matière organique par les bactéries, une autre source peut être le déversement d'eaux d'égouts non traitées. L'ammoniaque est surtout présente sous forme d'ion ammonium (NH_4^+) dans l'eau facilement assimilé par les plantes, il devient une source importante d'azote, donc de fertilisant auprès du phytoplancton et des algues de surface qui prolifèrent en sa présence.

La distribution de l'ammoniaque dans un milieu aquatique varie selon le niveau de productivité de l'écosystème et son degré de pollution par la présence de matière organique. Dans un milieu bien oxygéné, il est rapidement utilisé et sa concentration est faible ; dans un milieu faiblement oxygéné, son taux peut augmenter (**Ghoubal et Merzougui, 2018**).

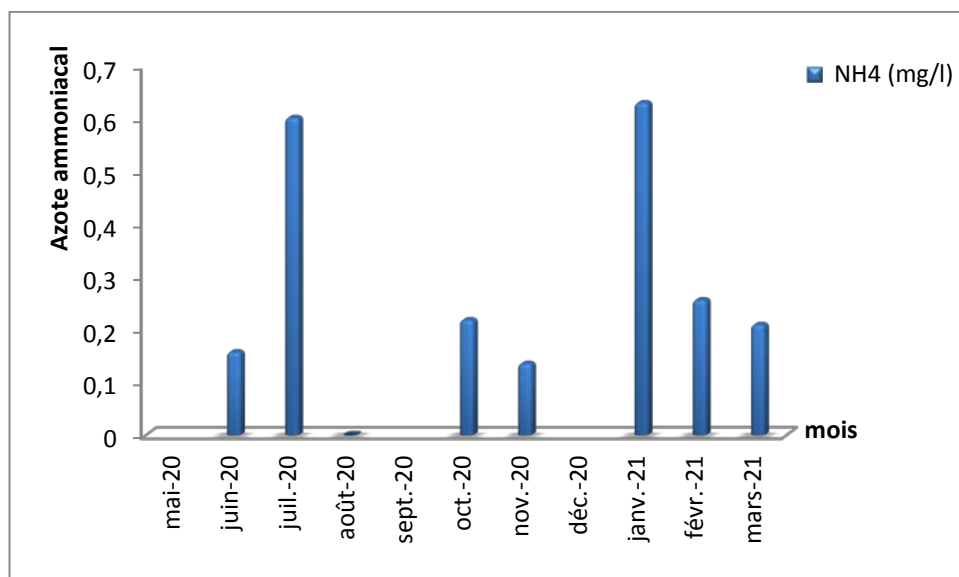


Figure 43: Variation spatiotemporelle des teneurs azote ammoniacal (NH_4^+) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

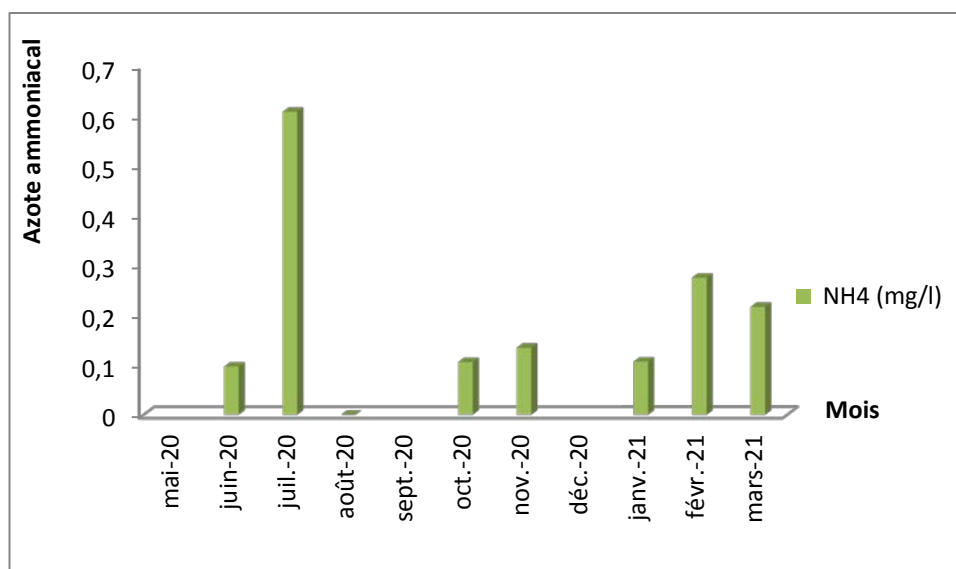


Figure 44 : Variation spatiotemporelle des teneurs azote ammoniacal (NH_4^+) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la figure (41) on remarque que les valeurs de l'azote ammoniacal ont présentées une forte concentration par rapport à la norme (0.5 mg/l), ce dernier représentée la valeur maximale ($0.63 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) au mois de Janvier 2021, et une valeur minimale ($0.14 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) au mois de novembre 2020.

Cas d'eau traitée : Selon la figure (42) les valeurs de l'azote sont variées entre ($0.097 - 0.61 \text{ mg/l}$).

Il n'y a pas de changement significatif dans les concentrations entre les deux cas.

- **L'azote nitreux**

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par litre d'azote nitreux (**Hamdi et Ait kaci , 2008**).

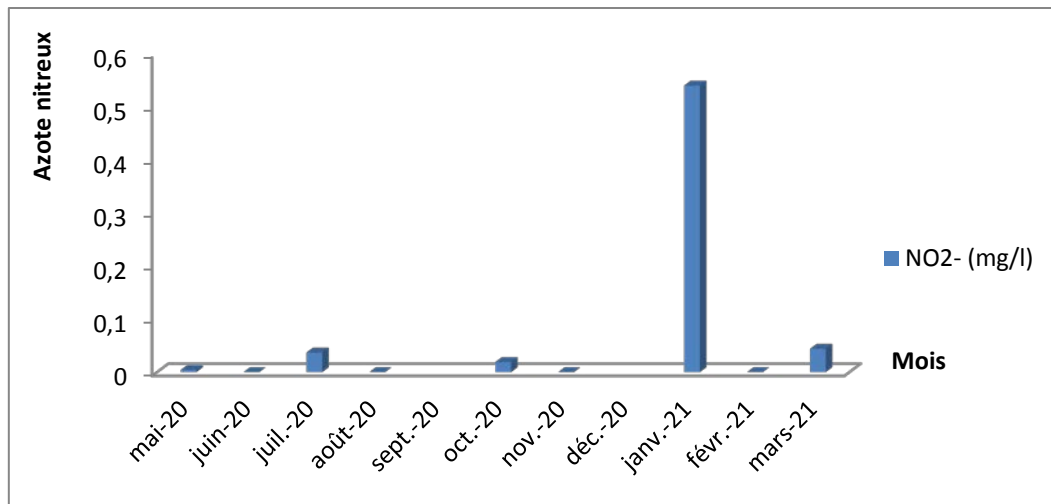


Figure 45 : Variation spatiotemporelle des teneurs nitrites (NO₂⁻) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

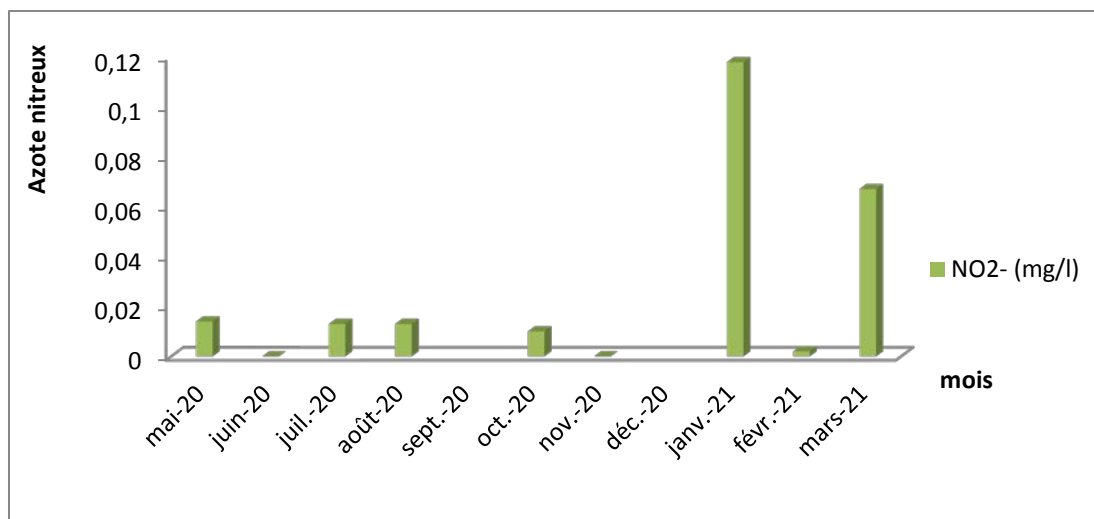


Figure 46: Variation spatiotemporelle des teneurs nitrites (NO₂⁻) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la figure 43 on remarque que la valeur maximale (0,540 mg.l⁻¹) enregistré au mois de janvier, cette valeurs qui dépasse la norme (0.2 mg.l⁻¹). Les valeurs minimales enregistrées (0 mg .l⁻¹) dans les mois de Juin, Aout, Novembre 2020 et le mois de Février 2021.

Cas d'eau traitée : Les teneurs de nitrites est variés entre 0 mg/l dans les mois de Juin et Novembre, et 0.118 mg/l enregistrée au mois de janvier.

On remarque que la quantité de nitrite a diminué après le processus de filtrage de l'eau du barrage.

V.1.2.1.2 Les ortho phosphates

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'orthophosphate, il est essentiel à la vie aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant de la production de la biomasse végétale (**Hamdi et Ait kaci, 2008**).

La présence de phosphore dans l'eau est due à des sources naturelles (érosion, lessivage), à des pollutions diffuse (engrais, lessivage) ou ponctuelle (effluents, notamment avec les rejets de détergents auxquels les phosphates sont encore fréquemment associées) (**Hizia , 2012**).

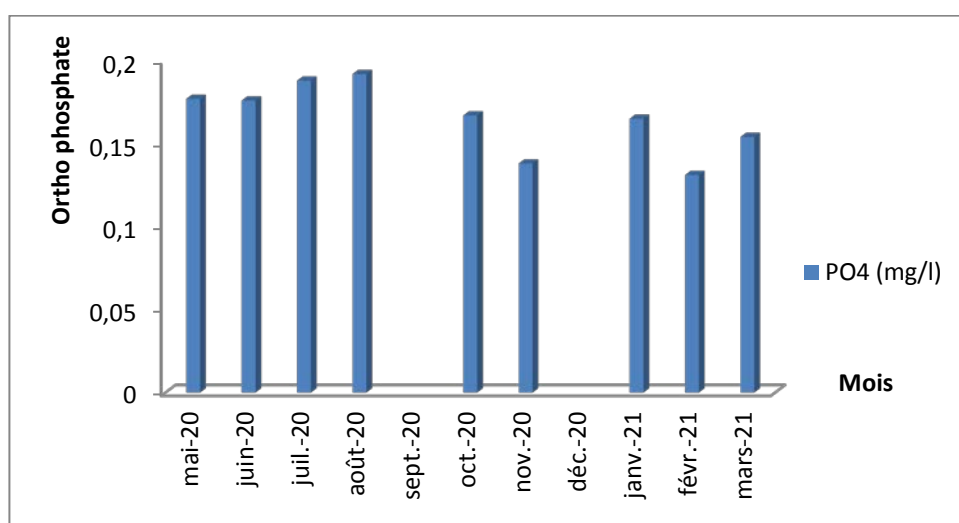


Figure 47 : Variation spatiotemporelle des teneurs ortho phosphates (PO_4^-) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

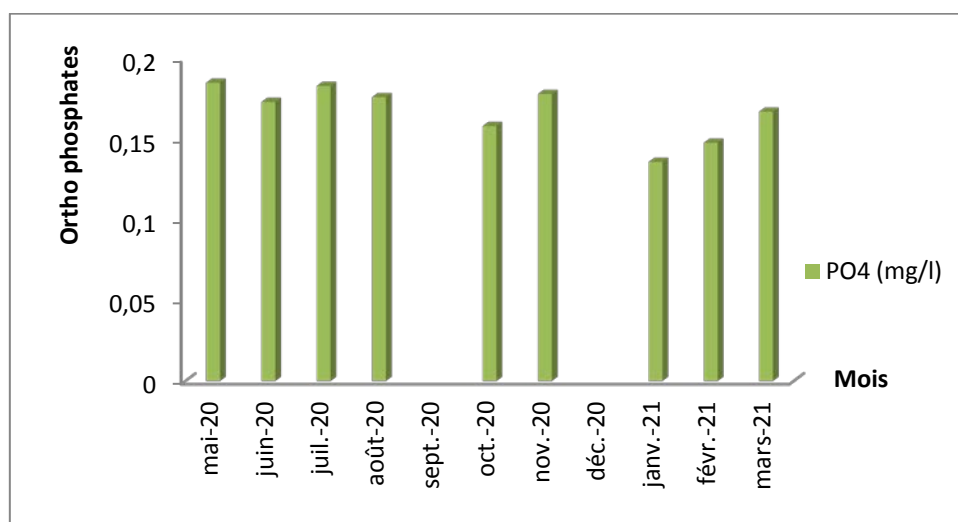


Figure 48 : Variation spatiotemporelle des teneurs ortho phosphates (PO_4^-) des eaux traitées du barrage du Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021)

Cas d'eau brute : Selon la figure (45) les résultats d'analyses des eaux de sites étudiés montrent que les teneurs des ortho-phosphate présentent une concentration remarquable mais ne dépasse pas la norme (0,50 mg .l⁻¹) avec une valeur maximale (0.19 mg .l⁻¹) observée dans le mois d'Aout, et une valeur minimale (0,13 mg .l⁻¹) enregistrée dans le mois de Février. Ces teneurs restent faibles mais peu provoquer des phénomènes d'eutrophisation locale dans le barrage.

Cas d'eau brute : Selon les résultats la figure (46) on remarque une valeur maximale (0.18 mg .l⁻¹) observée dans le mois de Mai, et une valeur minimale (0,13 mg .l⁻¹) enregistrée dans le mois de Janvier.

Les concentrations ne diminuent pas après le traitement des eaux.

V.1.3 Les élément majeur

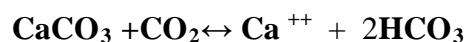
Les éléments chimiques dits majeurs correspondent aux anions et cations qui constituent de façon prépondérante la minéralisation des eaux. Les résultats d'analyses chimiques en éléments majeurs effectuées sur les échantillons prélevés de sources d'eau de la zone d'étude sont:

V.1.3.1. Les cations

V.1.3.1.1 Calcium

Le calcium est un élément chimique, de symbole Ca^{2+} et de numéro atomique 20. C'est un métal alcalino-terreux qui ne se trouve jamais à l'état de corps pur dans la nature. Il est le cinquième élément le plus abondant de la croûte terrestre (plus de 3 %) (**Baudelaire, 2013**).

Le calcium, se trouve en quantité appréciable dans la quasi-totalité des eaux superficielles et souterraines. Il constitue un élément dominant des eaux potables des hauts plateaux, sa dissolution résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations carbonatées par le gaz carbonique dans l'eau. (**Bouafia, 2015**).



Le calcium est un métal alcalino-terreux c'est un composant majeur de la dureté totale de l'eau minérale naturelle, celle-ci se charge en ions calcium quant elle traverse des terrains calcaires (**Bouabba 2019**).

L'influence du calcium de l'eau sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les recherches et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau (Cheikh, 2007).

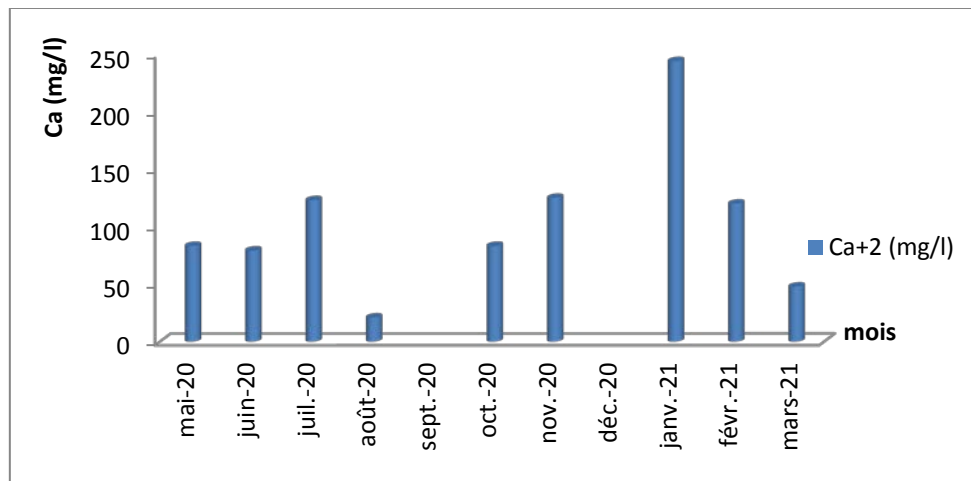


Figure 49: Variation spatiotemporelle des teneurs en calcium (Ca^{2+}) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

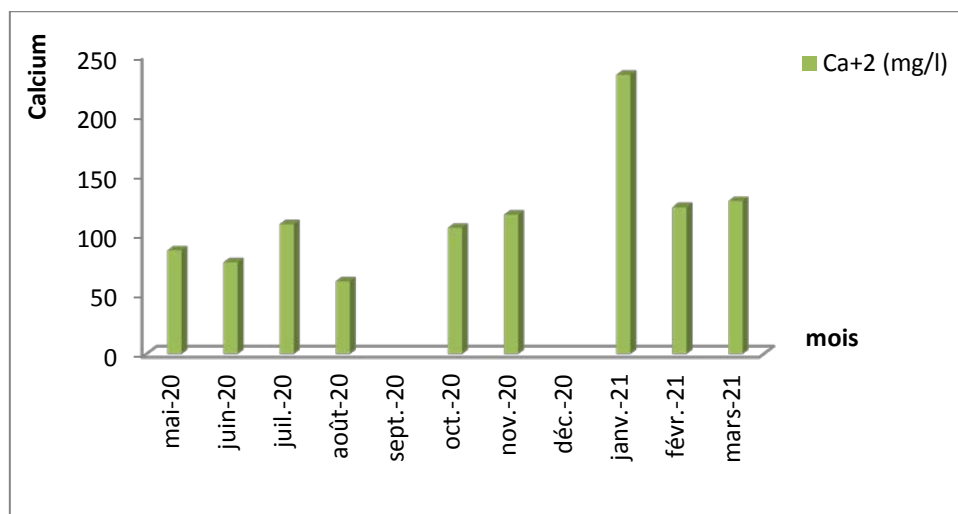


Figure 50 : Variation spatiotemporelle des teneurs en calcium (Ca^{2+}) des eaux traitées du barrage du Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la figure (18) on remarque que les valeurs de calcium varient entre (21 et 244 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$).

La valeur maximale est observée dans le mois de Janvier (244 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), qui est dépassé la norme (200 mg/l), La valeur élevée du calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$), qui sont facilement solubles.

La valeur minimale (21 mg .l⁻¹) enregistré au mois d'Aout. Donc les eaux du barrage de BABAR sont très riches en calcium pendant la période étudiée. Avec une valeur moyenne de l'ordre de (102.88 mg .l⁻¹).

Cas d'eau traitée : Les concentrations de calcium varient entre (61 et 234 mg .l⁻¹), dépassé la norme dans le mois du janvier (234) seulement.

On remarque que dans les deux cas le calcium est élevé et dépasse la norme au mois de janvier qui appartient à la saison hivernale et s'avère aux précipitations qui sont élevées pendant ce mois (moyenne (précipitation moyenne mensuelle est de 36.82 mm pendant les dernières 10 ans)

V.1.3.1.2 Le magnésium

Le magnésium constitue un élément majeur dans la dureté de l'eau, il est présent sous forme de carbonates ou de bicarbonates. Le magnésium est par ordre d'importance le deuxième cation contenu dans les cellules après le potassium. Il joue le rôle de stabilisateur de la membrane cellulaire en protégeant la cellule de la rétention de sodium (**Cheikh, 2007**).

Le magnésium Mg⁺² à son origine dans les formations géologiques traversées par l'eau, soit par dissolution des formations dolomitique qui n'est possible que grâce à la présence du gaz carbonique, et aussi de la dissolution de MgSO₄ dans les terrains gypseux. On note enfin que la mise en solution de Mg⁺² est très difficile et nécessite beaucoup de temps de contact (**Bouafia, 2015**).

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium, magnésite :



Quand la dolomie est attaquée, il n'y a pas de solubilité sélective, il y a autant de calcium que de magnésium. Si toutefois la quantité du calcium dépasse celle du magnésium, l'eau aurait obtenu sa minéralisation du calcaire (**Houha, 2007**).

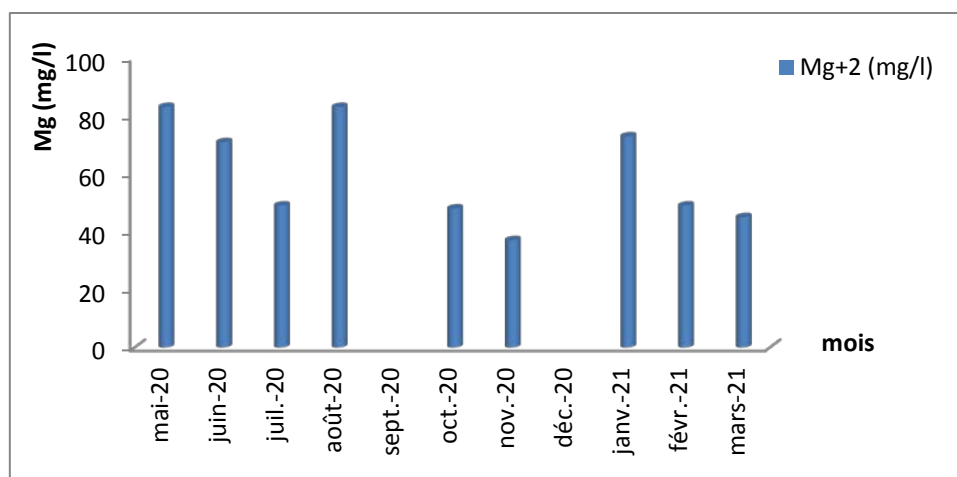


Figure 51 : Variation spatiotemporelle des teneurs en magnésium (Mg^{+2}) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($mg \cdot l^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

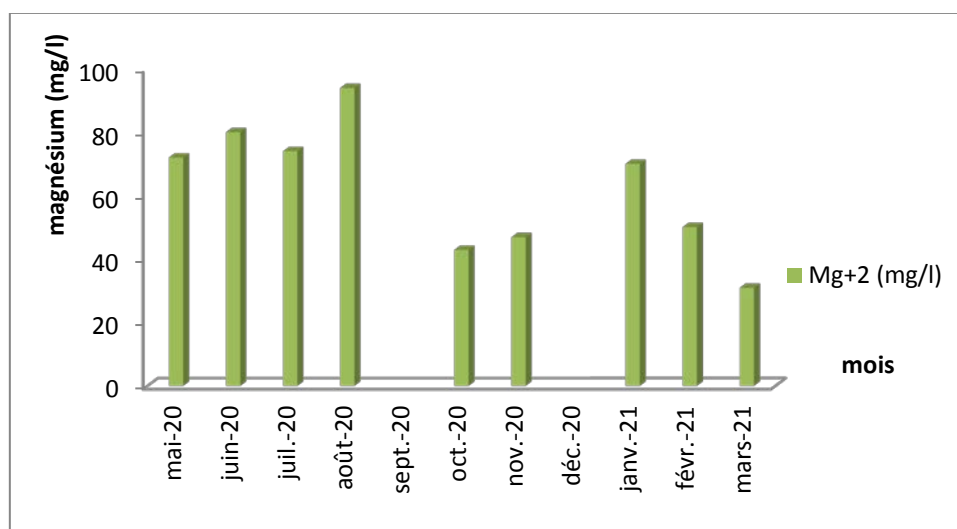


Figure 52 : Variation spatiotemporelle des teneurs en magnésium (Mg^{+2}) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en ($mg \cdot l^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la figure (49) on remarque que la valeur maximale ($83 \text{ mg} \cdot l^{-1}$) est enregistrée dans les deux mois Aout et Mai, et la valeur minimale ($37 \text{ mg} \cdot l^{-1}$) enregistrée au cours de mois de Novembre.

Cas d'eau traitée : Le magnésium est variée entre une valeur maximale 94 mg/l enregistrée le mois d'Aout (la norme d'OMS est de 50 mg/l), et une valeur minimale 31 mg/l enregistrée le mois de Mars.

On peut attribuer les teneurs élevées en magnésium à la dissolution des formations dolomitiques et des calcaires dolomitiques et des minéraux ferromagnésiens qui se trouve dans le trias des formations géologiques récentes (quaternaire cailloutis et alluvions).

V.1.3.2 Les anions

V.1.3.2.1 Les chlorure

Les chlorures peuvent avoir une origine multiple. Ils peuvent provenir d'une intrusion d'eau marine, ou suite à l'action humaine à partir du salage des routes ou par une contamination par les eaux usées. Ils peuvent provenir également de la dissolution des sels par le lessivage des terrains salifères (Belkhi, 2011).

Généralement, les chlorures servent à désinfecter l'eau, la valeur directive est limitée à 350 mg/l pour les normes de l'OMS (OMS, 2008), ils sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3), en présence de chromate de potassium (KCrO_4) jusqu'à apparition d'une coloration rouge brique, c'est le principe de la méthode de Mohr (Rodier, 2009).

Très répandus dans la nature, généralement sous formes de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl_2). Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés (Boutaba, 2019). L'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution (Kahoul, 2016)

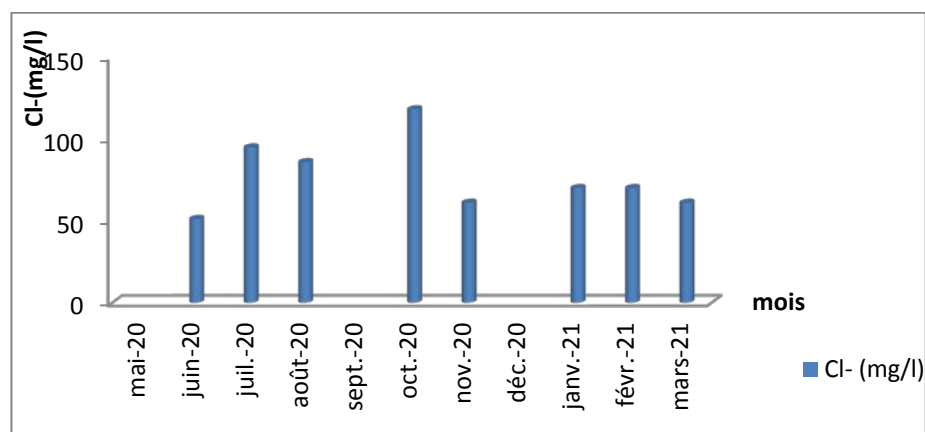


Figure 53: Variation spatiotemporelle des teneurs en chlorures (Cl^-) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

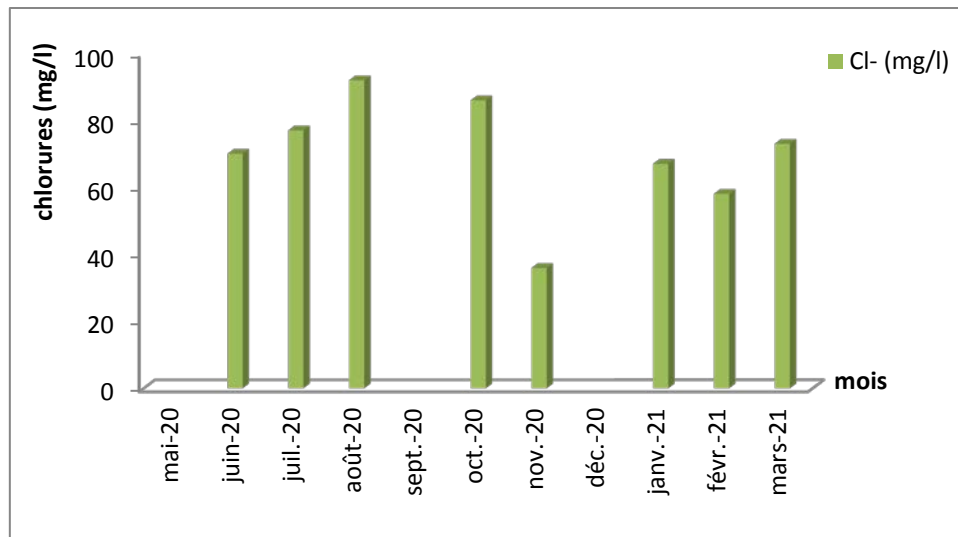


Figure 54: Variation spatiotemporelle des teneurs en chlorures (Cl⁻) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la figure (51) on remarque que les valeurs de chlorures (Cl⁻) varient entre 51 mg/l au mois du Juin et 118 mg/l du mos d'Octobre.

Cas d'eau traitée : Les teneurs de chlorures (Cl⁻) varient entre 36 mg/l et 92mg/l.

Donc les teneurs enregistrées, montrent que tous les valeurs ne dépassent pas la norme (500 mg/l).

V.1.3.2.2 Les sulfate

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale. La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution (**Boutaba, 2019**).

La présence de sulfate dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses. Les sulfates sont toujours présentes dans les eaux naturelles en proportion très variable, leur présence dans l'eau résultats :

- de la légère solubilité de sulfate de calcium (CaSO₄) des rochers gypseux.
- de l'oxydation de sulfate de fer (pyrite).
- de la pollution des eaux et de l'utilisation irrationnelle des engrais chimique et organique.
- de l'oxydation des sulfates d'hydrogène et des oxydes de soufre émis dans l'atmosphère puis entraines lors des précipitations. (**Ouanes, 2020**)

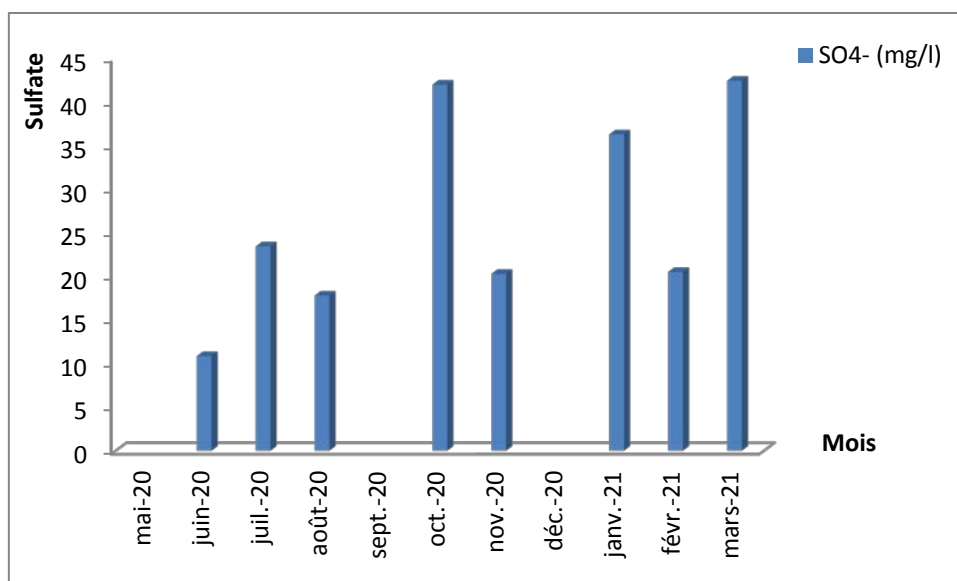


Figure 55 : Variation spatiotemporelle des teneurs en sulfate (SO_4^-) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

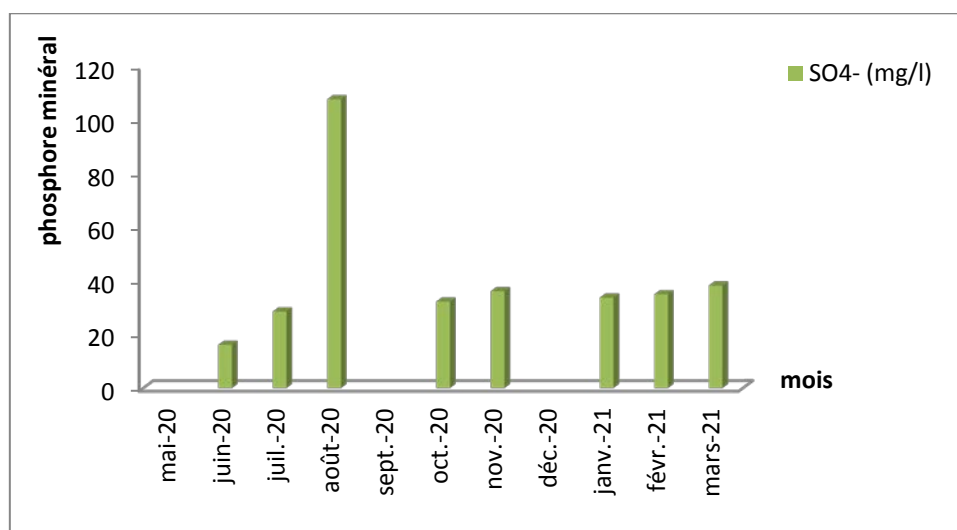


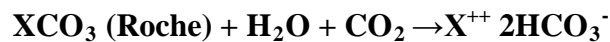
Figure 56 : Variation spatiotemporelle des teneurs en sulfate (SO_4^-) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la figure (53) on remarque que le barrage présente des valeurs qui ne dépassent pas la norme (400 mg/l), on remarque une valeur maximale (42.41 mg.l^{-1}) observée dans le mois du Mars et une valeur minimale (10.8 mg.l^{-1}) qui est enregistrée dans le mois de Juin. Aussi les fortes teneurs des sulfates sont exprimées par l'origine des faciès géologique et hydro chimique des eaux de la région d'étude, et peuvent provenir de la dissolution du gypse de formation triasique.

Cas d'eau traitée : on remarque une valeur maximale 107.8 mg/l observée dans le mois d'Aout et une valeur minimale (28.5 mg.l⁻¹) qui est enregistrée dans le mois de Juin. D'après les résultats on note que les concentrations des ions de sulfate ont augmenté après traitement de l'eau du barrage.

V.1.3.2.3 Les bicarbonates

Les ions bicarbonatés résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique, selon la relation suivante :



Avec :

X : désigne un élément chimique de la roche.

En d'autres termes, la teneur en (HCO₃⁻) dans l'eau dépend d'un certains nombres de paramètres physico-chimiques à savoir : la température de l'eau, la concentration du (CO₂) dissous, la concentration de l'eau en sels ainsi que la nature lithologique des terrains traversés (**Belgoum,2017**). L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO₂ à partir des minéraux contenant des carbonates (**Rodier, 2005**).

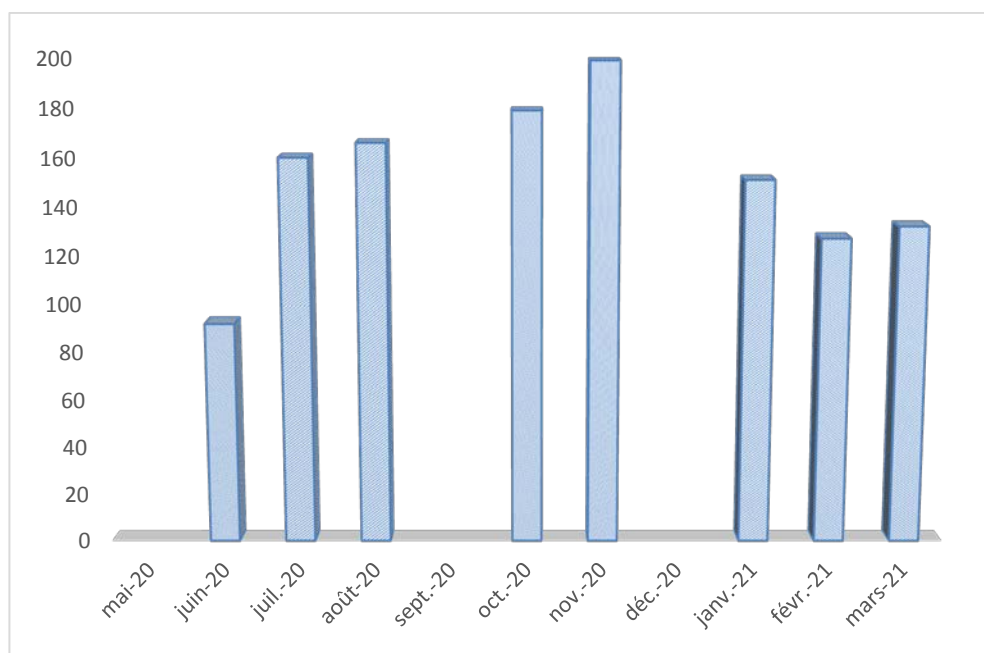


Figure 57: Variation spatiotemporelle des teneurs en Bicarbonate (HCO₃⁻) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

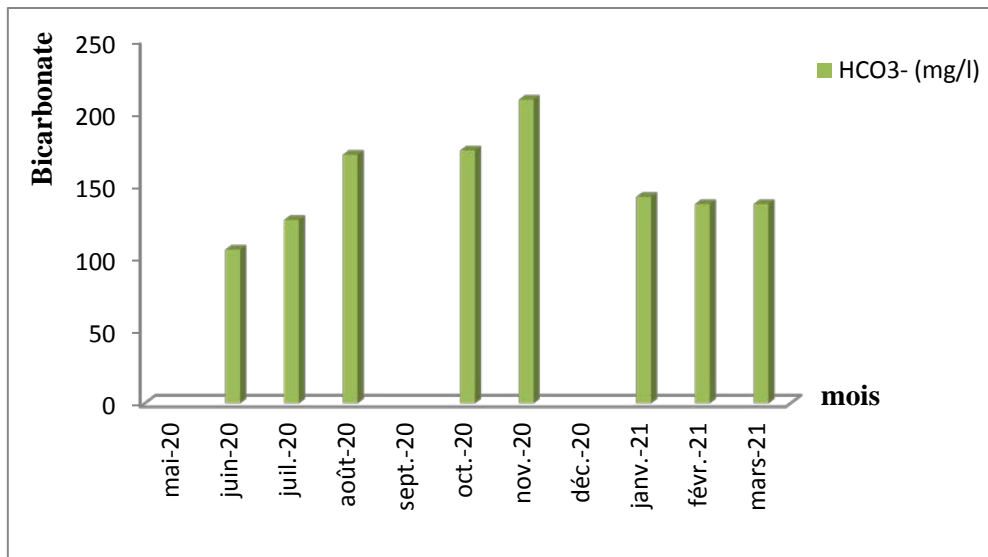


Figure 58: Variation spatiotemporelle des teneurs en Bicarbonate (HCO_3^-) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la Figure 26 la concentration maximale est enregistrée au mois de novembre avec une valeur de l'ordre de (199 mg/l) et la concentration minimale est enregistrée au mois de Juin avec une valeur de l'ordre de (92 mg/l).

Cas d'eau traitée : Les teneurs en Bicarbonate est variée entre (106 et 209 mg/l). Après avoir purifié l'eau, il est devenu clair pour nous et après une comparaison des résultats qu'il y a une légère augmentation des concentrations de bicarbonate.

Les fortes teneurs sont dues probablement à l'influence des formations carbonatées du crétacé

V.1.4 Les éléments organiques

V.1.4.1 La matière organique

On désigne sous le terme de M.O un ensemble de substances organiques de nature et de propriétés variées. La matière organique (M.O) est définie comme la matière spécifique des êtres vivants végétaux et animaux (**Koull, 2007**).

La matière organique est l'ensemble des composés carbonés et azotés issus de la dégradation des produits de la faune et de la flore, de surface et du sous sol. Elle présente une gamme de substance très différents et à des stades d'évolution très variée. On distingue par ordre d'évolution: la matière organique vivante (racine, faune, microorganisme, microfaune), la matière organique fraîche, peu décomposée (provenant du reste de microorganisme vivant présent ou apporté dont la structure est encore facilement reconnaissable, les composés organiques chimiquement bien définis tels que les sucres, les acides organiques, les acides

aminés (issus de la décomposition) et enfin l’humus (matière organique stabilisée) et les éléments microbiens constituant la biomasse (Falinirina ,2010).

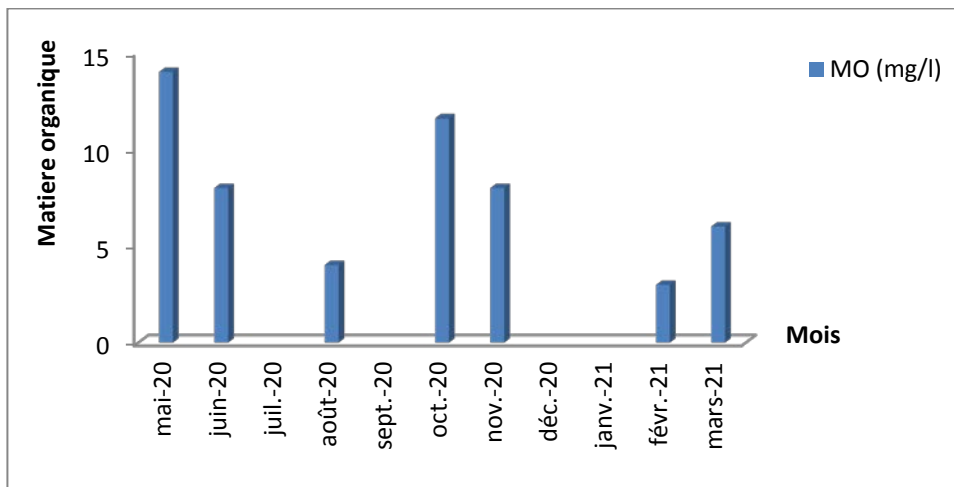


Figure 59: Variation spatiotemporelle des teneurs matière organique (MO) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en (mg .l⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021)

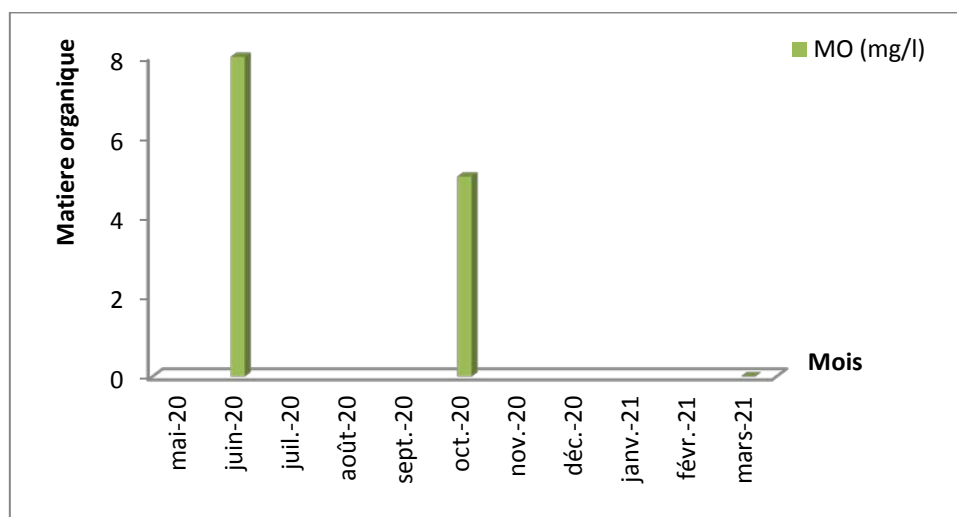


Figure 60 : Variation spatiotemporelle des teneurs matière organique (MO) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en (mg .l⁻¹) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Selon les figures 57 et 58 on constate que les teneurs en matière organiques dépassent les normes pour les différents échantillons d’eau prélevées soit brutes ou traités qui est de 2mg/l, ce qui explique probablement l’augmentation de taux de présence des micro-organismes (cyanobactéries) responsables à l’augmentations du phénomène de décomposition des phytoplanctons dans les eaux du Barrage du BABAR.

V.1.4.2 Le Résidu sec

Les résidus secs représentent la somme des éléments présents en solution moins la partie perdue lors du séchage. Cette perte s'effectue sur les éléments majeurs, essentiellement sur HCO (**Bragm, 1998**).

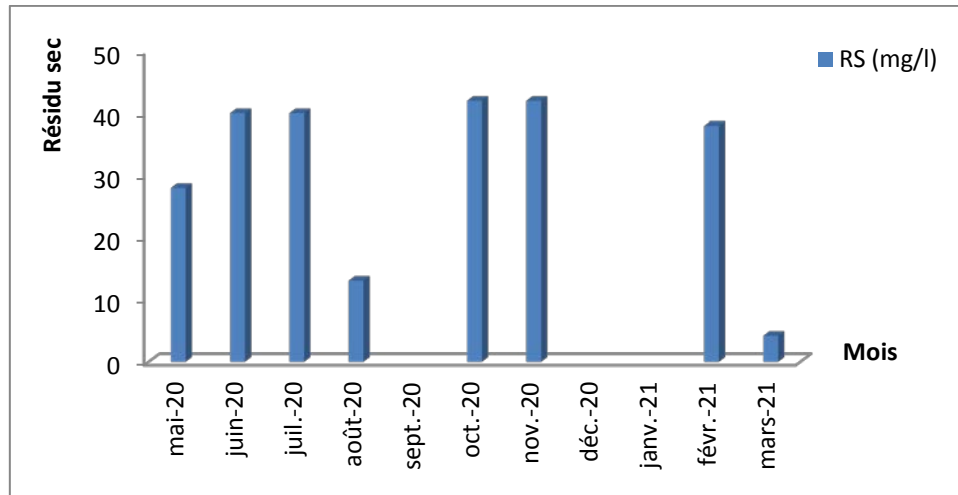


Figure 61 : Variation spatiotemporelle des teneurs résidus secs (RS) des eaux brutes du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

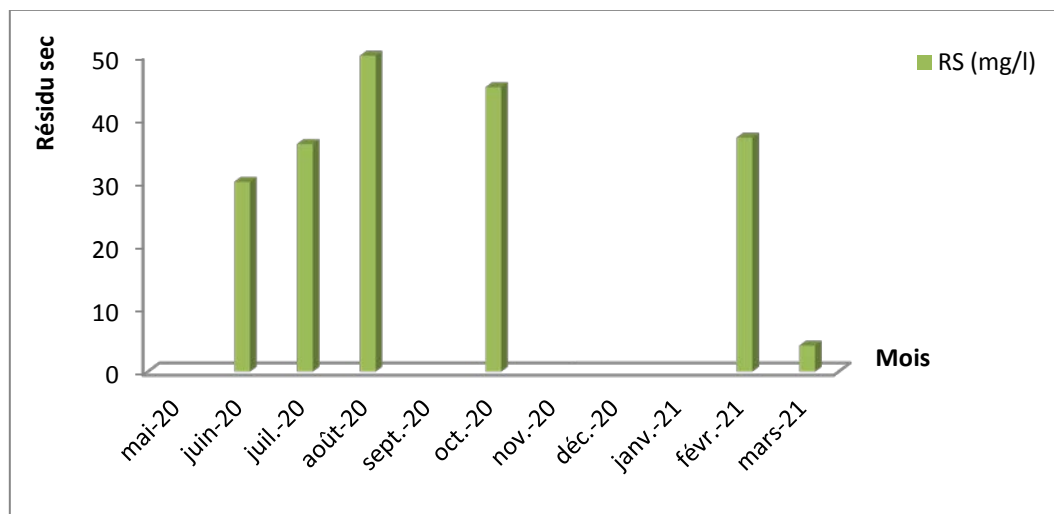


Figure 62: Variation spatiotemporelle des teneurs résidus secs (RS) des eaux traitées du barrage de Babar exprimé en ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pendant la période de suivi (Mai 2020 - Mars 2021).

Cas d'eau brute : Selon la figure 31 on remarque une variation entre les valeurs des RS, la valeur maximale ($42 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) est enregistrée dans le mois de Novembre et Octobre avec une valeur minimale ($4.2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) dans de mois de Mars.

Cas d'eau traitée : on remarque que la valeur maximale ($45 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) est enregistrée dans le mois d'Octobre avec une valeur minimale ($4.1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) dans de mois de Mars.

Conclusion

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que :

- Les analyses physico chimiques de l'eau basées sur un échantillonnage mensuel réalisé pendant un cycle annuel qui ont permis de déterminer l'état de santé du lac de barrag BABAR.
- D'autant plus que la retenue du barrage présente déjà quelques symptômes d'un état eutrophe§ Le pH de l'eau est légèrement alcalin, transparence moyenne car la matière organique., la turbidité est élevée dans l'eau traitée et brute dans l'eau en octobre et en mars.

Dans le but de la préservation de ce plan d'eau on recommande une réduction du taux de phosphore et azote par une amélioration de la station de traitement.

Conclusion générale

L'étude hydrologique et hydro chimique du bassin versant d'Oued El Arab au barrage de Babar, nous a permis d'avoir un aperçu sur l'état quantitatif et qualitatif sur la réserve en eau de la région. Ainsi, cette étude a permis de dire que d'après:

Les données climatiques pour la zone étudiée, cette dernière avec un climat semi-aride.

Les résultats des analyses montrent que les eaux du barrage de Babar présente des températures homogène ne dépasse pas la norme qui influencés par la température atmosphérique. Il reste presque le même dans le cas de l'eau traitée.

Les eaux brutes dépasse la norme admissible cela est due aux masses d'eaux transférés du bassin versant en amont par les différents effluents du barrage.

La composition de l'eau brute est naturellement variable, mais contient généralement un ou plusieurs des contaminants importants suivants, sous forme d'ions dissous, des particules et d'organismes.

Pour les phosphatées on remarque que le barrage de Babar est chargé en phosphates, cela est dû à l'utilisation excessives des engrais dans les parcelles avoisinantes par les rejets liquides de la maison d'arrêt de Babar, aussi les rejets liquides des populations avoisinantes dans l'absence totale de la station d'épuration locale.

Le bassin du barrage a un contenu inférieur aux normes maximales admissibles pour SO_4^{--} , Cl^- , NO_3^- , Mg^{+2} , PO_4 .

D'autre part, l'eau du barrage a contenu supérieur aux normes maximales acceptables pour le M.O et le Ca^{+2} dans le mois du janvier, NH_4 au mois de Juillet, NO_2 pendant le mois du Janvier dans le cas d'eau brute.

Après traitement de cette eau au niveau de la direction de station d'épuration la turbidité est dans les normes.

A

Abed errahmani , L et Bouabba , N (2019) Etude de la qualité physico-chimique de différentes eaux minérales consommées en Algérie , Master Biochimie de la Nutrition , Université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou

Ahmed Ben sai (2006) Diagnostic réseau d'assainissement de la ville de Khenchela , Ingénieur d'état , Université d'Oum El Bouaghi

(Abdelhakim Bennouar 2009) Les techniques spéciales d'enquête et d'investigation en Algérie , Master 2 professionnel mention droit des activités transnationales , *Spécialité : Droit de Cyberspace* , Université LILLE 2-Doit et Santé Faculté des sciences juridiques, politiques et sociales

(Amri Sandra 2008) Dynamique mensuelle du phytoplancton dans le lac Oubeira et le lac Noir « Parc National EL-Kala »

(Amel Dhib 2015) Contribution à l'étude des successions écologiques du phytoplancton dans la lagune de Ghar El Melh

Abdellatif Hakmi (2006) traitement des eaux " traitement de de l'eau de source bousfer ORAN , Licence , université des sciences et de la technologie Oran

(Ali bettache 2013)Traitement des eaux usées domestiques par biodénitrification : effet du nitrate , Licence Biologie Cellulaire et Moléculaire , *UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI , Maroc*

(Alhassane Diami DIALLO 2015) Détermination de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux de puits de la commune urbaine de Mamou, Master de Chimie Biologie Appliquée , Université Gamal Abdel Nasser de Conakry Faculté des Sciences Département de Chimie .

Ayala loisel, 2019 « Compomis d'allocation de ressources et réchauffement climatique :Vers une sénescence précoce des organismes aquatique » these présenté pour obtenir le grade universitaire docteur, discipline Ecologie. Aix MARSEILLE université

Aouachria Miloud, 2008. « Analyses morphodynamique et hydropluviométrique De la Vallée de Oued El Arab et leurs Impacts Sur la pérennité Du Barrage de BABAR » pour l'obtention du diplôme de Magister En aménagement du territoire. Université El Hadj Lakhdar - Batena

B

Belghiti, J., et al. "Oxytocin administration during labor. Results from the 2010 french national perinatal survey." *Journal de gynécologie, obstétrique et biologie de la reproduction* 42.7 (2013): 662-670

Belkoum Noureddine , 2017 " L'APPORT DE L'HYDROCHIMIE ET DES ISOTOPES DE LA MOLECULE D'EAU DANS L'ETUDE DE L'IMPACT DES EAUX DE BARRAGE SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LES BASSINS ENDOREIQUES. CAS DU BASSIN DE CHEMORA. ALGERIE-" Présentée en vue de

l'obtention de Diplôme de DOCTORAT LMD en Ecologie et Environnement ORIENTALE
Université ABBES LAGHROUR Khenchela

Bouras Abd Erazzek et Nesefta Aicha (2018) Etude hydro-biologique « Phytoplanctonique » du barrage de oued Charef (wilaya de souk Ahras) 2018.

(Benfiala Zineb Mefatih Hadjer Rouighi Zineb 2013) Contribution à la détermination de la communauté de phytoplancton peuplant le lac Méggarine(Touggourt)

Brgm (1998) - Elaboration de tests de validation des données analytiques de l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines (ONQES). Rap. BRGM

(Berradia Nadjat et Serisser Halima 2019) Effet de la lumière sur l'évolution de qualité physicochimique et bactériologique des eaux minérales embouteillées | Licence en Pédagogie Appliquée, Agrégé de l'Enseignement Secondaire en Chimie , Université du BURUNDI

Bettayeb Abderrahmane Azzaoui mohamed essalah , (2010) étude comparative entre les propriétés physiques de base du bois de pin d'Alep et de pin maritime , ingénieur d'état en agronomie , Université Ibn Khaldoun Tiaret (Algérie)

Bakari Sankara (2010) Variabilité climatique et gestion des ressources naturelles. Cas de la forêt classée et réserve partielle de faune de Gonse au Burkina Faso , Master en géographie , Université de Ouagadougou , BURKINA FASO

(barkani Cherifa , 2017 "TRAÇAGE CHIMIQUE ET ISOTOPIQUE DES EAUX DE SOURCES POUR LA CONNAISSANCE DES AQUIFERES DU MASSIF DE L'AURES. KHENCHELA-ALGERIE" . Présentée en vue de l'obtention de Diplôme de DOCTORAT LMD en Ecologie et Environnement Université ABBES LAGHROUR .

BOUTEMEDJET Fatima Zahra Née Chemouri, 2017 « Étude écologique et phylogénique de quelques formations végétales des Monts de Tlemcen (Ouest Algérien) » Doctorat LMD. UNIVERSITE DE – TLEMCCEN.

C

Chermime Nasser, 2014 » Contribution à l'étude de la forme optimale de la section transversale sur les différents tronçons de l'oued EL ARAB W ». de Khenchela mémoire présente pour l'obtention du diplôme de magister en hydraulique option : aménagement hydraulique et environnement université larbi ben m'hidi OUM EL-BOUAGHI.

D

Dellyn Karl Aymar Hounsegbe 2006 « étude du phénomène d'infiltration de l'eau en fonction du débit dans un sol sablo-limoneux et essai de modélisation , Ingénieur Agronome, Option: Hydraulique Agricole , Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (UMAB) – ALGERIE.

Salima DJOUDI, 2018 « VULNERABILITE ET RISQUE DE POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE DE F'KIRINA NORD EST ALGERIE » DOCTORAT LMD en Ecologie et Environnement. Université ABBES LAGHROUR Khenchela

DRE, 2021 ; direction de ressource d'eau de la wilaya de khenchela

F

Franck Kazadi Kitenge (2015) L'évolution de la croissance économique en RDC, Doctorant économie, Université Protestante au Congo – Graduat.

FTB ; Fiche technique de barrage

G

Guergueb Salha (2016) Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kébir Est (Wilaya d'El-Tarf).

Gaagai Aissam, 2009 « ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROCHIMIQUE DU BASSIN VERSANT DU BARRAGE DE BABAR SUR OUED EL ARAB REGION EST DE L'ALGERIE » MAGISTÈRE EN HYDRAULIQUE. Université de BATENA.

Gaagai Aissam, 2017 ; Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud-Est Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement, Doctorat en sciences, Département d'Hydraulique, université Benboulaïd BATNA 2

Guilal Soumia , 2019« Caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux de la vallée d'El Oueldja- Khenchela- et leur impact sur l'environnement ». Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3ième Cycle en écologie Université Abbess Laghrour – Khenchela-

H

Hermès Mushayuma Namegabe (2008) Etude d'impact de la variabilité climatique sur la schistosomiase dans la zone de santé de Katana, Sud- Kivu en RDC, Licence psychologie, Université ouverte campus de Bukavu

Habib Bechini et Fouaz Radjai (2013) Diagnostic écologique de la végétation et bioécologie de l'avifaune du Chott el Beida (wilaya de Sétif, hauts plateaux de l'est algérien), Master Biologie de la Conservation, Université El Hadj Lakhdar - Batna-, Algerie

Hassad SARA, 2018 "CARACTERISATION GEOCHIMIQUE ET ISOTOPIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DU PALTEAU DE MELLAGOU BOUHMAMA. KHENCHELA-ALGERIE". L'obtention de Diplôme de DOCTORAT L.M.D. en Ecologie et Environnement Université ABBES LAGHROUR Khenchela.

HOUHA, Belgassem., (2007) : Etude des fonctionnements hydrogéochimiques et salins de bassin semi-aride de Remila Khenchela. Thèse de doctorat ; Institut hydrogéologique, Université de Annaba.

J

(**jalel khelil , 2006**) Modélisation hydraulique et de la qualité d'eau dans les réseaux d'adduction d'eau potable par EPANET , Master Modélisation en hydraulique et environnement 2006 , UNIVERSITÉ DE TUNIS EL MANAR , tunis .

Jared Mataba Mpongat (2010) Evaluation de la capacité de nitrification d'un sol sableux de Kinshasa: une contribution à l'étude de la dynamique de l'azote dans le sol ,Ingénieur Agronomes , Université de Kinshasa

K

Khabtane Abdelhamid, 2015 « contribution a l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre Tamarix dans différents écotopes de la zone steppique de KHENCHELA (EST ALGERIEN) » Docteur en sciences Université des Frères Mentouri Constantine

(**Khasirikani Mbakwiravyo 2009**)Notes d'écologie générale , Université de conservation de la nature et de développement de Kasugho -

(**Khaldoun Latifa , 2015**) Recherches phréatobiologiques dans la région de Khenchela (Sud Est Algérien) Qualité de l'eau des puits, Biodiversité, Écologie et Biogéographie des espèces stygobies

(**Kevin Luzolo Lutete 2012**) Les eaux souterraines: captage, exploitation et gestion , Université de Kinshasa - Graduat 2012

(**Khemic Farida et Anrh Drc souma, 2008**) Etude hydrobiologique du barrage lakehal en 2008 , ingénieur biologiste 2008 , Agence national des ressources hydrauliques

Khanfouci Med Said (2005) Contribution a l'étude de la fructification et de la régénération du Cèdre de l'Atlas , magister en science forestière , Université hadj lakhdar-batna

Koull, 2007

Mohammed Kamel-Eddine MEHARZI,2010. « FORETS, GEOSYSTEMES ET DYNAMIQUE DU MILIEU : LE CAS DE L'AURES » Présentée pour l'obtention du diplôme de Doctorat d'Etat en Aménagement du Territoire- Option Géographie Physique- UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI-CONSTANTINE

L

(**Labed Amina 2014**) Biodiversité et dynamique spatio-temporelle de la communauté phytoplanctonique de la zone humide artificielle du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna)

Lakhdari Soumia , (2012) Etude de la qualité des eaux de l'aquifère du bassin versant de fougues et gues (wilaya de khenchela) , Ingénieur d'Etat en biologie , MAGISTERE en Ecologie et Environnement , université Abbes LAGHROUR Khenchela

Lamine Merabet (2011) Effet des politiques agricoles sur l'offre et le revenu des céréaliculteurs. Cas de la zone de Khenchela (Algérie) , Ingénieur d'état en agronomie , Ecole nationale supérieure agronomique Alger

(Louati Fares 2008) Utilisation des arbres ligneuses comme bioindicateurs de pollution atmosphérique , Ingénieur d'état en écologie végétale et environnement , Université Ferhat Abbas de Setif

M

Mrkhabtane Abdelhamid (2015) contribution a l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre Tamarix dans différents écotopes de la zone steppique de KHENCHELA (EST ALGERIEN) , Doctorat biologie écologie végétale , université khenchela , wilaya de khenchela

(Mohamed El Moctar 2009) Les changements climatiques , rapporte de stage , Université Sidi Mohamed ben Abdellah , Maroc

Merradi Manel ,(2012) Contribution à l'étude d'un agent microbien auto-épurateur de l'eau isolée d'un écosystème aquatique continental de la région de Khenchela , Magistère Microbiologie des écosystèmes aquatiques , Université Abbès Laghrour Khenchela

(Mohamed Salim HAMDJ et Malik AIT KACI 2008) Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued _Béni-Messous , DIPLOME DES ETUDES UNIVERSITAIRES APPLIQUEES (DEUA) EN SCIENCES DE LA MER , INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL , algérien

N

(Naima Koull 2007) Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région de Ouargla , Magister Agronomie Saharienne 2007 , Université Kasdi Merbah Ouargla Algérie

(Noël Grogga 2012) Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire)

O

Ouanes MEYADA, 2012 « synthèse hydrochimie des eaux de bassin semi-aride de F'kirina » Magistère en écologie. Université Abbès Laghrour Khenchela.

P

Péguy CP. (1970). Précis de climatologie. Ed. Masson édition, Paris. Livre

R

RODIER, J., ET COLL. (2009) : L'analyse de l'eau (eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer) 9e édition. © Dunod, Paris.

RODIER.,(2005) : L'analyse de l'eau (eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer)

S

Sadrati Abdenour, 2018. « Contribution à l'étude hydrogéochimique et isotopique des eaux de la nappe du complexe terminal - zone sud Khenchela – Algérie » Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de DOCTORAT L.M.D. Université ABBES LAGHROUR Khenchela.

(**Soror Wahiba Dekhil , 2012**) Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA ,Master de chimie et microbiologie de l'eau , Université Mohamed El Bachir Elibrahimi

(**Smail Hizia 2012**) Evaluation microbiologique et physicochimique de l'eau du barrage de Timgad (wilaya de Batna).

Smith Thomas M. and Robert Leo Smith, 2015. livre « ELEMENT OF ECOLOGY » Ennos AR.Trends Ecol Evol. 1997 Mar;12(3):108-11. doi: 10.1016/s0169-5347(96)10066-5.PMID: 21237994.

SEGHIRI KAMILI et DJELLAL SAMAH, 2020 « Etude de la qualité physico-chimique des eaux du barrage de BABAR wilaya de KHENCHELA » (L.M.D) Ecologie et environnement. UNIVERSITE «Abbés LAGHROUR»DE KHENCHELA

T

TELLIL Belkacem & KATTOUM Dawoud. Soutenu le 30/05/2016 « ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA QUALITE DES EAUX DU BARRAGE DE BABAR » Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER,OPTION : Protection et Décontamination des Eaux et des Sols Pollués UNIVERSITE ABBES LAGHROUR-KHENCHELA.

Y

(**Yamama Nedjar 2012**) Impact des rejets de la station d'épuration d'ElManchar sur la qualité des eaux souterraines (Wilaya de Khenchela, Nord Est algérien) , Magister en écologie générale et environnement , Université Abbes Laghrour Khenchela

Z

(**Zoubeir Chamekh 2010**)Analyse de la réponse de quelques géotypes de blé dur (Triticum turgidum ssp durum) à la contrainte saline dans trois Gouvernorats du centre de la Tunisie , Master en agronomie et biotechnologie végétale , Institut national agronomique de Tunisie, tunisie.

- <https://www.mongsukulu.com/index.php/en/contenu/litterature2/geologie/217-introduction-a-la-geologie>).
- [01] <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/structure-terre-geologie-13943/>
- [02]<https://www.mongsukulu.com/index.php/en/contenu/litterature2/geologie/217-introduction-a-la-geologie>

- <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/structure-terre-geologie-13943/>