



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
TÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la
Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie Et Ecologie Végétale

قسم : بيولوجيا و علم البيئة النباتية.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Intitulé :

Evaluation de la qualité de

Présenté et soutenu par : *Khaoula Hachouf*

Jury d'évaluation :

Président du jury : AFRI-MEHENNAOUI F-Z

Prof- UFM1ère

Rapporteur : GHIOUA-BOUCHTAB KARIMA

MAT - UFM

Examineur : TOUATI Laid

MCA - UFM

Dédicaces

A ma très chère mère Latifa

Quoi que je fasse ou que je dise, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consenti pour mon Instruction et mon bien être Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père Saïd

*Tu as toujours été à mes cotés pour me soutenir et m'encourager.
Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

A ma très chère sœur Zeineb et mon cher frère Mohamed

A toute ma famille, mes amis

Puisse dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite

Khaoula

Dédicace

A ma chère mère,

*pour tout l'encouragement, le respect et l'amour que tu m'as offert,
je te dédie ce modeste travail en témoignage de mon profond amour.*

Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon frère Mohamed qui a toujours été là pour moi,

Mes très chères sœurs qui m'ont apporté soutiens et amour,

A mes amis qui m'ont encouragé,

Mes chers enseignants...

A toute personne qui a contribué de près ou de loin à ce travail.

Rayen

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, nos sincères remerciements vont à Mme GHIOUA KARIMA, Maître de conférences à l'Université Frères Mentouri Constantine1, pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos sincères remerciements vont également à Mme AFRI-MEHENNAOUI F-Z , professeur à l'Université Frères Mentouri Constantine1, qui a accepté et nous a honoré en présidant le jury.

Nos vifs remerciements vont également à monsieur TOUATI LAID, Maître de conférences à l'Université Frères Mentouri Constantine1, d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Nous remercions également le personnel du laboratoire de l'ANRH de Constantine en particulier monsieur A, Hamlaoui et S, Hadid.

Finalement, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont toujours soutenues. Ainsi qu'à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation

Résumé

Notre travail s'articule autour d'une évaluation sur la variation temporelle de la qualité des eaux du barrage Hammam Debagh situé dans le sous bassin versant de l'Oued Bouhamdane (wilaya de Guelma). Ce barrage alimente et irrigue plusieurs communes de cette région.

Afin d'apprécier la qualité des eaux de ce barrage, des analyses portant sur la T°, pH, DBO, DCO, Nitrates, Nitrites et Ammonium ont été effectuées mensuellement durant les 12 mois de l'année de 2018 et analysé selon des techniques utilisés par le laboratoire de l'ANRH.

Les résultats obtenus ont montré des variations plus ou moins faibles selon le paramètre et le mois. Ainsi en comparant les valeurs aux normes de la grille de qualité des eaux du barrage adoptée par l'ANRH, il s'avère que pour les paramètres T, DBO et Nitrates l'eau est de bonne qualité alors que pour le pH, DCO, les Nitrites et l'Ammonium l'eau est de moyenne à mauvaise qualité.

Mots clés : Eau, Barrage, qualité, T°C, pH, DBO, DCO, Nitrate, Nitrite, Ammonium, ANRH

Abstract

Our work is based on an assessment of the temporal variation in water quality of the Hammam Debagh dam located in the Oued Bouhamdane sub-watershed (wilaya of Guelma). This dam supplies and irrigates several municipalities in this region.

In order to assess the water quality of this dam, analyses of T°, pH, BOD, COD, Nitrates, Nitrites and Ammonium were carried out monthly during the 12 months of 2018 and analyzed using techniques used by the ANRH laboratory.

The results obtained showed more or less small variations depending on the parameter and the month. Thus, by comparing the values with the standards of the dam water quality grid adopted by the ANRH, it appears that for parameters T, pH, BOD and Nitrates the water is of good quality while for COD, Nitrites and Ammonium the water is of medium to poor quality.

Keywords: Water, Dam, quality, T°C, pH, BOD, COD, Nitrate, Nitrite, Ammonium, ANRH

المخلص

يعتمد عملنا على تقييم التباين الزمني لجودة المياه لسد حمام دجاج الواقع في مستجمعات المياه الفرعية في واد بوحمدان (ولاية قالمة). يمد هذا السد ويروي العديد من البلديات في هذه المنطقة

و النترات و النتريت و COD و BOD و pH و T ° من أجل تقييم نوعية المياه لهذا السد ، تم إجراء تحليلات على ANRH الأمونيوم شهرياً خلال 12 شهرًا من عام 2018 وتحليلها وفقًا للتقنيات المستخدمة من قبل مختبر

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها اختلافات صغيرة أكثر أو أقل حسب المعلمة والشهر. وهكذا ، من خلال مقارنة القيم ، فإن المياه nitrates و BOD و T ، اتضح أنه بالنسبة للمعايير ANRH مع معايير شبكة نوعية المياه للسد التي اعتمدها ، النتريت والأمونيوم المياه متوسطة إلى نوعية رديئة COD ذات نوعية جيدة بينما بالنسبة إلى الرقم الهيدروجيني ، و

، النترات ، النتريت ، COD ، BOD الكلمات المفتاحية: المياه ، السد ، الجودة ، درجة الحرارة ، درجة الحموضة ، ANRH الأمونيوم ،

Liste des abréviations

A.B.H : Agence de Bassin Hydrographique.

A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydraulique.

CE : Conductivité électrique.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DBO : Demande biochimique en oxygène.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

MES : Matière en suspension.

NH₄⁺ : L'azote ammoniacal.

NO₃⁻ : Nitrates.

NO₂⁻ : Nitrites.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : Potentiel Hydrogène.

Rs : Résidu sec.

T °C : Température.

N.s/m² : newton par mètre carré de la surface

Pa/s : pascal-seconde

J/m² : joules par mètres carrés

BGN : bacilles gram négatifs

N Kjeldahl : azote Kjeldahl

MSQ : ministère de la santé du Québec

A.G.I.R.E : Agence Nationale de Gestion Intégrée des Ressources en Eau

A.B.H.C.S.M : Agence de Bassin Hydrographique Constantinois - Seybousse – Mellegue

hm³ : hecto mètre cube

R.N : retenue Normale

P.H.E : Côte Plus Hautes Eaux

UV : ultra violet

Liste des tableaux

Tableau 1 : Grille de qualité des eaux de barrages adoptée par l'ANRH, (Touhari, 2015).

Tableau 2 : Grille pour les niveaux de pollution par les formes de l'azote (Agence de l'eau, 1999)

Tableau 3 : Répartition des besoins en eau selon la population de la wilaya de Guelma (A.G.I.R.E, 2016).

Tableau 4 : Caractéristiques du barrage Hammam Debagh (A.B.H.C.S.M, 2016).

Tableau 5 : Températures moyennes mensuelles (C°) (ANRH, 2018).

Tableau 6 : Valeurs moyennes mensuelles des pluviométries (ANRH, 2018).

Tableau 7 : Gamme d'étalonnage des nitrates (ANRH, 2018).

Tableau 8 : Gamme d'étalonnage des nitrites (ANRH, 2018).

Tableau 9 : Gamme d'étalonnage de l'ammonium (ANRH, 2018).

Tableau 10 : Moyennes des paramètres mesurés de l'eau du barrage Hammam Debagh ANRH Constantine, 2018.

Tableau 11 : Valeurs minimales et maximales, moyenne et écart type des différents paramètres de l'eau du barrage Hammam Debagh

Liste des figures

Figure 1 : Carte du relief de la wilaya de Guelma (Mouchra, 2008).

Figure 2 : Photo du barrage Hammam Debagh (Berkane, 2011)

Figure 3 : Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma (Mouchara, 2009)

Figure 4 : Variation de la température du barrage Hammam Debagh au cours de l'année 2018

Figure 5 : Variation temporelle du pH de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

Figure 6 : Variation mensuelle de la DBO5 de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018.

Figure 7 : Variation temporelle de la DCO de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

Figure 8 : Variation temporelle des teneurs en nitrates du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

Figure 9 : Variation temporelle des nitrites de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

Figure 10 : Variation temporelle d'ammonium de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

Sommaire

Résumés

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction..... 1

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1 Généralités sur l'eau 2

I.1.1 Eaux superficielles : propriétés physico-chimiques et biologiques 2

I.1.1.1 Propriétés physiques 3

I.1.1.2 Propriétés chimique de l'eau..... 5

I.1.1.3 Propriétés biologique.. 5

I.1.2 Paramètres de qualité de l'eau.....

I.1.3 Normes de qualité des eaux superficielles.....

I.1.4 Eaux des barrages.....

I.4.2 Principales formes de barrages.....

I.3 Paramètres de la pollution de l'eau.....

I.3.1 Demande biochimique en oxygène (DBO).....

I.3.2 Demande chimique en oxygène (DCO).....

I.3.3 Azote.....

I.4.1 Différentes formes d'azote.....

I.4.1.1 Le nitrite (NO ₂ ⁻).....	
I.4.1.2 L'ammonium (NH ₄ ⁺).....	
I.4.1.3 Le nitrate (NO ₃ ⁻).....	
I.4.3 Conséquences des pollutions azotées.....	

Chapitre II : matériel et méthodes

II.1 Présentation de la zone d'étude.....	
II.1.1 Localisation.....	
II.1.2 Hydrologie.....	
II.1.4 Géologie.....	
II.1.5 climat.....	
II.1.5.1 Température	
II.1.5.2 Précipitations.....	
II.1.6 Activité agricole.....	
II.1.7 Activités industrielles.....	
II.2 Prélèvement et Echantillonnage.....	
II.3 Paramètres mesurés.....	
II.3.1 Temperature (T°).....	
II.3.2 Potentiel hydrogène (pH).....	
II.3.3 Demande Biologique en Oxygène (DBO).....	
II.3.4 Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	
II.3.5 Nitrates (NO ₃ ⁻).....	
II.3.6 Nitrites (NO ₂ ⁻).....	
II.3.7 Ammonium (NH ₄ ⁺).....	
II.4 Analyse statistique des résultats.....	

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1 Température (T°).....

III.2 Potentiel Hydrogène (pH).....

III.3 Demande biochimique en oxygène (DBO).....

III.4. Demande chimique en oxygène (DCO).....

III.5 Nitrates (NO_3).....

III.6. Nitrites (NO_2).....

III.7 Ammonium (NH_4^+).....

Conclusion.....

Annexes

Références bibliographiques

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, elle est nécessaire à toute activité humaine et constitue un facteur de production déterminant dans le développement durable.

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques et de pesticides en agriculture. Ces derniers entraînent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre. Ce sont là des questions qui se posent lorsqu'on se demande comment améliorer ou simplement comment conserver ces eaux de la dégradation (Reggam et al. 2015)

En Algérie, un intérêt tout particulier est accordé à la protection et la conservation durable des systèmes hydrographiques, des investissements considérables ont été consacrés à la construction des barrages, notamment dans l'Est du pays parmi lesquels le barrage Hammam Debagh, situé à 20 Km à l'Ouest de la ville de Guelma dans le grand bassin de la Seybouse, objet de notre étude, destiné à l'agriculture et à l'alimentation en eau potable de la région de Guelma, il a été mis en service en 1987.

Nous nous sommes intéressées à l'étude de la qualité des eaux de ce barrage en analysant les paramètres T°, pH, DBO, DCO, Nitrate, Nitrite Ammonium durant 12 mois de l'année 2018. Pour cela nous avons réalisé un stage de 15 jours au niveau du laboratoire de l'ANRH de Constantine qui nous a permis d'assister et d'observer les différentes techniques utilisées par leur personnel.

Les résultats de ces paramètres liés à la pollution permettent de suivre en général l'évolution mensuelle des paramètres considérés dans cette étude et d'apprécier la qualité des eaux du barrage Hammam Debagh, en comparant les valeurs obtenues avec celles de la grille de qualité des eaux adoptée par l'ANRH Constantine.

Le présent mémoire est divisé en trois chapitres: après une introduction.

Le chapitre 1 présente des généralités sur les eaux superficielles, des notions sur les barrages et quelques paramètres liés à la pollution des eaux.

Le chapitre 2 donne un aperçu sur la zone d'étude : barrage Hammam Debagh et décrit le matériel et les méthodes utilisés par le laboratoire d'ANRH Constantine.

Le chapitre 3 présente les résultats des paramètres considérés et leurs interprétation.

En dernier et pour clôturer ce travail une conclusion a été tiré.

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1 Généralités sur l'eau

L'eau, substance minérale la plus répandue à la surface du globe, constitue l'hydrosphère. Son volume est estimé à $1\,385\,10^6\text{ km}^3$, dont environ 97,4 % dans les océans (couvrant 71 % de la surface terrestre), 2 % sous forme de glace et 0,6 % seulement (de l'ordre de 810^6 km^3) constituant les eaux continentales (y compris les nappes souterraines et l'humidité des sols).

A la surface du sol, on évalue à environ $350\,000\text{ km}^3$ le volume des eaux continentales disponibles (fleuves, lacs) ; les glaces des calottes polaires représentent un volume de $25 \cdot 10^6\text{ km}^3$. il y a $13\,000\text{ km}^3$ d'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur et de nuages (Degrémont, 2005).

I.1.1 Eaux superficielles : propriétés physico-chimiques et biologiques

Selon Vilaginès, (2010) les eaux superficielles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages-réservoirs, glaciers et ont deux types de réserves naturelles (lacs), ou artificielles (barrages-réservoirs).

I.1.1.1 Propriétés physiques

La température : est une caractéristique physique importante qui joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et aussi la détermination du pH (Bolto, 2002).

La température des eaux de surface varie en fonction du climat, des saisons, des matières en suspension, de la nature et du relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux fluctue en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. (Bordet, 2007).

La viscosité : détermine la vitesse de mouvement du fluide, on peut l'interpréter comme un phénomène de transport de la quantité de mouvement dans un champ de vitesse. L'addition d'une faible quantité de substance en suspension ou en solution peut augmenter grandement la viscosité du liquide.

Les liquides ont une viscosité supérieure à celle des gaz, les molécules sont plus rapprochées, des liaisons s'établissent entre elles ce qui augmentent la cohésion de l'ensemble. La viscosité varie en sens inverse de la température (<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours.qge/du-5.htm>).

La turbidité : La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organiques, micro-organismes...), elle est souvent liée à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines et peu profondes) (Joel, 2003).

La masse volumique : Selon Degremont, (2005) la masse volumique varie avec la température et la pression. Pour l'eau pure sous pression normale, elle passe par un maximum à environ 4 °C (exactement 3,982 °C) . Cette propriété de l'eau entraîne diverses conséquences, aussi bien dans la nature (phénomènes de stratification des lacs) que dans les stations de traitement (ex. : remontées de boues dans les décanteurs).

Aux pressions rencontrées en pratique hydraulique, l'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais en fait, c'est un fluide légèrement élastique : son volume décroît d'environ 0,048 % chaque fois que la pression augmente d'une atmosphère.

La tension superficielle : à la surface d'un milieu dense (liquide ou solide) ou à l'interface entre deux milieux denses, la matière n'est pas, localement, rigoureusement dans le même état. À la surface ou interface est donc associée une certaine énergie par unité de surface exprimée en joules par mètres carrés (J/m^2) dont l'origine est la force de cohésion entre molécules identiques exprimée en joules par mètres carrés (J/m^2) (<http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/index.html>).

La transparence: se définit comme la propriété d'une substance à transmettre la lumière. La transparence de l'eau influence donc la pénétration de la lumière dans un lac et dépend beaucoup de la quantité de matière dans l'eau (sous forme de particules ou dissoutes). Ces matières peuvent être d'origine minérale (limon, argile) ou organique (débris végétaux et animaux, microorganismes, algues, composés chimiques) (<https://www.lacdesiles.info/la-transparence>).

I.1.1.2 Propriétés chimiques de l'eau

Solvant : Selon Mouchet et Roustan, (2010) L'eau est un solvant polaire particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides il existe en fait diverses relations entre l'eau et les corps mis à son contact .

La solvation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi de nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique. Si la solvation n'est que superficielle, on obtient une suspension colloïdale ou une gelée, suivant que le corps est mouillable ou gonflable (hydrophilie).

La polarité : L'eau est une molécule coudée, sa forme joue un rôle important dans sa polarité. En effet, du fait de sa forme coudée, les barycentres des charges partielles positives et négatives ne sont pas superposés. Cela entraîne une répartition inégale des charges ce qui donne à l'eau ses propriétés de molécules polaires (Reece, 2012).

I.1.1.3 Propriétés biologiques

L'eau est un liquide unique dont les propriétés sont cruciales pour les processus de la vie. Dans les systèmes vivants, les phénomènes essentiels ont lieu, en géométrie confinée, dans les cellules vivantes, et à proximité des sites actifs des protéines et des membranes ou à leur surface. La stabilité des systèmes biologiques est contrôlée par le jeu subtil entre les interactions hydrophiles et les interactions hydrophobes . Il est admis que l'eau d'hydratation joue un rôle prédominant dans la relation entre la structure, la dynamique et la fonction des systèmes biologiques (Bellissent-Funel, 2005).

L'eau est non seulement indispensable à tous les êtres vivants, dont elle est le constituant majoritaire, mais elle représente en outre un milieu particulièrement propice à la dissémination des aliments et au fonctionnement des chaînes alimentaires (Degrémont, 2005).

I.2 Paramètres de qualité de l'eau

I.2.1 pH

Selon Rodier , (1996) le pH est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau. En chimie, par convention, on considère le pH de l'eau pure comme celui qui correspond à la neutralité d'une solution. Autrement dit, toute solution de pH inférieur à 7 (à 25°C) est considéré comme acide et inversement.

I.2.2 Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Joel, 2003).

La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs, par contre les composés organiques sont de mauvais conducteurs.

La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Villers, 2005).

I.2.3 Oxygène dissous

D'après Kahoul et Touhami (2014), l'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration.

I.2.4 Matières en suspension

Les matières en suspension contenues dans les eaux constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisées et elles-peuvent être organiques ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous (Hadjyahya, 1999).

I.2.5 Résidu Sec

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau, cette teneur peut varier moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (Khelili et Lazali, 2015).

I.2.6 Germes

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus

redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra (Hamed, 2012).

I.3 Normes et législation de la qualité de l'eau

La qualité des eaux est devenue un enjeu majeur afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivants. Les problèmes de pollution engendrés par les déchets liquides et solides suite au développement démographique et socio-économique dans le monde ont fait prendre conscience aux dirigeants d'agir pour améliorer ou simplement comment conserver ces eaux de la dégradation.

L'Algérie n'échappe pas à ce fléau vu les conditions climatiques et particulièrement la sécheresse qui ont des répercussions non négligeables sur la qualité des ressources en eau. Un intérêt tout particulier est accordé à la protection et la conservation durable des systèmes hydrographiques.

Afin d'apprécier la qualité des eaux plusieurs grilles de qualité ont été établies, parmi lesquelles les grilles de l'ANRH , l'ABHCSM, ABH Concernant l'évaluation de la qualité des eaux du barrage Hammam Debagh, la grille retenue est celle adopté par l'ANRH de Constantine (Tableau 1).

Tableau 1 : Grille de qualité des eaux de barrages adoptée par l'ANRH Constantine (Touhari, 2015)

Paramètres	Unité	Échelle de Qualité			
		Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
T	°C	20 à 22	22 à 25	25 à 30	30
Ph		6.5 –	6.5-8.5	8.5-9	>9 et
O₂ disouss	%	100-	90-50	50-30	<30
NH₄⁺	mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO₂	mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO₃	mg/l	<10	10-20	20-40	>40
DBO₅	mg/l	<5	5-10	10-15	>15
DCO	mg/l	<20	20-40	40-50	>50

La loi 10-95 (Journal officiel de la république Algérienne n°60,1995) sur l'eau se basant sur des principes en relation avec la qualité de l'eau, vise les objectifs suivants : La protection et la conservation des ressources en eau ; la protection de la santé de l'Homme par la réglementation de l'exploitation, de la distribution et de la vente des eaux à usage alimentaire ; La réglementation des activités susceptibles de polluer les ressources en eau.

Le décret n° 2-97-787 du 4 février 1998 relatif aux normes de qualité des eaux et à l'inventaire du degré de pollution des eaux, conformément à l'article 51 de la Loi sur l'Eau, définit les normes de qualité auxquelles une eau de surface doit satisfaire selon l'utilisation qui en sera faite. En outre, il est spécifié que les normes de qualité font l'objet de révisions tous les dix (10) ans ou chaque fois que le besoin s'en fait sentir.

I.4 Eaux des barrages

Un barrage est un ouvrage d'Art placé en travers d'un cours d'eau qui permet de retenir et stocker de l'eau ou de la dériver (Durand, 1999).

Il est destiné à circonscrire l'eau dans le lit de la rivière pour élever leur niveau d'eau afin d'en tirer, par le biais de canaux d'irrigation, une utilisation telle que l'irrigation, la production d'électricité, ou prévenir des inondations en aval du barrage.

Un barrage peut être défini aussi comme toute structure qui obstrue temporairement ou en permanence le passage de l'eau, ou bien l'accumulation d'eau derrière elle. Les barrages peuvent être formés par des processus non humains tels que le mouvement de glace et l'accumulation de débris. Cependant, la majorité des barrages sont construits par des humains pour contrôler le mouvement de l'eau dans les rivières, les ruisseaux et les estuaires ou pour le stocker. Ils ont été construits dans des sociétés de production d'eau potable, agricoles et industrielles, et semblent être les technologies humaines les plus anciennes et les plus durables conçues expressément pour une meilleure gestion des ressources des eaux (Arzate, 2008).

Pour Peters, (2017) les barrages ont une ou plusieurs fonctions, répondant à une ou plusieurs demandes : Approvisionnement en eau (consommation, agriculture), la Production hydroélectrique, la Navigation, le Contrôle d'inondation et soutien d'étiage, le Contrôle du lit du cours d'eau et le Tourisme aquatique.

I.4.1 Principales formes de barrages

a- Le barrage-poids

En béton ou en pierre, c'est le plus simple et le plus lourd. Il est vertical par rapport à la retenue et

incliné par rapport à la vallée. Il s'appuie uniquement sur le sol. Ainsi, il oppose toute sa masse à la pression de l'eau (Annexe 1)

b- Le barrage-voûte

En béton, il s'appuie en partie sur des parois rocheuses. Grâce à sa forme courbe, il reporte la pression de l'eau sur les rives. Il peut aussi être soutenu par des contreforts. Il est incliné par rapport à la retenue et vertical par rapport à la vallée. Il est souvent utilisé dans des vallées étroites(Annexe1)

c- Le barrage à contreforts

Ses contreforts triangulaires en béton lui permettent de reporter la pression de l'eau vers le sol. Il est très léger car son poids se réduit seulement à celui des contreforts (Annexe 1).

<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-differentes-formes-de-barrages>

I.5 Paramètres de la pollution de l'eau

De nombreux paramètres font l'objet de mesures dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux et permettent de qualifier la nature des pollutions, tel que: la DBO, la DCO, les matières en suspensions, l'azote, le phosphate les métaux lourds etc... . Dans notre travail, nous nous sommes intéressés notamment à la DBO, la DCO, et les formes d'azote, car ils figurent parmi les paramètres essentiels de l'évaluation de la qualité des eaux des barrages et sont mesurés régulièrement par l'ANRH de Constantine

I.5.1 Demande biochimique en oxygène (DBO)

La DBO est considérée parmi les mesures globales qui permettent de caractériser les eaux résiduaires et les eaux de surface. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. Les phénomènes d'autoépuration dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes (Dinh, 2013).

Environ 70% des composés organiques sont généralement dégradés après 5 jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de 20 jours. L'indicateur utilisé est généralement la DBO5 qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. Plus la DBO5 est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'eau est élevée (Blieffert et Perraud, 2001).

I.5.2 Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par analyse chimique, par oxydation par le bichromate de potassium ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) (Gaujous,1995).

La présence de matières organiques dans l'eau est un des facteurs qui conditionnent la productivité des milieux aquatiques : qu'elles soient directement assimilables ou qu'elles doivent d'abord être transformées en substances nutritives par les bactéries. Cette action bénéfique a aussi ses limites. D'une part la consommation des matières organiques reste restreinte ; quand elles dépassent un certain taux, il n'y a plus augmentation de productivité. D'autre part, l'excès de matières organiques se dégrade en consommant de l'oxygène dissous et concurrence ainsi la vie aquatique. Dans les cas extrêmes cet excès peut provoquer l'eutrophisation du milieu (Thomas (1995).

I.5.3 Azote et ses formes

L'azote est un élément biogène participant, sous différentes formes, à la structure, au fonctionnement et à la reproduction des êtres vivants. Toutes les formes azotées font partie d'un cycle de transformation et de recyclage dont le bon déroulement est essentiel à l'équilibre des milieux naturels (Lacour,2005). L'azote provient principalement du secteur agricole, mais sa présence dans les masses d'eau résulte aussi des rejets urbains et industriels, sa présence naturelle étant indispensable à la croissance des végétaux. Toxique pour les organismes aquatiques et puissant eutrophisant, sa toxicité pour l'homme reste discutée à ce jour (Bourgue,2013).

I.5.3.1 Différentes formes d'azote

L'azote essentiellement à l'état soluble, se trouve sous deux formes (Bourgue, 2013)

: - l'azote organique, qui provient surtout des déjections animales et humaines et des rejets d'industries agro-alimentaires ;

- l'azote d'origine minérale lorsqu'il est en phase aqueuse ou adsorbée. C'est une forme soluble donc hautement lessivable. On y trouve les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-) et l'ion ammonium (NH_4^+). L'azote se déplace sans cesse entre sa forme minérale et sa forme organique. Les molécules organiques contenant de l'azote se décomposent sous l'action des décomposeurs (des bactéries) et produit de l'azote sous forme minérale, les

nitrate, que les plantes utilisent, sont puisés par leurs racines pour fabriquer de la matière organique azotée. Le nitrate peut toutefois être converti en azote gazeux dans un milieu réducteur dépourvu d'oxygène (zones humides, fossés...) selon un processus de dénitrification (Bourbonnais, 2009).

a- Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement et sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, puis oxydés en nitrites par les bactéries du genre *Nitrosomonas*. Les nitrites sont les polluants chimiques les plus répandus et sont extrêmement toxiques (Santé Canada, 1992). Lorsque l'écosystème d'un bassin est intact, l'analyse de l'eau ne doit détecter aucun nitrite. Même à très faible concentration (0,2 mg/l).

Les nitrites peuvent avoir des incidences extrêmement négatives sur un bassin et intoxiquer tous les poissons qu'il contient. Lorsque la teneur d'une eau en nitrites est élevée, la toxicité pour la population d'un bassin est d'autant plus grande que le pH est plus bas. Les teneurs en ammonium et en nitrates sont également des indicateurs de la teneur en nitrites. Si elles sont trop élevées aussi, on peut en déduire que l'équilibre biologique est perturbé : en pareil cas, soit il y a trop peu de micro-organismes dénitrifiants dans le bassin, soit ces bactéries ont été endommagées et elles ne sont plus à même d'assurer correctement leur fonction (Landesgartenschau Nordhausen, 2004).

b- L'ammonium (NH_4^+)

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel (Arouya, 2011).

L'ammoniac existe simultanément sous deux formes : NH_3 (ammoniac non ionisé) et NH_4^+ (ammoniac ionisé ou ammonium). La proportion de chacune de ces formes dépend en grande partie du pH et de la température (Aubry, 2003).

Un indicateur de la teneur en ammonium est le pH. La toxicité de l'ammonium pour les organismes vivants est d'autant plus grande que le pH est plus élevé. Lorsque le pH est

assez élevé, l'ammonium se trouve dans l'eau sous forme d'ammoniac et peut alors fortement endommager les muqueuses des poissons (Lavarislake, 2006).

c- Les nitrates (NO₃-)

L'azote sous forme de nitrate est un sel nutritif utilisable par la majorité des végétaux. Les nitrates sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH₄⁺) présent dans l'eau et le sol (National Research Council, 1995).

Les nitrates sont très solubles dans l'eau; ils migrent donc aisément dans la nappe phréatique lorsque les niveaux excèdent les besoins de la végétation, ils peuvent être utilisés comme nutriments par les algues. L'augmentation de la teneur d'une eau en nitrates peut aussi s'expliquer par une biodégradation insuffisante et par l'apport des eaux de surface (Landesgartenschau Nordhausen, 2004).

La toxicité des nitrates résulte de leur réduction en nitrites et de la formation de méthémoglobine d'une part et de leur contribution possible à la synthèse endogène de composés N-nitrosés d'autre part (Santé Canada, 1992). Dans l'Union européenne, la directive Nitrates vise à réduire cette pollution.

I.5.3.2 Conséquences des pollutions azotées

L'azote est un nutriment essentiel à l'activité biologique dans l'eau. Cependant, au-dessus d'une certaine concentration, sa présence peut entraîner des problèmes sérieux de pollution. D'abord, l'oxydation biologique du NH₄⁺ (nitrification) entraîne une consommation d'oxygène dans le cours d'eau, au détriment des espèces animales qui seront affectés et risquent de disparaître (Aubry, 2003). De plus, la vie aquatique peut être gravement atteinte pour des concentrations en azote ammoniacal de l'ordre de 2 mg/L à un pH de 7,4 à 8,5 (Agences de l'Eau et Ministère de l'Environnement, 1994).

L'impact et la toxicité des composés azotés dépendent de leur forme chimique et de leur concentration. Les concentrations correspondant à différents niveaux de pollution sont répertoriées dans le tableau (Féray, 2000).

Tableau 2 : Grille des niveaux de pollution par les formes d'azote (Agence de l'eau, 1999)

Forme de l'azote	pollution normale	pollution modérée	Pollution nette	pollution importante	pollution très importante
NH ₄ ⁺ (mg/l)	≤ 0.1	0.1 à 0.5	0.5 à 2	2 à 8	> 8
NO ₂ ⁻ (mg/l)	≤ 0.1	0.1 à 0.3	0.3 à 1	1 à 2	> 2
NO ₃ ⁻ (mg/l)	≤ 5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	> 80
N Kjeldahl (mg/l)	≤ 1	1 à 2	2 à 3	3 à 10	> 10

a-l'ammoniacale : peut entraîner de graves conséquences sur les milieux récepteurs du fait de sa toxicité. C'est un irritant qui affecte souvent les voies aériennes supérieures

et les yeux (à partir de 140ppm ; 35mg/m³) (brûlure de l'épithélium bronchique et/ou de la membrane alvéolo-capillaire), en cas d'exposition massive : irritation trachéo-bronchique (toux, bronchospasme parfois intense) ; œdème laryngé et pulmonaire (Taytard, 2001).

Des nuisances olfactives liées aux effluents gazeux auxquelles sont exposées les populations riveraines lors des épandages peuvent être importantes et provoquer des manifestations neuropsychiques (irritabilité, insomnie) (ministère de la santé du Québec MSQ, 2000).

Comme tout apport d'azote, l'ammoniacale contribue à l'eutrophisation des eaux superficielles, il a également d'autres effets dévastateurs dont l'acidification des milieux aquatiques, ainsi toute la chaîne alimentaire, des macrophytes aux invertébrés, étant affectée par l'acidité (association Eau & rivière, 2005).

Dans la plupart des eaux superficielles, l'azote ammoniacal se transforme en nitrites, puis nitrates (cycle de l'azote) et consomme de l'oxygène, Il contribue donc à des situations d'anoxie des milieux aquatiques (IRE, 2008).

b- les nitrates et nitrites : Les nitrates ne présentent par eux-mêmes aucun danger pour les organismes, mais leur réduction peut s'opérer par les bactéries intestinales qui en font des nitrites, beaucoup plus nocifs. Dans le sang, les nitrites ont la faculté de se fixer sur l'hémoglobine et de bloquer l'échange en oxygène (méthémoglobine). Cependant le risque n'est pas identique pour toute la population. Les nourrissons sont particulièrement les plus sensible car le pH de leur suc gastrique est plus élevé et que le système enzymatique de réduction de la méthémoglobine en hémoglobine n'est pas complètement développé avant le 3^{ème} mois (Vilaginès, 2003).

Le risque environnemental associé aux nitrates et nitrites dans les milieux aquatiques est aussi lié à l'enrichissement en éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore, ce qui peut conduire à une production primaire très importante. C'est le phénomène d'eutrophisation, qui a pour conséquences (Feray, 2000) :

- une perte des usages récréatifs due à l'odeur et à la couleur de l'eau en raison de la prolifération d'algues suivie de leur dégradation;
- un déficit en oxygène en profondeur, dû à la dégradation des végétaux morts et tombés au fond, par des processus microbiens nécessitant de l'oxygène. Ceci perturbe la vie aquatique, et peut conduire à une perte de diversité, notamment chez les invertébrés benthiques et les poissons;
- un bloom d'algues formant une croûte à la surface de l'eau, empêchant la pénétration de la lumière, et par conséquent, toute photosynthèse et productivité.

Matériel et Méthodes

Chapitre II : matériel et méthodes

II.1 Présentation de la zone d'étude

Le barrage Hammam Debagh se trouve dans le territoire de Wilaya de Guelma. qui se situe au nord-est du pays et constitue du point de vue géographique un point de rencontre, voir un carrefour entre les pôles industriels du nord(Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au sud (Oum El Bouaghi et Tébessa).

Guelma occupe une position médiane entre le nord du pays, les hauts plateaux et le sud et s'étend sur une superficie de 3.686,84 km². Cette ville est limitée au nord par Annaba, au nord-est par El Taref, à l'est par Souk Ahras, au sud par Oum El Bouaghi, à l'ouest par Constantine et au nord-est par Skikda (**Figures 1 et 2**), (<http://wilaya-guelma.dz>).

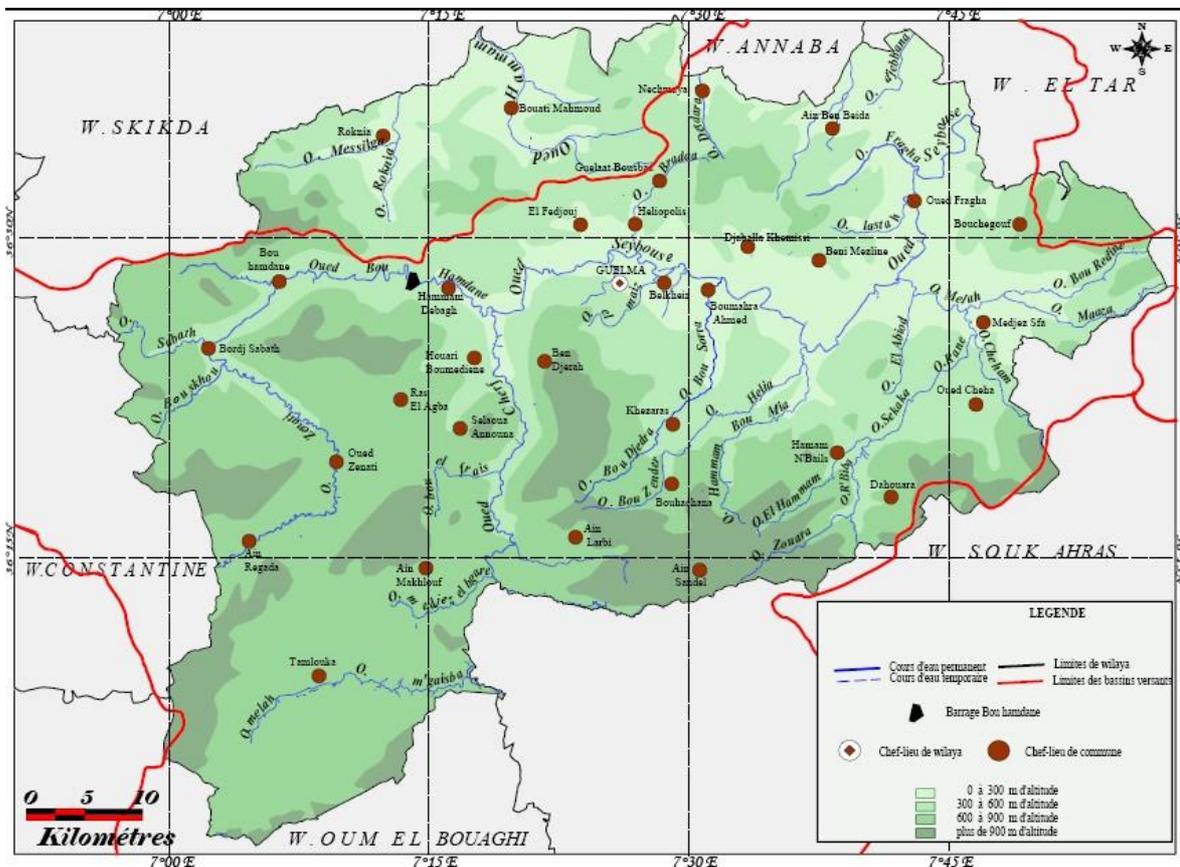


Figure1 : Carte du relief de la wilaya de Guelma (Mouchra, 2008).



Figure 2 : photo du barrage Hammam Debagh (Berkane, 2011)

La wilaya de Guelma comprend deux barrages : le Barrage Hammam Debagh et le Barrage de Medjez Beggar . Ces barrages font partie des 65 barrages opérationnels en Algérie (https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Guelma#Ressources_hydriques).

Le barrage Hammam Debagh possède une station de traitement des eaux qui alimente en eau potable les agglomérations de Ain Hassainia, Hammam Debagh, Medjez Amar, Ben Djerrah et Guelma (**Tableau1**). La population de ces agglomérations est estimée à 162488 habitants selon le recensement de l'année 2008 et se répartit comme représentée dans le tableau 1 (A.G.I.R.E Agence Nationale de Gestion Intégrée des Ressources en Eau,2016).

Tableau 3: Répartition des besoins en eau selon la population de la wilaya de Guelma (A.G.I.R.E, 2016).

Agglomération	Population (hab)	Besoins (hm³/an)
Ain Hassainia	5897	0.32
Hammam Debagh	15384	0.84
Medjez Amar	3575	0.2
Ben Djerrah	8711	0.48
Guelma	128921	7.1

II.1.1 Localisation

Le barrage Hammam Debagh est situé à 23 km de la wilaya de Guelma, à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, sur l'Oued Bouhamdane. Il tire son nom de la zone des sources thermales et a été mis en service en 1987 (Zeghaba et al.,2018).

Les principales caractéristiques du barrage sont résumées dans le **tableau4** (A.B.H.C.S.M -Agence de Bassin Hydrographique Constantinois - Seybousse - Mellegue ,2016).

Tableau 4 : Caractéristiques du barrage Hammam Debagh (A.B.H.C.S.M,2016)

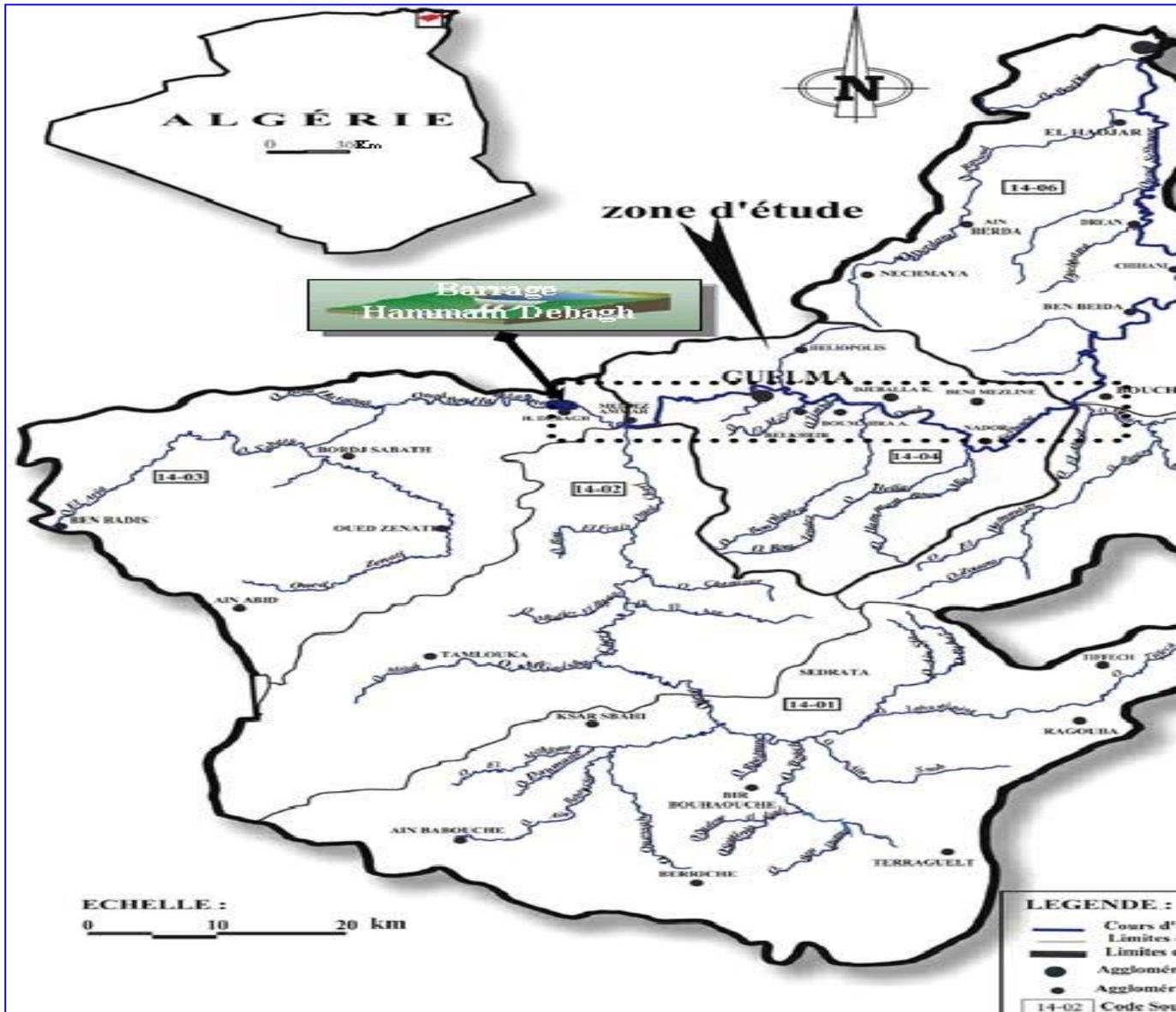
Oued	Bouhamdane	Type	TERRE
Capacité initiale	200 hm ³	Hauteur	95 m
Capacité du dernier relevé	184,35 hm ³	Longueur	430 m
Apport moyen annuel	69 hm ³	Côte de retenue Normale (R.N)	360 m
Envasement annuel	0,53 hm ³ /an	Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E)	370,24 m
Surface du bassin versant	1 070 km ²	Déversoirs.	(Corolle et Seuil libre
		Débit d'évacuation	2 240 m ³ /s
		Vidange de Fond	218 m ³ /s

II.1.2 Hydrologie

Le réseau hydrographique est très dense, constitué principalement de l'oued Seybousse et de ses affluents et draine une superficie de 6471 km², pour se jeter dans la méditerranée à l'est de la ville d'Annaba. Le sous bassin de Guelma fait partie du bassin versant de la Seybousse, situé dans la région nord-est du territoire national, le bassin de la Seybousse s'étend sur une longueur de 240 km. Il touche près de 86 communes sur 7 wilayas de l'est du pays : Annaba, el Tarf, Skikda, Oum el Bouaghi, Constantine, souk Ahras et Guelma (**Figure 2**).

L'un des principaux cours d'eau qui constituent le réseau hydrographique est l'oued Seybousse (57,15 km, second oued d'Algérie après l'oued Chélif) dont ses principaux affluents sont: l'oued Bouhamdane (45,37 km) constitué des oueds Sabath et oued zénati, oued Cherf a

u sud-ouest, oued Mellah au sud-est, oued Maiz, Oued, Zimba, oued Skhoune, oued Bou S orra, oued Fragha, oued Djefeli, oued Meboudja (SWIM Seybous, 2014).



superposition des unités structurales hétérogènes, dont l'histoire géologique s'étale depuis l'époque du Trias jusqu'au Pliocène (Durand, 1996).

La géologie peut être divisée en trois grands ensembles: un ensemble anté-nappe, un ensemble Mio-Pliocène (continental, bassin de Guelma) et un ensemble récent (Pliocène et Quaternaire). La région de Guelma fait partie du domaine néritique de Djebel de Debagh, Héliopolis et le sud de Guelma. Cette unité à faciès carbonaté Jurassique-Crétacé, karstifiée est surmontée par plusieurs nappes de charriages et elle est soumise à de grands accidents tectoniques (Zeghaba et al., 2018)

II.1.4 climat

Le barrage Hammam Debagh est soumis à un climat méditerranéen, appartenant au domaine humide à sub-humide et se caractérise par des irrégularités mensuelles et annuelles des précipitations (Mansouri, 2009). D'après Zegheba et al.,(2018), les températures en fonction des précipitations($P=2T$) définissent deux saisons typiques d'un climat méditerranéen, avec une saison sèche et chaude qui s'étend du début du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre, et une autre humide et froide qui s'étale du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril.

II.1.4.1 Température

La température est un facteur important ayant une grande influence sur le bilan d'eau du fait qu'elle conditionne l'évapotranspiration et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Elle dépend de l'altitude, de la distance du littoral et de la topographie (Arouya, 2011). La température moyenne annuelle modérée dans le barrage Hammam Debagh est de l'ordre de 16°C. Les températures moyennes mensuelles observées à la station sur une période de 1 an de l'année 2018 sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Températures moyennes mensuelles de l'eau du barrage Hammam Debagh (C°) (ANRH, 2018)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juil.	Juin	Aout	Moy
T(C°)	25	19	11	11	9	9	11	11	15	20	20	27	16

II.1.4.2 Précipitations

Les précipitations désignent tous les météores qui tombent dans une atmosphère et il peut s'agir de solides ou de liquides selon la composition et la température de cette dernière. Ils permettent la constitution d'un stock d'eau qui va être soumis à plusieurs processus de « vidange » et particulièrement les processus d'évaporation, de ruissellement, de surface et de pertes par infiltration (Chaponnière, 2005).

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de l'année 2018, enregistrées au niveau de la station, sont mentionnées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Valeurs moyennes mensuelles des pluviométries de l'eau du barrage Hammam Debagh (ANRH, 2018)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout
Moy (mm)	36.28	39.63	69.56	112.77	86.25	75.32	59.81	52.36	47.24	24.36	9.19	12.04

II.1.5 Activités agricoles

La zone d'étude est classée comme un secteur agricole et se caractérise par la culture à vaste échelle des différents produits agricoles : légumes (323 ha), cultures industrielles (1711 ha), fourrages (03 ha), arbres fruitiers (353 ha) et céréales (11 ha).

Le barrage irrigue les deux périmètres Guelma-Boucheouf, dont la superficie s'étend sur 13.000 ha, et Drean-Besbès dans la wilaya d'El Taref. Les résultats pour la saison d'irrigation 2016 montrent que le volume prélevé pour l'irrigation avait atteint 20 hm³ (A.G.I.R.E: Agence Nationale de Gestion Intégrée des Ressources en Eau ,2016).

II.1.6 Activités industrielles

Pour l'industrie, la région est caractérisée par les unités industrielles concentrées sur l'axe Hammam Debagh- Bouhamdane, qui déversent leurs rejets dans les affluents de l'Oued Bouhamdane. Ces tissus industriels s'activent autour d'une unité de briqueterie, unité de céramique, unité cycle et motorcycle, l'extraction et transformation de minéraux non ferreux- Gisements de kaolin de Marbres d'Agrégats et d'Argiles, les constructions mécaniques et mécano-soudées et de l'agro Industrie (Mansouri, 2009).

II.2 Prélèvement et Echantillonnage

L'échantillonnage proprement dit a été réalisé par l'agence ANRH de Constantine au cours de l'année 2018 . Le prélèvement des échantillons a été effectué au niveau de la digue (un seul point) du barrage Hammam Debagh. Sur terrain les ions NO₂ et NO₃ et NH₄ sont fixés grâce au fixateur HgCl₂ et pour la fixation de la DCO et de la DBO celle-ci se fait par H₂SO₄. Les échantillons d'eau sont conservés dans une glacière et gardés à une température qui ne dépasse pas les 25°C et sont transportés jusqu'au laboratoire pour analyse. Pour notre part nous avons suivi les différentes analyses et récolté les résultats.

II.3 Paramètres mesurés

Des mesures portant sur le dosage de la T°, du pH, de la DBO, de la DCO des Nitrates, des Nitrites et D'ammonium de l'eau du barrage Hammam Debagh ont été effectuées au labo

ratoire d'analyse de l'ANRH de Constantine au cours des 12 mois de l'année 2018 , afin de contrôler la qualité de l'eau du barrage Hammam Debagh.

II .3.1 Température (T°C)

La température de l'eau a été mesurée sur le site de prélèvement de l'eau du barrage en utilisant un thermomètre gradué (**Annexe 2**) Rodier et *al.*,(2005). La lecture a été faite après une immersion de 10 minutes du thermomètre à environ 15 cm de profondeur. Les résultats sont exprimés en °C.

II .3.2 Potentiel hydrogène (pH)

La mesure du pH est une mesure très importante car elle s'invite dans de nombreux domaines souvent comme paramètre indicatif voire comme paramètre décisif ; ainsi, dans les eaux naturelles, les valeurs trop faibles ou trop élevées de pH sont défavorables à la vie et à sa diversité(ISSP, 2014).

La mesure a été effectuée in situ avec l'utilisation d'un pH-mètre (**annexe2**), en plongeant l'électrode Dans l'eau à environ 8 cm de la surface. Le pH mètre est étalonné avec des solutions Étalons pH 4 et pH 10 à 20°C. Les résultats sont exprimés en unités pH.

II.3.3 Demande Biologique en Oxygène (DBO)

Une quantité d'eau à analyser est placée dans une bouteille reliée à un système OxiTop (**annexe2**); la dépression due à la consommation d'oxygène est mesurée à l'aide du système OxiTop, la valeur correspondante de la DBO est lue directement en mg/l (ANRH constantine, 2019).

Mode opératoire :

On prend 432ml de l'échantillon d'eau dans une fiole jaugée

On transvase dans la bouteille teintée en ajoutant 3 à 4 gouttes d'inhibiteur et on introduit la tige magnétique,

Ensuite on insert le creuset noir dans le goulot de la bouteille,

On met deux pastilles de NaOH dans le creuset et on visse le système de mesure « OxiTop » directement sur la bouteille.

Pour démarrer la mesure on appuie sur le bouton S pour activer la durée de DBO (5jours) ensuite on appuie simultanément sur les touches S et M jusqu'à ce que l'affichage marque la valeur de 0.

On conserve l'échantillon d'eau pendant 5jours à l'obscurité et à 20°C dans l'incubateur (**Annexe 2**).

Pour lire la mesure de la DBO5, on retire la bouteille avec le système OxiTop en appuyant sur la touche M, on lit directement la valeur de la DBO5 en mg/l.

II.3.4 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Consiste à mesurer de la matière oxydable contenue dans un échantillon dans des conditions opératoires bien définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium en milieu acide et en présence de catalyseurs.

Mode opératoire :

On met pour chaque échantillon d'eau 10cc de PE, 15cc de AgSo4, 5cc de K₂Cr₂O₇ et on additionne quelques pierres ponce.

Ensuite on les place dans des tubes en verre pour les mettre dans l'appareil DCO (**Annexe 2**) pendant 2h au maximum.

Après on retire nos échantillons à chaud et on verse directement 75ml d'eau distillée.

Puis on laisse refroidir et on retire les pierres ponce.

On ajoute aux échantillons l'indicateur ferroïne (3 gouttes).

On déplace notre échantillon dans des bécher et on procède par un titrage en ajoutant le sel de mohr dont la couleur de l'eau va changer en plusieurs couleurs jusqu'à l'obtention d'une couleur rouge brique.

En final vient la dernière étape de la lecture en appliquant la formule suivante :

$$DCO = \frac{8000 Tc^\circ(\text{volume blanc}-\text{volume échantillon})}{10(PE)}$$

II.3.5 Nitrates (NO₃)

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble, sa présence dans l'eau est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques.

Dosés par colorimétrie à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible (**annexe2**), les nitrates sont d'abord réduits en nitrites par l'intermédiaire du sulfate d'hydrazine en milieu alcalin en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur. Les résultats sont exprimés en mg/l de NO₃ (American public Heath association, 2005).

Une solution de nitrates a été préparée avec une gamme d'étalonnage (**Tableau 6**) :

Tableau 6: Gamme d'étalonnage des nitrates (ANRH, 2018).

solutions étalons	1	2	3	4	5	6
Concentration	0.02	0.05	0.20	0.50	1	2

II.3.6 Nitrites (NO₂)

Ils représentent une forme moins oxygénée et moins stable représentant ainsi la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium. Il s'agit d'une forme toxique.

Le dosage des nitrites se fait par colorimétrie à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible (**Annexe 2**), réalisé selon la méthode de GRIESS qui repose sur la formation d'un complexe coloré par réaction de diazotation entre l'ion nitrite, une amine primaire aromatique, la sulfanilamide et une autre amine aromatique, le dihydrochlorure de N-(1-naphthyl)-éthylène diamine (NED). En effet, Il s'agit de la réaction de GRIESS, réaction de diazotation spécifique de l'acide nitreux, qui se produit comme suit :

L'ion nitrite réagit avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque (sel de diazonium) qui se combine ensuite en milieu acide (pH<2) avec le NED pour former un composé rosé dont l'absorbance à 540 nm qui est proportionnelle à la concentration des ions nitrites.

Une solution de nitrates a été préparée avec une gamme d'étalonnage comme indiqué dans le (**Tableau 7**).

Tableau 7: Gamme d'étalonnage des nitrites

solutions étalons	1	2	3	4	5	6
Concentrations	0.02	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20

II.3.7 Ammonium (NH₄)

Selon Rodier, (2009) un dosage de l'ammonium par la Méthode au bleu d'indophénol en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie UV visible (**Annexe2**). Les résultats sont observés par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 630 nm.

Une solution de nitrates a été préparée avec une gamme d'étalonnage comme indiqué dans le (**Tableau 8**).

Tableau 8: Gamme d'étalonnage de l'ammonium.

solutions étalons	1	2	3	4	5	6
Concentrations	0.02	0.05	0.20	0.50	1	2

Etalonnage et mesure

L'étalonnage nécessite, pour chaque paramètre (nitrate, nitrite, ammonium) à doser, la préparation d'une solution mère. Une fois la solution mère prête, nous employons le principe de neutralisation pour préparer d'autres solutions filles plus diluées (standards), qui constitueront une gamme d'étalons.

Le signal d'absorption mesuré en continu par le spectrophotomètre est traduit sous la forme d'un pic sur un ordinateur interfacé. La hauteur du pic est proportionnelle à la concentration du sel dans l'échantillon. La mesure de standards de concentrations connues permet de calculer une droite de régression (de la forme $Y = aX + b$).

II.4 Analyse statistique des résultats

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de tableaux et de graphiques (d'histogrammes) et pour une meilleure analyse nous avons calculé les moyennes, les valeurs minimales, valeurs maximales, et les écarts types à l'aide de logiciel EXCEL (2007).

CHAPITRE : RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre III Résultats et discussion

Les moyennes des résultats des paramètres mesurés (T°, pH, DBO, DCO, Nitrate, Nitrite, Ammonium) durant les 12mois de l'année 2018 sont regroupées dans le **Tableau 10**.

Tableau 10 : moyennes des paramètres mesurés de l'eau du barrage Hammam Debagh (A NRH Constantine, 2018)

Mois Paramètre	Jan	Févr	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Ao u	Sep	Oct	Nov	Dec
T °C	9	9	11	11	15	20	20	27	25	19	11	11
pH	7.7	7.7	7.5	7.7	7.7	7.6	7.6	7.6	7.9	7.5	7.4	7.5
DBO mg/ l	3	3	3	4	3	3	3	3	3	2	2	3
DCO mg/ l	35	35	35	35	44	44	35	35	35	26	35	35
NO3 mg/l	3	5	5	6	9	2	5	8	0	4	10	8
NO2 mg/l	0.06 5	0.08	0.098	0.1 2	0.11 2	0.14 2	0.16 2	0.0 4	0.15	0.1 5	0.072	0.02 8
NH4+ m g/l	0.07	0.11	0.13	0.1 6	0.2	0.14	0.19	0.0 4	0	0.0 9	0.03	0

Tableau 11 : valeurs minimales et maximales, moyenne et écart type des différents paramètres de l'eau du barrage Hammam Debagh

Paramètres	Moyenne annuelle \pm Ecart-type	Min	Max
T °C	15,66 \pm 6,06	9	27
Ph	7,62 \pm 0,103	7,4	7,9
DBO (mg/l)	2,92 \pm 0,31	2	4
DCO (mg/l)	35,75 \pm 2,75	26	44
NO3 (mg/l)	5,41 \pm 1,79	0	10
NO2 (mg/l)	0,102 \pm 0,038	0,028	0,162
NH4+ (mg/l)	0,096 \pm 0,058	0	0,2

III.1 Température (T°)

Nous observons sur la **Figure 4** que la température de l'eau du barrage Hammam Debagh augmente de façon progressive de Janvier à Aout puis elles diminuent.

La valeur minimale de 9 C° est relevée durant les mois humides (Janvier et Février) et les valeurs maximales situées entre 20 et 27 C° durant les mois secs (Aout, Septembre), Le reste des mois (Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet Octobre, Novembre, Décembre) les valeurs fluctuent entre 11 et 20 C°.

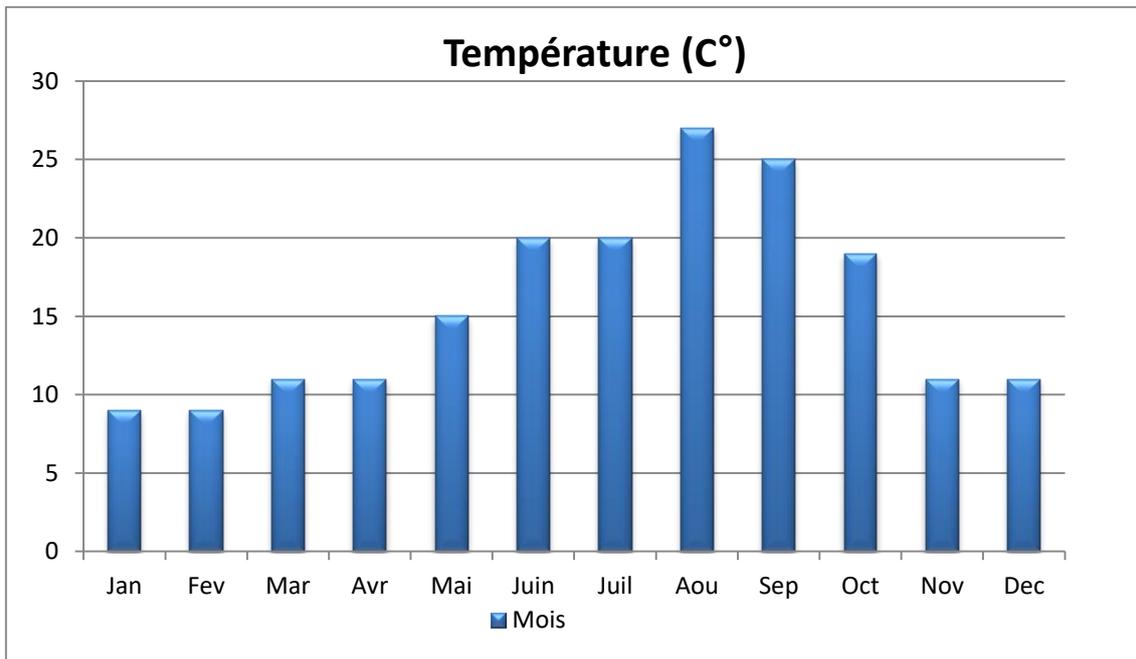


Figure 4 : Variation de la température de l'eau du barrage Hammam Debagh au cours de l'année 2018

La température du barrage varie en fonction de la température extérieure, des saisons, et de la profondeur. On remarque une montée brusque de la température à 27 et 25 °C respectivement aux mois d'Août et de Septembre qui pourrait s'expliquer par une augmentation de l'activité microbologique et une prolifération d'algues.

Les valeurs supérieures à 25°C enregistrées aux mois d'Aout et Septembre ne sont pas dans les normes de qualité des eaux du barrage adoptée par l'ANRH (**Tableau1**)

Alors que durant les autres mois où la moyenne des températures est de l'ordre de 15°C, elle reflète une eau de bonne qualité (**Tableau 10 et 11**).

III.2 Potentiel Hydrogène (pH)

Les valeurs du pH des eaux du barrage Hammam Debagh fluctuent entre 7.4 au mois de Novembre et 7.9 au mois de Septembre (**Tableau 10**), cependant nous observons des variations irrégulières d'un mois à un autre, avec une moyenne annuelle de $7.62 \pm 0,10$ (**Tableau 10** et **Figure 5**),

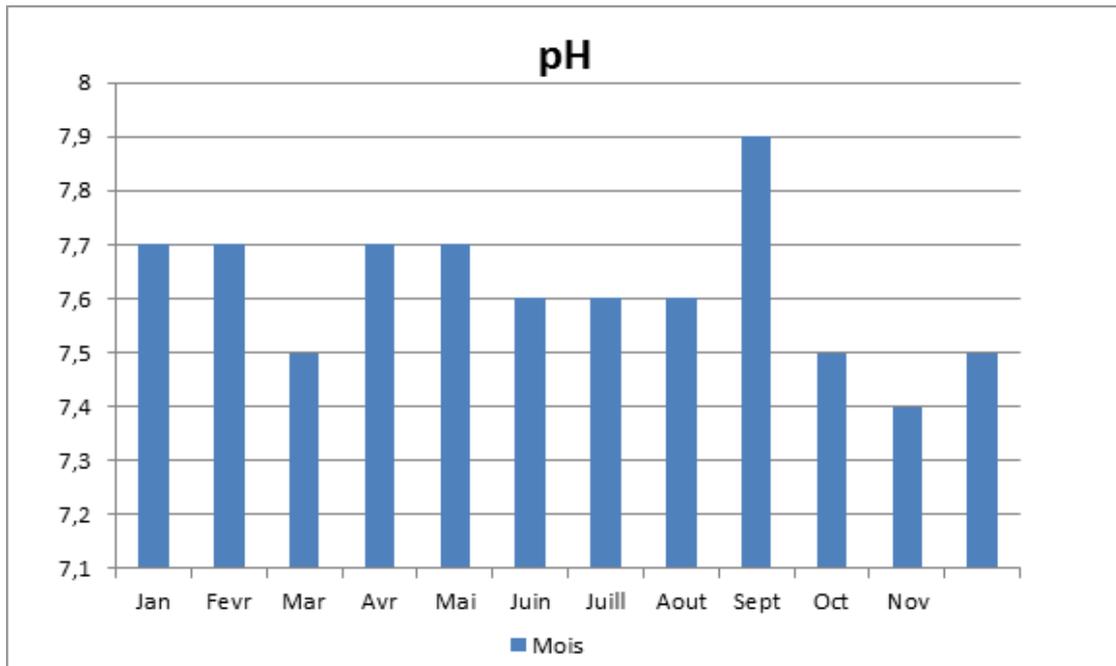


Figure 5 : Variation temporelle du pH de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

Le pH indique l'alcalinité des eaux, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes dont le pH optimum varie de 6,5 à 7,5. Lorsque le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5, la croissance des microorganismes est directement affectée (Rodier J., 1996).

Le pH peut être influencé par certains facteurs tels que les conditions climatiques, en effet la température élevée conduit indirectement au déplacement de l'équilibre calcaire-carbonique vers la formation des carbonates sous l'effet de la photosynthèse qui provoque une élévation de pH. Il peut aussi dépendre de la nature géologique du bassin versant, formé essentiellement par des roches sédimentaires et calcaires entraînant une élévation du pH (Rejesk, 2005).

Ces valeurs moyennes se trouvant dans l'intervalle de la norme fixée par la grille de qualité des eaux de barrages adoptée par l'ANRH (**Tableau1**), indiquent que l'eau du barrage Hammam Debagh est de qualité moyenne.

III.3 Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

La Figure 7 montre que les valeurs de la DBO5 varient entre 4 mg/l enregistrée au mois d'Avril et 2 mg/l au mois d'Octobre et Novembre, pour les autres mois la DBO5 est constante et est de l'ordre de 3 mg/l.

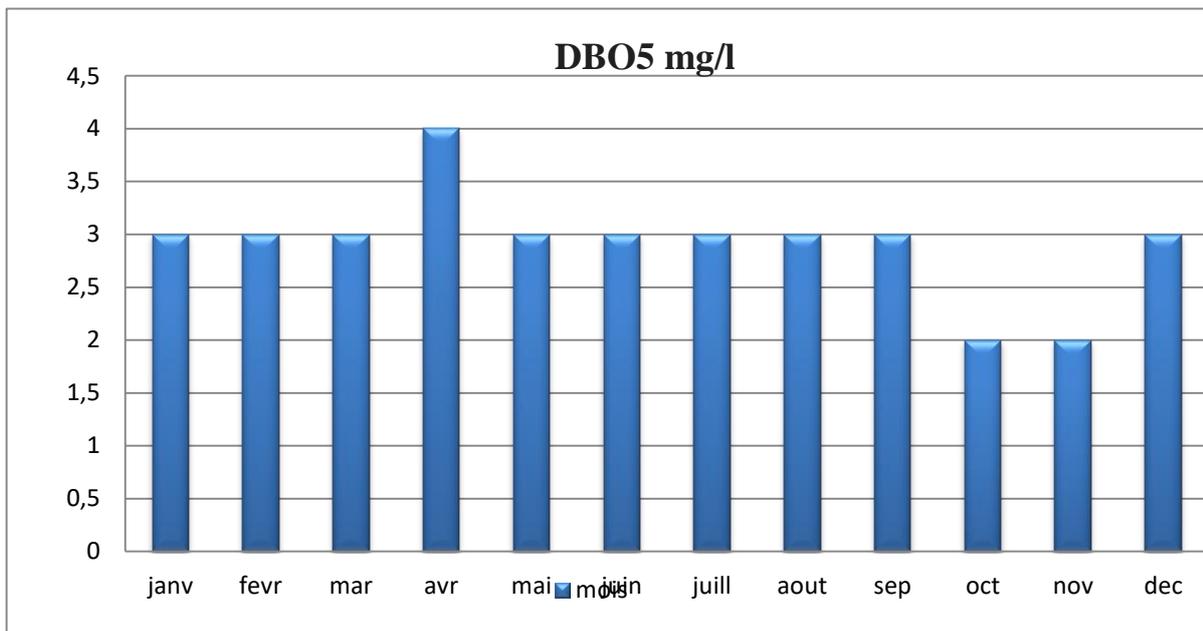


Figure 6 : Variation mensuelle de la DBO5 de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018.

La DBO5 permet l'évaluation des matières organiques biodégradables. Dans les eaux du barrage Hammam Debagh, l'augmentation de la DBO5 pourrait s'expliquer par la présence des conditions favorables à la dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie. Cette activité, consommatrice d'oxygène, est à l'origine de l'autoépuration des eaux (Makhouk et al., 2011). Par contre la diminution des concentrations DBO5 peut être attribuée à la dilution des charges organiques.

Selon la grille de qualité des eaux de barrages (**Tableau1**) les valeurs de la DBO5 obtenues s'avèrent inférieures à 5mg /l suggérant une qualité d'eau classée comme étant 'bonne'.

III.4 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Les valeurs observées dans le **Tableau 10** sont comprises entre 26 mg/l et 44 mg/l, avec une moyenne annuelle de 35,75 mg/l \pm 2,75 mg/l (**Tableau 11**).

Nous constatons pour les neufs mois : Janvier, Février, Mars, Avril, Juillet, Aout, Septembre, Novembre et Décembre de l'année 2018 que les valeurs moyennes de la DCO sont de l'ordre de 35 mg/l. Cependant, il est à noter une élévation de la DCO au mois de Mai et Juin atteignant la valeur de 44 mg/l et une baisse de la DCO au mois d'Octobre égale à 26 mg/l (**Figure 7**).

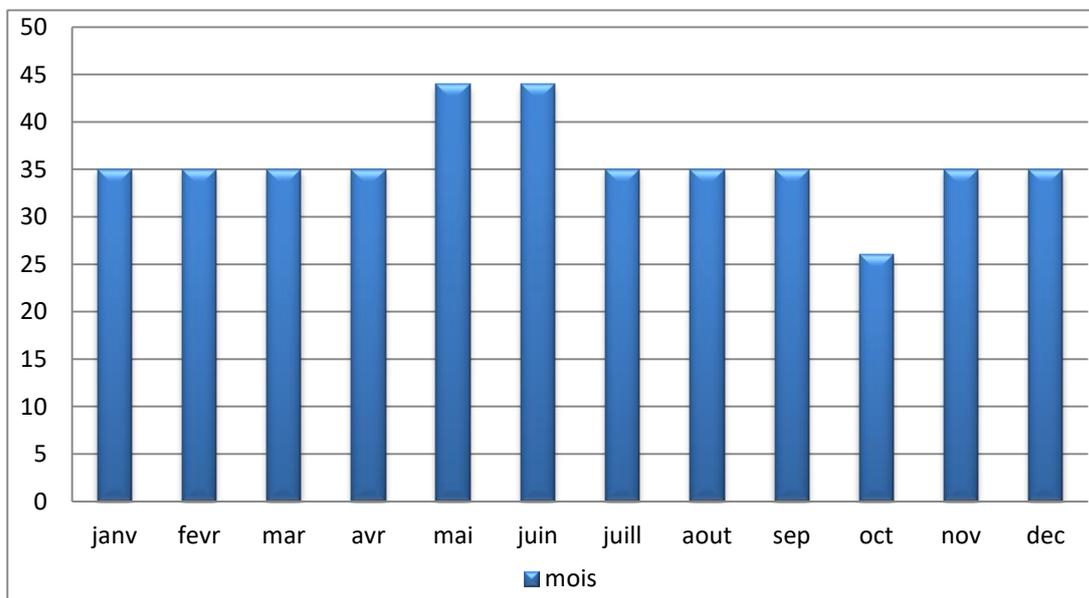


Figure 7 : Variation temporelle de la DCO de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

D'après Aissaoui, (2013) l'évolution de la DCO a tendance à changer avec les saisons (hivernale et estivale); elle est maximale en période des basses eaux suite au phénomène de concentration, et minimale durant la période des hautes eaux qui est due à la dilution par les précipitations, ce qui ne se voit pas dans les eaux du barrage considéré dans cette étude.

Les valeurs de la DCO enregistrées dépassent les normes de la grille de qualité adoptée par l'ANRH (**Tableau 1**), nous pouvons déduire que la charge polluante des eaux du barrage de hammam Debagh est élevée traduisant une eau de mauvaise qualité.

Il est à signaler que les valeurs de la DCO sont nettement plus importantes que celles de la DBO. En effet, Cantin et Cardinal, (2004) expliquent que La DCO est toujours supérieure à la DBO car les bactéries ne peuvent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables.

III.5 Nitrates (NO₃)

On peut voir que les teneurs en nitrates des eaux du barrage Hammam Debagh oscillent entre 0 et 10mg/l, avec les teneurs les plus élevées de 9mg/l et 10mg/l enregistrées respectivement au mois de Mai et Novembre. Par ailleurs nous notons une absence totale de nitrates au mois de Septembre et une très faible teneur au mois de Juin égale à 2mg/l.

Pour les cinq mois restants (Février, Mars, Avril, Juillet, Octobre) les moyennes varient entre 3 et 6mg/l (**Figure 8**).

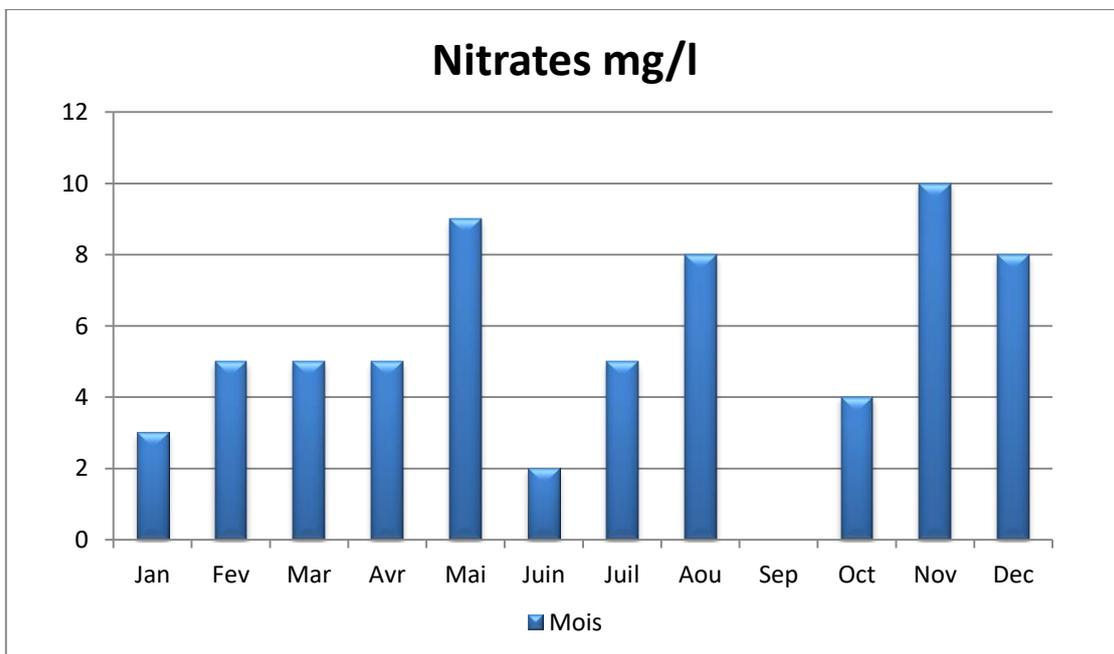


Figure 8 : Variation temporelle des teneurs en nitrates du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Les teneurs les plus élevées en nitrates dans les eaux du barrage Hammam Debagh peuvent être liées au lessivage des fertilisants utilisés dans les sols agricoles situés à proximité du barrage.

Quant à l'absence ou aux faibles valeurs obtenues, l'explication la plus probable serait attribuée aux faibles taux d'oxygène dissous car les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, en effet les nitrates peuvent jouer en période de faible oxygénation le rôle de donneur d'oxygène, évitant ainsi l'anaérobiose (Makhoukh et al. , 2011).

De manière générale, les teneurs en nitrates enregistrées dans les eaux du barrage Hammam Debagh sont inférieures à 10 mg/l ce qui traduit des eaux de bonne qualité selon la grille de qualité des eaux de barrages adopté par l'ANRH (**Tableau1**).

III.6 Nitrites (NO₂)

Les valeurs enregistrées en nitrites se situent entre 0.03 et 0.16 mg/l avec une moyenne annuelle de $0.102 \text{ mg/l} \pm 0.04 \text{ mg/l}$ (**Tableau 10 et 11**). La **Figure 9**, montre que les teneurs en nitrites augmentent régulièrement du mois de Janvier jusqu'au mois de Juillet et chute brusquement au mois d'Aout pour s'élever au mois de Septembre-Octobre et rechuter encore au mois de Novembre et Décembre. La teneur la plus faible en nitrites est enregistrée au mois de Décembre, alors que la plus élevée est relevée au mois de Juillet.

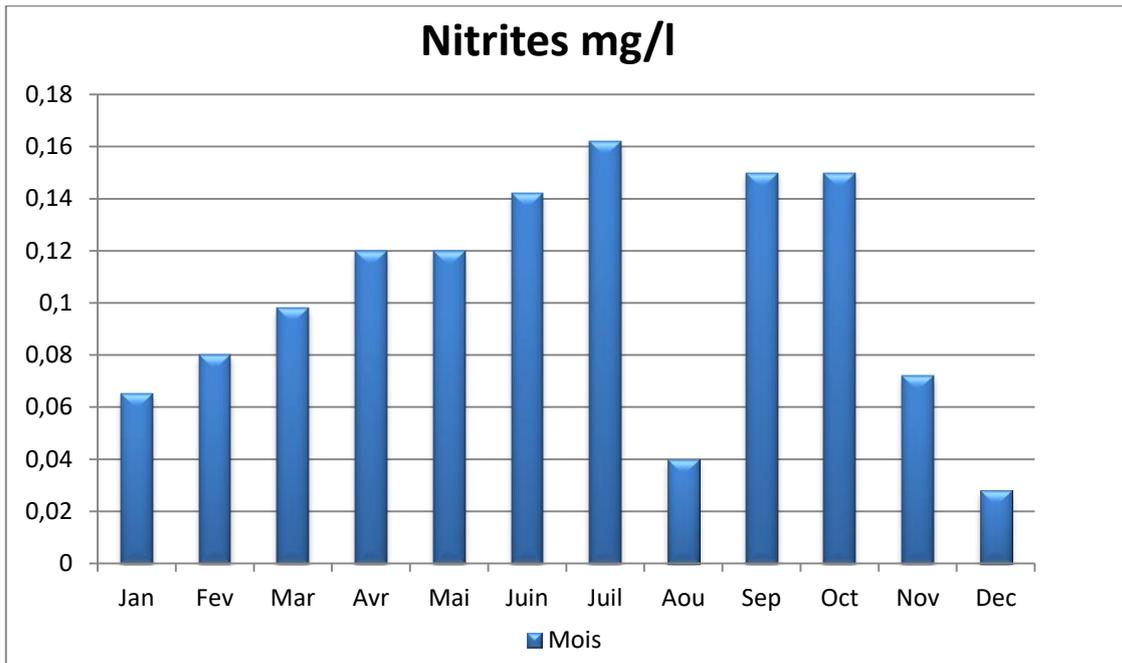


Figure 9 : Variation temporelle des nitrites de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

Les nitrites proviennent généralement soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, soit d'une réduction des nitrates d'origine agricole, sous l'influence des bactéries qui utilisent de l'oxygène pour la dénitrification ainsi que pour la décomposition des matières organiques présentes dans l'eau. Autrement dit plus la teneur en nitrites est élevée, plus la BDO risque d'augmenter (**Reinders et al., 2005**).

En dehors de ces hypothèses sur les processus microbiologiques responsables de la formation et l'accumulation des nitrites dans l'eau, le lessivage par la pluie des sols agricoles peut être une autre cause de l'augmentation des NO₂⁻ (**Laughlin, 2001**).

Les résultats de notre étude révèlent que les teneurs en nitrites sont élevées et dépassent les normes de la grille de qualité des eaux des barrages adoptés par l'ANRH (**Tableau 1**) ce qui laisse prédire que l'eau du barrage Hammam Debagh est de mauvaise qualité.

III.7 Ammonium (NH₄)

Les teneurs en ammonium obtenues sont relativement faibles, elles sont comprises entre la valeur de 0 mg/l enregistrée au mois de Septembre et de Décembre, et 0.2 mg/l au mois de Mai (**Tableau 10**) avec une moyenne $0,097\text{mg/l} \pm 0,058\text{ mg/l}$ (**Tableau 11**). D'après la **Figure 10** les teneurs d'ammonium s'élèvent progressivement du mois de Janvier au mois de mai, puis diminuent de manière différente de Juillet à Décembre.

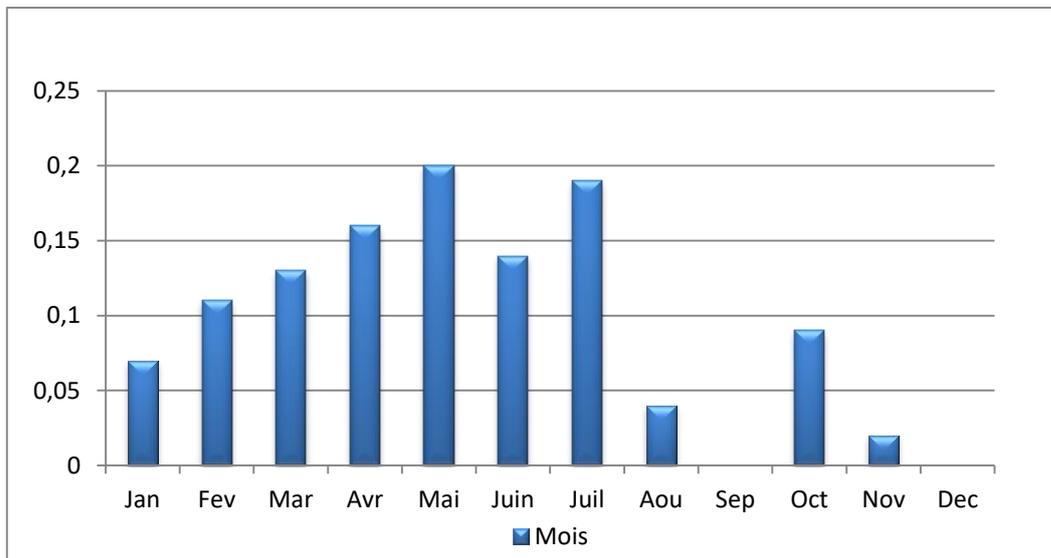


Figure 10 : Variation temporelle d'ammonium de l'eau du barrage Hammam Debagh durant l'année 2018

La concentration en ammonium augmente dans l'eau, soit par réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites, soit en présence d'une faible teneur en oxygène ; plus la température est élevée plus l'oxygène dissous dans l'eau diminue (**Taytard, 2001**).

Les teneurs très faibles à nulles en ammonium laissent prédire que cet élément ne constitue pas un risque de pollution pour les eaux du barrage de Hammam Debagh au cours des mois (Janvier, Aout, Septembre, Novembre, Décembre) alors que les celles enregistrées durant les autres mois de l'année sont supérieures à 0.1 mg/l, ce qui montre que les eaux du barrage Hammam Debagh restent toutefois de mauvaise qualité (**Tableau 1**).

Conclusion et Perspectives

Conclusions et perspectives

Le barrage Hammam Debagh, situé dans le sous bassin versant de l'Oued Bouhamdane, est destiné à l'alimentation en eau potable après traitement de plusieurs communes de la wilaya de Guelma, aux activités agricoles et industrielles.

Les moyennes des résultats des paramètres mesurés (T°, pH, DBO, DCO, NO₃, NO₂, NH₄) relatifs à la qualité des eaux de ce barrage ont révélé que la température moyenne annuelle est inférieure à 25°C et est influencée par la température de l'air ; le pH est neutre à faiblement alcalin (7.4 à 7.9) traduisant une eau de qualité moyenne ; la DBO5 d'une moyenne annuelle de 2.92 mg/l reflète une eau de bonne qualité alors que la DCO d'une moyenne de 35.75 mg/l se situe à une échelle de moyenne qualité.

Parmi les teneurs des trois formes d'azote (Nitrate, Nitrite, Ammonium), les nitrites se trouvent en plus grandes quantités dans les eaux du barrage indiquant une eau de mauvaise qualité selon la grille adoptée par l'ANRH Constantine alors que les nitrates sont les moins représentées avec une moyenne annuelle de 5,41 mg /l traduisant une eau de bonne qualité. Quant à l'ammonium celui-ci se trouve dans l'intervalle d'une qualité d'eau moyenne.

Le barrage Hammam Debagh s'avère être pollué d'où la nécessité d'augmenter les moyens permettant de traiter d'avantage ces eaux avant toute utilisation car ce sont des eaux qui peuvent affecter la santé de l'homme et de l'environnement.

En perspective il serait souhaitable d'installer des stations d'épuration au niveau de chaque structure polluante (rejets domestiques et urbains, industriels ...) et de contrôler toutes les activités agricoles par rapport aux pesticides et fertilisants. Il est également conseillé

er d'augmenter les prélèvements pour un meilleur suivi de la qualité des eaux de ce barrage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

A.G.I.R.E, 2016 Agence Nationale de Gestion Intégrée des Ressources en Eau, Algérie.

ABHCSM, 2016 Agence de bassin hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue.
Rapport sur l'analyse de l'année hydrologique (2015-2016) du barrage Hammam Debagh, 13 p.

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 1995. *Carte de la qualité des cours d'eau, Rhône-Alpes.* DIREN Rhône-Alpes, France.

Aissaoui A., 2013. *Evaluation du niveau de contamination des eaux du barrage Hammam Grouz de la région de Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles.*
Mémoire de magistère en biologie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 75p.

American public health association, 2005. *Standard & Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition. Washington.

Arouya K., 2011. *Pollution des eaux Impacts des eaux usées sur la qualité des eaux de surfaces* ED. Universitaires européennes, Berlin, 116 p.

Arzate, A.,2008. *Procédés de séparation membranaire et leur application dans l'industrie*

alimentaire. Centre ACER: Saint-Norbert d'Athabaska, Québec, 82 p.

Association eau & rivière, 2005. *L'ammoniac un polluant acide de l'air, des sols et des eaux superficielles*. Membre de France nature et environnement, France, 80 p.

Aubry G, 2003. *Enlèvement de l'azote des eaux usées par un procédé à culture fixée immergée*. Mémoire en écologie, Université Laval, 72 p.

Barraqué B., 2012. *Normes de qualité de l'eau : histoire et prospective*. CIRE-CNRS et Agro Paris Tech, 19 Avenue du Maine, 75015- Paris.

Bliefert C. et Perraud R, 2001. *Chimie de l'Environnement : air, eau, sols, déchets*. Traduction et adaptation française : De Boeck Université s. a. Paris, France et Bruxelles, Belgique. (Originally published in the German language by Wiley-VCH Verlag GmbH, 1997, 2ème édition)

Bolto, B. et al. 2002. *Analyse physico-chimique des effluents*, Biologie Campbell, 50.5165-57 p.

Bordet J., 2007. *L'eau dans son environnement rural : Hydraulique et cycle de l'eau, l'alimentation en eau potable, l'assainissement des agglomérations*, Éditions Johanet (ISBN 978-2-900086-71-1),

Bourbonnais G., 2009. *Nutrition chez les végétaux et écologie des eaux douces*, Cégep de Sainte-Foy, Québec.

Bourgue R., 2013. *Gestion de la pollution azotée de la ressource en eau en milieu agricole: influence des dispositifs agri- environnementaux territorialisés dans le bassin versant de la Seille*. Mémoire de magistère en II politiques territoriales de développement durable, Université du Maine - Le Mans, 54 p.

Cantin P., Cardinal P., 2004. *Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé*. ISBN 2-550-43507, doc ENV/0311, 35p.

Ministère de la santé du Québec, 2000. *Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie*, DR-12-VMC, Édition courante.

Degrémont, 2005. *Mémento technique de l'eau*. Tome 1, Paris, France.

Dinh L., 2013. *Relations entre la pollution urbaine et le contexte socio-culturel du bassin de collecte.* Thèse de doctorat Génie des Procédés et des Produits, l'Université de Lorraine, 182 p.

Durand D., 1996. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Bull.Serv. Carte Géol. Algérie, N.S, n°39, 9.89-131 p.

Féray C., 2000. *Nitrification en sédiment d'eau douce : incidence des rejets de station d'épuration sur la dynamique de communautés.* Thèse de doctorat, Université Claude Bernard- Lyon I, 183 p.

Gaujous D., 1995. *La pollution des milieux aquatiques: aide-mémoire.* Ed. Tec. Et Doc., Lavoisier, Paris, 200 p.

Guettaf M., 2015. *Caractérisation hydro chimique et évaluation des indicateurs de pollution dans l'environnement : cas de l'oued Seybouse et ses affluents dans le sous bassin de Guelma (Nord-Est Algérien).* Thèse de doctorat en biologie, université de Guelma, 196 p.

HAMED. M et al., 2012. *Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar.* Université de Bechar, Algérie.

Reece J. et al., 2012. *Caractéristiques et propriétés des eaux pure, eaux naturelles,* Vol 1 N°110, 211- 254 p.

Joel G., 2003. *La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités,* Paris.

Kahoul, Touhamie, 2014. *Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de Consommation de la Ville d'Annaba (Algérie).* Université Badji Mokhtar. Annaba, Algérie.

KHELILI R., LAZALI D., 2015. *Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza.* Ain Defla, Algérie.

Lacour J., 2005. *Caractérisation des substances Azotées et Phosphatées contenues dans les effluents liquides de la ravine Bois de chêne (Port-au-Prince).* Mémoire d'ingénieur en agronomie, Université d'Etat d'Haïti, 65 p.

Laughlin R., 2001. *Transformations of inorganic-N in soil leachate under differing storage conditions.* Soil Biology, 165-200 p.

Bellissent M. et Funel D., 2009. Laboratoire Léon Brillouin, CEA-CNRS.

Mansouri Z., 2009. *Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'Oued Bouhamdane (Nord-Est Algérien)*, Thèse de magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie, 134 p.

Martin G., 1998. *Le problème de l'azote dans les eaux*. Ed tec. Et doc. Lavoisier, Paris, 120 p.

Mouchara N., 2009. Impacts des lâchées de barrage Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-Est Algérien), Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Hydrogéologie option Géologie, Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie, 124 p.

National Research Council, 1995. *Nitrate and nitrite in drinking water*, National Academy of Science, Washington DC, 63 p.

OMS, 2000. *Nitrates et nitrites, In Directives de qualité pour l'eau de boisson; Volume 2 - Critères d'hygiène et documentation à l'appui* Organisation mondiale de la Santé, Genève, 324-336 p.

Reggam A. et al., 2015. *Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales.* *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (5) ISSN : 2028-2508, CODEN: JMESCN, 1417-1425 p.

Reinders et al., 2005. *Gastrointestinal bacteria generate nitric oxide from nitrate and nitrite.* Nitric Oxide. N°13, 272-8 p.

Rejesk F., 2005. *Analyse des eaux Aspects règlementaires et techniques*. Ed CRDP, Paris, 785p.

Rodier J., 1996. *L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer.* 8^{ème} Ed Dunod Paris France, 1383p.

Rodier J., Legube B. et Merlet N., 2005. *L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats.* Ed. Dunod, Paris.

Santé Canada, 1992. *Le nitrate et le nitrite.* Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, Canada.

Taytard A., 2001. *Pathologie respiratoire toxique Gaz ammoniac (NH3)*. Revue des maladies respiratoires, vol 18, n°2, 163 p.

Thomas O., 1995. *Métriologie des eaux résiduaire*. Ed. Tec.et Doc. 11, Liège -75384. Paris, 82 p.

Vilaginès R., 2003. *Eau, environnement et santé publique*, Introduction à l'hydrologie 2^e Ed. Tec. Et doc. Paris, 86 p.

Villers J, et al., 2005. *Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface*, Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement 253-280 p.

Zeghaba N. et al., 2018. *Qualité des eaux brutes du barrage Hammam Debagh, Wilaya de Guelma (Nord-Est Algérien)* Rev. Sci. Technol., Synthèse 37: 113-121 p.

Les sites :

<http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/index.html>

<https://www.lacdesiles.info/la-transparence>.

<https://docplayer.fr/27527140-Les-barrages-jean-jacques-peters-ingenieur-conseil-professeur-a-temps-partiel-vub-ucl-kul.html>

<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-differentes-formes-de-barrages>

<http://wilaya-guelma.dz>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Guelma#Ressources_hydriques

<http://www.conservation-nature.fr>

<https://www.lavaris-lake.com/fr/documentation/parametres-de-qualite-de-l-eau.html>.

<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours.qge/du-5.htm>

<http://www.foerdergesellschaft-landesgartenschauen.de/gartenschauen>

www.swim-sm.eu/.../53-cowd-national-consultation-seyhouse-river-basin.

<https://www.gesis.org/issp/modules/issp-modules-by-topic/pH-methode/2014>.

