



N° de série :

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Ecologie Végétale

Année universitaire 2013/2014

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du Diplôme de Master 2

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Gestion durable des écosystèmes et protection de l'environnement

Option: Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie

Thème

**Evaluation du niveau de la pollution organique des eaux des
barrages Hammam Grouz et Béni-Harroune**

Présenté par :

Benayache Naïla Yasmine

Soutenu le :

Devant la commission :

Président : SAHLI Leila

Promoteur : AFRI-MEHENNAOUI F-Z

Examineur : BAZRI KAMEL EDDINE

M.C.B. Université Constantine 1

M.C. Université Constantine 1

M.C.A Université Constantine 1

Remerciements

Ce travail a été réalisé au sein de l'Université de Constantine 1, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, département d'Ecologie et de Biologie Végétale, et au sein des laboratoires de l'ARNH de Constantine.

En premier lieu, je tiens à remercier particulièrement Mme. AFRI-MEHENNAOUI F. Z. Maitre de Conférences à l'université de Constantine1, qui a guidé ce travail par ses conseils avisés et qui a bien voulu m'aider dans la rédaction de ce mémoire. Je la remercie également pour ses encouragements et pour toutes les connaissances que j'ai acquises à ses cotés.

Je remercie sincèrement mademoiselle SAHLI Leila Maitre de Conférence classe B, à l'université de Constantine 1, qui a accepté la présidence du jury de mémoire, et pour ses précieux conseils. Qu'elle trouve ici l'expression de ma reconnaissance !

Je remercie Monsieur BAZRI Kamel Eddine, Maitre Assistant classe A à l'université de Constantine 1 qui a aimablement accepté de siéger à ce jury et qui a bien voulu participer au jugement de mon travail.

Mes remerciements s'adressent également, à tout le personnel de l'ANRH de leur contribution dans la réalisation de ce travail.

Enfin, un merci particulier à ma famille, mes parents, tous mes professeurs, mes collègues et amis et toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont apporté leur contribution à ce travail. Je leur exprime ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1
 Chapitre 1 : Pollution des écosystèmes aquatiques	
1.1. Définition de la pollution.....	3
1.2. La pollution de l'eau	3
1.2.1. Source de pollution des eaux	3
1.2.2. Pollution organique.....	5
1.2.3. Les paramètres révélateurs de la pollution organique.....	6
1.3. Norme et classes de qualité des eaux superficielles	11
 Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude	
2.1. Présentation du bassin versant Kebir-Rhumel.....	13
2.1.1. Barrage de Hammam Grouz.....	14
2.1.2. Barrage de Béni Haroun	14
2.2. Géologie et lithologie.....	15
2.3. Climat	16
2.3.1. Température	16
2.3.2. Pluviométrie.....	17
2.4. Socio – économie	18
 Chapitre 3 : Matériel et méthodes	
3.1. Localisation des sites de prélèvement.....	20
3.2. Calendrier de prélèvement.....	21
3.3. Prélèvement des échantillons d'eau	21
3.3.1. Mode de prélèvement.....	21
3.3.2. Mesures physico-chimique.....	22
3.3.3. Paramètres de pollution organique.....	23
 Chapitre 4 : Résultats et discussion	
4.1. Mesures physico chimiques.....	27
4.2. Paramètres de pollution organique.....	33
Conclusion	39
Références Bibliographiques	41

Liste des figures

Figure 1: Carte des principaux barrages du bassin du Kébir-Rhumel. (ABH, C.S.M, 2009).

Figure 2 : Les grands domaines hydrogéologiques du Kébir-Rhumel (Mebarki et Thomas, 1988) modifié en localisant les barrages par le SIG

Figure 3 : La zone d'étude vue à travers un modèle numérique de terrain

Figure 4 : Variations spatio-temporelles de la température de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 5: Variations spatio-temporelle du pH de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 6 : Variations spatio-temporelle de la conductivité électrique (CE) de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 7 : Variations spatio-temporelles des teneurs en MES de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 8: Variations spatio-temporelles des teneurs en résidu à sec de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 9 : Variations spatio-temporelles de la concentration en oxygène dissous de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 10 : Variations spatio-temporelles de la DBO₅ de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 11: Variations spatio-temporelles de la DCO de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 12 : Variations spatio-temporelles des teneurs en ammonium (NH₄⁺) de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 13 : Variations spatio-temporelles des teneurs en NO₂ de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 14 : Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrates (NO₃⁻) de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Figure 15: Variations spatio-temporelles des teneurs en phosphates (PO₄⁻³) des eaux des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classes d'aptitude des eaux superficielles (ABH, 2009)

Tableau 2 : Grille de la qualité des eaux superficielles.

Tableau 3 : caractéristiques des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Tableau 4 : Températures moyennes mensuelles à la station Aïn El Bey Constantine, (données ANRH 2014).

Tableau 5 : Pluviométrie (en mm et nombre de jours de pluie j) de septembre 2013 à mars 2014 de 5 stations du bassin versant Kebir-Rhumel (ANRH 2014).

Tableau 6 : Coordonnées Lambert, GPS et altitude des stations de prélèvement

Tableau 7 : Date des prélèvements des échantillons d'eau

Tableau 8 : Gamme d'étalonnage des Ammonium

Tableau 9 : Gamme d'étalonnage des nitrites.

Tableau10 : Gamme d'étalonnage des nitrates.

Tableau11 : Gamme d'étalonnage des phosphates.

Tableau 12: Résultats des paramètres physico – chimiques de l'eaudes barrages Hammam Grouz et Béni Haroun (moyenne, écart type, minimum, maximum, médiane)

Introduction

L'eau est une ressource limitée et vulnérable, vitale pour l'homme, sa survie, sa santé et son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

L'Homme doit faire face à une diminution des ressources hydriques naturelles et à la dégradation croissante de la qualité de l'eau dû principalement aux insuffisances de traitement des eaux d'égouts, au rejets d'effluents industriels et domestiques, aux infiltrations des résidus d'engrais et de pesticides agricoles etc. Ces nuisances comptent parmi les principales causes de pollution des eaux. Leur gravité est fonction de la densité des populations, des pratiques agricoles et industrielles et de la présence ou non de dispositifs de récupération et de traitement des eaux usées.

En Algérie l'eau a été hissée au rang de priorité nationale depuis plus d'une décennie. Les disponibilités en eau sont estimées à 17 milliards de m³ par an dont 12 milliards de m³ dans la région Nord, avec 10 milliard de m³ de ressource superficielles. L'exploitation de ces ressources en eau est très intense avec les besoins grandissants liés à une demande cumulée de trois secteurs souvent concurrentiels (la ville, l'industrie et le périmètre d'irrigation).

La mobilisation des eaux superficielles a été de tous les temps une préoccupation majeure des pouvoirs publics. En effet, Le code des eaux, promulgué en 2005, définit l'eau comme bien de la collectivité nationale. Selon ce texte, le premier principe sur lequel se fonde l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau, est le droit à l'accès à l'eau et à l'assainissement pour satisfaire les besoins fondamentaux de la population, dans le respect de l'équité en matière de services publics.

Devant des besoins en eau douce qui ne cessent de croître et vu l'impossibilité de se contenter seulement de ces ressources naturelles conventionnelles, un programme de mobilisation des ressources en eau a été mis en œuvre, au début des années 80, avec un rythme particulièrement soutenu en matière de construction de barrages-réservoirs.

Actuellement l'Algérie dispose de 70 barrages de grande et moyenne envergure et le barrage de Béni Haroun constitue, par excellence, le plus important projet national du secteur hydraulique depuis l'indépendance. Deuxième plus grand barrage d'Afrique après Al Sad El Alli d'Egypte, une importance particulière doit être accordée à ce barrage vu qu'il constitue actuellement une importante ressource en eau potable pour plusieurs wilayates de l'Est algérien (Mila, Constantine, Jijel, d'Oum El Bouaghi, Khenchela et Batna) en plus de

Introduction

l'irrigation de 30 000 hectares de terres agricole. En février 2012, le barrage a atteint un pic historique jamais réalisé depuis sa mise en service à ce jour: 1 milliard de m³, dépassant ainsi de 40 millions m³ sa capacité théorique (960 millions m³).

Les axes de la politique algérienne dans le domaine des ressources en eau sont les suivants :

- * accroître la mobilisation de la ressource en eau sous ses formes conventionnelle et non conventionnelle et ceci, pour assurer la couverture des besoins en eau domestique, industrielle et agricole ;
- * réhabiliter et développer les infrastructures d'adduction et de distribution d'eau potable pour réduire au maximum les pertes et améliorer la qualité de service ;
- * réhabiliter et développer les infrastructures d'assainissement et d'épuration des eaux usées pour préserver et réutiliser une ressource en eau limitée.
- *moderniser et étendre les superficies irriguées pour soutenir la stratégie de sécurité alimentaire ;
- *assurer une bonne gouvernance de l'eau et une amélioration des indicateurs de gestion.

Mais on s'est aperçu que malgré les coûteux investissements consentis en trente années par l'état, la protection quantitative et qualitative des ressources n'était pas assurée de façon satisfaisante.

L'objectif du présent travail consiste à évaluer le niveau de la pollution organique des eaux des barrages Hammam Grouz et Béni-Haroun situés dans le bassin versant Kebir-Rhumel respectivement en amont et en aval de Constantine. Afin de répondre à cette préoccupation, nous avons procédé à la détermination de paramètres révélateurs de la pollution organique (température, pH, conductivité électrique, matières en suspension, résidu sec, oxygène dissous, DBO₅, DCO, ammonium, nitrites, nitrates et phosphates) dans chacun des barrages et comparer leur évolution dans le temps pendant 6 mois, de septembre 2013 à février 2014. Dans le présent mémoire sont présentés, dans un premier chapitre, une synthèse bibliographique relative à la pollution des écosystèmes aquatiques suivie par la présentation de la zone d'étude. Le troisième chapitre est consacré à la description du matériel et méthodes rappelant les techniques d'analyses mises en œuvre. Les résultats et leurs interprétations font l'objet du quatrième chapitre.

1.1. Définition de la pollution

Fort utilisé de nos jours, réalité très présente dans notre environnement, le terme de pollution recouvre bien des acceptions et qualifie une multitude d'actions qui dégrade l'environnement.

La définition la plus précise du terme de pollution a été donnée par le premier rapport du conseil sur la qualité de l'environnement de la Maison Blanche en 1965 : « La pollution est une modification défavorable du milieu naturel, qui paraît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités réactives du milieu » (*in* Ramade, 2002).

1.2. La pollution de l'eau

Ce n'est qu'à l'aube de la civilisation industrielle, au milieu du XVIII^{ème} siècle, que les phénomènes de pollution prirent une importance significative jusqu'à nos jours (Ramade, 2002).

La majorité des réserves d'eau douce du monde sont atteintes d'une pollution qui concerne indifféremment les pays développés et les pays en voie de développement.

Le problème de la pollution des eaux représente, sans aucun doute, un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement, étant donné que l'eau est considérée comme la ressource naturelle, la plus indispensable à toute forme de vie et la plus menacée. Vu la croissance démographique, les changements climatiques et le développement industriel et agricole sans cesse accru, le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines devraient susciter un intérêt particulier.

La pollution de l'eau se traduit par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propres aux milieux aquatiques. L'eau est capable de dissoudre peu ou prou, mais souvent avec facilité, la plupart des substances chimiques minérales ou organiques. De plus, elle met en suspension les matières insolubles et les déchets solides de sorte que tout polluant de l'eau va se trouver entraîné par le jeu du cycle hydrologique, fort loin en aval de la source de contamination. A l'opposé, les gaz, entre autre l'oxygène dissous (élément indispensable à la respiration des animaux) étant peu solubles dans l'eau, les milieux aquatiques en sont

pauvres. La pollution des eaux par les matières organiques fermentescibles (MOF), grosses consommatrices d'oxygène dissous pour leur biodégradation, va donc se traduire rapidement par une anoxie des eaux ainsi polluées (Ramade, 2002).

Certes, les zones humides d'eau douce ont la capacité d'épurer l'eau, mais elles ont aussi leurs limites. Elles ne peuvent assimiler qu'un certain volume d'eaux de ruissellement agricole, de flux de déchets ménagers et industriels. Tandis que population et pollution croissent de façon ininterrompue, le pouvoir auto-épurateur du milieu naturel suit une évolution inverse, en fonction du temps, vers sa saturation sinon vers sa neutralisation complète.

1.2.1. Source de pollution des eaux

L'Homme rejette dans les eaux de surface, les déchets, de toute nature, liés à sa vie et à ses activités. L'eau des barrages reçoit ainsi des déchets domestiques, des déchets industriels et des déchets agricoles.

- **Les déchets domestiques**

Les eaux que nous rejetons tous les jours partent dans les égouts chargées de divers produits de différentes natures comme les détergents, les excréments, les peintures ou les huiles de friture... Les eaux usées domestiques sont divisées en eaux vannes et eaux ménagères et ne proviennent pas uniquement d'un usage domestique, mais aussi des eaux collectives (bâtiments administratifs, nettoyage des rues, les hôpitaux, les écoles, les marchés, etc.)

Le problème est que ces eaux ne sont pas toutes épurées et donc certaines d'entre elles se retrouvent telles qu'elles, rejetées dans les cours d'eau, avec tous les polluants qu'elles véhiculent.

A travers ses activités l'homme rejette d'une part des pollutions biologiques, urinaires et fécales. L'urine apporte le Cl^- , K^+ , Na^+ et surtout les matières organiques telles que l'urée, l'acide urique, la créatine et autres. En anaérobiose, l'urée se transforme en azote ammoniacal (NH_4^+) (Radoux *et al.*, 1995).

- **Les déchets agricoles**

L'agriculture est la principale source de la pollution de l'eau, considérée, comme le premier utilisateur et consommateur d'eau. Elle a recourt à des produits chimiques: pesticides, insecticides, désherbants, destructeurs divers de parasites des plantes et engrais azotés qui

sont la principale source de nitrates. Les quantités d'effluents d'élevage et d'engrais minéraux apportés aux cultures, demeurent largement excédentaires par rapport aux besoins. Ainsi l'agriculture produit différents déchets qui migrent dans l'eau et viennent perturber l'équilibre chimique et microbiologique des écosystèmes aquatiques et les divers usages de l'eau.

- **Les déchets industriels**

Les pollutions générées sont très variables en fonction de la diversité des activités industrielles et des procédés de fabrication.

Elles peuvent être :

- sous forme particulaire : matières en suspension, colloïdes de nature organique ou minérale ;
- sous forme dissoute (d'origine solide, liquide ou gazeuse) ;
- ou forme thermique.

La pollution industrielle peut provenir :

- de pertes en matières premières dans les eaux de lavage (industrie laitière...);
- d'élimination de produits de dégradation accompagnés souvent de matières premières ;
- de pertes en réactifs, incomplètement épuisés ou fixés (industrie de textile et de traitement des surfaces...).

Les industries agroalimentaires polluent les eaux en substances nutritives.

1.2.2. Pollution organique

Les matières organiques ont longtemps été les principaux polluants des milieux aquatiques. Elles proviennent des déchets domestiques, de l'agriculture, ou de l'industrie. Certaines substances organiques sont facilement biodégradables et peuvent donc être décomposées et éliminées grâce aux capacités naturelles d'autoépuration des milieux aquatiques.

Les composés azotés contribuent à la pollution organique, suite à la dégradation de l'urée, et des acides aminés. Ce sont d'abord les formes ammoniacales qui dominent en milieu désoxygéné; la fraction d'ammoniaque non dissociée (NH_4) est toxique pour le poisson. Lorsque les eaux sont ré-oxygénées, l'ammoniaque se transforme en nitrates, avec un stade intermédiaire les nitrites (eux mêmes toxiques) (Rodolph, 1990).

L'oxydation des matières organiques donne de l'anhydride carbonique et de l'eau, et celle des composés minéraux de l'azote aboutit à des substances quaternaires. Elle conduit à une consommation de l'oxygène de l'eau, renouvelé par l'oxygène de l'air. En principe, les

matériaux carbonés sont utilisés comme nutriments par les germes aérobies; les ions ammonium sont oxydés (notamment par les nitrosomonas) en nitrites, ceux-ci étant à leur tour oxydés (notamment par les nitrobacters) en nitrates.

Ces différentes réactions peuvent, dans un milieu très pauvre en oxygène comme les égouts ou les eaux stagnantes, conduire à la nécessité pour les bactéries de se procurer de l'oxygène aux dépens non seulement des nitrates et des nitrites mais à partir des sulfates avec dégagement d'hydrogène sulfuré (Rodier *et al.*, 2009).

Ainsi, les impacts de la pollution organique sont très importants sur les écosystèmes aquatiques.

1.2.3. Les paramètres révélateurs de la pollution organique

De très nombreux paramètres permettent de qualifier la nature des pollutions, et le degré de pollution organique notamment : le pH et la température, les matières en suspension (MES), l'oxygène dissous, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO), l'azote, sous forme réduite (azote organique et ammoniacal) et oxydée (nitrites, nitrates), le phosphore et les micropolluants organiques ou minéraux.

Ces paramètres sont le plus souvent l'objet de mesures dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux des barrages.

➤ Température de l'eau

La température de l'eau est un facteur écologique important des milieux aqueux et ses variations peuvent perturber fortement la vie d'un cours d'eau. La température de l'eau est fonction de la température ambiante, des processus chimiques et biochimiques qui ont cours dans le milieu aquatique, de la température des affluents au cours d'eau. Elle influence beaucoup de phénomènes physico-chimiques tels que le pouvoir auto épuratoire d'une eau polluée, la solubilité des gaz, la conductivité et le pH (Leynaud, 1968).

Les basses températures, en freinant les réactions d'oxydation vont affecter l'autoépuration des cours d'eau. Une augmentation de la température accélère les phénomènes d'oxydation, ce qui entraîne une diminution du taux d'oxygène dissous allant de pair avec une diminution de la solubilité de l'oxygène (Mehennaoui-Afri, 1998).

➤ pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 ; 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre joue un rôle primordial à la fois :

- dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;
- dans les processus biologiques (dont certains exigent des limites très étroites de pH) ;
- dans l'efficacité de certains traitements (coagulation, adoucissement, contrôle de la corrosion, chloration).

La détermination du pH est donc l'une des mesures que l'on doit effectuer le plus fréquemment (Tardat-Henry et Beaudry, 1984).

➤ Conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. D'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau ; les écarts sont d'autant plus importants que la minéralisation initiale est faible, en particulier dans les zones à substrat acide ou à sous-sol siliceux.

Une conductivité élevée traduit, soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée qu'elle soit naturelle ou due à des rejets salins (Mehennaoui-Afri, 1998).

On peut admettre que la situation est particulière ou anormale au-delà de 2000 $\mu S/cm$. Une conductivité de l'eau supérieure à 1 500 $\mu S/cm$ fait considérer une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. Pour les usages industriels, l'interprétation des résultats doit se faire en fonction d'une analyse complète de l'eau. Il faut retenir, pour le contrôle des rejets industriels, que la conductivité ne reflète qu'une minéralisation globale et ne permet pas d'identifier les éléments chimiques en cause (Rodier *et al.*, 2009).

➤ Matières en suspension

Les matières en suspension (MES) représentent l'ensemble des particules minérales et ou organiques insolubles d'origines diverses présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc. Les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs

effets d'échanges d'ions ou d'adsorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes.

Des teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer la concentration en oxygène dissous, compromettre le développement des œufs, réduire le stock de nourriture disponible et limiter ainsi le développement ichthyologique en créant des déséquilibres entre les diverses espèces (Rodier et al., 2009).

➤ Oxygène dissous

C'est la concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (maximum 9 mg/l à 20°C) qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau. Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. Il est essentiel pour la respiration des organismes hétérotrophes. Il est exprimé en mg/l et se mesure par la méthode de Winkler basée sur la fixation chimique de l'oxygène et son dosage colorimétrique ou par une sonde à oxygène (oxymètre) (Rodier *et al.*, 2009).

➤ Demande biochimique en oxygène (DBO)

Elle constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée.

Le rejet de matières organiques fermentescibles par un émissaire d'égout, par exemple, provoque immédiatement une déplétion de la teneur en oxygène dissous par dégradation sous l'action des bactéries aérobies, qui va s'atténuer dans le sens du courant (Ramade, 2002)

D'après **Tardat-Henry et Beaudry, (1984)**, les facteurs influençant la DBO sont :

- le pH : en dehors des limites 6,5 - 8,3, la DBO mesurée peut ne correspondre qu'à une fraction de la DBO réelle;
- la teneur en sels nutritifs : si le milieu n'est pas assez riche en dérivés azotés et phosphorés, la courbe de DBO croît beaucoup plus lentement et la DBO₅ observée est, une fois encore, trop faible ;
- la présence de substances inhibitrices ou de matières peu ou non biodégradables : elle se traduit par une période plus ou moins longue d'acclimatation des bactéries ;

- les micro-organismes : ils doivent être en nombre suffisant ; on observe que le pourcentage de DBO satisfaite en un temps donné, augmente avec le degré de diversité des espèces et leur stade d'acclimatation ;
- la possibilité de nitrification : dans les eaux naturelles, elle ne débute qu'au bout de 9 à 11 jours environ et affecte peu la DBO₅. Dans les stations d'épuration, la présence de bactéries nitrifiantes, déjà acclimatées, accélère le processus ;
- la température : par convention, les mesures de DBO sont effectuées à 20°C et les constantes de vitesse déterminées pour cette valeur. Dans le milieu naturel, la température est généralement différente : quand elle est supérieure à 20°C, les réactions d'oxydation sont accélérées et inversement.

➤ Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables par voie chimique dans les conditions opératoires définies. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires.

La DCO est fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives et des possibilités de l'oxydation.

➤ Azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Dans les eaux superficielles, il peut avoir pour origine :

- la matière végétale des cours d'eau ;
- la matière organique animale ou humaine ;
- les rejets industriels ;
- les engrais, etc.

Sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau, nitrites et nitrates, et des résultats de l'analyse bactériologique. Cependant, la teneur en azote ammoniacal dans les eaux naturelles devrait être relativement faible puisque l'ammoniaque

est oxydé graduellement en nitrites et en nitrates. Pour cette raison, on associe une concentration élevée en azote ammoniacal à une pollution récente.

Après traitement, les eaux usées contiennent habituellement de l'ammoniaque, dont la teneur varie suivant le procédé adopté, qui contribue à la consommation de l'oxygène dissous dans l'eau.

➤ Nitrites

Sels de l'acide nitreux (ion NO_2), les nitrites se forment lorsque les conditions sont réductrices et proviennent :

- soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme ,
- soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte, car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique. Les nitrites présentent aussi une certaine toxicité pour les êtres vivants.

En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active ; les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (de l'ordre de 0,01 mg/l). En dessous d'un centième de mg/l, les eaux peuvent être considérées comme pures ou se trouvant sous l'action d'une auto épuration active ; en présence de quelques dixièmes de mg/l, la pollution est sensible et devient significative au-delà de 1 mg/l (Rodier *et al.*, 2009).

➤ Nitrates

Sels minéraux de l'acide nitrique, les nitrates sont des sels minéraux nutritifs tant pour les organismes autotrophes terrestres qu'aquatiques. Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Dans les milieux aquatiques, la pollution des eaux par les nitrates, outre la surfertilisation azotée en agriculture, résulte du rejet par les agglomérations urbaines, d'effluents domestiques chargés de matières organiques fermentescibles. A ces derniers s'ajoutent certaines industries agroalimentaires ainsi que la pollution due aux élevages surtout industriels. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. Il peut varier de 1 à 15 mg/l et une concentration de 2 ou 3 mg/l peut être considérée

comme normale. À l'origine du cours d'eau, la teneur en nitrates est très souvent comprise entre 0,05 et 0,2 mg/l, puis elle s'élève progressivement jusqu'à quelques mg/l le long du parcours au fur et à mesure que croît la distance aux sources.

➤ **Phosphates**

Sel de l'acide ortho-phosphorique, les phosphates représentent des éléments minéraux nutritifs essentiels pour les végétaux autotrophes. C'est un élément limitant pour la croissance et le développement des organismes dans le milieu aquatique. Dans la quasi-totalité des cas, les phosphates sont le type de nutriment présent en faible quantité.

Les eaux de surface ou de nappes peuvent être contaminées par des rejets industriels (industries agro-alimentaires, ateliers de traitement de surfaces, laveries), par lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traitées par certains pesticides ou par des rejets urbains. Assimilés par les algues, les phosphates se transforment en phosphore organique sous l'influence de la photosynthèse. Cet élément est considéré comme un facteur déterminant de l'eutrophisation des plans d'eau.

1.3. Norme et classes de qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et elle est fonction de différents facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'un cours d'eau, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; le SEQ-eau (système d'évaluation de la qualité des eaux superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une image globale de la qualité des cours d'eau, et définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages de l'eau. Dans le tableau 1, les classes d'aptitude des eaux superficielles sont présentées sous forme de grille de 5 classes et chaque classe regroupe des valeurs de plusieurs paramètres (tableau 2).

Tableau 1 : Classes d'aptitude des eaux superficielles (ABH, 2009).

Classe	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
	Qualité chimique	Eau exempte de pollution	Eau de qualité moindre pouvant satisfaire tous les usages	Eau de qualité médiocre, suffisante pour les usages peu exigeants	Eau polluée, inapte à la vie biologique
Biologie	Tous les taxons	Taxons sensibles absents	Taxons absents nombreux	Diversité faible	Diversité très faible
Eau potable	Acceptable	Traitement simple	Traitement classique	Traitement complexe	Inapte

La qualité du cours d'eau, dans le cas de notre étude des barrages, sera estimée par comparaison des résultats obtenus de certains paramètres de mesure choisie à ceux de la grille, afin de faire sortir la classe estimée du paramètre ciblé.

Tableau 2 : Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH 2009).

Classes paramètres	Unité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
		DCO	mg/l d'O ₂	20	30	40
DBO ₅	mg/l d'O ₂	3	6	10	25	>25
NH ₄ ⁺	mg/l	0,5	1,5	2,8	4	>4
NO ₃ ⁻	mg/l	2	10	25	50	>50
NO ₂ ⁻	mg/l	0,03	0,3	0,5	1	>1
PO ₄ ³⁻	mg/l	0,1	0,5	1	2	>2
Conductivité	µS/cm	180-2500	120-3000	60-3500	0-4000	>4000

2.1. Présentation du bassin versant Kebir-Rhumel

Le bassin versant Kébir-Rhumel centré à 36° de latitude Nord et à 7° de longitude Est est l'un des plus importants et grands bassins d'Algérie, s'étendant sur une superficie de 8815 Km², il se compose de 7 sous-bassins hydrographiques et possède une façade maritime d'environ 7 Km².

Le bassin est limité :

- au Nord par les deux bassins côtiers Constantinois Ouest et Centre ;
- au Sud, le bassin des hauts plateaux constantinois ;
- à l'Ouest les bassins de l'Algérois-Hodna-Soummam et à l'Est le bassin de la Seybouse.

Le bassin du Kébir-Rhumel compte trois barrages : Hammam Grouz, Béni Haroun et Berla dont deux sont en exploitation actuellement et sur lesquels notre étude va porter (figure 1) (ABH, 2009).

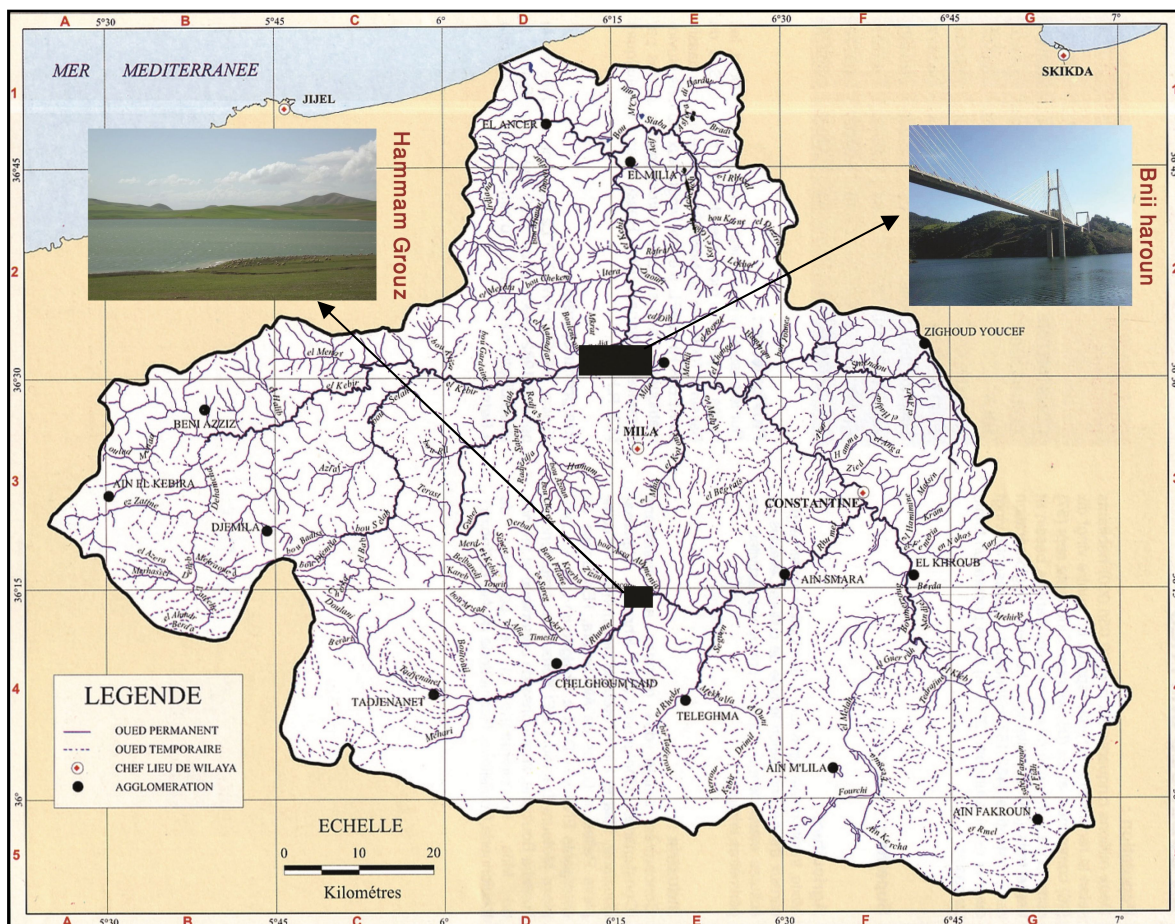


Figure 1: Carte des principaux barrages du bassin du Kébir-Rhumel.(ABH, C.S.M, 2009).

2.1.1. Barrage de Hammam Grouz

Le barrage de Hammam Grouz achevé en 1987 est situé dans le haut Rhumel, à 50 Km à l'Ouest de la ville de Constantine, au Sud de la wilaya de Mila et à l'amont de l'agglomération d'Oued Athménia, il a été construit dans la cluse calcaire d'Hammam Grouz, et s'étend sur une superficie de 1130 km², conçu initialement pour garantir l'alimentation en eau potable de Constantine et de Ain Smara

Les eaux qui alimentent le barrage proviennent essentiellement d'oued Dekri, oued Rhumel et oued Benifilane.

2.1.2. Barrage de Béni Haroun

Le barrage de Béni Haroun constitue actuellement le plus imposant aménagement hydraulique réalisé en Algérie. Sa mise en eau a commencé en Août 2003. Il est situé à l'aval de la confluence d'oued Rhumel et oued Endja au nord ouest de la région de Grarem, wilaya de Mila, et à une quarantaine de km au nord de Constantine avec 7 725 km² de bassin-versant répartis sur 3 900 hectares. Avec une capacité de 960 millions m³, le barrage mobilise les eaux d'oued Rhumel, oued Endja et oued Smendou, En février 2012, il a atteint une réserve de 1 milliard de m³ d'eau soit 40 millions de m³ au-delà de sa capacité d'objectif.

Les caractéristiques de chaque barrage sont résumées dans le **tableau 3** :

Tableau 3 : caractéristiques des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun.

Caractéristiques	Barrage Hammam Grouz	Barrage Béni Haroun
Année d'achèvement	1987	2003
Capacité	45 millions de m ³	960 millions de m ³
Volume de la digue du barrage	65 000 m ³ de béton	1,9 millions de m ³ de BCR*
Hauteur au-dessus du lit	49,5 m	114 m
Largeur du barrage à la base	30 m	100 m
Longueur du barrage en crête	217 m	710 m

***BCR** : Béton compacté au rouleau

2.2. Géologie et lithologie

De la source à la mer, on rencontre schématiquement 5 grands domaines géologiques (fig 2).

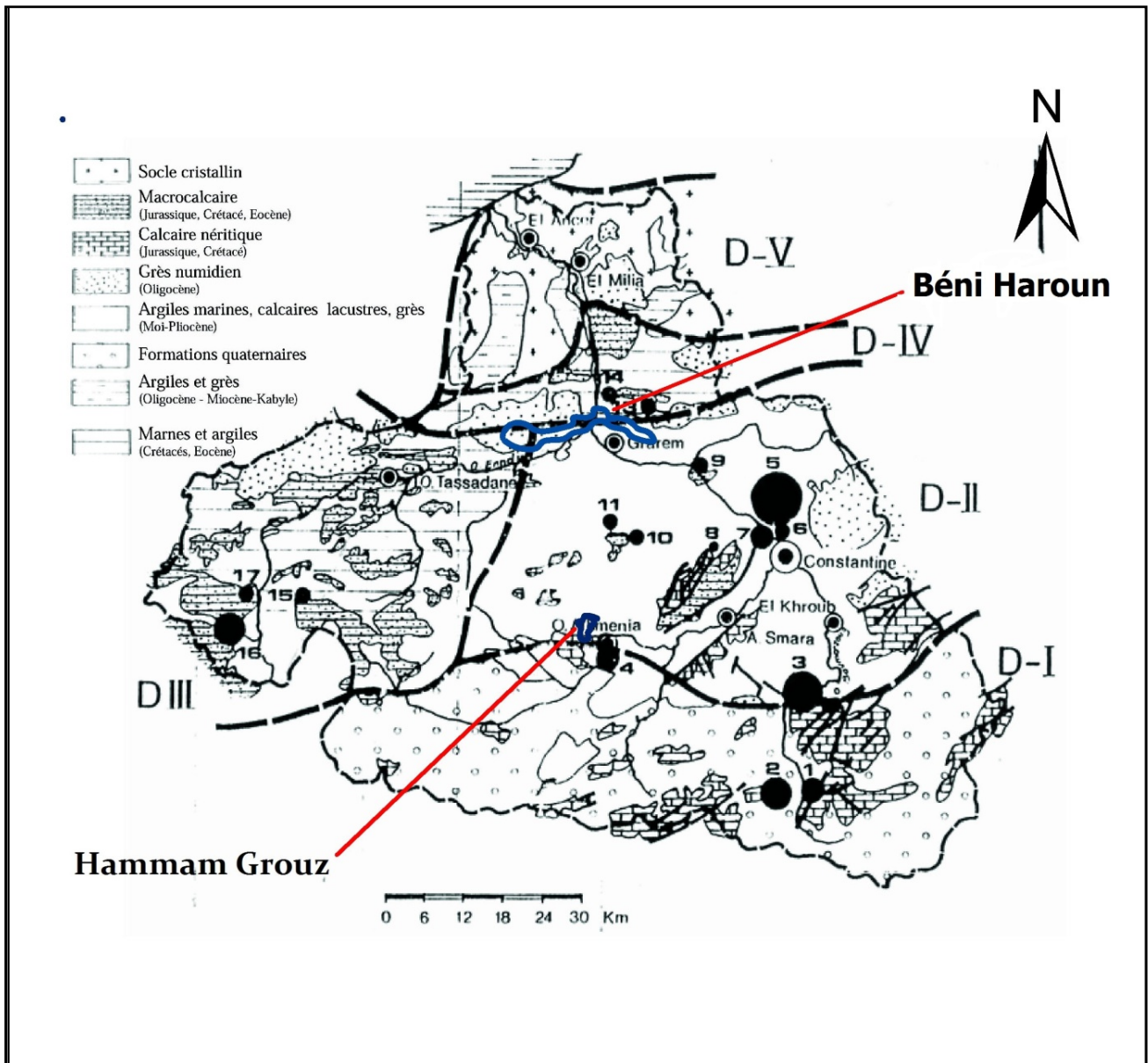


Figure 2 : Les grands domaines hydrogéologiques du Kébir-Rhumel (Mebarki et Thomas, 1988) modifié en localisant les barrages par le SIG.

- le domaine des Hautes-Plaines Sud-constantinoises (DI) compte deux unités lithologiques:

- les massifs carbonatés du néritique constantinois et les plaines plioquaternaires ;
- les massifs de calcaires jurassiques et crétacés ;

- **le bassin néogène de Constantine-Mila (DII)**, d'âge mio-pliocène, à dominance argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres. De nombreux horsts de calcaires néritiques d'âge jurassique-crétacé émergent, donnant lieu à des aquifères karstiques hydrothermaux ;
- **le domaine des nappes tectoniques de Djemila (DIII)**, formées d'une alternance de marnes et de calcaires marneux (Jurassique-Crétacé-Eocène) ;
- **le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV)**, au nord de Grarem, constitué essentiellement de grès numidiens.
- **le domaine du socle granitique et cristallophyllien de la petite Kabyle d'El Milia (DV)** large de 1 à 2 km, cette vallée renferme des graviers et sables alluviaux abondants (**Mebarki et Thomas, 1988**).

Le barrage de Béni Haroun, reçoit les écoulements issus de l'ensemble des domaines DI et DII.

2.3. Climat

La climatologie représente un ensemble de variables permettant d'expliquer quantitativement les variations du régime hydrologique.

La connaissance des conditions climatiques de notre zone d'étude et de ses caractéristiques va nous permettre de mieux comprendre l'évolution des éléments chimiques et le comportement hydrologique des cours d'eaux. D'une manière générale, le climat de la région est de type continental, semi-aride au Sud et sub-humide au Nord avec un hiver pluvieux et froid et un été sec et chaud (**Mebarki, 1982**).

2.3.1. Température

Les données de température se limitent à celles fournies à l'ANRH par la station météorologique de l'aéroport d'Aïn El Bey à Constantine (Tableau 4). Les moyennes de température de l'année en cours ont été assez clémentes ; de 22,6 °C en septembre 2013, elles diminuent jusqu'à 8 °C en novembre et atteignent les 10 °C en janvier et février 2014.

Présentation de la zone d'étude

Tableau 4 : Températures moyennes mensuelles à la station Aïn El Bey Constantine, (données ANRH 2014).

Mois en 2013-2014	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.
Température moyenne mensuel (°C)	22.6	21.4	8	9.5	10.2	10.1

2.3.2. Pluviométrie

L'intensité, la continuité et la périodicité de la pluviométrie représentent l'origine même de l'écoulement ; notre zone d'étude est caractérisée par des précipitations à la fois faibles et irrégulières à forte variabilité inter-mensuelle et interannuelle.

Le tableau 5 représente la pluviométrie mensuelle en (mm) et le nombre de jours de pluie pour chaque mois de quelques stations pluviométrique sur l'oued Rhumel considérées comme les plus proches des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun durant la période où s'est déroulée notre étude soit de septembre 2013 à Mars 2014.

Tableau 5 : Pluviométrie (en mm et nombre de jours de pluie j) de septembre 2013 à mars 2014 de 5 stations du bassin versant Kebir-Rhumel (ANRH 2014).

Mois mm/j Station	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.
Athmania	14.5 /4j	18.4/3j	39.9/6j	18.8/8j	24.4/4j	14.4/4j	112.1/6j
Ain smara	16 /3j	2.7/3j	52.3/9j	<u>1.1/2j</u>	1.7/2j	1.8/2j	5.5/6j
Constantine	20.5/5j	27/7j	154.2/17j	44/10j	27.4/14j	52.1/14j	<u>158/21j</u>
Hamma Bouziane	41.9/4j	57.7/6j	137.2/16j	44/9j	53.5/13j	42.5/11j	<u>158.2/18j</u>
Boumalek	35.5/3j	14.5/2j	104.1/7j	14.6/2j	25/5j	12.5/3j	107.7/13j

À partir des données du tableau 5, nous remarquons que :

- le taux de précipitation diffère d'une station à une autre et aussi d'un mois à un autre ; à Ain Smara, la pluviométrie est faible surtout de décembre à mars ;
- le maximum de précipitation est enregistré au mois de mars 2014 au niveau de la station de Constantine et celle de Hamma Bouziane.

2.4. Socio - économie

L'aspect socio-économie de la région d'étude représente un facteur très important pour la compréhension et l'interprétation du phénomène de pollution et de ses diverses origines et conséquences.

La ville de Constantine considérée comme la plus grande ville de notre zone d'étude abrite 938475 habitants selon le recensement de 2008.

Avec ses périphéries, la métropole regroupe un tissu industriel important aussi bien du point de vue nombre que variété. Citons à titre d'exemple les industries de construction mécanique de Ain Smara et de Oued Hamimime, les unités de textiles, les unités de produits laitiers de Constantine, le complexe tabagique de la commune d'Ibn Badis, le dépôt d'hydrocarbures d'El Khroub, la cimenterie de Hamma Bouziane, les unités de matériaux de construction et bien d'autres... Toutes ces structures ont pour ultime milieu récepteur, l'oued Rhumel qui alimente le barrage de Béni Haroun, et malgré l'existence d'une station d'épuration à Ibn Ziad (ne traitant qu'une partie des rejets de la ville de Constantine), les effluents et les rejets diffus restent nocifs et constituent une sérieuse menace pour les eaux du barrage.

La figure 3 nous indique la localisation des deux barrages dans le bassin Kebir-Rhumel et les principales agglomérations qui les avoisinent.

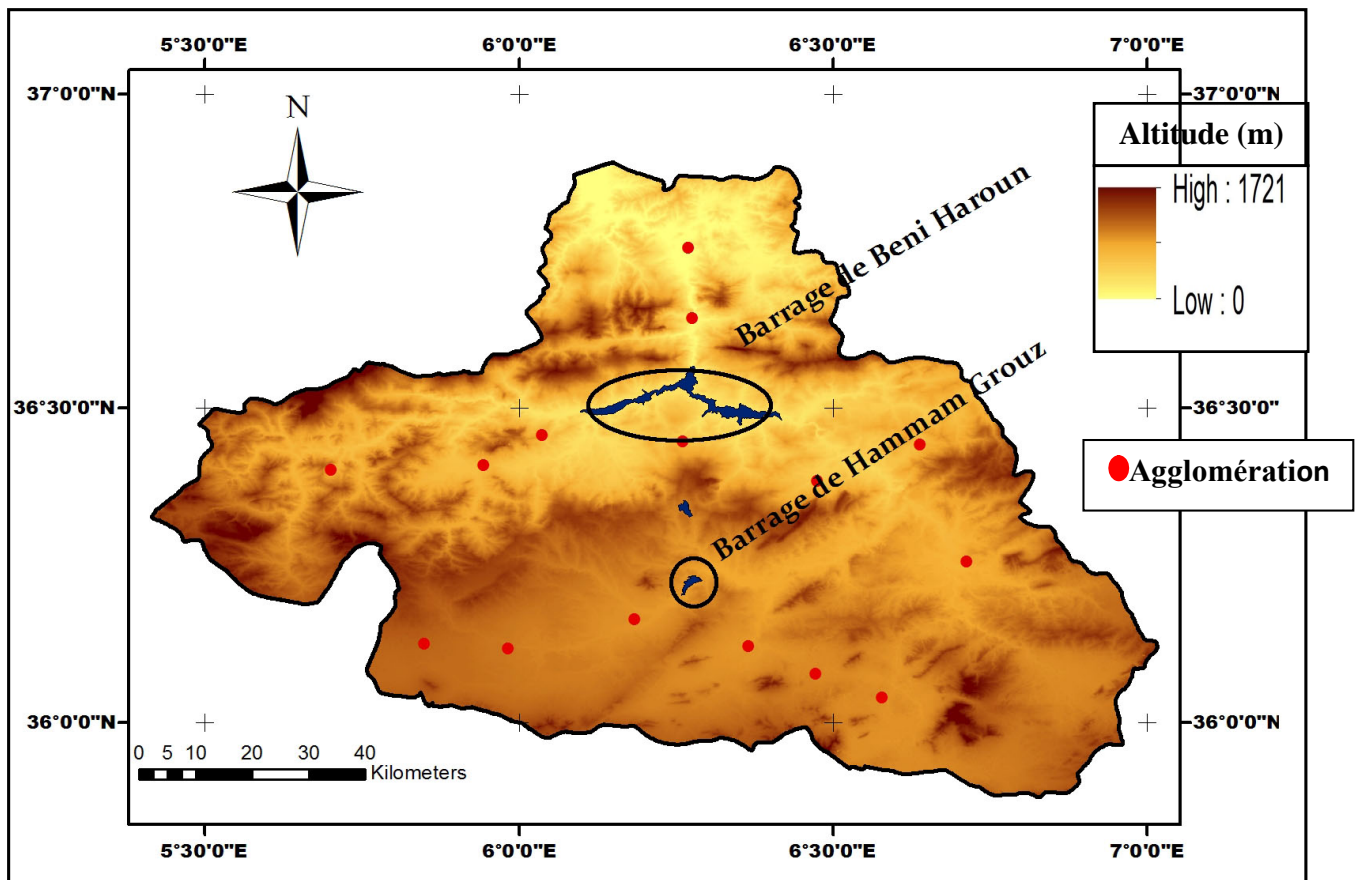


Figure 3 : La zone d'étude vue à travers un modèle numérique de terrain

Le barrage de Hammam Grouz est surtout affecté par une pollution agricole, par une décharge publique implantée à environ 4 km au nord du barrage, par quelques effluents urbains rejetés directement dans les eaux du barrage auxquels s'ajoutent les rejets diffus.

Les eaux usées de la ville de Chelghoum Laid et Oued Athmania sont évacuées vers la station d'épuration d'el Athmania. De même, l'usine de détergent HEA de Chelghoum Laid est munie d'une station d'épuration et les eaux sont rejetées loin du barrage mais au niveau du bassin versant.

3.1. Localisation des sites de prélèvement

Les deux barrages, Hammame Grouz et Béni Haroun, sont alimentés par les eaux du bassin Kebir-Rhumel qui est le récepteur de divers rejets souvent diffus (urbains, domestiques et industriels) malgré la collecte et le traitement des eaux usées par la station d'épuration Ibn Ziad située à Hamma Bouziane an aval de Constantine. La gestion et le suivi de la qualité des eaux des deux barrages, destinées à l'approvisionnement en eau potable, est assurée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) via un réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface qui compte plusieurs stations de surveillance à raison d'un prélèvements d'échantillon d'eau par mois.

Pour notre étude, nous avons retenu une station par barrage afin de procéder au suivi des paramètres physico-chimiques et de mettre en évidence une éventuelle pollution organique des eaux.

Les prélèvements des échantillons ont été effectués par l'ANRH au niveau d'une station par barrage dont les coordonnées Lambert et GPS des sites de prélèvement sont consignées dans le tableau 6 (ABH SMC, 2009).

Tableau 6 : Coordonnées Lambert, GPS et altitude des stations de prélèvement.

Barrage	Code station	Coordonnées Lambert		Coordonnées GPS		Alt m
		X(m)	Y(m)	Nord	Est	
Hammam Grouz	100315	822008	331686	36°14'03.29''	6°16'45.50''	725
Béni Haroun	100620	820058	368369	36°34'03.81''	6°16'42.65''	198

3.2. Calendrier de prélèvement

Les prélèvements mensuels s'échelonnent de septembre 2013 à février 2014 (tableau 7).

Tableau 7 : Date des prélèvements des échantillons d'eau

Dates	Barrage Hammam Grouz	Barrage Béni-Harroune
Septembre	02/09/2013	03/09/2013
Octobre	06/10/2013	01/10/2013
Novembre	04/11/2013	03/11/2013
Décembre	05/12/2013	01/12/2013
Janvier	07/01/2014	06/01/2014
Février	02/02/2014	02/02/2014

3.3. Prélèvement des échantillons d'eau

3.3.1. Mode de prélèvement

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

Dans un barrage, le prélèvement se fait par le choix de plusieurs points à différentes profondeurs en tenant compte de l'hétérogénéité verticale et horizontale.

Environ 4 litres d'eau sont prélevés dans chacun des cinq points, pour chaque station dans des flacons. Ces derniers et leurs bouchons doivent être lavés trois fois avec de l'eau à analyser, puis remplis complètement et bouchés tout en évitant la formation de bulles d'air. Les échantillons sont conservés avec des conservateurs et gardés à basse température (2 à 4°C) dans des emballages isothermes. (RODIER *et al.*, 2009).

3.3.2. Mesures physico-chimiques

- **Température**

La mesure de la température a été effectuée sur le terrain, en utilisant un thermomètre gradué au 1/10^{ème} en respectant les consignes de Rodier et *al.* (2009). La lecture a été faite après une immersion pendant 10 minutes du thermomètre à environ 15cm de profondeur. Les résultats sont exprimés en °C.

- **pH**

Le pH est pris avec un pH mètre électrométrique modèle (HI9024 micro computer pHmeter), en plongeant l'électrode dans l'eau à environ 6 à 8 cm de la surface. Le pH mètre est étalonné avec des solutions à pH 4,7 et pH 9. Les résultats sont exprimés en unités pH .

- **Conductivité électrique**

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de laboratoire de type (HI9033 multirange conductimeter). L'appareil est préalablement étalonné avec des solutions de chlorure de potassium (KCL) (NF T90-031).

Les résultats sont donnés en $\mu\text{S/cm}$.

- **Résidu sec**

La détermination du résidu sec se fait dans une étuve réglable à 105°C . Un volume de 100 ml d'eau bien mélangée est évaporé dans une capsule tarée. Le résidu sec est ensuite pesé (Rodier et *al.*,2009). Les résultats sont exprimés en mg/l.

- **Matières en suspension**

La détermination de la quantité des matières en suspension (MES) s'effectue par centrifugation. L'eau à analyser est centrifugée à 3000 tr/min pendant 20 minutes. Le culot recueilli est séché à 105°C dur ant 1h 30 à 2h. Le taux des matières en suspension est exprimé en mg /l.

- **Oxygène dissous**

La concentration en oxygène dissous est mesurée au laboratoire par la méthode de WINKLER. En milieu alcalin, l'oxygène dissous forme avec le manganèse (II) hydroxyde ($Mn(OH)_2$) un précipité brun d'hydroxyde manganique (III) ($MnO(OH)_3$). La réduction de ce dernier, en milieu acide en présence d'un excès d'iodure, libère l'iode qui est dosé par le thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$) et en utilisant l'empois d'amidon comme indicateur. Lors du prélèvement, des flacons en verre avec des bouchons en verre rodé ont été remplis complètement et l'oxygène a été fixé sur le lieu en ajoutant du manganèse (II) hydroxyde sous forme de manganèse chlorure ($4H_2O$) et du potassium iodure. Les résultats sont exprimés en mg/l d' O_2 et en pourcentage de saturation qui est le rapport multiplié par 100 de la concentration d'oxygène (mg/l) dans l'échantillon sur la solubilité de l'oxygène à la température de l'eau lors du prélèvement (AFNOR, 1975).

3.3.3. Paramètres de pollution organique

- **Demande biochimique en oxygène (DBO_5)**

La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5) est évaluée par la méthode respirométrique qui permet de suivre automatiquement l'évolution de la demande biochimique en oxygène au cours de l'oxydation des matières organiques.

L'échantillon d'eau introduit dans des flacons ambrés maintenus dans une enceinte thermostatée est mis à incuber en présence d'air à 20 °C, pendant 5 jours sous agitation constante. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par de l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. L'anhydride carbonique formé est piégé par de l'hydroxyde de potassium (Rodier et *al.*, 2009).

La mesure est effectuée à l'aide d'un appareil manométrique de type WTW "OXITOP SYSTEM" et la DBO est exprimée en mg O_2/l .

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau, sont oxydées par un excès de dichromate de

potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (Rodier *et al.*, 2009). La DCO est exprimée en mg/l d'O₂ consommé par les matières oxydables dans un litre d'eau.

- **Ammonium (NH₄⁺)**

Le dosage de l'ammonium est réalisé selon 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 d'absorption moléculaire (Rodier *et al.*, 2009). Les résultats de la teneur en ions ammonium (NH₄⁺) sont exprimés en mg/l. Pour une prise d'essai de 20 ml, la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en ions ammonium en mg/l.

L'établissement de la courbe d'étalonnage de l'ammonium est présenté dans le tableau 8. Dans une série de fioles jaugées de 100 ml, numérotées, des dilutions sont préparées à partir d'une solution à 1mg/l de NH₄⁺. 20 ml de chacune des dilutions sont introduits dans des erlenmeyers de 100ml et additionnée rapidement d'un ml de solution de nitroprussiate de sodium et de phénol et d'un ml de solution chlorée. Après 6h à l'obscurité, les lectures sont effectuées par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 630 nm

Tableau 8 : Gamme d'étalonnage des Ammonium.

Elément	Solutions étalons (mg /l)						
Ammonium (NH₄⁺)	blanc	1	2	3	4	5	6
	Eau distillée	0,1	0,25	0,5	1,0	1,5	2

- **Nitrites (NO₂⁻)**

Les nitrites sont dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. La diazotation du sulfanilamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le α -Naphthyl Ethylène Diamine Dihydrochloride, donne un complexe pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique à 540 nm. Les résultats sont exprimés en mg/l de NO₂. La gamme d'étalonnage des nitrites est présentée dans le tableau 9

Tableau 9 : Gamme d'étalonnage des nitrites.

Elément	Solutions étalons (mg /l)					
Nitrites (NO₂⁻)	blanc	1	2	3	4	5
	Eau distillée	0,1	0,25	0,5	1,0	1,5

- **Nitrate (NO₃⁻)**

Dosés selon la méthode de réduction au cadmium par passage sur une colonne de cadmium, les nitrates sont réduits en nitrites dont le dosage a été décrit précédemment. Le taux de nitrates exprimé en mg/l NO₃ est calculé par la différence des taux des nitrates et nitrites à la fois et du taux des nitrites. La gamme d'étalonnage des nitrates est présentée dans le tableau 10

Tableau10 : Gamme d'étalonnage des nitrates.

Elément	Solutions étalons (mg /l)								
Nitrate (NO₃⁻)	blanc	1	2	3	4	5	6	7	8
	Eau distillée	5	10	20	40	60	80	100	120

- **Phosphates (PO₄²⁻)**

Le dosage des phosphates a été effectué par la méthode colorimétrique. Le molybdène d'ammonium (Mo(NH₄)₄H₂O) réagit en milieu acide en présence de phosphate en donnant un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue (bleu de molybdène) susceptible d'un dosage colorimétrique. Les résultats sont exprimés en mg/l de phosphates (PO₄). La gamme d'étalonnage est présentée dans le tableau 11 :

Tableau11 : Gamme d'étalonnage des phosphates.

Elément	Solutions étalons (mg /l)						
Phosphates (PO₄²⁻)	blanc	1	2	3	4	5	6
	Eau distillée	0,5	1,0	1,5	2,0	4,0	5,0

Résultats et discussion

Dans ce chapitre nous présentons les résultats des analyses effectuées sur les eaux des deux barrages Hammam Grouz et Beni Haroun durant 6 mois (Septembre- Février).

Les résultats sont traités dans un premier temps par une analyse descriptive (minimum-maximum, moyenne et écart type, médiane) à l'aide d'un logiciel EXCEL (Tableau 12), puis représentés graphiquement afin de mettre en évidence une éventuelle évolution spatio-temporelle. La médiane a été calculée à titre indicatif ; vu que dans l'ensemble, elle ne diffère pas beaucoup de la moyenne, elle ne sera pas commentée.

Dans un second temps une analyse statistique, via une analyse de la variance à un facteur (ANOVA), grâce au logiciel STATISTICA (version 10 d'évaluation), a été effectuée afin de déceler une éventuelle différence entre les deux barrages et les différentes campagnes de prélèvements.

Tableau 12: Résultats des paramètres physico – chimiques de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun (moyenne, écart type, minimum, maximum, médiane)

Paramètres	Barrage Hammam Grouz					Barrage Béni Haroun				
	Moy	Ecart type	min	max	Médiane	Moy	Ecart type	min	max	Médiane
T (C°)	15,50	6,89	8	24	16	18,25	5,55	12	25	18,5
pH	7,70	0,22	7,4	8	7,7	7,50	0,14	7,3	7,7	7,5
CE (µS/cm)	1405	33,91	1360	1460	1410	1145	24,29	1100	1170	1135
MES à 105°C (mg/l)	20,33	12,68	8	42	25	31,67	11,69	14	50	32
Rsec à 105°C (mg/l)	903,33	26,79	860	940	900	766,00	48,07	692	814	753
O ₂ (mg/l)	9,50	2,71	5	13	9	8,62	1,95	7	12,4	9,7
DBO ₅ (mg/l d'O ₂)	4	2,00	3	8	5,5	4,5	2,07	1	6	3,5
DCO (mg/l d'O ₂)	44,00	5,69	35	53	44	50,00	7,35	44	62	53
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,85	0,43	0,31	1,48	0,895	0,08	0,07	0	0,2	0,1
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,06	0,05	0,03	0,15	0,09	0,10	0,11	0,03	0,31	0,17
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1,83	1,72	0	4	2	3,83	1,47	2	6	4
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,09	0,05	0,03	0,15	0,09	0,12	0,03	0,07	0,15	0,11

4.1. Mesures physico-chimiques

- **Température**

Les températures (tableau 12) fluctuent entre une valeur minimale de 8°C au niveau du barrage Hammam Grouz et 12°C au niveau du barrage Béni Haroun durant le mois de Février 2014 ; les valeurs maximales de 23 °C au niveau du barrage Hammam Grouz et 25 °C au niveau du barrage Béni Harroun sont enregistrées pendant le mois de septembre 2013. Les moyennes et écart types calculés sont $15.50 \pm 6.89^{\circ}\text{C}$ au barrage Hammam Grouz, et $18.25 \pm 5.55^{\circ}\text{C}$ pour Béni-Haroun (tab12).

La figure 4 ne montre pas d'importantes variations de température entre les barrages ; par contre les fluctuations de température d'un prélèvement à un autre sont remarquables. En effet, l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) a révélé un effet mois très significatif ($F=15,29 / p=0,002$) et un effet barrage non significatif. La mesure de la température est nécessaire puisqu'elle joue un rôle important dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous et la détermination du pH et sur la vitesse des réactions chimiques en général (Rodier *et al.*, 2009).

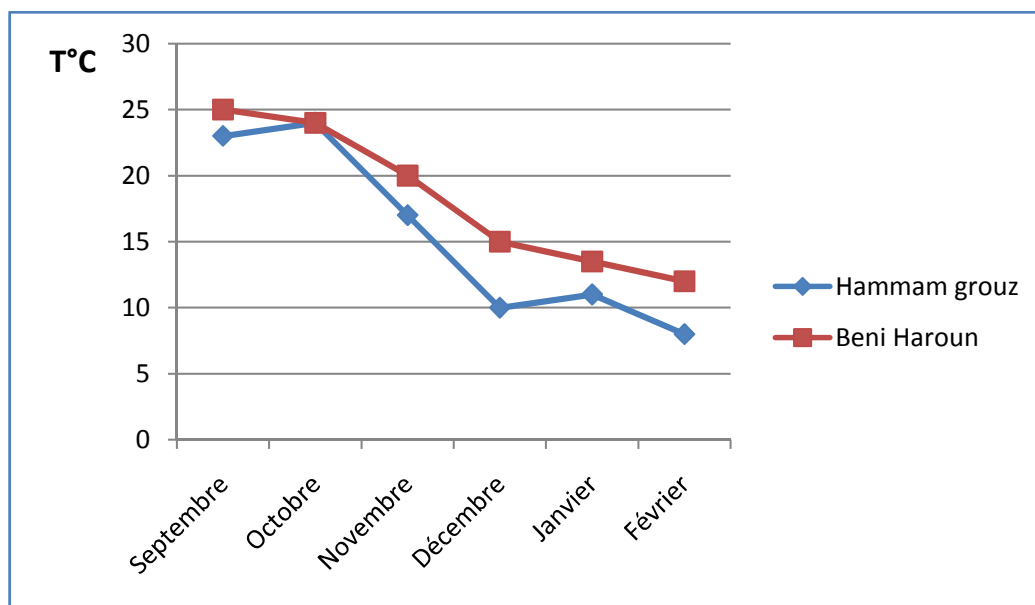


Figure 4 : Variations spatio-temporelles de la température de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

- **Le pH**

Les valeurs des pH enregistrées au niveau des deux barrages oscillent entre 7.3 et 8 (figure 5). Elles indiquent des eaux à pH faiblement alcalin avec une valeur minimale de 7.3 au mois de janvier 2014 au niveau de Béni Haroun et une valeur maximale de 8 enregistrée à Hammam Grouz en février 2014 (tab 12).

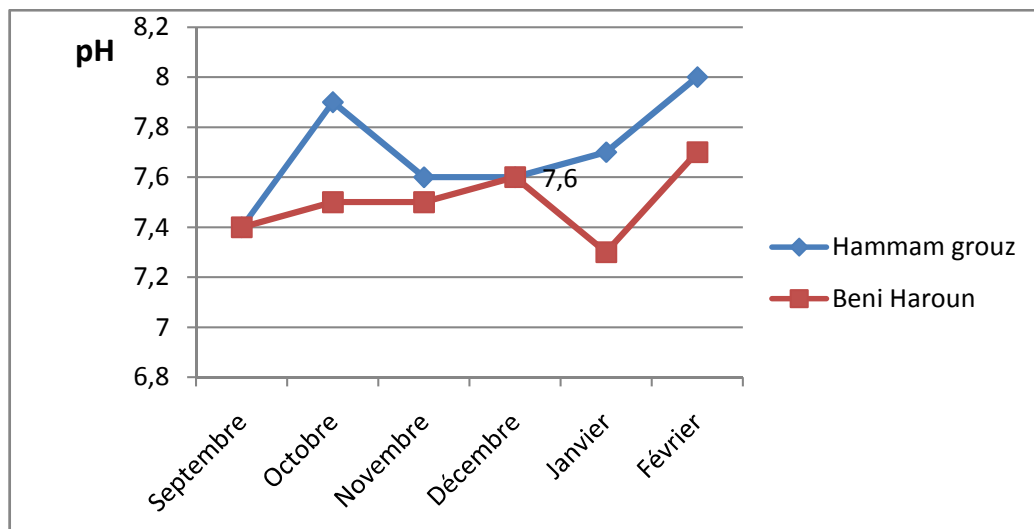


Figure 5: Variations spatio-temporelle du pH de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Avec une moyenne de 7.72 ± 0.24 à Hammam Grouz et une moyenne de 7.5 ± 0.14 à Béni Haroun (tab 12) on peut dire, que les fluctuations du pH dans le temps et entre les deux barrages sont faibles et les résultats obtenus par l'analyse de la variance (ANOVA) nous le confirme avec un effet barrage ($F=3,53 / p=0,08$) non significatif et un effet mois ($F=1,43 / p=0,33$) non significatif également.

Ces valeurs du pH peuvent être expliquées par la nature géologique calcaire du bassin versant Kebir-Rhumel (*cf. chapitre 2*), par les phénomènes de dilution qui peuvent intervenir sur les valeurs du PH des milieux aquatiques, ou par l'influence des eaux de ruissellements chargé généralement de diverses matières aux origines différentes.

• Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Rodier *et al.*, 2009). Elle est influencée par la température, la nature des ions libérés et leur concentration dans les eaux.

Les valeurs enregistrées sont de 1405 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la moyenne et de 1360 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1460 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeurs extrêmes pour Hammam Grouz (tableau 12) ; quant au barrage Béni Haroun la moyenne est de 1145 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la valeur minimale est de 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la valeur maximale et de 1170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tableau 12).

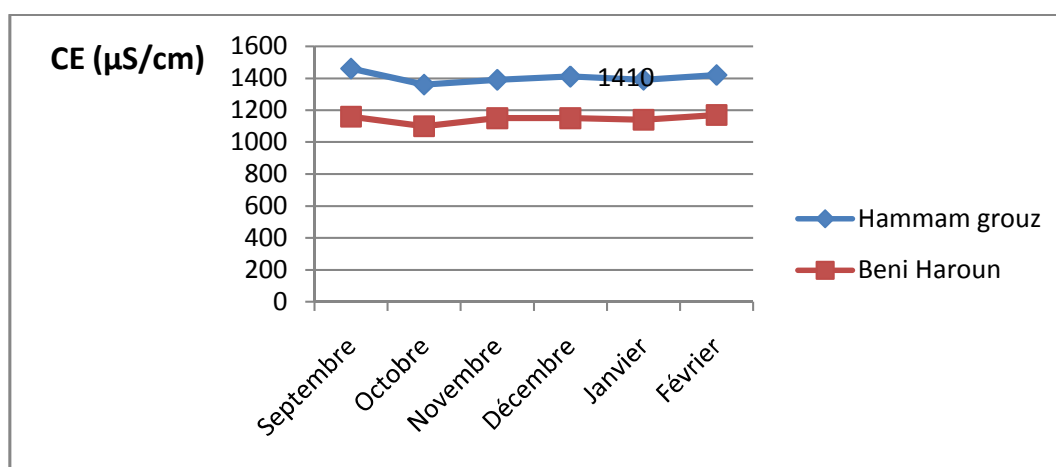


Figure 6 : Variations spatio-temporelle de la conductivité électrique (CE) de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Il est à remarquer que l'évolution de la CE au fil des mois est similaire pour les deux barrages, mais elle présente des variations importantes d'un barrage à l'autre (figure 6). On note qu'elle est plus élevée au niveau du barrage Hammam Grouz et cela est probablement dû à un effet de dilution dans le barrage Béni Haroun. Cette variation a été mise en évidence par une analyse de la variance (ANOVA) qui a fait ressortir un effet barrage ($F= 233,10 / p=0,00$) hautement significatif et un effet mois ($F=0,04 / p= 0,99$) non significatif.

Les eaux des deux barrages sont caractérisées par une minéralisation élevée ($CE > 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$) selon la classification de Rodier *et al.* (2009).

Les résultats obtenus sont plus élevés que ceux enregistrés par Khaldi et Melghit (2007) et Melghit (2012) surtout au niveau du barrage Hammam Grouz. En effet, Melghit (2012) à

enregistré une CE moyenne de 1114 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au barrage Béni Haroun et une CE moyenne de 955,83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au barrage Hammam Grouz.

- **Matières en suspension à 105°C (MES 105°C)**

Les teneurs des MES fluctuent entre une valeur minimale de 8 et 50 mg/l enregistrées respectivement à Hammam Grouz en octobre (tab 12) et à Béni Haroun en février (fig 7). Le taux moyen des MES à Hamma Grouz est de $20.33 \pm 12,68$ mg/l et celui de Béni Haroun est de $31.67 \pm 11,69$ mg/l (tab 12). Cependant l'analyse de la variance (ANOVA) n'a pas révélée un effet mois significatif ($F=2,75 / P= 0,12$) et idem pour l'effet barrage ($F= 2,59 / P= 0,13$).

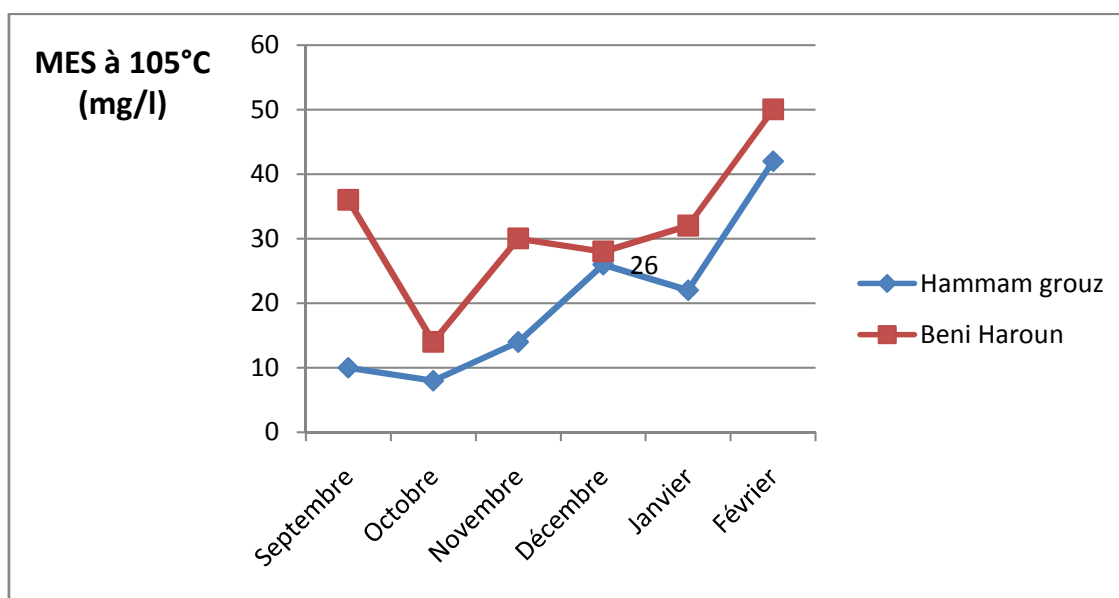


Figure 7 : Variations spatio-temporelles des teneurs en MES de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Les teneurs et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau ; elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets. Selon Rodier et al. (2009), en dehors des périodes de crues, la teneur en MES est inférieure à 25 mg/l et on peut considérer la situation particulière ou anormale qu'à partir de 75mg/l ; donc la situation de nos deux barrages Hammam Grouz et Béni Haroun est considérée comme étant normale.

- **Résidu sec (Rs à 105°C)**

Au niveau des deux barrages le taux de résidu sec le plus élevé, 940 mg/l, a été enregistré en novembre au barrage Hammam Grouz et le taux le plus faible, 692 mg/l, au barrage Béni Haroun en octobre (fig 8). Les moyennes sont 903 mg/l à Hamma Grouz et 766 mg/l à Béni Haroun (tab 12).

Il est à remarquer que l'évolution du taux de résidu sec au fil des mois est similaire dans les deux barrages, mais elle présente des variations importantes d'un barrage à un autre (figure 8), on note qu'elle est plus élevée au niveau du barrage Hammam Grouz et cela est probablement dû au taux élevé des différents éléments minéraux majeurs et aux valeurs élevées de la CE, car la conductivité électrique dépend de la teneur en sels et en matières dissoutes. Cette variation a été mise en évidence par une analyse de la variance (ANOVA) qui a fait ressortir un effet barrage ($F= 37,36 / p=0,00$) hautement significatif et un effet mois ($F=0,24 / p= 0,92$) non significatif.

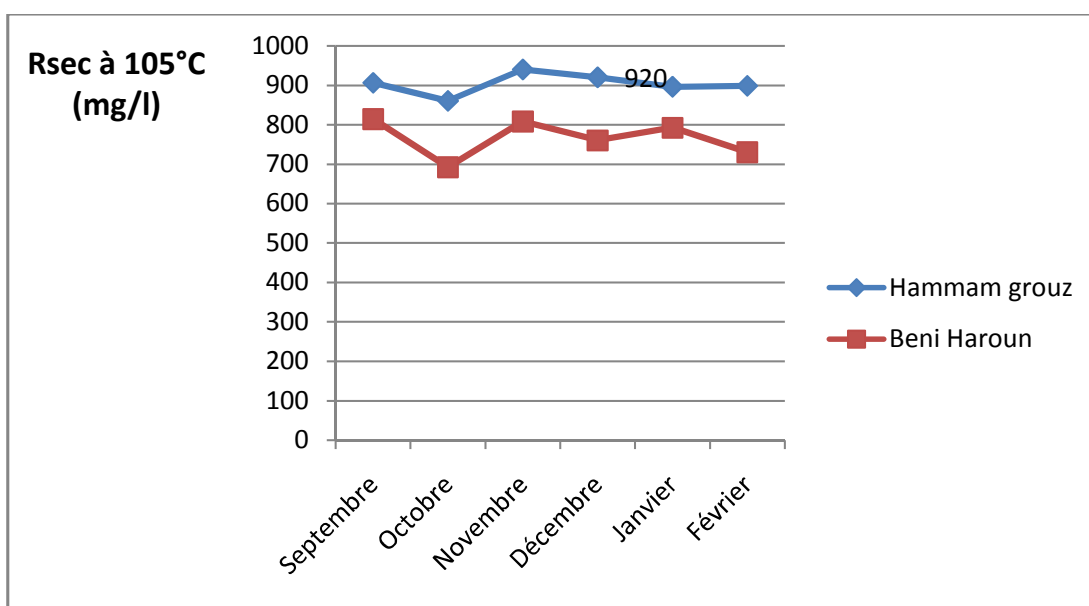


Figure 8: Variations spatio-temporelles des teneurs en résidu à sec de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Nos résultats confirment les valeurs rapportées par Khaldi et Melghit (2007) et par Melghit (2012) ; par conséquent, les eaux des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun gardent leurs taux en résidu sec relativement stables.

- **Oxygène dissous**

Les teneurs en oxygène dissous sont très variables et irrégulières d'un mois à l'autre et d'un barrage à l'autre (figure 9). Une moyenne de $9,50 \pm 2,71$ mg/l a été enregistrée au niveau du barrage Hammam Grouz et une moyenne de $8,62$ mg/l $\pm 1,95$ mg/l à Béni Haroun (tab 12).

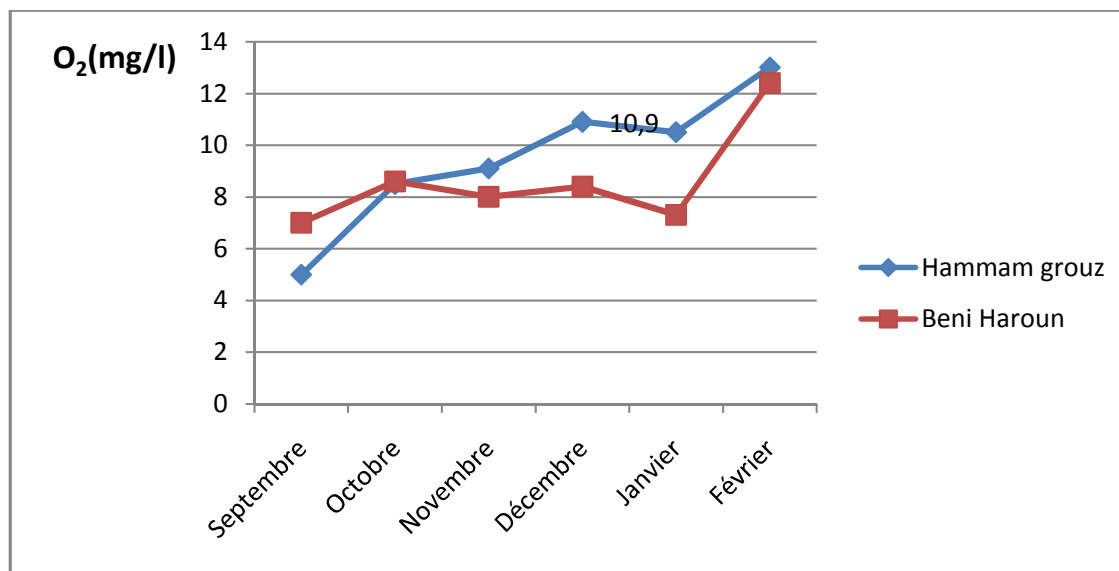


Figure 9 : Variations spatio-temporelles de la concentration en oxygène dissous de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

La solubilité de l'oxygène dépend essentiellement de la température ; plus la température de l'eau est faible, plus la solubilité de l'oxygène est importante. Effectivement nous avons enregistré une valeur minimale de 5 mg/l en septembre où la température était de 24°C et une valeur maximale de 13 mg/l en février où la température était de 8°C au niveau du barrage Hammam Grouz. Quant au barrage Béni Haroun, la concentration minimale de 7 mg/l a été enregistrée en septembre avec une température de 25°C et une valeur maximale de 12.4 mg/l en février avec une température de 12°C (la plus basse température enregistrée durant les 6 mois).

L'analyse de la variance a bien révélé que l'effet mois ($F=5,12$ / $p = 0,035$) est significatif alors que l'effet barrage ($F=0,42$ / $p = 0,53$) est non significatif.

4.2. Paramètres de pollution organique

- **Demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

Les valeurs de la DBO₅ présentent des fluctuations spatio-temporelles sensibles (fig 10) ; la valeur la plus élevée, 8 mg/l d'O₂, a été enregistrée au niveau du barrage Hammam Grouz en octobre (tab 12) alors que la valeur la moins élevée, 1 mg/l d'O₂, a été notée en janvier à Béni Haroun. L'analyse de la variance (ANOVA) a révélé que l'effet mois (F= 1.69 /p=0.26) et l'effet barrage (F=0.18 /p=0.67) sont non significatif.

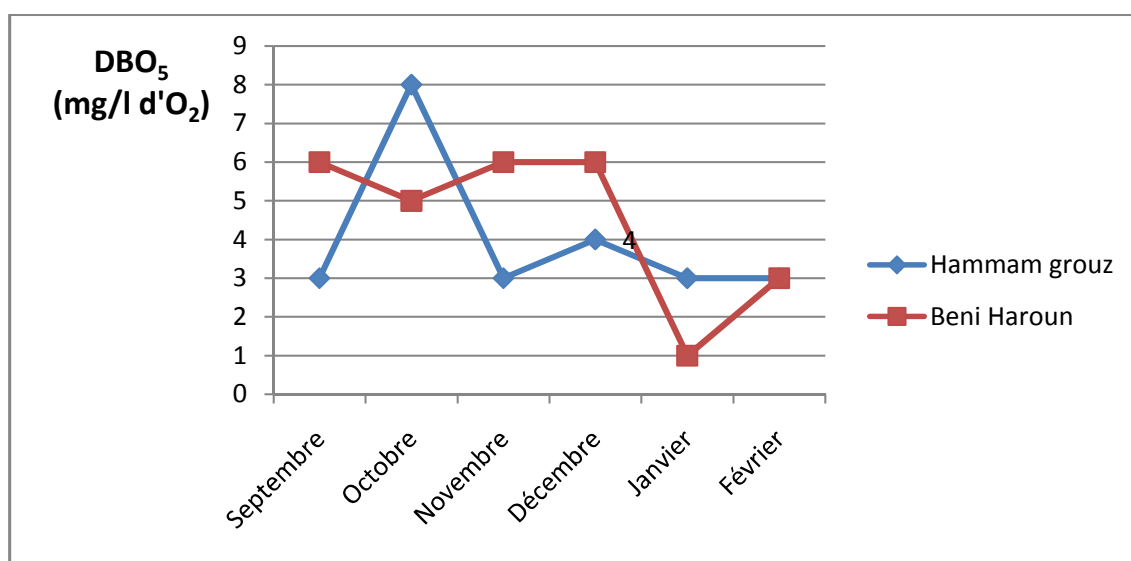


Figure 10 : Variations spatio-temporelles de la DBO₅ de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Le paramètre DBO₅ est un test conventionnel utilisé pour établir un classement qualitatif des eaux et définir l'altération du milieu par les matières organiques biodégradables ; il est influencé par la nature et la quantité des microorganismes présents, le pH, la température et la teneur en sels nutritifs (*cf. chapitre 1*).

Les moyennes calculées sont de 4 mg/l d'O₂ au barrage Hamma Grouz et 4,5 mg/l d'O₂ à Béni Haroun. Selon la classification de Rodier et al. (2009), ces valeurs traduisent la situation d'une eau de bonne qualité en moyenne (3 < DBO₅ < 5 mg/l d'O₂ : bonne qualité). Ces résultats sont un peu moins élevés que ceux enregistrés par Melghit (2012) sur les mêmes barrages soit une moyenne de 5,79mg/l d'O₂. Cependant il arrive d'observer des pics plus ou moins importants de DBO₅ durant l'année qui déclassent la

qualité des eaux. Il faut souligner qu'une DBO₅ nulle n'est pas toujours le signe de bonne qualité des eaux car elle peut être due à des rejets toxiques responsables du déclin des microorganismes décomposeurs.

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

Les teneurs de la DCO oscillent entre une valeur minimale de 35 mg/l d'O₂ enregistrée à Hammam Grouz en février (tab 12) et une valeur maximale de 62 mg/l enregistrée au barrage Béni Haroun en octobre (fig 11). La moyenne est de 44 mg/l d'O₂ à Hammam Grouz est de 50 mg/l d'O₂ au barrage Béni Haroun.

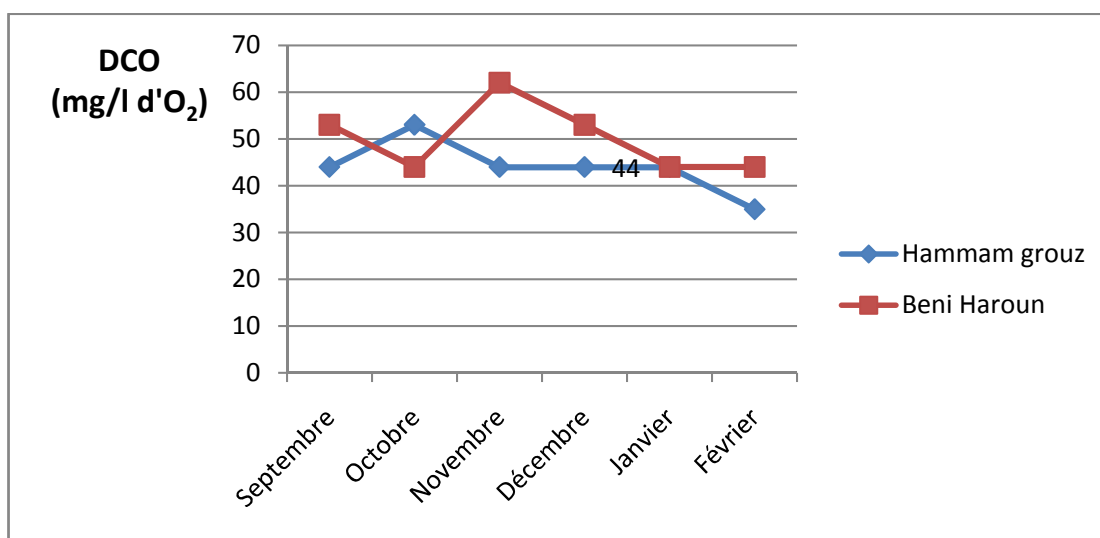


Figure 11: Variations spatio-temporelles de la DCO de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Il est à remarquer que les teneurs présentent des fluctuations spatio-temporelles mais l'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélée ni un effet mois ($F=0,80 / p= 0,26$) ni un effet barrage ($F= 2,50 / p= 0,14$) significatifs.

Les taux élevés enregistrés au niveau des deux barrages reflètent la présence d'une pollution. Du côté de Béni Haroun elle est probablement due aux rejets diffus de la ville de Constantine, sachant que les eaux usées de cette dernière sont épurées par la STEP Ibn Ziad. De même, au barrage de Hammam Grouz elle est due aux lessivages diffus des activités agricoles et urbaines avoisinantes, sachant que les eaux usées des agglomérations en amont du barrage, et principalement Chelghoum Laid, sont traitées par la STEP de Oued El Athmania.

La qualité des eaux des deux barrages est passable à mauvaise selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ABH (2009), elle est comprise entre (40 et 80 mg/l d'O₂). Ces résultats sont un peu moins élevés que ceux enregistrés par Melghit (2012) qui rapportait une moyenne de 58,75 mg/l d'O₂. Il est possible de souligner une perceptible amélioration de la qualité des eaux, liée essentiellement à la période hivernale des prélèvements, en dehors de la saison estivale où le faible débit des oueds engendre une accumulation des polluants.

- **Ammonium NH₄⁺**

Les valeurs enregistrées sont de 0.85 mg/l NH₄⁺ pour la moyenne et de 0.31 mg/l et 1.48 mg/l comme valeurs extrêmes à Hammam Grouz. Quant au barrage Béni Haroun, la moyenne est de 0.08 mg/l, et les teneurs extrêmes sont 0 mg/l et 0.2 mg/l (tableau 12).

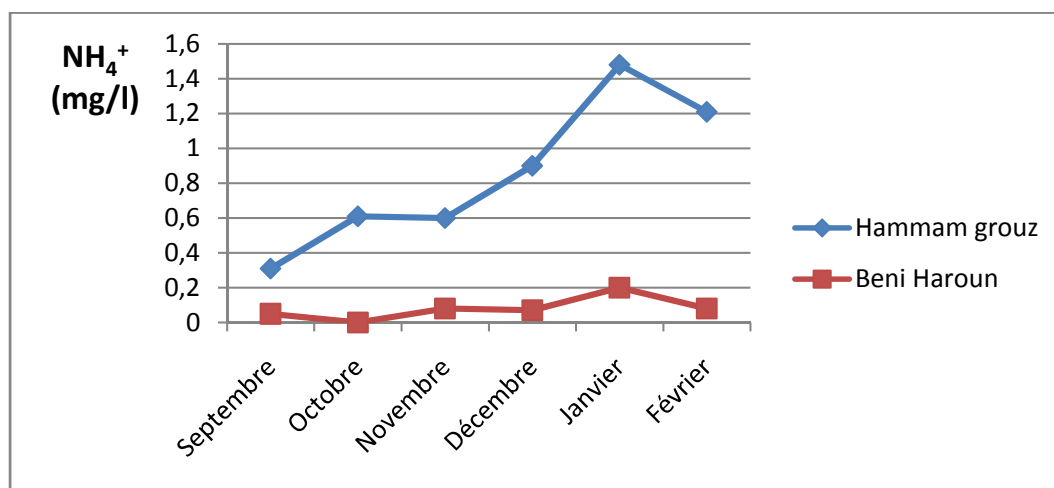


Figure 12 : Variations spatio-temporelles des teneurs en ammonium (NH₄⁺) de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Malgré des fluctuations dans l'espace et dans le temps (figure 12), les faibles concentrations en azote ammoniacal résultent probablement du fait que les eaux usées des importantes agglomérations soient traitées en stations d'épuration (STEP d'épuration d'Oued Athmania et STEP d'Ibn Ziad) avant d'atteindre les barrages. Cette variation a été mise en évidence par une analyse de la variance (ANOVA) qui a fait ressortir un effet barrage (F= 18,56 / p=0,001) très significatif et un effet mois (F=0,32 / p= 0,87) non significatif.

Durant les 6 mois de prélèvements, les teneurs de l'ammonium restent toujours inférieures à 2 mg/l NH_4^+ dans les deux barrages, traduisant une qualité des eaux « très bonne » à « bonne » selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ABH (2009).

- **Nitrites (NO_2^-)**

Les valeurs enregistrées sont en moyenne de 0.06 mg/l NO_2^- et de 0.03 mg/l et 0.15 mg/l comme valeurs extrêmes à Hammam Grouz (tableau 12). Le barrage Béni Haroun affiche une moyenne de 0.10 mg/l, la valeur minimale est 0.03 mg/l et la valeur maximale et de 0.31 mg/l (tableau 12).

Les teneurs en nitrites présentent des variations sensibles dans l'espace et dans le temps (figure 13). Cependant l'analyse de la variance (ANOVA) a révélé que l'effet barrage ($F=4,76 / p=0,47$) et l'effet mois ($F=0,79 / p=0,57$) sont non significatif.

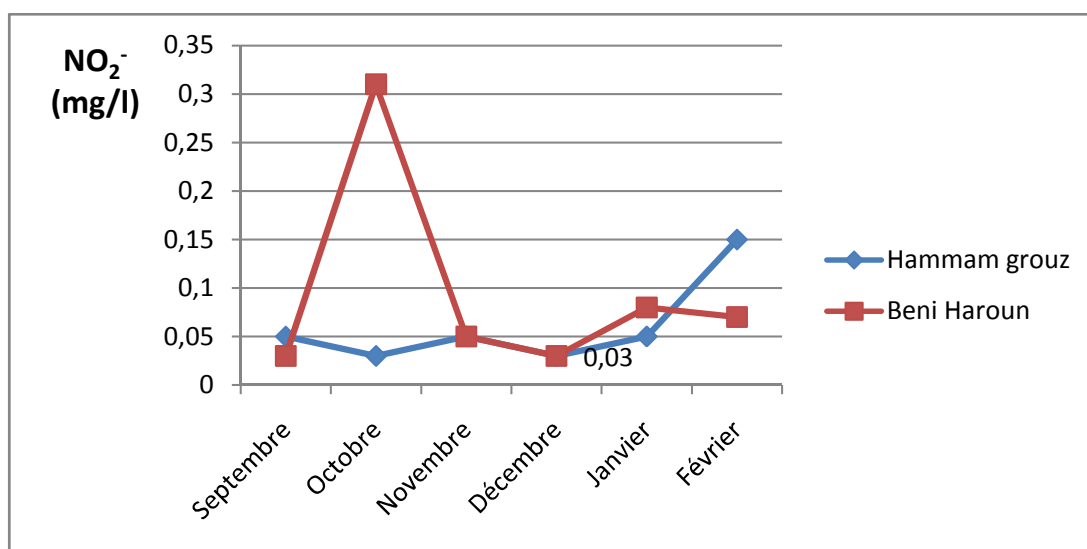


Figure 13 : Variations spatio-temporelles des teneurs en NO_2^- de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Les nitrites dans l'eau proviennent essentiellement soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant des bactéries (Rodier *et al.*, 2009).

Dans le cas du barrage Hammam Grouz, les teneurs ont atteint la faible valeur de 0,15 mg/l en février (teneur inférieure à 0.3 mg/l), traduisant une eau de bonne qualité selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ABH (2009). Quant au barrage Béni Haroun les nitrites ont atteint un taux de 0.3 mg/l en octobre traduisant également une eau de « bonne qualité » pour ce paramètre.

• Nitrates (NO_3^-)

Les teneurs en nitrate, variant de 0 à 4 mg/l, sont en moyenne de 1.83 mg/l NO_3^- à Hammam Grouz (tableau 12) ; elles sont en moyenne de 3.83 mg/l avec une minimale de 2 mg/l et une maximale de 6 mg/l pour Béni Haroun (tableau 12).

Les variations spatio-temporelles des faibles teneurs en nitrates observées à la figure 14 sont confirmées par l'analyse de la variance (ANOVA) pour un effet barrage ($F=4,67/p=0,05$) significatif, contrairement à l'effet mois ($F=1,17 /p= 0,14$) qui est non significatif.

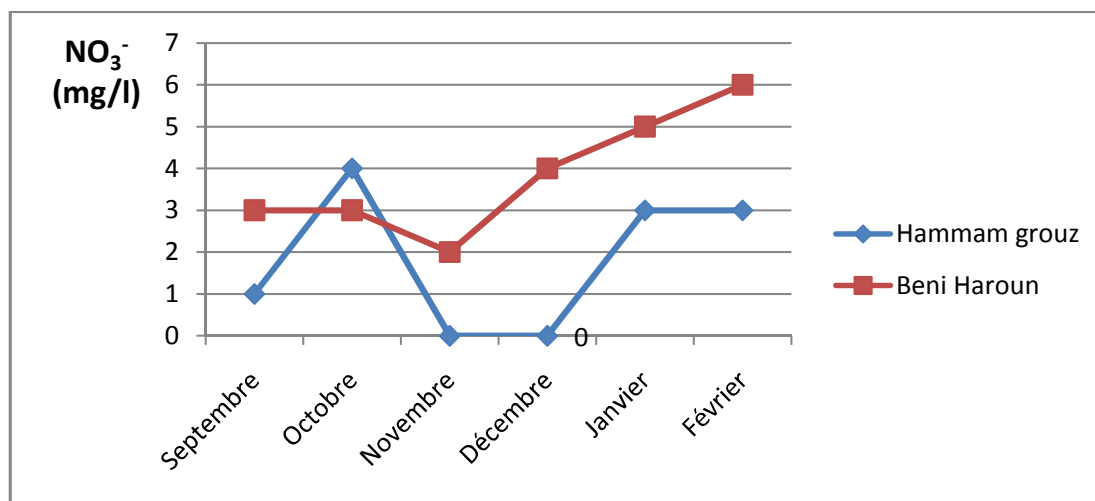


Figure 14 : Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrates (NO_3^-) de l'eau des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Leur présence dans une eau polluée atteste d'un processus d'autoépuration avancé.

Il est à souligner que le taux le plus élevé enregistré au barrage Hammam Grouz, 4 mg/l en octobre (teneur inférieure à 10 mg/l), traduit une eau de « bonne qualité » selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ABH (2009). De même pour le barrage Béni Haroun où le taux le plus élevé est de 6 mg/l en février, traduisant également une eau de « bonne qualité » pour ce paramètre durant la période de prélèvement (septembre à février).

- **Phosphates (PO_4^{3-})**

Au niveau des deux barrages la teneur en phosphates la plus élevée, 0.15 mg/l PO_4^{3-} , a été enregistrée en novembre à Hammam Grouz et au mois d'octobre et janvier à Béni Haroun. La plus faible teneur, 0.03 mg/l, a été enregistrée en février à Hammam Grouz ; elle est de 0.07 mg/l à Béni Haroun pour le même mois. Les moyennes sont de 0.09 mg/l et 0.12 mg/l respectivement à Hammam Grouz et Béni Haroun (tab 12).

Les teneurs en phosphates présentent des fluctuations relativement importantes et irrégulières d'un mois à l'autre et d'un barrage à l'autre (figure 15) surtout durant la période pluvieuse. Néanmoins, l'analyse de la variance (ANOVA) a révélé que l'effet barrage ($F= 1,98 / p=0,18$) et l'effet mois ($F=1, 65 / p= 0,27$) sont non significatifs.

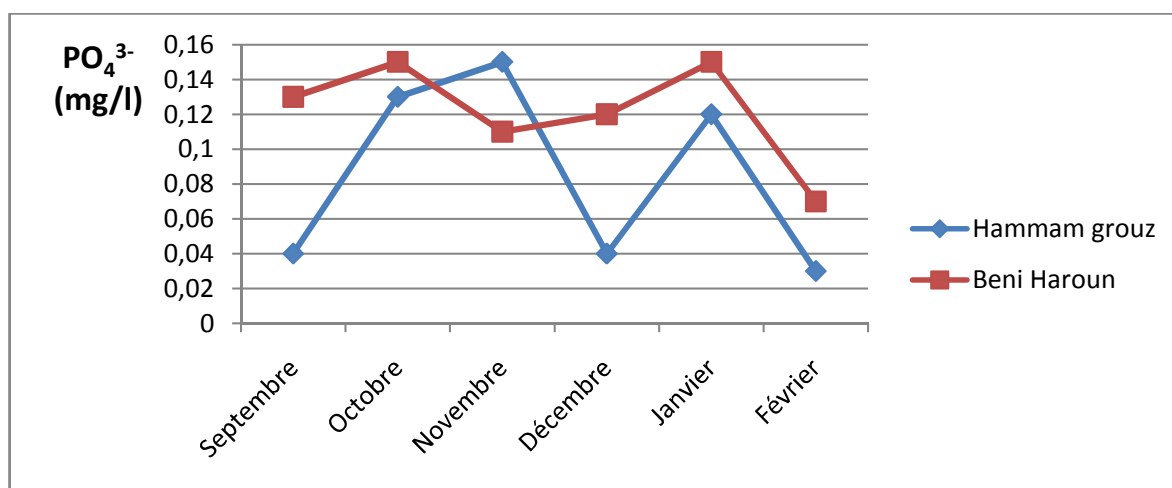


Figure 15: Variations spatio-temporelles des teneurs en phosphates (PO_4^{-3}) des eaux des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun

Le phosphore joue un rôle très important dans le développement des algues ; avec les nitrates, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les écosystèmes aquatiques, où il contribue à l'eutrophisation. Les phosphates peuvent avoir pour origine le lessivage des terres cultivées enrichies en engrais phosphatés ou traités par certains pesticides et surtout la présence de lessives dans les eaux usées domestiques et urbaines (Rodier et al., 2009). Les eaux des deux barrages contiennent des teneurs en phosphates allant de 0.03 mg/l à 0.15 mg/l et traduisant ainsi des eaux de « très bonne (teneur < 0.1 mg/l) » à « bonne qualité (teneur < 0.5 mg/l) » selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ABH (2009).

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que les deux barrages Hammam Grouz et Béni Haroun sont destinés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation et que le barrage Béni Haroun, le plus important en Algérie, couvre les besoins en eau de cinq wilayas. D'où l'intérêt de la préservation de la qualité de leurs eaux qui nécessite une surveillance continue du niveau de contamination.

L'objectif principal de la présente étude est d'évaluer le niveau de la pollution organique des eaux des deux barrages, et de comparer leur évolution dans le temps pendant 6 mois. A la suite de cette investigation, les résultats obtenus nous ont permis d'avoir une approche relative à la qualité des eaux vis-à-vis de la contamination de type surtout organique dans chacun des deux barrages Hammam Grouz et Béni Haroune.

Les paramètres analysés, ont révélé :

- ✓ une température de l'eau qui est saisonnière ;
- ✓ un pH à tendance faiblement alcaline;
- ✓ une CE généralement élevée, mais ne dépassant pas les normes, traduisant une minéralisation excessive ;
- ✓ une élévation du taux d'oxygène dissous qui reflète un processus d'autoépuration avancé ;
- ✓ des taux importants du résidu sec et des MES révélant une pollution organique marquée par de fortes charges organiques et minérales ;
- ✓ une DBO₅ qui reflète une eau de bonne qualité ;
- ✓ une DCO élevée due probablement à une pollution diffuse traduisant une eau de qualité passable à mauvaise ;
- ✓ des teneurs en matières azotées (ammoniums, nitrite et nitrates) reflétant une eau de bonne qualité probablement du fait que les eaux usées des importantes agglomérations soient traitées en stations d'épuration ;
- ✓ des teneurs relativement faibles pour les phosphates, signe également d'une eau de bonne qualité.

L'ensemble de ces paramètres révèlent la présence d'une pollution organique relativement faible due probablement aux rejets diffus des grandes agglomérations. Il ne faut pas perdre de vue que le paramètre le plus défavorable décline la qualité et l'aptitude des eaux.

Conclusion

Cette étude a permis de constater que la pollution organique des eaux des deux barrages a été réduite comparativement aux résultats des travaux précédents effectués sur les mêmes barrages en 2007 ; elle a pu être minimisée par les stations d'épuration des eaux usées d'Oued Athmania et d'Ibn Ziad localisées en amont de chacun des barrages.

Pour préserver la qualité des eaux des barrages, il devient nécessaire que l'état impose son autorité au secteur industriel pour qu'il respecte la réglementation en vigueur en matière de protection et de respect de l'environnement afin d'instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution. Il est également nécessaire d'adopter une politique de tri des déchets et ordures et leur recyclage dans le but de réduire leur impact sur les écosystèmes aquatiques, réceptacles ultimes des diverses pollutions.

A l'issue de cette contribution, dans nos perspectives nous proposons

- un suivi régulier de tous les paramètres physico-chimiques et de pollution organique pour alimenter une banque de données permettant d'évaluer l'évolution de la qualité et des aptitudes de ces réservoirs d'eau ;
- d'étendre les investigations vers d'autres polluants organiques et essentiellement vers l'évaluation du niveau de contamination par les polluants organiques persistants (POPs) tels que les hydrocarbures, les PCB... et les produits pharmaceutiques étant donné que ces eaux sont destinées à l'alimentation en eau potable ;
- de réaliser un suivi de l'évolution de la contamination des eaux et surtout des sédiments par les éléments traces métalliques (ETM) qui s'accumulent dans les sédiments, vu les problèmes d'envasement que connaissent les barrages en Algérie ;
- une évaluation du niveau de transfert des polluants, surtout les ETM, vers la faune et la flore aquatiques et la chaîne trophique dans son ensemble;
- une évaluation de la qualité biologique des eaux des barrages via la présence/absence des macroinvertébrés benthiques et des algues macro et microscopiques, le calcul de différents indices biotiques et l'appréciation de la diversité.

Ces barrages peuvent constituer des ateliers pour de nombreuses investigations et répondre ainsi à de multiples préoccupations scientifiques aussi bien sur le plan de l'évaluation des niveaux des divers types de contamination que sur celui de la biodiversité faunistique et floristique.

Références bibliographiques

A.B.H.-C.S.M (2004), Les cahiers de l'Agence N°8, Le bassin du Kebir-Rhumel, Agence de bassin hydrographique Constantinoise-Seybouse-Mellegue, Constantine.

A.B.H.-C.S.M (2005), Les cahiers de l'Agence, Qualité des eaux superficielles dans le bassin hydrographique Constantinoise- Seybouse- Mellegue 1998-2003, Agence de bassin hydrographique Constantinoise- Seybouse- Mellegue, Constantine.

A.B.H.-C.S.M (2009), Les cahiers de l'Agence N°12, Qualité des eaux superficielles dans les bassins du Kebir-Rhumel, de la Seybouse et de la Medjerda- Mellegue 2004-2007, Agence de bassin hydrographique Constantinoise- Seybouse- Mellegue, Constantine.

AFNOR, 1975 - Essais des eaux. Table de solubilité de l'oxygène dans l'eau. NF T 90-032, 6 pp.

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.

Kerdoud S ., 2006. Le bassin versant de Béni Haroun eau et pollution. Mémoire de magistère en aménagement du territoire, Université Mentouri- Constantine, Constantine, 128 p.

Khaldi F. Z. et Melghit M., 2007. Qualité physico-chimique, pollution organique et contamination métallique (Fe, Cu, Mn et Zn) de l'Oued Rhumel et des eaux des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire d'ingénieur en Ecologie et environnement. Université Mentouri, Constantine, 112p.

Leynaud, G., 1968. Les pollutions thermiques : influence de la température sur la vie aquatique. Paris : Ministère Français de l'agriculture.

Mebarki A., 1982. Le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau, thèse doctorat de 3ème cycle, Université de Nancy II, 304 p.

Références bibliographiques

- Mebarki A., 1984.** Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kebir Rhumel (Algérie). Doctorat troisième cycle. Office des Publications Universitaires. Alger. 302 p.
- Mebarki A. et Thomas C., 1988.** Analyse des relations entre écoulements superficiels et souterrains à partir des hydrogrammes des cours d'eau. Application au bassin du Kébir-Rhumel dans le Constantinois (Algérie), Hydrologie continentale, O.R.S.T.O.M., Paris, 103 p
- Mébarki A., 2005.**Hydrologie des bassins de l'Est Algérien: ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de doctorat d'état. Université Mentouri-Constantine, 306p.
- Mehennaoui- Afri F. Z., 1998.** Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de magistère en Ecologie. Université Mentouri, Constantine, 238p.
- Melghit M., 2012.** Evaluation de la qualité physico-chimique, pollution organique et d'une éventuelle contamination métallique (Zn Cu, Cd, Pb et Cr) des compartiments Eau-Sédiments de l'Oued Rhumel, de ses affluents et des eaux des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire d'ingénieur en Ecologie et environnement. Université Mentouri, Constantine, 141p.
- Radoux, M., Cadelli D., Nemcova M., Kemp D., Klaessen D., 1995.** Qualité et traitement des eaux. *Belgique* : Fondation universitaire luxembourgeoise.
- Ramade F., 2000.**Dictionnaire encyclopédique de la pollution. Edition internationale. Paris. 755p.
- Ramade F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème Ed. *DUNOD*. Paris. 1075 p.
- Rodier J., 2009.** Analyse de l'eau ; Eaux. Ed. *DUNODBordas*, Paris, 9ème édition, 1526 p.
- Rodolph P., 1990.** Le grand livre de l'eau, la manufacture, Cité des sciences. Paris, 160 –370.

Références bibliographiques

Sahli L., 2012. Etude du comportement de quelques espèces floristiques et faunistiques des écosystèmes aquatiques vis-à-vis des éléments traces métalliques par des bioessais. Thèse d'état en pollution et écotoxicologie, Université Constantine 1, Constantine, 85p

Tardat-Henry M et Beaudry J., 1984. Chimie des eaux. Ed. Le Griffon d'argile inc, 340 p.

Abstract

Water is a finite and vulnerable resource, necessary to life, development and environment; the objective of this work is to assess the level of the organic pollution of the dams of the Hammam Grouz and Beni Haroun's water located respectively upstream and downstream of Constantine. To address this concern, we proceeded to the determination of indicative parameters of the organic pollution (temperature, pH, electrical conductivity, suspended solids, dissolved solids, dissolved oxygen, DBO₅, DCO, ammonium, nitrites, nitrates and phosphates) in each of the two dams and compare their evolution over time for 6 months, from September 2013 to February 2014.

The set of the determined parameters revealed a relatively low organic pollution resulting a good quality water except for MES, dry residue and DCO that characterize water of fair quality to bad.

To preserve the water quality of the two dams, it is necessary to establish a control and a supervision program of the different sources of the pollution.

Noms et Prénoms : Benayache Naïla Yasmine

Mémoire de fin de cycle

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Gestion durable des écosystèmes et protection de l'environnement

Option: Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie

Thème : Evaluation du niveau de la pollution organique des eaux des barrages Hammam Grouz et Béni-Harroune

Résumé :

L'eau est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement ; l'objectif du présent travail consiste à évaluer le niveau de la pollution organique des eaux des barrages Hammam Grouz et Béni-Harroun situés respectivement en amont et en aval de Constantine. Afin de répondre à cette préoccupation, nous avons procédé à la détermination de paramètres révélateurs de la pollution organique (température, pH, conductivité électrique, matières en suspension, résidu sec, oxygène dissous, DBO₅, DCO, ammonium, nitrites, nitrates et phosphates) dans chacun des barrages et comparer leur évolution dans le temps pendant 6 mois, de septembre 2013 à février 2014.

L'ensemble des paramètres déterminés ont révélé une pollution organique relativement faible traduisant des eaux de bonne qualité sauf pour les MES, résidu sec et DCO qui caractérisent une eau de qualité passable à mauvaise.

Afin de préserver la qualité des eaux des deux barrages, il est nécessaire d'instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution.

Mots clé : Barrage, Evaluation, pollution, organique, eau.

Soutenu le :

Devant le jury :

Président : SAHLI Leila

M.C.B. Université Constantine 1

Promoteur : AFRI-MEHENNAOUI F-Z

M.C. Université Constantine 1

Examineur : BAZRI KAMEL EDDINE

M.C.A Université Constantine 1