

Caractérisation physico-chimique et analyse biologique des eaux de surface de l'Oued Daliya, Maroc

Nadia IOUNES^{1*}, Mohamed KABRITI² et Souad EL AMRANI¹

¹*Laboratoire d'Ecologie et d'Environnement, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II Casablanca, Avenue Driss El Harti, BP 7955, Sidi Othmane, Code Postal 20660, Casablanca, Maroc*

²*Laboratoire National des Etudes et de Surveillance de la Pollution (LNESP) relevant du Ministère Délégué chargé de l'Environnement (MdE), Maroc*

* Correspondance, courriel : iounesnadia@yahoo.fr

Résumé

Le but de notre travail est d'étudier la qualité physicochimique de l'eau de l'oued Daliya et d'apprécier sa qualité biologique par le biais de l'indice biologique globale normalisé (I.B.G.N.). Pour ce faire, trois stations ont été choisies : une localisée en amont du futur barrage, une autre dans l'axe du barrage et la troisième en aval de celui-ci. La caractérisation des eaux de l'oued a porté sur l'étude de 11 variables (la température, le pH, la conductivité, la turbidité, les solides dissous totaux, les chlorures, les sulfates, l'oxygène dissous, l'ammonium, les nitrates et les ortho phosphates). Les résultats trouvés ont été comparés aux normes marocaines des eaux de surfaces. Ainsi, les eaux de l'oued Daliya sont qualifiées de bonnes et sont très influencées par la variation saisonnière du débit d'eau et de la prolifération accrue des algues tout au long de son trajet. L'analyse hydro-biologique du cours d'eau a porté sur le tri et l'identification des macroinvertébrés benthiques en tenant compte des différents types d'habitats, définis par la nature du support et la vitesse d'écoulement. Le croisement entre la classe de variété et le groupe faunistique indicateur pour chaque station donne une note IBGN de 13/20 dans la station amont, de 14/20 dans la station axe et de 11/20 dans la station aval. Ce qui correspond à une qualité bonne dans les stations amont et axe et une qualité moyenne dans la station aval du cours d'eau Daliya selon la norme AFNOR NF T 90 350 (2004).

Mots-clés : *Oued Daliya, analyse physico-chimique, barrage, indice biotique, macroinvertébrés.*

Abstract

Physico-chemical characterization and biological analysis of the surface waters of the oued Daliya, Morocco

The aim of our work is to study the physico-chemical quality of the water of oued Daliya and appreciate its biological quality through standardized global biological index (I.B.G.N.). To do this, three stations were chosen : one located upstream from the future dam, another, in the axis of the dam and the third downstream. Characterization of the waters of the oued has focused on the study of 11 variables (temperature, pH, conductivity, turbidity, the total rate of dissolved solids (colloquiums), chlorides, sulfates, dissolved oxygen, ammonium, nitrate and orthophosphate). Found results were compared to Moroccan standards of surface water. Thus, the waters of the oued Daliya are of good quality and are very influenced by the seasonal

variation in the flow of water and increased proliferation of algae along its route. The hydro-biological analysis of the water course focused on sorting and identification of benthic macro invertebrates taking into account the different types of habitats, defined by the nature of the medium and the flow rate. The cross between the class of variety and faunistic indicator group for each station gives us an IBGN rating of 13/20 in the upstream station, 14/20 in the axis and 11/20 in downstream station. This notation corresponds to a good quality at the axis and the upstream stations and an average quality in downstream station according to the AFNOR NF T 90 350(2004).

Keywords : *Oued Daliya, physicochemical analysis, dam, biotic index, macroinvertebrates.*

1. Introduction

Le Maroc connaît une répartition inégale, dans le temps et dans l'espace de la pluviométrie et des ressources en eau qu'elle génère [1, 2]. Ceci impose la construction de barrages réservoirs pour stocker les apports d'eau des années humides au profit de leur utilisation en années sèches. De ce fait, le Maroc a adopté depuis longtemps une stratégie de construction de barrages pour subvenir aux besoins en eau des populations, aussi bien pour l'irrigation que pour l'utilisation au quotidien de cette ressource vitale [2]. Par ailleurs, il prévoit la création de 59 nouveaux barrages dont 30 de grande taille d'ici 2030 afin de faire face à ses besoins hydriques qui ne cessent de s'accroître au fil des ans [2]. L'installation d'un futur barrage sur l'oued Daliya affluent de l'oued Nfifikh, dans la région d'El Gara entre dans cette stratégie et nécessite une étude d'impact sur l'environnement socio-économique et naturel de la région. Notre contribution dans cette étude est de déterminer la qualité des eaux de l'oued qui sont destinées à la fois à la consommation et à l'irrigation. Pour se faire 11 variables physico-chimiques ont été étudiées : La température, le pH, la conductivité, la turbidité, les solides dissous totaux (T.D.S), les chlorures (Cl⁻), les sulfates (SO₄⁺), l'oxygène dissous, l'ammonium (NH₄⁺), les nitrates (NO₃⁻), les orthophosphates (PO₄⁻). Pour mieux apprécier la qualité de ces eaux, nous avons utilisé l'indice biologique général normalisé (IBGN). Ce travail représente une étude pionnière de l'oued Daliya.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation et description de la zone d'étude

L'oued Daliya est un affluent de l'oued Nfifikh (*Figure 1*), qui est l'un des principaux oueds de la zone côtière entre Rabat et Casablanca. Il draine un bassin versant d'une superficie de 306 km² avec une pluviométrie annuelle moyenne sur le bassin de 405 mm. Il se distingue, du point de vue géomorphologique par une forme allongé et une irrégularité topographique notable. Son altitude moyenne est de 591 NGM. L'altitude du terrain varie entre un minimum de 380 NGM et un maximum de 802 NGM. Le Talweg principal a une longueur de 24 km et une pente moyenne de 4,9 %. Le futur barrage Ain Ksob sera construit sur l'oued Daliya, prolongement amont de l'oued Nfifikh dans le bassin du Bouregreg à environ 25K m à vol d'oiseau au Sud-Est de la ville de Benslimane. Le site du barrage est localisé sur la carte au 1/50 000 d'Al Gara aux coordonnées Lambert suivants : X = 346,20 Y = 311,80 (*Figure 1*). Le milieu d'étude est relativement pauvre en diversité floristique. On note la présence de quelques arbustes avec prédominance du laurier rose '*Oleandernerium*' qui est réparti tout le long du cours d'eau. Ce dernier est accompagné d'autres espèces de plantes telles que *Angustifoliaphyllerea*, *Oleauropea*, *Pistacialentiscus*, *Vitex agnus castus* et un petit nombre de figuiers (*Ficus carica*). La région est pratiquement composée de parcelles agricoles à cultures céréalière dominante, on note aussi la présence d'arbres fruitiers et de culture de légumineuses. L'accès au site se fait par la route

qui relie Benslimane au centre JamaâMelila à partir duquel on emprunte une piste descendante jusqu'à l'oued Daliya, puis on longe la berge gauche de cet oued pour s'arrêter à 300 m environ à l'aval de l'axe.

2-2. Cadre géologique

La zone d'étude appartient au domaine structural de la Meseta côtière et plus précisément à l'ensemble nord mésetien. Les affleurements sont généralement des schistes argileux et des pélites rouges avec des intercalations de basaltes dolorétique [3]. Juste à l'aval de cette zone, ces formations sont recoupées par une barre de quartzite d'épaisseur métrique et d'une direction NS dans la zone du site. L'affleurement de cette barre en relief saillant, est la conséquence d'un rejeu de faille hercynienne de direction NS en haut de la rive droite. Au niveau du site, affleure un massif calcaire grisâtre du Dévonien [4].

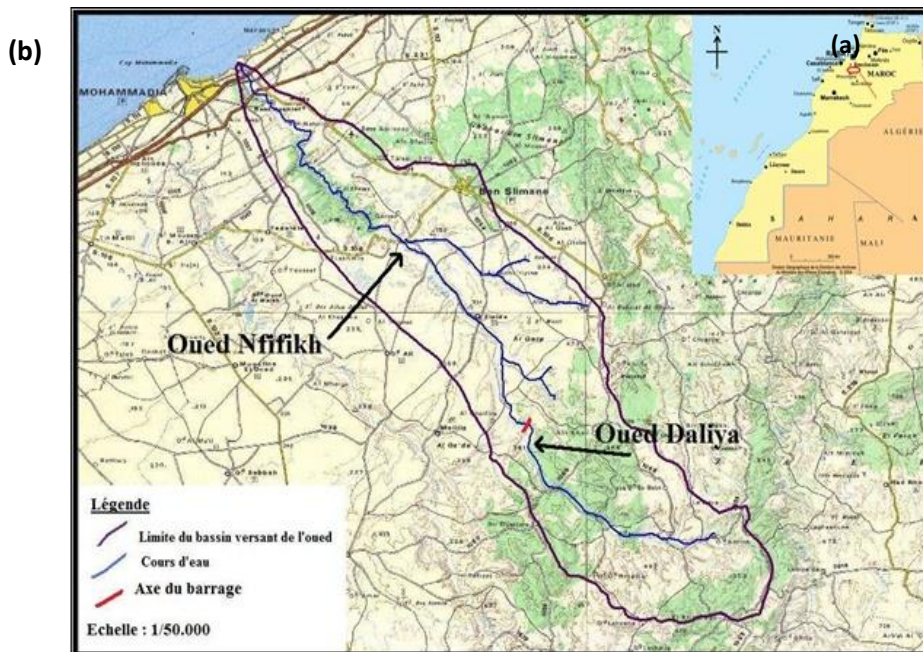


Figure 1 : Carte démontrant la situation du barrage et le bassin versant de l'oued Nfifikh
 (a) : carte générale du Maroc avec la zone d'étude en rond rouge (secrétariat d'état chargé de l'Eau)
 (b) : détail de la région d'étude (réalisation personnelle)

2-3. Choix des stations d'étude

Le choix des sites de prélèvement dépend fortement de l'impact du futur barrage puisqu'il constituera une barrière pour la continuité de l'oued, ainsi trois sites ont été retenus (**Figure 2**):

- Le premier se situe à 1 km en amont de l'emplacement du barrage ;
- Le deuxième est sur l'axe du barrage ;
- Le troisième se situe à 1 km en aval de l'emplacement du barrage.



Figure 2 : Carte présentant la limite de la retenue du barrage et les sites d'échantillonnage (réalisation personnelle)

2-4. Méthodes d'analyse

La campagne d'étude s'est déroulée entre Avril et Juin 2010, à raison d'un échantillon par site et par mois, après que le débit du cours d'eau s'est stabilisé suite à des crues diluviennes survenues aux mois de Février et Mars.

2-4-1. Analyses physico-chimiques

La température, le pH, la conductivité, la salinité et les solides dissous totaux étaient mesurés *in situ* avec un multi paramètre (Consort C535) alors que la turbidité était mesurée à l'aide d'un turbidimètre (Eutech Instruments, Turbidimètre TN-100). L'oxygène dissous était fixé sur place dans des flacons à bouchons rodés selon la méthode de Winkler puis titré par la suite au laboratoire avec une solution de thiosulfate selon la méthode de [5]. Des échantillons d'eau étaient prélevés dans des bouteilles en plastique puis conservés à 4°C dans une glacière et ramenés au laboratoire, pour être filtrés puis analysés en tenant compte de la durée de conservation pour chaque analyse suivant [5]. Ainsi, les chlorures sont mesurés par la méthode volumétrique de Mohr en présence du nitrate d'argent. Les sulfates sont dosés par la méthode néphélométrique, alors que l'ammonium par la méthode au bleu d'indophénol. Les nitrates sont dosés par la méthode colorimétrique en présence de salicylate de sodium. Les orthophosphates ont été analysés par la méthode colorimétrique. Les méthodes d'analyse de tous les paramètres ont été faites selon [5].

2-4-2. Analyses biologiques

Pour l'étude biologique, nous nous sommes intéressés aux macroinvertébrés car ces organismes sont couramment utilisés pour déterminer la qualité de l'eau à cause de leur cycle de vie qui est relativement court, leur faible mobilité, leur facilité d'échantillonnage et leur large spectre de sensibilité à la pollution. Pour se faire, nous avons utilisé l'indice biologique global normalisé (IBGN) selon [6]. Cet indice permet d'apporter un maximum de renseignement et permet d'apprécier la qualité des eaux des hydro-systèmes. Il est très utilisé pour la détermination de la qualité des cours d'eau au Maroc [7 - 10]. Pour chaque site, la longueur du tronçon à échantillonner est calculée sur la base de la largeur du lit mouillé de l'oued, ainsi dans chaque tronçon, huit prélèvements ont été effectués suivant les types de faciès. Le but de cet échantillonnage

est d'avoir un maximum de faciès à échantillonner tout au long du même tronçon [6]. Les faciès retenus pour l'échantillonnage sont :

- Sables, limons, grains $2,5 < X < 25$ mm (S1) ;
- Sédiments fins, vases $< 0,1$ mm (S2) ;
- Granulats grossiers 25 mm $< X < 5$ cm (S3) ;
- Pierres, galets 5 cm $< X < 25$ cm (S4) ;
- Roches, dalles > 25 cm (S5).

Les macroinvertébrés sont prélevés sur une surface de $1/20$ m² à l'aide d'un Filet Surber de vide de maille de 450 μ m et les échantillons sont conservés dans une solution formolée à 10 % pour être ensuite triés, identifiés selon [11] et comptés au laboratoire. Selon l'indice, l'évaluation de la qualité du milieu est fondée sur l'analyse des peuplements des macroinvertébrés benthiques. Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 138 taxons. L'unité taxonomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels on se limite à l'embranchement ou à la classe. Parmi les 138 taxons, 38 d'entre eux constituent 9 groupes faunistiques indicateurs (GI), numérotés de 1 à 9 dans le **Tableau** de détermination, par ordre de polluo-sensibilité croissante. L'IBGN est établi à partir du **Tableau** de détermination comprenant en ordonnée les 9 groupes faunistiques indicateurs et en abscisse les 14 classes de variété taxonomique. On détermine successivement selon la formule :

$$IBGN = GI + \text{classe de variété} - 1 \quad (1)$$

- La classe de variété est égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu. Ce nombre est confronté aux classes figurant en abscisse du **Tableau** ;
- Le groupe faunistique indicateur (GI), en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins 3 individus ou 10 individus selon les taxons.

La détermination du GI s'effectue en prospectant l'ordonnée du **Tableau** de haut en bas (GI 9 à GI 1) et en arrêtant l'examen à la première présence significative ($n > 3$ individus ou $n > 10$ individus) d'un taxon du répertoire en ordonnée du **Tableau**. On déduit l'IBGN du **Tableau** à partir de son ordonnée (GI) et de son abscisse.

3. Résultats et discussion

3-1. Paramètres physicochimiques

3-1-1. La température

La température de l'eau est un facteur d'une grande importance écologique. Elle régit la solubilité des gaz, des sels dissous, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques et elle agit aussi sur l'activité métabolique des organismes aquatiques [12 - 14]. Elle influence également la répartition des organismes vivants en milieu aquatique [15]. L'analyse des résultats montre que la température dans l'oued Daliya varie entre 22 et 30°C (**Figure 3**). La variation de la température de l'eau est saisonnière car les eaux sont peu profondes et sont directement influencées par la température de l'air. Ceci est en accord avec les résultats de [16] sur l'oued Moulouya. Selon les normes marocaines l'eau passe de qualité bonne à moyenne [17].

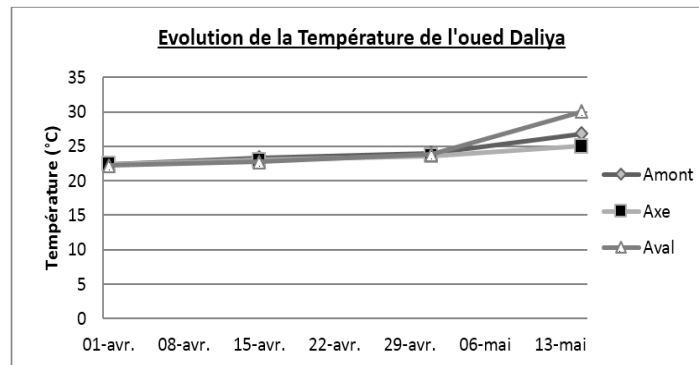


Figure 3 : Profil de la température en fonction du temps

3-1-2. Le pH

Le potentiel hydrogène mesure la concentration en protons H^+ contenus dans l'eau. Il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates [18 - 20]. Nos résultats (Figure 4) montrent des pH neutres à légèrement alcalins d'Avril à Mai ce qui est en accord avec les travaux de [21] ainsi qu'avec ceux de [16]. Selon les normes marocaines [17] les eaux de l'oued Daliya sont qualifiées de bonnes.

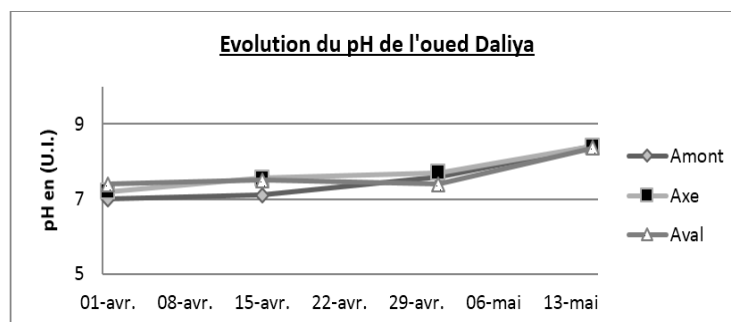


Figure 4 : Profil du pH en fonction du temps

3-1-3. Turbidité et solides dissous totaux

La turbidité est une mesure de transparence relative de l'eau. Elle n'est pas une mesure directe des matières en suspension dans l'eau, mais plutôt une mesure générale de leur effet de diffusion et d'absorption de la lumière [22, 23]. Selon le Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec [24], les solides dissous totaux (TDS) sont constitués principalement de substances inorganiques dissoutes dans l'eau. Les principaux constituants des solides dissous sont les chlorures, les sulfates, les bicarbonates, le calcium, le magnésium et le sodium. Ils entraînent surtout l'altération du goût des eaux.

Dans la station amont, la turbidité ainsi que les TDS augmentent au cours du temps avec des valeurs relativement plus élevées à celles trouvées au niveau des stations axe et aval (Figures 5 et 6), alors que dans ces dernières, la turbidité augmente et les TDS diminuent. Ceci peut s'expliquer par la variation des précipitations au cours du temps. Avec le manque de précipitations, la solubilité des solides dissous diminue d'où une baisse du TDS. Comme la turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc.), son augmentation est liée à la concentration de ces particules dans le milieu du fait de la diminution des précipitations pendant la saison sèche et du développement des algues microscopiques. Toutefois la turbidité reste très faible dans les eaux de l'oued Daliya (nephelometric turbidity unit NTU < 5) et elles sont qualifiées de claires.

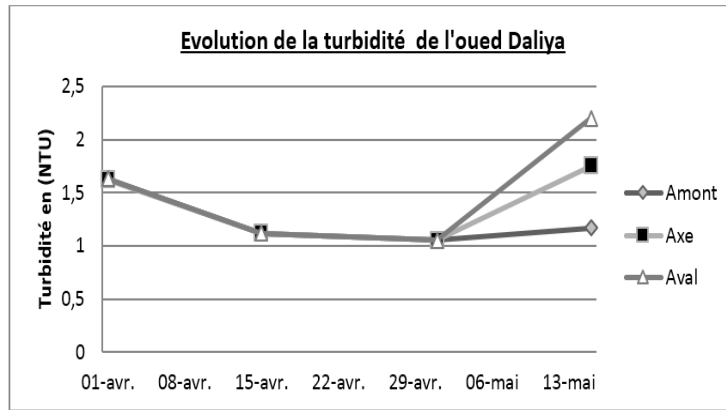


Figure 5 : Profil de la turbidité en fonction du temps

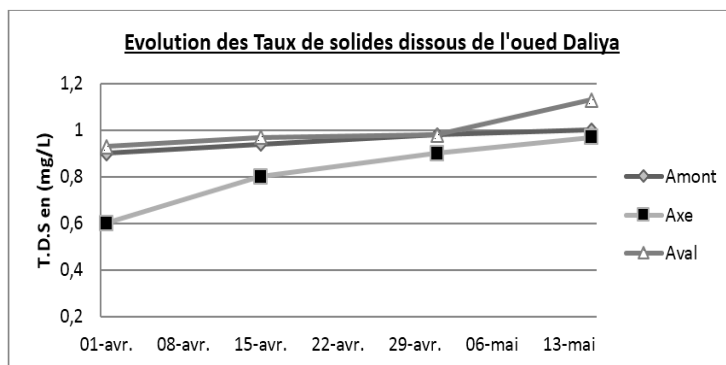


Figure 6 : Profil des solides dissous totaux en fonction du temps

3-1-4. Conductivité

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau [25]. En effet, des mesures contrastées sur un milieu permettent de mettre en évidence l'existence de pollution, des zones de mélange ou d'infiltration [26]. Ce paramètre permet aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau [27, 28]. Nos résultats montrent que la conductivité augmente au cours du temps dans les trois sites. Elle varie entre 1671 et 2360 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Figure 7). Selon les normes marocaines de la qualité des eaux de surface [17], les eaux de l'oued Daliya sont de qualité moyenne qui se détériore avec l'installation de la période estivale où on assiste à une absence totale des précipitations (Figure 8).

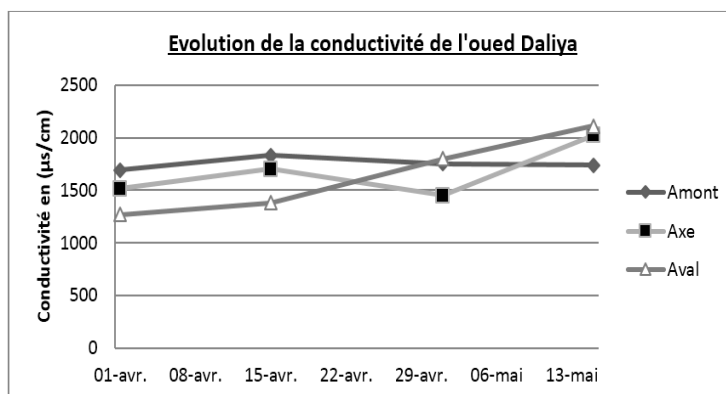


Figure 7 : Profil de la conductivité en fonction du temps



Figure 8 : Photo montrant l'assèchement du lit de l'oued Daliya

3-1-5. Oxygène dissous

L'oxygène est un facteur essentiel à la vie en milieu aquatique, en particulier aux organismes assurant l'autoépuration des cours d'eau [29]. De ce fait, c'est un bon indicateur de la qualité d'un cours d'eau. Il est également utilisé comme descripteur dans le développement de l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau pour les rivières du Québec [30], d'où l'intérêt de son dosage. Nos résultats montrent que la concentration de l'oxygène diminue au cours du temps dans les trois stations d'étude (**Figure 9**). Ceci est lié à l'augmentation de la température de l'eau ce qui est en accord avec les travaux de [31, 32]. En effet une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude. Il y a une nette détérioration de la qualité des eaux de l'oued Daliya selon les normes marocaines [33, 17]. En effet, les eaux passent de qualité bonne pendant le mois d'Avril à moyenne au début du mois de Mai et à médiocre à la fin de Mai et début Juin (**Figure 9**). Ceci peut s'expliquer aussi par la rareté des précipitations et la présence de la matière organique due à la prolifération des algues ce qui est en accord avec les travaux de [16].

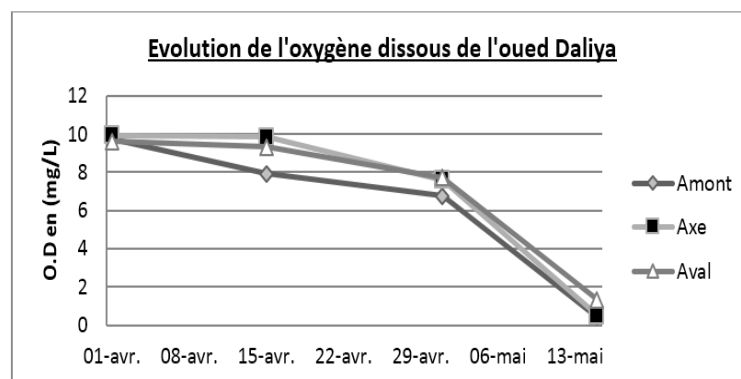


Figure 9 : Profil de l'oxygène dissous en fonction du temps

3-1-6. Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl) [21]. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [34 - 36]. Nos résultats (**Figure 10**) montrent que le taux des chlorures varie entre 320 et 410 mg/l. Selon les normes marocaines [17], les eaux de l'oued Daliya présente une qualité moyenne avec une tendance à la dégradation avec le

temps. La présence des chlorures à ces taux est probablement liée à la nature des terrains traversés par ces eaux et leur augmentation au cours du temps est probablement liée aux phénomènes d'évaporation et à l'installation de la saison sèche sachant que ces eaux sont peu profondes et sont influencées par la température de l'air.

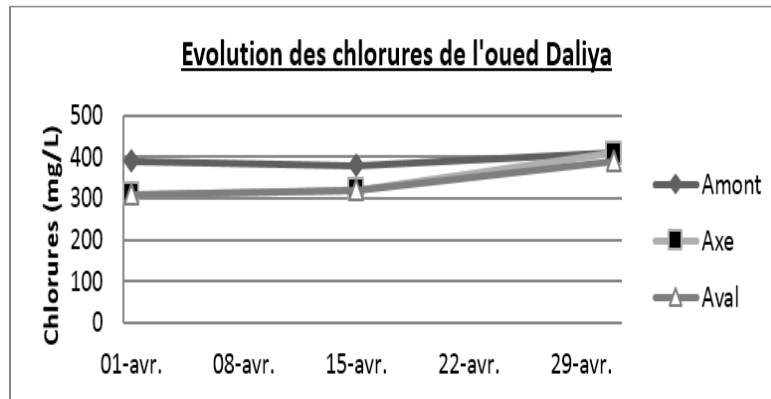


Figure 10 : Profil des chlorures dans l'eau en fonction du temps

3-1-7. Les sulfates

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques notamment le gypse (CaSO_4), mais également de la pyrite (FeS) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite). Les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole ainsi que l'utilisation d'engrais chimiques et de lessive [37].

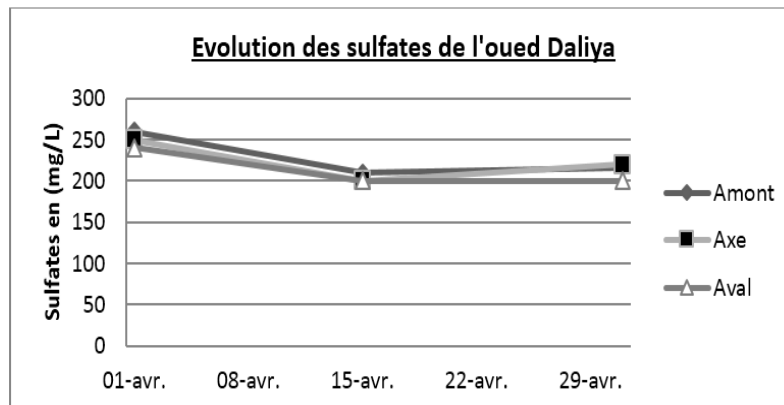


Figure 11 : Profil des sulfates dans l'eau en fonction du temps

Nos résultats (**Figure 11**) montrent que les eaux de l'oued Daliya présentent des taux de Sulfates qui varient entre 200 et 265 mg/l indiquant une qualité moyenne de ces eaux selon les normes marocaines [17]. Les sulfates sont naturellement présents dans les eaux de surface et leur concentration est généralement comprise entre 2,2 et 80 mg/l [38]. Par ailleurs, les fortes teneurs dans les eaux de l'oued Daliya peut s'expliquer par la nature des roches traversées [39], le lessivage des terres agricoles et aussi par l'utilisation de lessive par les riverains. Ces taux restent faibles par rapport à ceux rencontrés dans l'oued khoumane [40] et se rapprochent des valeurs trouvés dans les eaux de l'oued Guigou [24].

3-1-8. L'ammonium

L'azote ammoniacal constitue l'un des gaz solubles dans l'eau. Cependant, il existe en faible proportion dans les eaux naturelles, inférieure à 0,1 mg/l [41]. Il constitue un bon indicateur de la pollution organique des eaux superficielles et il provient essentiellement de la biodégradation de la matière organique azotée. L'analyse des eaux de l'oued Daliya pour la variable 'ammonium' révèle une excellente qualité de ces eaux selon les normes marocaines [17] puisqu'elle ne dépasse pas 0,09 mg/l. Mais la tendance des courbes (**Figure 12**) laisse prédire que la qualité des eaux peut se détériorer au cours du temps à cause de la baisse du débit de l'oued et de l'éventuelle dégradation de la matière organique provenant de la prolifération accentuée des algues.

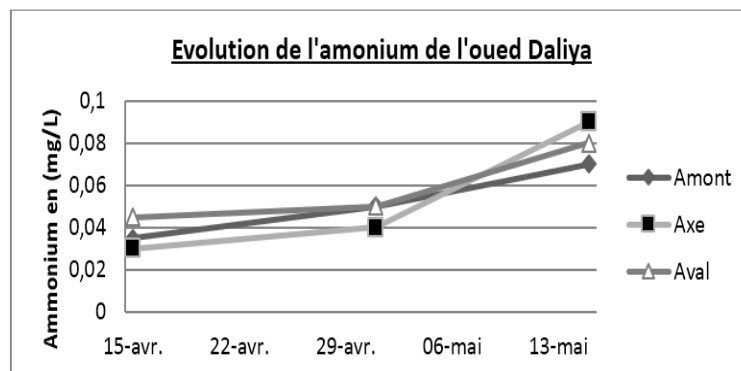


Figure 12 : Profil de l'ammonium dans l'eau en fonction du temps

3-1-9. Les nitrates

Présents à l'état naturel et soluble dans le sol, les nitrates pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Cependant, ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais [42] et constituent l'un des facteurs de la dégradation de la qualité de l'eau. Les nitrates constituent aussi, la phase finale de la nitrification et représentent la forme d'azote la plus oxydée présente dans les eaux. La concentration en nitrates des eaux souterraines et superficielles est inférieure à 1 mg/l dans les systèmes exempts d'activité humaine et la concentration naturelle en $N-NO_3$ est inférieure à 0.2 mg/l [43, 44]. Les nitrates constituent la forme d'azote utilisée par la plupart des végétaux et leur augmentation dans les cours d'eau est principalement due à l'utilisation agricole [43]. D'après les résultats d'analyse pour les nitrates (**Figure 13**), il s'est avéré que l'eau est d'une excellente qualité selon les normes marocaines [17] puisque dans tous les sites échantillonnés, elle ne dépasse pas 3.5 mg/l.

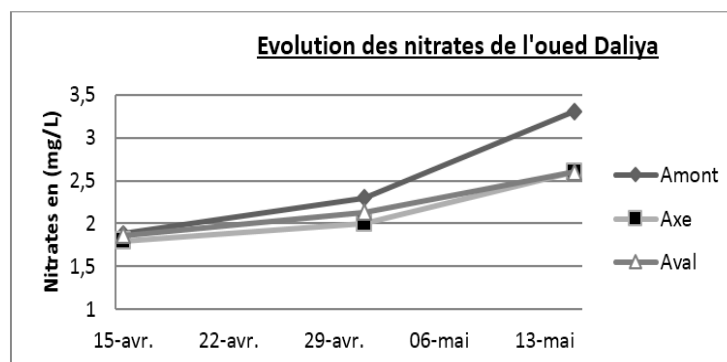


Figure 13 : Profil des nitrates dans l'eau au cours du temps

3-1-10. Orthophosphates

Le phosphore, l'un des nutriments importants, peut se trouver sous différentes formes oxydées. Il représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues. Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation. C'est un indicateur de pollution [16]. Cependant, ils ont un effet bénéfique en jouant un rôle régulateur : ils favorisent tous les phénomènes de fécondation, la mise à fruit et la maturité des organes végétatifs [45]. Nos résultats (**Figure 14**) montrent que les analyses des échantillons pour les orthophosphates qualifie ces eaux d'excellente qualité selon les normes marocaines des eaux de rivière [17], les valeurs rencontrées sont largement inférieures à celles fixées par ces dernières.

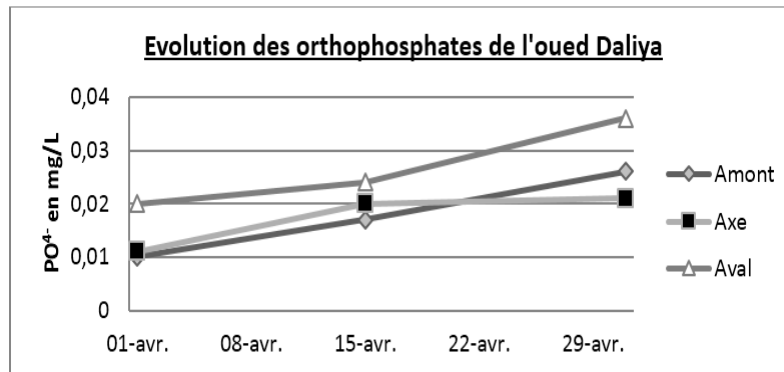


Figure 14 : Profil des orthophosphates dans l'eau au cours du temps

3-2. Caractérisation biologique

Les résultats du tri et de détermination nous ont permis de dresser un inventaire faunistique, qui à l'aide de l'indice biologique global normalisé (IBGN) nous a permis d'avoir une idée sur la qualité de l'Oued Daliya. L'IBGN présente un certain nombre d'avantages et de complémentarités par rapport aux variables physico-chimiques. En raison du caractère intégrateur des organismes étudiés, il permet de diagnostiquer également une pollution de l'eau ou une dégradation globale de l'habitat sans préjuger les causes de ces altérations. En effet, il vise à caractériser les perturbations par leurs effets et non par leurs causes. D'autre part, il peut révéler une pollution passée au contraire d'une analyse physico-chimique trop tardive de l'eau. En fait les populations aquatiques constituent une véritable mémoire des systèmes. Ainsi pour le cas de l'oued Daliya, le croisement entre la classe de variété et le groupe faunistique indicateur donne une note IBGN de 13/20 dans la station amont, de 14/20 dans la station axe et de 11/20 dans la station aval. Ce qui correspond à une qualité bonne dans les stations amont et axe et une qualité moyenne dans la station aval du cours d'eau Daliya selon [6] (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) selon AFNOR (2004)

IBGN	> ou = à 17	16-13	12-9	8-5	< ou = à 4
Couleur / Qualité	Excellente	bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

La comparaison de nos résultats à la norme marocaine de la qualité des eaux de surface [17] montre que les eaux de l'oued Daliya présentent une qualité excellente en ce qui concerne les taux d'ammonium, du nitrate et des orthophosphates ; une qualité bonne pour les valeurs trouvées pour la température, le pH et l'oxygène dissous et enfin une qualité mauvaise pour les valeurs déterminées de la conductivité, des chlorures et des

sulfates. Par ailleurs, on peut qualifier globalement ces eaux de bonnes. Ce qui est en accord avec les résultats obtenus au moyen de l'IBGN au niveau des stations amont et axe. Ceci est en accord avec les résultats de [46] obtenus sur l'oued [47] sur Nahr El Bared, qui ont trouvé une corrélation positive entre les paramètres physicochimiques et biologiques. La valeur de l'IBGN au niveau de la station aval peut s'expliquer par la faible variété taxonomique dans cette station qui est probablement liée à l'assèchement accentué de l'oued à ce niveau par rapport aux deux stations amont et axe. En effet, d'après l'étude menée par [48] sur le réseau hydrographique de l'oued Nfifikh, la diversité taxonomique des macroinvertébrés est très influencée par l'assèchement estival.

4. Conclusion

Les eaux de l'oued Daliya peuvent être globalement qualifiées de bonne qualité. La dégradation de la qualité physicochimique de l'oued Daliya est probablement liée au changement des conditions naturelles qui sont étroitement liées à l'installation de la saison sèche mais également à la prolifération des algues dans le lit du cours d'eau. Ces eaux peuvent être destinées à la consommation et à l'irrigation. Nous recommandons vivement la construction d'un barrage sur l'oued Daliya qui assurera sûrement de l'eau à la population pendant les périodes sèches.

Références

- [1] - J. ALIBOU, Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau et les zones humides du Maroc. Table Ronde Régionale en Méditerranée Athènes, Grèce, 10-11 Décembre (2002) 1-39 p.
- [2] - M. BZIOUI, Rapport national sur les ressources en eau au Maroc. UN WATER-AFRICA, (2004) 94 p.
- [3] - K. FARKI, G. ZAHOUR, H. EL HADI, S. ALIKOUSS et Y. ZERHOUNI, Les tholéiites fini-triasiques de Mohammedia (meseta côtière, Maroc) : Témoins d'un volcanisme de Rift intracontinental avorté. *European Scientific Journal*, Vol.10, N°20 (2014) 125 - 143.
- [4] - K. FARKI, G. ZAHOUR, Y. ZERHOUNI et W. HAMID, Contribution à la compréhension de l'évolution sédimentaire et tectono-volcanique de la série Triasico-Liasique de l'oued Nfifikh (Meseta côtière, Maroc). *Ann. Soc. Géol. Du Nord. T. 19 (2ème série)*, (2012) 1 - 12.
- [5] - J. RODIER, L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod, Paris, (1984) 667 p.
- [6] - AFNOR, Qualité écologique des milieux aquatiques. Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Association française de normalisation, Norme homologuée T90-350, (2004).
- [7] - K. BITAR, I. JOUILIL, R. DELHI, A. HILALI, F. BENZHA, A. KAOUKAYA, H. RHINANE, L. BAIDDER et M. TAHIRI, Evaluation qualitative et identification des ressources de pollution du bassin versant de l'Oum Erbia, Maroc. *Larhyss/Journal*, n° 14 (2013) 161 - 177.
- [8] - L. KARROUCH et A. CHAHLAOUI, Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'Oued Boufekrane (Meknes, Maroc). *Biomatec Echo 6*, volume 3, nombre 6 (2009) 6 - 17.
- [9] - N. LAMHASNI, L. HILLASSE, H. ABBA, S. EL HAOUAT et M. EL MADANI, Typologie des eaux de surface du bassin du Sebou par multi-approche : corrélation entre indice biologique global des réseaux de contrôle et de surveillance (IBG-RCS) et l'approche physicochimique et microbiologique. *Afrique SCIENCE*, 09(2) (2013) 35 - 49.

- [10] - N.OUALAD MANSOUR, K. TARGUISTI et J. JAMAL, Evaluation de la qualité des eaux dans les systèmes fluviaux du Rif (cas de la rivière Martil) et étude de la biodiversité des communautés de macroinvertébrés, Segundo congreso internacional sobre geologia y mineria en la ordenacion del territorio en el desarrollo utrilas- P., 08 (2009) 95 - 114.
- [11] - H. TACHET, M. BOURNAUD et P. RICHOUX, Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). Centre Régional de Documentation Pédagogique, (1980) 151 p.
- [12] - IBGE : Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général, Fiche, 2(2005) 16 p.
- [13] - G. LEYNAUD, Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. BTI Ministère de l'agriculture, (1968) 224 - 881.
- [14] - L. SIGG, P. BEHRA et W. STUMM, Chimie des milieux aquatiques. Dunod 5^{ème} édition, (2013) 497 p.
- [15] - G. LEYNAUD, J. ALLARDI, R. JAMAIN, M. ROGGER et M. SAVARY, Incidences d'un rejet thermique en milieu fluvial sur les mouvements des populations ichtyologiques. Bulletin Français de Pisciculture, (255) (1974) 41 - 50.
- [16] - M. MAKHOUKH, M. SBAA, A. BERRAHOU et M. VAN CLOOSTER, Contribution à l'étude physico chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental). Larhyss Journal, n° 09 (2011) 149 - 169.
- [17] - S. MAMOUNI, Direction de la recherche et de la planification de l'eau. Département de l'eau, qualité de l'eau au Maroc. Revue HTE n° 147- Sep/Déc., (2010) 23 - 39.
- [18] - S. EL BLIDI, M. FEKHAOUI, A.EL ABIDI, L. IDRISSE et T.BENAZZOU, Contamination des rizières de la plaine du Gharb (Maroc) par des métaux traces. Vecteur environnement, (2006) 46 - 53.
- [19] - M. EZZAOUAQ, Caractérisation hydrodynamique, physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de l'estuaire du Bouregreg (Maroc) soumis aux rejets des villes de Rabat-Salé. Thèse D.E.S. Fac. Sci. Rabat, (1991) 140 p.
- [20] - N. HIMMI, M. FEKHAOUI, A. FOURLANE, H.BOURCHIC, M. EL MAROUFY T. BENAZZOUZ et M. HASNAOUI, Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacino dimaturazione (lagunamistaeni Slimane – Morocco. Rivista Di Idrobiologia. Universitadegli studi diperugia, Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia laboratorio Di Idrobiologia "G.B. Grassi", (2003) 110 - 111 p.
- [21] - F. LAKHILI, M. BENABDELHADI, N. BOUDERKA, H. LAHRACH et A. LAHRACH, Etude de la qualité physico-chimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Beht (Maroc). European Scientific Journal, N°.11 (2015) 132 - 147.
- [22] - O. JAAG, Corrélation entre la turbidité, la transparence et la couleur de quelques-unes de nos eaux de surface. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, vol. 68, n° 310 (1963) 205 - 212.
- [23] - Santé Canada, Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique - La turbidité, Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario), (Numéro de catalogue H144-9/2013F-PDF), (2012) 86 p.
- [24] - Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Méthode d'analyse. Détermination des solides totaux et volatils dans les effluents ; méthode gravimétrique. MA. 115- S.D. 0.1, Ministère de l'Environnement du Québec, (2001) 11 p.
- [25] - A. ABOUDI, H.TABYAUI, F. EL HAMICHI, L. BENAABIDATE et A. LAHRACH, Etude de la qualité physico chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. European Scientific Journal. vol.10, No.23 (2014) 84 - 94.
- [26] - D. GHAZALI et A. ZAID, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès, Maroc). Larhyss Journal, n° 12 (2013) 25 - 36.
- [27] - M. B. PESCOD. Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed. Pescod and Arar, (1985) 93 - 114.

- [28] - J. RODIER, C. BAZIN, J. P. BROUTIN, P. CHAMBON, H. CHAMPSAUR et L. RODIER, *L'Analyse de l'Eau*. 8^e édition. Dunod : Paris, (1996) 1384 p.
- [29] - Y. ZHANG, *Epuration naturelle : de la rivière à la zone humide de rejet*. Th. Doct. Univ. Lorraine, (2014) 215 p.
- [30] - S. HERBET, *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau pour les rivières du Québec*, Québec, ministère de l'environnement et de la faune, direction des écosystèmes aquatiques, envirodoc n° EN/9701202, (1997) 20 p.
- [31] - S. HEBERT et S. LEGARE, *Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau*. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec (2000) 48 p.
- [32] - V. VILLENEUVE, S. LEGARE, J. PAINCHAUD et W. VINCENT, *Dynamique modélisation de l'oxygène dissous en rivière*. *Revue des Sciences de l'Eau*, 19 (4) (2006) 259 - 274.
- [33] - SEEE : Secrétariat d'Etat, auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement : normes marocaines définissant la grille de qualité des eaux de surface, (2007) 2 p.
- [34] - A. DAROUIE, A. BOUKROUTE, N. E. KOUDANE et A. BERRICHI, *Effet de la salinité sur la germination et la croissance in vitro du Washingtonia filifera L.* *Revue « Nature & Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 08 (2013) 32 - 38.
- [35] - A. N. LEPENGUE, I. MOUARAGADJA, B. M'BATCHI et S.AKE, *Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et la croissance du maïs (Zeamays L., Poaceae) au Gabon*. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (5) (2010) 1602 - 1609.
- [36] - M. MRANI ALAOUI, L. EL JOURMI, A. OUARZANE, S. LAZAR, S. EL ANTRI, M. ZAHOUILY et A. HMYENE, *Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (Effect of salt stress on germination and growth of six Moroccan wheat varieties)*. *J. Mater. Environ. Sci.*, 4 (6) (2013) 997 - 1004.
- [37] - G. S. BARRY, *Sodium sulphate*. *Canadian minerals yearbook - 1988*. Mineral Report, n° 37. Division des ressources minérales, énergie, mines et ressources. Ottawa, (1987).
- [38] - M. MEYBECK, G. FRIEDRICH, R. THOMAS et D. CHAPMAN, *Rivers. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, chapter, 6 (1996) 246 - 324.
- [39] - K. FARKI, G. ZAHOUR, Z. BAROUDI, S. ALIKOUSS, Y. ZERHOUNI, H. EL HADI et M. DARHNANI, *Mines et carrières triasico-liasiques de la région de Mohammedia : Inventaire, valorisation et étude d'impact environnemental*. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 20 N° 2 (2016) 306 - 326.
- [40] - A. BENMOUSSA, A. CHAHLAOUI et E. ROUR, *Qualité de la source Ain Hamma et effet du déversement de ses eaux sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued Khoumane, Maroc*. *Afrique SCIENCE*, 07 (2) (2011) 115 - 130.
- [41] - MEEDDAT : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire. *Guide technique actualisant les règles d'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole*, (2009) 74 p.
- [42] - D. CHAPMAN et V. KIMSTACH, *Selection of water quality variables*. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon. Chapter, 3 (1996) 74 - 133.
- [43] - M. MEYBECK, *Carbon, nitrogen and phosphorus transport by World Rivers*. *Amer. J. Sci.*, 282 (1982) 401 - 450.
- [44] - M. MEYBECK, *The quality of rivers : from pristine stage to global pollution*. *Palaeogeogr. Palaeocl.*, 75 (1989) 283 - 309.
- [45] - M. VILAIN, *La production végétale. Vol 2 : la maîtrise de technique de la production*. ED. Lavoisier (ed. J. Baillié). Paris- France, (1989) 491 p.

- [46] - M. HAFIANE, D. HAMZAOUI, D. BOUCHELOUCHE, M. MEBARKI et A. ARAB, Application de l'I.B.G.N et du B.M.W.P sur un oued temporaire d'Algérie. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic ecosystems" "CIPCA4" TAGHIT (Bechar) - ALGERIA, 19-21 November, (2013) 196 - 204.
- [47] - G. KHALAF, K. SLIM, C. ABI-GHANEM, K. NAKHLE et M. FAKHRI, Caractérisation et corrélation des paramètres biotiques et abiotiques des eaux du Nahr El Bared. Lebanese Science Journal, Vol. 10, No. 1 (2009) 3 - 21.
- [48] - O. TAZI, M. LOUFI, F.P. CASANOVAS et A. FAHDE, Impact du climat sur le réseau hydrographique Nfifikh (Meseta atlantique du Maroc). Sécheresse n° 4, vol. 15, décembre (2004) 361 - 365.