

UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et de l'Environnement

MEMOIRE DE MASTER

Filière: **Hydraulique**

Spécialité : **Sciences de l'Eau**

Thème :

**Evaluation des caractéristiques physico-chimiques des eaux
du barrage de Taksebt (wilaya de Tizi-Ouzou)**

Par

LAOUAMRI Ahlem

Devant le jury composé de :

B.REMINI	Professeur, U.de Blida	Président
N.MESSAOUD NACER	Maitre de conférences, U.de Blida	examineur principale
M. BESSENASSE	Maitre de conférences, U.de Blida	examineur
A. GUENDOUZ	Maitre de conférences, U.de Blida	examineur
A. BOUKNI	Maitre assistant, U.de Blida	examineur
A.BOUDJADJA	Maitre de conférences, U.de Blida	Promoteur
B. HADJKADDOUR	Maitre assistant, U.de Blida	Co- Promoteur

Promotion 2011/2012

Remerciements

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les années de maîtrise m'ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

*Tout d'abord je tiens à remercier **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné la foi et de
M'avoir permis d'en arriver là.*

*Je remercie mes **très chers parents** qui ont le droit de recevoir mes chaleureux remerciements pour le courage et le sacrifice qu'ils ont consentis pendant la durée de mes études en leurs souhaitant une longue vie pleine de joie et de santé.*

*Un grand merci à **Mr HADJKADDOUR**, sa compréhension et sa gentillesse durant tout le long de mon mémoire.*

*Je tiens à remercier **Mr BOUDJADJA** pour son encadrement et son soutien.*

*Pour la même occasion je tiens à remercier mon maitre de stage **Mr OUARDI Hamid** de m'avoir accueillie au sein de l'ANRH et pour sa disponibilité et son soutien.*

*Je remercie infiniment **Farida, M^r SALHI Hamza, Mr SELIMI, Mr TABAT** et l'ensemble des personnes du laboratoire de l'ANRH dont la disponibilité, le savoir faire et le soutien ne m'ont jamais fait défaut.*

*Je tiens particulièrement à remercier vivement tous **les professeurs de département des sciences de l'eau et l'environnement***

Pour leurs directives, conseils et encouragement qu'ils m'ont contribué à ma formation.

*Je remercie **les membres de jury** pour avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Je remercie tous **mes camarades de classe** et **mes amis** et tous ceux qui ont été à mes côtés jusqu'à aujourd'hui.*

Merci 

تقدر سعة سد تاكسبت بـ 181 مليون م³. السد مخصص لتوفير مياه الشرب في أجزاء من منطقة الجزائر, بومرداس و تيزي وزو بالمياه الصالحة للشرب.

من تحليل المقطع الحراري العمودي و الخصائص الفيزيائية و الكيميائية (درجة الحموضة ، المواد العاقلة ،التعكر الشفافية، العناصر المعدنية، المواد العضوية و القابلة للأكسدة ، مواد آزوتية، مواد فسفورية، المعادن: حديد و منغنيز و اليخضور) المنتقاة من مختلف مآخذ الماء من السد نستخلص:

- ◀ طبقات الماء خلال الفترة الممتدة من شهر ماي 2011 إلى سبتمبر 2012 و أشهر عام 2012 من جوان إلى أوت.
- ◀ النوعية الكيميائية الهامة.
- ◀ التأثير البشري على نوعية الماء.

Résumé

Le barrage de Taksebt a une capacité de 181 Hm³. Il est destiné à l'alimentation en eau potable des régions d'Alger, Boumerdés et Tizi Ouzou. L'analyse de profils thermiques verticaux et de paramètres physico-chimiques (pH, matières en suspensions, turbidité, transparence, éléments minérales, matières organiques et oxydables, matières azotées, matières phosphorées, métaux : fer et manganèse et la chlorophylle) effectués à différentes prises d'eau du barrage, faire ressortir :

- Une stratification des eaux durant les mois de Mai 2011 à Septembre 2011 et durant l'année 2012 de mois Juin à Aout.
- Une qualité chimique appréciable.
- Une menace anthropique sur la qualité des eaux.

Abstrat

Taksebt dam has a capacity of 181 Hm³. It is intended to supply drinking water to parts of Algiers, Boumerdés and Tizi Ouzou. The vertical temperature profile analysis and physico-chemical parameters (pH, suspended solids, turbidity, transparency, mineral elements, organic and oxydable nitrogenous, phosphorous matter, metals iron and manganese and chlorophyll) performed at different water intake dam, highlighting:

- A stratification of water during the months from May 2011 to September 2011 and during the year 2012 months from June to August.
- A significant chemical quality.
- An anthropogenic threat to water quality.

Introduction générale

« L'eau est au cœur de la vie, au cœur de notre vie. Elle a été l'une des toutes premières conquêtes de l'homme. Il a tenté de la piéger, de la maîtriser, de l'exploiter. Mais souvent il la maltraite, la pollue, la gaspille, l'ignore. Toujours il la craint, mais rarement la respecte... ». Ce passage extrait de « l'eau une histoire peu ordinaire », dernier ouvrage de Raoul CARUBA, Directeur du Réseau Méditerranéen sur les Ressources en Eau, réseau fondé par l'UNESCO, la ville de Cannes et l'Université de Nice, parue en mai 2008, cette publication met en exergue les défis du passé et les enjeux à venir en la matière.

Un chiffre, 1,4 milliards d'individus, dont la plupart vivent en Asie et en Afrique n'ont pas accès à une eau potable et la moitié de la population du globe ne disposent pas d'infrastructures d'assainissement, selon le rapport mondial des nations unies, un pays sur cinq souffrira d'un manque d'eau d'ici 2030. La présence de l'eau est une nécessité absolue qui conditionne la vie de l'homme comme celle des animaux et des plantes. L'homme en a besoin pour lui-même, mais aussi pour entretenir ces ressources alimentaires, qu'elles soient animales ou végétales. Cependant, les ressources disponibles sont compromises par des conditions climatiques défavorables, des défaillances dans la gestion de cette ressource et une pollution exponentielle, à la fois urbaine, industrielle et agricole. L'augmentation considérable de l'utilisation des produits chimiques par l'homme dans son activité quotidienne comme dans sa vie professionnelle, que ce soit en milieu agricole ou industriel, constitue peut être l'élément le plus important dans cette dégradation de la qualité de l'eau.

En Algérie le déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles est considérable. Les besoins exprimés par les différents utilisateurs sont nettement supérieurs aux ressources en eau mobilisées. La construction de barrages, conçue comme une solution à cette problématique, s'est avérée insuffisante puisque les besoins ne sont toujours pas satisfaits. Les potentialités de notre pays sont globalement estimées à 19,4 milliards de m³/an, dont 14,2 milliards de m³ au nord et 5,2 milliards de m³ au sud. Ainsi, l'Algérie, estiment les experts, est parmi les 17 pays africains touchés par le "stress hydrique". Eu égard au seuil de 1000 m³/habitant/an, fixé par la Banque mondiale, l'Algérie est classée dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques. À ce jour, les ressources superficielles mobilisées par les 50 barrages en exploitation sont de 2,2 milliards de m³/an sur une capacité de stockage de l'ordre de 5 milliards de m³.

Dans le cadre de notre thèse, nous nous sommes intéressés au barrage Taksebt. Ce dernier d'une capacité de 181 HM³ est situé à Tizi-Ouzou et est destiné à l'alimentation en eau potable des régions d'Alger, Boumerdés et Tizi-Ouzou. Le barrage de Taksebt de construction récente est menacé par une pollution multiforme générée par les infrastructures installées sur les bassins versants. La station de traitement d'une capacité de 600 000 M³/J installée en aval du barrage est approvisionnée à partir de trois prises d'eau implantées au niveau de la retenue. Notre étude est d'évaluer la qualité des eaux du barrage Taksebt et voir si elles sont conformes aux critères pour la production d'eau potable.

Objectif de l'étude

En général une stratification thermique s'établit au niveau d'une retenue des eaux d'un barrage, qui aura comme effet de différencier la qualité physico-chimique des eaux et ce sur différentes profondeurs. Le barrage de Taksebt est doté de trois prises d'eau localisées à différentes profondeurs servant à alimenter la station de traitement. L'objectif de ce projet de fin d'étude est d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques des eaux en profondeur à hauteur des différentes prises d'eaux et d'optimiser le choix de la prise d'eaux. Les résultats physico-chimiques enregistrés pour différentes périodes (hivernale et estivale) seront comparés à une grille de qualité spécifique aux eaux destinées à

Introduction générale

la production d'eau potable. Par ailleurs en plus de l'étude de la stratification et de la qualité des eaux de chaque prise, le degré trophique sera également estimé. Ce dernier permet d'apprécier la qualité générale des eaux du barrage.

Cette étude sera divisée en plusieurs parties :

- Premier chapitre résumera une étude de recherche bibliographique sur la qualité des eaux de surface surtout au niveau d'un barrage.
- Deuxième chapitre : présentation du site, nous donnons les différentes caractéristiques physiques et morphométriques et ces principales caractéristiques climatiques (précipitations et températures) de bassin versant de l'oued Aissi, plus les différentes caractéristiques spécifiques du barrage Taksebt.
- Troisième chapitre regroupera tous les matériels et méthodes utilisés pour l'appréciation et la caractérisation de la qualité des eaux de différentes profondeurs de la retenue et qui permette de déterminer le degré trophique des eaux.
- Quatrième chapitre : nous allons présenter et discuter les résultats d'analyses des caractéristiques physico-chimiques de la qualité générale du barrage durant la période Mai 2011 à Août 2012. Nous allons aussi évaluer la qualité des eaux des trois prises du barrage durant la période de Janvier 2012 à Août 2012. Ces derniers sont discutés et classés selon la grille de qualité des eaux du barrage.

Liste des figures

Chapitre I : La qualité des eaux de barrage

Figure n°1 : La chaîne alimentaire dans un écosystème aquatique.....	3
Figure n°2 : Boucle naturelle de la transformation de la matière.....	4
Figure n° 3 : La stratification thermique de l'eau en période estivale.....	9
Figure n°4 : Le brassage de la masse d'eau.....	10

Chapitre II: Présentation du site

Figure n°1 : Carte de localisation du B.V d'oued Aissi.....	26
Figure n°2 : Carte topographique du B.V de l'oued Aissi.	28
Figure n°3 : Courbe hypsométrique du B.V de l'oued Aissi.....	31
Figure n°4 : Réseau hydrographique du B.V de l'oued Aissi.....	33
Figure n°5 : Carte de situation des stations pluviométriques du bassin versant de l'oued Aissi.....	36
Figure n°6 : Variation des pluies annuelles au niveau de la station de Larbaa Nath Irathen (021705). 37	37
Figure n°7 : Variation des pluies annuelles au niveau de la station de Benni Yenni (021712).....	38
Figure n°8: Variation des précipitations mensuelles. Station Larbaa Nath Irathen (021705).....	39
Figure n°9: Variation des précipitations mensuelles. Station Benni Yenni (021712).....	39
Figure n°10 : Diagramme ombrothermique, Station de Tizi Ouzou.....	40
Figure n°11 : Situation topographique du barrage Taksebt.....	47
Figure n°12: Schéma d'ensemble prise et vidange.....	51

Chapitre IV : Résultats et discussion

Figure n°1 : Evolution de la stratification thermique pour l'année 2011.....	77
Figure n°2 : Evolution de la stratification thermique pour l'année 2012.....	79
Figure n°3 : Variation de degré trophique en fonction de temps.....	81
Figure n°4 : Variation de l'effet de prolifération végétale en fonction de temps.....	83
Figure n°5 : Variation du pH à la surface et au fond du barrage.....	85
Figure n°6 : Variation de la turbidité à la surface et au fond du barrage.....	86
Figure n°7 : Variation de la température à la surface et au fond du barrage.....	87
Figure n°8 : Variation des matières en suspension à la surface et au fond du barrage.....	88
Figure n°9 : Variation de l'oxygène dissous à la surface et au fond du barrage.....	89
Figure n°10 : Variation du % de saturation à la surface et au fond du barrage.....	90
Figure n°11 : Variation des matières organiques et oxydables au fond du barrage.....	91
Figure n°12 : Variation des matières azotées au fond du barrage.....	93
Figure n°13 : Variation de la concentration du phosphore totale à la surface et au fond du barrage.....	94
Figure n°14 : Variation du pH au niveau les trois prises d'eau du barrage.....	95
Figure n°15 : Variation de la turbidité au niveau les trois prises d'eau du barrage.....	96
Figure n°16 : Variation des matières en suspension au niveau les trois prises d'eau du barrage.....	97
Figure n°17 : Variation de température au niveau les trois prises d'eau.....	98
Figure n°18 : Variation de l'oxygène dissous au niveau les trois prises d'eau du barrage.....	99
Figure n°19 : Variation du % de saturation au niveau les trois prises d'eau du barrage.....	100

Figure n°20 : Variation de la D.B.O5 au niveau les trois prises d'eau du barrage.....	101
Figure n°21 : Variation de la D.C.O au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage.....	102
Figure n°22 : Variation de la matière organique au niveau des prises 1,2 et3 du barrage.....	103
Figure n°23 : Variation d'azote kjeldahl au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage.....	104
Figure n°24 : Variation de l'azote ammoniacal au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage.....	105
Figure n°25 : Variation des nitrites au niveau des prises 1,2 et3 du barrage.....	106
Figure n°26 : Variation de la concentration des nitrates au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage.....	107
Figure n°27 : Variation des orthophosphates au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage.....	108
Figure n°28 : Variation de phosphore totale au niveau des prises 1,2 et3 du barrage.....	109
Figure n°29 : Variation du fer au niveau des prises d'eau 1,2 et3 du barrage.....	110
Figure n°30: Variation du manganèse au niveau des prises d'eau 1,2 et 3 du barrage.....	111
Figure n°31 : Variation du résidu sec en fonction du temps.....	112
Figure n°32: Variation du calcium en fonction de temps.....	113
Figure n° 33 : Variation de magnésium en fonction de temps.....	114
Figure n° 34: Variation de sodium en fonction de temps.....	115
Figure n°35 : Variation des chlorures en fonction de temps.....	116
Figure n°35: Variation des sulfates en fonction de temps.....	117

Liste des tableaux

Chapitre I : La qualité des eaux de barrage

Tableau n°1 : Grille de qualité des eaux de barrage pour la production d'eau potable.....	14
Tableau n°2: Classe de qualité d'une altération organique.....	16
Tableau n°3 : Classe de qualité d'une altération azotée.....	17
Tableau n°4: Classe de qualité d'une altération phosphorée.....	18
Tableau n°5: Classe de qualité d'une altération physique.....	19
Tableau n°6: Classe de qualité d'une altération EPV.....	20
Tableau n°7: Classe de qualité d'une altération minérale.....	20
Tableau n°8: Classe de qualité d'une altération par les métaux.....	21

Chapitre II : Présentation du site

Tableau n°1 : Classification du relief.....	30
Tableau n°2 : Tableau récapitulatif les caractéristiques du B.V de l'oued Aissi.....	32
Tableau n°3 : Population du bassin versant par commune.....	41
Tableau n°4 : Répartition spatiale de la population du bassin versant Taksebt.....	42
Tableau n°5 : Tableau représentant les secteurs d'activités industrielles.....	43
Tableau n°6 : Débit moyenne des rejets domestiques du bassin versant Taksebt.....	45

Chapitre III: Matériels et méthode

Tableau n°1 : Les paramètres à analysé.....	55
---	----

Chapitre IV: Résultats et discussion

Tableau n°1: Variation de l'état trophique du barrage.....	81
Tableau n°2 : Variation des effets de prolifération végétale.....	83
Tableau n°3 : Variation du pH à la surface et fond u barrage.....	84
Tableau n°4 : Variation de la turbidité à la surface et au fond du barrage.....	86
Tableau n°5 : Variation de la température à la surface et au fond du barrage.....	87
Tableau n°6 : Variation des matières en suspension à la surface et au fond du barrage.....	88
Tableau n°7 : Variation de l'oxygène à la surface et au fond du barrage.....	89
Tableau n°8 : Variation de pourcentage de saturation à la surface et au fond du barrage.....	90
Tableau n°9 : Variation des matières organiques et oxydables à la surface et au fond du barrage.....	91
Tableau n°10: Variation des matières azotées à la surface et au fond du barrage.....	92
Tableau n°11: Variation de phosphore totale à la surface et au fond du barrage.....	94
Tableau n°12 : Variation du pH pour les trois prises d'eau.....	95
Tableau n°13 : Variation de la turbidité pour les trois prises d'eau.....	96
Tableau n°14 : Variation des matières en suspension pour les trois prises d'eau.....	97
Tableau n°15 : Variation de la température pour les trois prises d'eau.....	98
Tableau n°16 : Variation de l'oxygène pour les trois prises d'eau.....	99

Tableau n°17 : Variation de pourcentage de saturation pour les trois prises d'eau.....	100
Tableau n°18: Variation de la DBO ₅ au niveau les trois prises d'eau.....	101
Tableau n°19: Variation de la DCO pour les trois prises .d'eau.....	102
Tableau n°20 : Variation de la matière organique pour les trois prises d'eau.....	103
Tableau n°21: Variation de l'azote kjeldahl pour les trois prises d'eau.....	104
Tableau n°22: Variation de l'azote ammoniacal pour les trois prises d'eau.....	105
Tableau n°23° : Variation des nitrites pour les trois prises d'eau.....	106
Tableau n°24: Variation des nitrates pour les trois prises d'eau.....	107
Tableau n° 25: Variation des phosphates pour les trois prises d'eau.....	108
Tableau n°26: Variation du phosphore total pour les trois prises d'eau.....	109
Tableau n°27 : Variation de fer pour les trois prises d'eau.....	110
Tableau n°28 : Variation du manganèse pour les trois prises d'eau.....	111
Tableau n°29: Variation du résidu sec a 105°C au niveau des prises d'eau.....	112
Tableau n°30 : Variation de calcium au des prises d'eau.....	113
Tableau n°31: Variation de magnésium au niveau des prises d'eau.....	114
Tableau n°32: Variation de sodium au niveau des prises d'eau.....	115
Tableau n°33 : Variation des chlorures au niveau les prises d'eau du barrage.....	116
Tableau n°34: Variation des sulfates au niveau les trois prises d'eau.....	117

Liste des abréviations

ANRH –DRC	Agence Nationale des Ressources Hydriques – Direction Régionale Centre.
ADE	Algérie Des Eaux.
R.G.P.H	Recensement Général de la Population et de l'Habitat.
D.P.A.T	Direction de la planification et de l'Aménagement du Territoire.
AS	agglomérations secondaires.
ACL	agglomérations du chef lieu.
ZE	zones éparses.

I-1 Introduction

Le domaine de l'eau est un milieu particulièrement sensible aux pressions anthropiques puisque c'est principalement par l'eau que s'effectuent la collecte et le transfert des substances ou composés polluants dans l'environnement.

I-2 Généralité sur les eaux de barrage

Depuis quelques années, les plans d'eau naturelle ou artificielle, où se concentrent les masses d'eau issues des bassins versants voient leur qualité se dégrader fortement. Les phénomènes engendrés par les pollutions affectant le domaine de l'eau sont souvent spectaculaires. Ils peuvent se manifester par exemple par une prolifération de végétaux (algues, macrophytes), ou encore par l'envasement rapide des fonds lacustres. On parle d'eutrophisation ou encore de « vieillissement accéléré » de plan d'eau (DEVITAL, 2007).

I-2-1 L'écosystème aquatique

On appelle écosystème aquatique d'une part, l'ensemble des espèces animales et végétales, et d'autre part du milieu aquatique dans lequel elles vivent. L'écosystème aquatique produit constamment de la matière vivante. Celle-ci est progressivement transformée en matière organique morte, qui est elle-même en suite lentement minéralisée en partie ou en totalité. D'une manière schématique, un écosystème aquatique peut être divisé en trois compartiments biologiques : producteurs, consommateurs, décomposeurs (www.eau-rhin-meuse.fr/patrimoine, 2012).

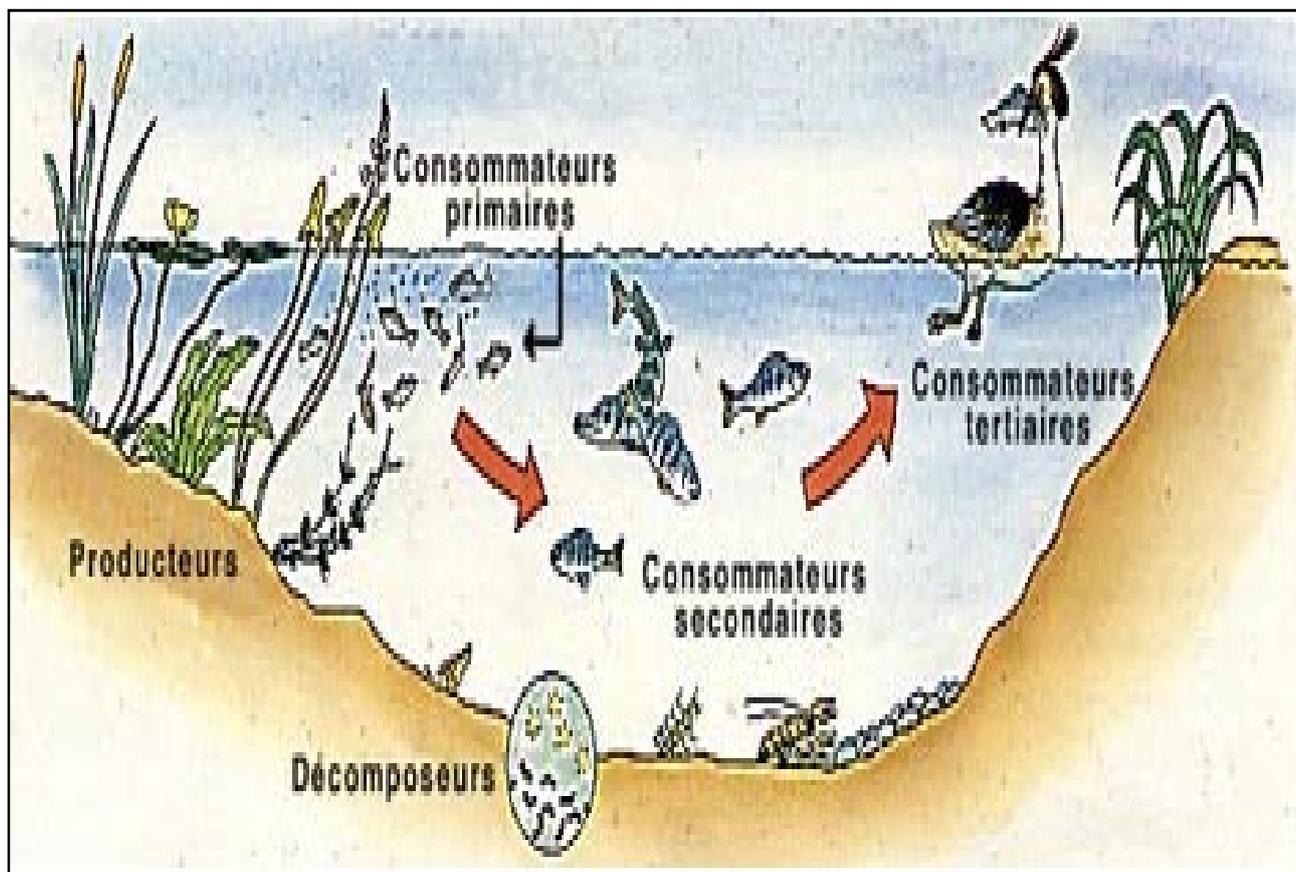


Figure n°1 : La chaîne alimentaire dans un écosystème aquatique.

(www.eau-rhin-meuse.fr/patrimoine, 2012)

a) Les producteurs

Ce sont essentiellement tous les végétaux qui utilisent toute la lumière solaire comme source d'énergie pour fabriquer par photosynthèse, les matières organiques dont ils ont besoin pour croître ; ce faisant, les plantes aquatiques consomment le gaz carbonique dissous dans l'eau, les nutriments dissous qui sont surtout l'azote, le phosphore et la silice, ainsi que divers autres constituants minéraux, et elles rejettent de l'oxygène ; les principaux producteurs sont les algues microscopiques du phytoplancton (www.eau-rhin-meuse.fr/patrimoine, 2012).

b) Les consommateurs

Ce sont soit des herbivores stricts, comme certaines espèces du zooplancton qui se nourrissent de phytoplancton ou certaines espèces d'invertébrés et de poissons qui se nourrissent d'algues et d'autres végétaux fixés sur le fond, soit des espèces plus omnivores consommatrices de végétaux, de zooplancton et autres invertébrés, soit enfin des espèces strictement carnivores, comme certains gros poissons qui se nourrissent des plus petits, ou encore certains oiseaux et petits mammifères ; ces animaux respirent en consommant l'oxygène produit par les plantes et en rejetant du gaz carbonique (www.eau-rhin-meuse.fr/patrimoine, 2012).

c) Les décomposeurs

Ce sont les micro-organismes, comme les bactéries aérobies ou les champignons, qui se nourrissent de toute la matière organique morte et biodégradable présente dans le milieu aquatique, qu'elle soit produite par les autres organismes (telle que les sécrétions animales) ou issue de leur décomposition, ou encore qu'elle provienne d'eaux de ruissellement, d'eaux infiltrées dans les sols ou d'eaux usées rejetées par les hommes ; pour dégrader ces matières organiques, les décomposeurs utilisent l'oxygène produit par les plantes. Le rôle des décomposeurs, bactéries et champignons est prépondérant car en décomposant les matières organiques. Ils participent à l'épuration des écosystèmes aquatiques. En outre, en transformant les matières organiques complexes en substances minérales simples dont les producteurs, les végétaux, ont besoin, c'est-à-dire en recyclant les matières organiques les décomposeurs referment en quelque sorte la boucle que des producteurs mène aux consommateurs puis aux décomposeurs, une boucle que l'on a coutume d'appeler la chaîne alimentaire, ou chaîne trophique (www.eau-rhin-meuse.fr/patrimoine, 2012).

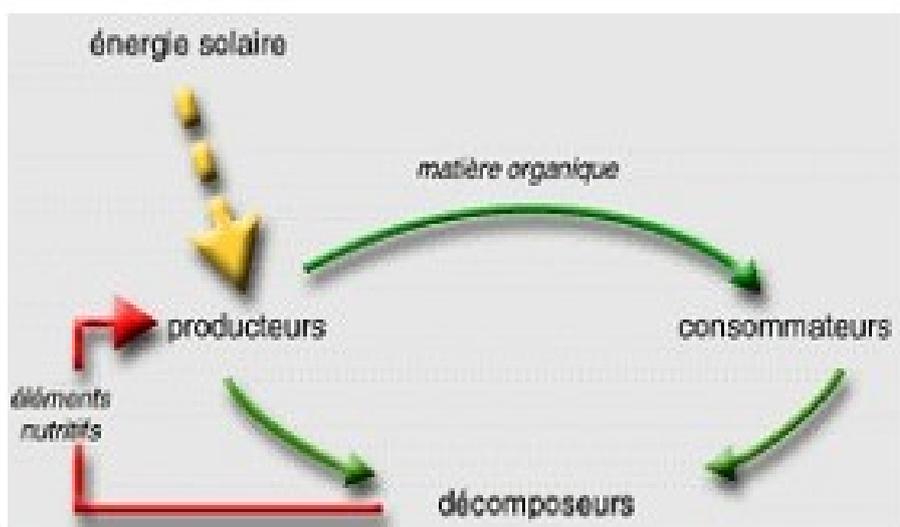


Figure n°2 : Boucle naturelle de la transformation de la matière

(www.eau-rhin-meuse.fr/patrimoine, 2012)

I-2-2 Type d'écosystème aquatique

I-2-2-1 Écosystèmes aquatiques naturels

a) Les nappes souterraines

Les eaux souterraines se trouvent dans le sous-sol où elles imprègnent les vides, les pores et les fissures de roches. Ces réservoirs, communément appelés « nappes » ou « aquifères », sont alimentés par les eaux de pluie après un cheminement plus ou moins long depuis la surface (www.eaurmc.fr/pedageau, 2012).

b) Les lacs

Un lac est de manière générale une grande étendue d'eau située dans un continent où il suffit que la profondeur, la superficie, ou le volume soit suffisant pour provoquer une stratification, une zonation, ou une régionalisation des processus qui lui sont propres (une seule condition remplie suffit à lui donner ce statut). (fr.wikipedia.org/wiki/lac, 2012).

I-2-2-2 Écosystèmes aquatiques artificiels

Le barrage est un ouvrage artificiel, le plus souvent construit en béton armé, coupant le lit d'un oued. Il est établi à travers une vallée, à l'endroit qui présente un rétrécissement dont la cuvette doit être géologiquement étanche. En effet, l'eau qui s'accumule dans cette cuvette constitue alors une réserve. Le volume d'eau contenu dans ce réservoir est appelé capacité. Le barrage, outre son corps principal, peut être complété par des annexes ; évacuateur de crues ; vidange de fond ; prise d'eau et de turbine électrique.

I-2-3 Caractéristiques d'un barrage

Un barrage est une étendue d'eau plus ou moins profonde, dont la rétention des eaux est due à l'existence d'une contre-pente qui peut se remplir par ruissellement, et qui ne subit pas l'influence des mers et océans du globe. La composition des eaux tient à la nature géologique des terrains du bassin versant et à celle du fond de la retenue.

Elle subit des variations grâce :

- Au régime des vents qui modifie la concentration en CO₂ (par agitation de l'eau).
- Aux pluies qui amènent surtout des matières en suspension.
- A la température qui règle les cycles de recirculation de la masse d'eau.

La surface des barrages est en contact avec l'atmosphère et possède une température sensiblement identique.

Les parties les plus profondes sont occupées par de l'eau à une densité supérieure à celle de surface. Cette densité peut atteindre le maximum au fond, pour une température de 4°C.

Un barrage profond présente, lorsque l'on descend de la surface vers le fond :

- De l'eau chaude se refroidissant jusqu'à 10°C l'été.
- De l'eau froide (ou glacée) se réchauffant jusqu'à 4°C l'hiver.

Si l'on effectue des mesures de température en fonction de la profondeur, on trouve :

- Une zone où la température décroît faiblement.
- Une zone dite de saut thermique où la température baisse rapidement en quelques mètres.
- Une zone profonde dans laquelle la température atteint 4°C si le barrage est assez profond. (<http://www.chemvironcarbon.com/fr/chaebon/adsorption>, 2012).

I-3 La qualité des eaux de surface

La qualité des eaux de surface et notamment celles des barrages sont vulnérables aux pollutions. De ce fait, elles nécessitent des installations de traitement conséquentes si celles-ci doivent produire, en toutes circonstances, une eau répondant aux normes fixées, alors que l'eau brute peut avoir, avant traitement, des caractéristiques variables. Pour faire face à ces variations, la conception de l'installation peut faire appel à plusieurs procédés et doit rechercher leur combinaison la plus judicieuse, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique.

Nous avons tendance à juger de la qualité de l'eau en fonction d'une utilisation particulière de celle-ci. C'est pourquoi on a défini des critères de qualité de l'eau de surface adaptés aux principaux usages de l'eau. Ces critères visent la protection de la santé humaine que ce soit au niveau de la consommation d'eau ou d'organismes aquatiques ou encore des activités récréatives impliquant un contact avec l'eau (www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco/GuidecorrDernier.pdf, 2012).

I-3-1 Caractérisation de la qualité de l'eau

La qualité d'une eau est déterminée par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et l'effet qu'elles ont sur l'écosystème et sur l'être humain. C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier. Même l'eau des rivières et des lacs les moins influencés par les activités humaines n'est pas pure. Elle contient de nombreuses substances, dissoutes ou en suspension, que l'on retrouve partout dans la nature (bicarbonates, sulfates, sodium, calcium, magnésium, potassium, azote, phosphore, aluminium, fer, manganèse, etc.). A ces substances d'origine naturelle peuvent s'ajouter des produits découlant de la simple présence humaine (phosphore, azote et micro-organismes contenus dans les eaux usées domestiques) ou des activités industrielles et agricoles (substances toxiques, métaux, pesticides) (www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco/GuidecorrDernier.pdf, 2012).

I-3-2 Variation de la qualité de l'eau

Au cours d'une année, d'une saison et même d'une journée, la qualité de l'eau peut être très variable. Les phénomènes de ruissellement et d'érosion, de même que les précipitations et les variations du débit d'un cours d'eau influencent énormément la qualité de l'eau. En période d'étiage, les concentrations de certaines substances présentes dans l'eau peuvent être beaucoup plus élevées que pendant le reste de l'année. A l'inverse, en période de crue, certaines substances se trouvent diluées dans un plus grand volume d'eau alors que d'autres, qui atteignent le cours d'eau par ruissellement, se retrouvent en concentration plus importante. Ainsi, les concentrations des substances naturelles non dissoutes provenant d'un processus d'érosion augmentent avec le débit : c'est le cas notamment des éléments d'origine géologique et des différentes substances qui y sont liées. Par ailleurs, les concentrations des divers polluants rejetés artificiellement et régulièrement dans un cours d'eau diminuent lorsque le débit augmente (www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco/GuidecorrDernier.pdf, 2012).

I-3-3 Processus influant sur la qualité de l'eau dans la retenue

La répartition des propriétés physiques (lumière, chaleur, densité, turbulence) et chimiques (concentrations en nutriments,...) impose aux retenues créées par la construction d'un seuil une structure physique très liée à leur morphologie et dont dépend l'organisation des communautés biologiques.

I-3-3-1 Les deux principaux mouvements de la masse d'eau

Dans la nature les eaux superficielles et notamment les lacs et les barrages sont soumis à des mouvements réguliers pendant l'année qui se traduisent par une alternance de **stratification thermique** et de **brassage de la masse d'eau**. Cette succession régulière de deux périodes représente le facteur fondamental dans la dynamique des eaux lacustres car elle explique toute variation de la teneur de l'eau en éléments solides ou gazeux dissous, au cours de l'année. (www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco/GuidecorrDemier.pdf, 2012).

a) La stratification thermique

Le cycle thermique annuel d'un plan d'eau est un des facteurs les plus importants. Il détermine son fonctionnement physique, chimique et biologique. Pendant la saison chaude des régions tempérées, le réchauffement par l'énergie lumineuse permet un réchauffement inégal de la colonne d'eau dans les retenues. Il s'installe alors une stratification thermique

La stratification est plus prononcée durant la saison estivale. Lorsque la stratification est observée, le phénomène entraîne la formation de deux couches d'eau qui se mélangent difficilement. Cette brusque séparation s'appelle la thermocline. Elle correspond à la séparation entre deux masses d'eau, de température, de chimie et de densité différentes, et qui se sont bâties au cours de l'été. Ainsi, la couche du fond évolue pratiquement en circuit fermé et souffre parfois d'un déficit en oxygène, car les micro-organismes s'en servent pour la dégradation, alors que l'oxygène de la surface n'est pas disponible pour l'eau en profondeur. (Daniel.N, 2008).

Les trois zones pendant la stratification thermique sont :

- L'**épilimnion** correspond à une couche d'eau superficielle chaude et relativement homogène. Plus ou moins fortement pénétré par la lumière, il constitue la zone trophogène dans laquelle s'élabore la biomasse végétale par photosynthèse. En raison de l'activité photosynthétique, cette zone se trouve vite appauvrie en éléments nutritifs.
- La couche intermédiaire ou **métalimnion**, moyennement oxygénée, est caractérisée par une température plus froide que l'épilimnion et plus chaude que la couche profonde. Cette différence de température par rapport à la surface, construit une barrière physique appelée **thermocline**, qui empêche les échanges entre les eaux de la couche superficielle et celles de la couche profonde.
- La couche inférieure ou **hypolimnion** est la plus froide, faiblement éclairée ; la température y varie très peu. L'oxygène dissous y est très peu abondant, en raison de son utilisation, entre autre pour la décomposition de la matière organique. Parfois

l'oxygène dissous disparaît complètement dans cette couche d'eau, phénomène que l'on appelle anoxie.

Dans les régions méditerranéennes, ce phénomène se manifeste pendant la période estivale. (Voire figure n°3).

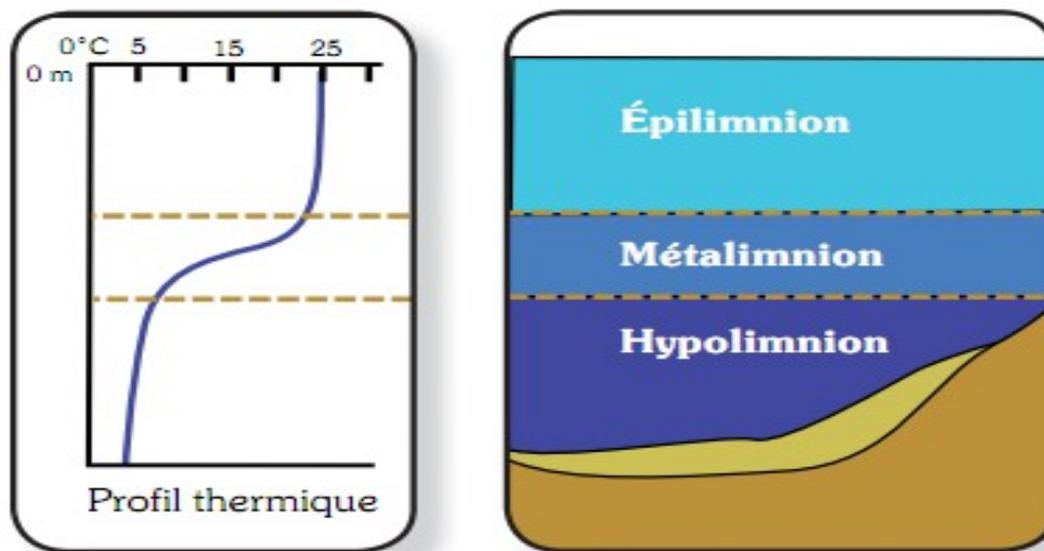


Figure n° 3 : La stratification thermique de l'eau en période estivale

(Trousse des lacs.org/pdf/fiche_stratification, 2012)

b) Le brassage de la masse d'eau

C'est un phénomène qui se manifeste sur deux saisons ; le brassage printanier et le brassage automnal. Dans la zone tempérée, celui du printemps n'apparaît pas; ces lacs sont dits monomictiques chaud. Pendant la période de brassage il y a homogénéisation totale de tous les éléments de la colonne d'eau, tels que l'oxygène dissous, la température, la turbidité...etc. Une bonne aération est caractéristique de toute la masse d'eau pendant cette période ; cela permet la remise à nouveau de l'équilibre dans le plan d'eau. L'étude approfondie de ce phénomène montre son importance dans le maintien de l'écosystème aquatique, car son intervention atteint toujours les couches profondes qui sont à l'origine d'une dégradation très sévère de la qualité de l'eau dès qu'il y a une chute de concentration en oxygène c'est à dire la période juste après la stratification. (Voire figure n°4).

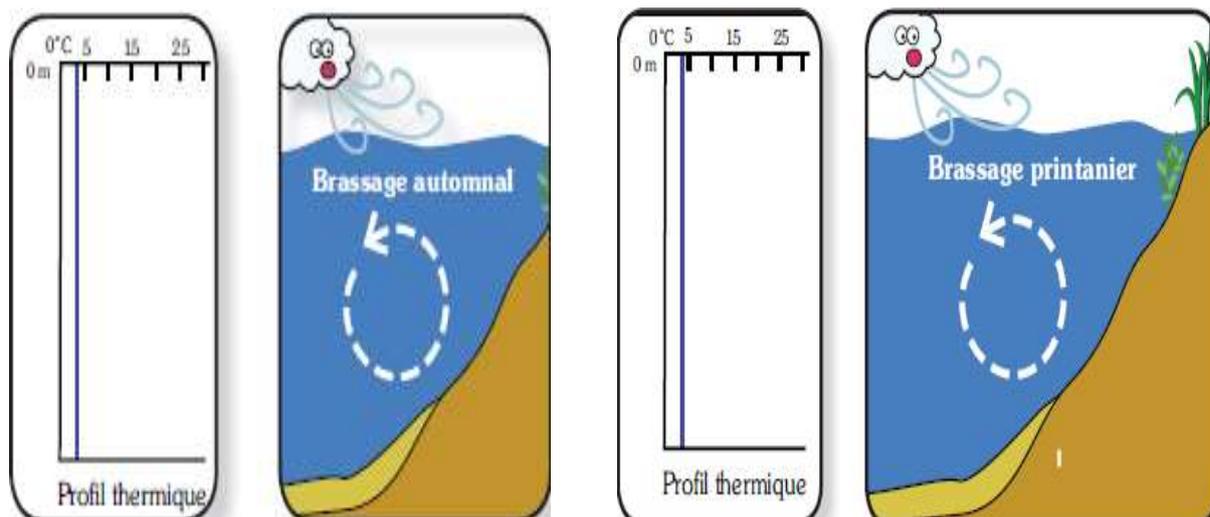


Figure n°4 : Le brassage de la masse d'eau

(Trousse des lacs.org/pdf/fiche_stratification, 2012)

I-3-3-2 Le relargage par les sédiments

Les phénomènes d'oxydoréduction ont une importance toute particulière à l'interface eau par sédiment, frontière entre deux milieux où les concentrations sont fort différentes la réduction de cette interface a pour effet de provoquer le relargage de bon nombre substances gênantes, voire toxiques et d'enrichir l'eau sur nageant. Ce relargage tient son efficacité de la plus grande solubilité des formes réduites mais aussi de la formation de bulles lorsque les gaz produits dépassent la saturation (Grier, 2009).

La désoxygénation de la masse d'eau hypolimnionique durant tout l'été (concentration en oxygène < 3 mg/l) entraîne le relargage par les sédiments d'éléments comme le phosphore, l'azote ammoniacale, le fer et le manganèse (Grier, 2009).

I-3-3-3 La pollution différée dans le temps

Il est souvent fait état, au travers des études de suivi, d'un phénomène de pollution différée dans le temps. Lors que les cours d'eau reçoivent ponctuellement des charges polluantes à l'amont de la retenue, celle-ci peut bloquer ces charges temporairement et provoquer ainsi une pollution différée. Ce phénomène s'observe pour l'azote, le phosphore et les matières organiques stockées les plans d'eau et relargués à l'automne (Grier, 2009).

I-3-3-4 Le marnage et la redistribution du phosphore

Le mode de gestion hydraulique entraîne un phénomène de marnage (variation du niveau d'eau) dont l'amplitude varie avec la vocation et la conception des retenues, celles destinées à l'irrigation font l'objet d'un fort marnage d'autant plus que la période optimale des besoins en eau correspond à l'étiage des rivières.

Conséquence du marnage, la dessiccation des sédiments et des sols entraîne des modifications de la spéciation du phosphore dans le sens des formes les plus instables, c'est-à-dire, les plus facilement utilisables par les algues ou les végétaux supérieurs. Si les processus explicatifs

évoqués sont variables (déshydratation des hydroxydes ferriques, destruction de la biomasse bactérienne et végétale) il semble que parmi les facteurs agissant sur la solubilisation des phosphates, deux ont un effet que l'on peut directement lier au marnage : la durée et l'intensité de la remise en suspension du sédiment pendant la baisse des eaux et leurs remontées. Cet état sera d'autant plus favorisé qu'émergence importante. La fréquence et la période aux quelles ces épisodes ont lieu seront d'autre part très déterminantes (Grier, 2009).

I-3-3-5 La mise en eau

L'auto-enrichissement des réservoirs peut s'effectuer dès le remplissage par un relargage d'éléments nutritifs provenant des sols ennoyés. Ce relargage est lié à la décomposition des matières organiques qui les constitue ou qui les recouvre. Ce processus est limité dans le temps par épuisement de la masse d'eau en éléments nutritifs (Grier, 2009).

I-3-3-6 Les apports des bassins versants

Les apports du bassin versant qui réalisent la majeure partie de la nutritive arrivent au plan d'eau et déterminent, avec le temps, le niveau trophique des écosystèmes aquatiques et l'occurrence des réservoirs artificiels. A long terme, les effets cumulés de la charge externe et interne (relargage par les sols et les sédiments) peuvent contribuer à une dégradation de la qualité des eaux avec, dans les cas les plus critiques apparition d'odeurs nauséabondes, proliférations d'algues ou de certaines espèces de macrophytes et mortalité de poissons. Ces effets seront d'autant moins importants que le taux de renouvellement des eaux de la retenue sera élevé. Un soutirage fréquent des eaux de fond est donc favorable (Grier, 2009).

I-2-3-7 l'autoépuration du système

On appelle autoépuration l'ensemble des processus biologiques (dégradation, consommation de la matière organique, photosynthèse, respiration animale et végétale,...), chimiques (oxydation,...), physiques (dilution, dispersion, adsorption,...) permettant un écosystème aquatique équilibré de transformer ou d'éliminer les substances (essentiellement organiques) qui lui sont apportées (pollution). On doit distinguer l'autoépuration vraie (élimination de la pollution) de l'autoépuration apparente (transformation, transfert dans l'espace ou dans le temps de la pollution). Les organismes vivants (bactéries, champignons, algues,...) jouent un rôle essentiel dans ce processus. L'efficacité augmente avec la température et le temps de séjour. La capacité d'autoépuration d'un écosystème est limitée et peut être inhibée (toxique notamment) (Grier, 2009).

A l'extrême amont du réseau hydrographique, où le courant est rapide voire torrentiel l'oxygénation de l'eau et par conséquent, la minéralisation de la matière organique sont maximales. De plus, la pollution y est minime et rapidement diluée par des eaux encore pures. A mesure que l'on progresse vers l'aval le courant ralentit, la minéralisation se fait de moins en moins bien, la pollution s'intensifie, le facteur de dilution diminue et l'autoépuration est de moins en moins performante. Par contre, le ralentissement de l'eau favorise le dépôt de sédiments, support potentiels de plantes aquatiques, ainsi que la prolifération du phytoplancton. En effet, non seulement la diminution du taux de renouvellement favorise la multiplication cellulaire mais la sédimentation des particules entraîne une meilleure pénétration de la lumière donc une meilleure photosynthèse.

Cette différence amont/aval qui apparaît au sein des eaux courantes en raison du ralentissement est encore plus marquée entre eaux courantes et eaux stagnantes. De façon générale, les

eaux stagnantes jouent naturellement un rôle épuratoire. Une partie de phosphore est ainsi éliminée par sédimentation, le reste se trouvant à la base d'une pyramide trophique dont le sommet est occupé par le poisson. Tant que l'homme a été discret elles ont été d'inestimables sources d'eau potable de nourriture. Maintenant que l'eau a été élevée au statut de véhicule privilégié de la pollution, ces points bas de réseau hydrographique sont devenus des « dépotoirs ».

L'impact des seuils sur le pouvoir auto-épurateur du milieu dépend donc de la qualité de l'eau en amont. Si les charges polluantes sont faibles, les retenues constituent un avantage : la qualité des eaux sera améliorée en fin de bief et au pied des chutes ; si les charges polluantes entrantes sont supérieures à la capacité d'assimilation des retenues on observera une influence négative à l'amont des biefs (Grier, 2009).

I-3-3-8 L'eutrophisation

L'eutrophisation des lacs est la conséquence d'un apport excessif en phosphore généralement lié aux activités urbaines, agricoles et industrielles. Il en résulte un développement important de la biomasse algale et principalement du phytoplancton. Celle-ci sédimente au fond de l'eau où elle se décompose en consommant une grande quantité d'oxygène dissous.

Les conséquences de l'eutrophisation sur la qualité des eaux sont importantes. L'eau brute des lacs eutrophiés est de mauvaise qualité à toutes les profondeurs.

Les eaux profondes (hypolimnion) sont généralement anoxiques avec de fortes concentrations en matières organiques et en composés aussi indésirables que le fer, le manganèse, l'ammoniac, et parfois même l'hydrogène sulfureux. Par ailleurs, elles peuvent présenter une turbidité importante.

Les eaux de surface (épilimnion) sont également riches en matières organiques et très turbides, ont un Ph très variable au cours de la journée (dans une plage de 7 à 10) et contiennent des cyanobactéries toxiques, des algues filamenteuses ou du nanoplancton.

Quant aux couches intermédiaires (métalimnion), elles combinent de façon totalement aléatoire les inconvénients des deux précédentes. Cette variabilité nécessite un contrôle très fin de l'eau brute destinée à la potabilisation et impose un ajustement permanent des réactifs (Grier, 2009).

I-3-4 Evaluation de la qualité des eaux de barrage

Le traitement d'une eau brute avant son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée avant de subir le traitement de potabilisation approprié.

Pour l'évaluation des eaux de surface en Algérie, l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques) s'est inspirée des grilles d'évaluation de la qualité des eaux en vigueur dans les agences de bassins Françaises en apportant quelques modifications notamment au niveau de l'altération minérale. L'objectif de cette grille de qualité vise essentiellement à définir pour des eaux leur aptitude à la production d'eau potable.

Les différents paramètres analysés sont regroupés en 7 indicateurs appelés altérations. Ces altérations permettent d'identifier un type de pollution précis (physique, EPV, matière organique,

matières azotées, matières phosphorées, minérales et métaux) afin de pouvoir suivre son évolution dans le temps. Elles regroupent entre eux des paramètres de même nature ou ayant des effets comparables sur le milieu aquatique.

a) Evaluer la qualité physico-chimique et bactériologique d'un cours d'eau

L'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau est très importante. En effet, la modification de ces paramètres est susceptible de perturber les fonctions du cours d'eau notamment la potentialité biologique de l'eau (son aptitude à permettre la vie) et ses usages potentiels. (production d'eau potable, loisirs, sport aquatique, irrigation...) (Grier, 2009).

b) Evaluer la qualité physique des cours d'eau

Pour évaluer la qualité physique d'un cours d'eau on s'intéresse à l'ensemble des paramètres intervenant dans l'architecture, la forme du cours d'eau et dans son fonctionnement hydrodynamique.

On évalue la qualité physique du cours d'eau selon des critères au niveau du lit majeur des berges et du lit mineur puis on analyse l'incidence de cette qualité sur les principales fonctions du cours d'eau. On distingue les fonctions naturelles (habitat pour la faune et la flore, régulation naturelle des étiages, des crues etc.,...) (Grier, 2009).

I-3-5 Grille d'évaluation la qualité des eaux de barrage

Les résultats d'analyses sont comparés à une grille nationale d'évaluation de la qualité de l'eau. Elle permet d'évaluer l'état physico-chimique de l'eau pour la macro polluante. La grille fixe 5 classes de qualité [ANRH-DRC].

➤ **La classe 1, (en bleu)** caractérise les eaux exemptes de pollution, aptes à satisfaire les usages les plus exigeants en qualité. La qualité est « **très bonne** ».

➤ **La classe 2, (en vert)** caractérise les eaux d'une qualité légèrement moindre, ces eaux peuvent néanmoins satisfaire tous les usages. La qualité est dite « **bonne** ».

➤ **La classe 3, (en jaune)** caractérise les eaux d'une qualité « **passable** », suffisante pour l'irrigation, les usages industriels, la production d'eau potable après un traitement poussé. L'abreuvement des animaux est généralement toléré. Le poisson y vit normalement mais sa reproduction peut y être aléatoire. Les loisirs liés à l'eau y sont possibles lorsqu'ils ne nécessitent que des contacts exceptionnels avec elle.

➤ **La classe 4, (en rose)** caractérise les eaux d'une qualité « **mauvaise** », juste apte à l'irrigation, au refroidissement et à la navigation. La vie piscicole peut subsister dans ces eaux, mais cela est aléatoire en période de faibles débits ou de fortes températures par exemple.

➤ **La classe 5, (en rouge)** caractérise les eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour un ou plusieurs paramètres. Elles sont considérées comme inaptées à la plupart des usages et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement. La qualité est dite « **très mauvaise** ».

Tableau n°1 : Grille de qualité des eaux de barrage pour la production d'eau potable (ANRH-DRC)

Altération	Paramètres / Classe	C1	C2	C3	C4	C5
Physique	pH min	6,5	6.5-6	6-5.5	5.5-4.5	<4.5
	pH max	8,2	8.2-9	9-9.5	9.5-10	>10
	M.E.S à 105°C mg/L	10	10-25	25-38	38-50	>50
	Turbidité NTU	5	5-35	35-70	70-100	>100
	Transparence (cm)	200	200-160	160-130	130-100	<100
	T°C Eau	20	20-25	25-30	30-35	>35
Minérale	Résidu Sec mg/L	500	500-1000	100-1500	1500-2000	>2000
	Calcium mg/L	50	50-100	100-150	150-200	>200
	Magnésium mg/L	25	25-50	50-100	100-150	>150
	Sodium mg/L	50	50-100	100-150	150-200	>200
	Chlorures mg/L	100	100-200	200-300	300-500	>500
	Sulfates mg/L	100	100-200	200-300	300-400	>400
M.O.O.X	O ₂ %	>90	90-70	70-50	50-30	<30
	O ₂ mg/L	>8	8-6	6-4	4-3	<3
	D.C.O mg/L de O ₂	20	20-30	30-40	40-80	>80
	D.B.O ₅ mg/L de O ₂	3	3-6	6-10	10-25	>25
	M.Org mg/L de O ₂	3	3-6	6-10	10-25	>25
Azotée	N.T.K (N) mg/L	1	1-2	2-4	4-6	>6
	Ammonium NH ₄ mg/L	0,5	0.5-1.5	1.5-2.8	2.8-4	>4
	Nitrites NO ₂ mg/L	0,03	0.03-0.3	0.3-0.5	0.5-1	>1
	Nitrates NO ₃ mg/L	2	2-10	10-25	25-50	>50
Phosphorée	Orthophosphates PO ₄ mg/L	0,1	0.1-0.5	0.5-1	1-2	>2
	P/T mg/L	0,05	0.05-0.2	0.2-0.5	1	>1
Métaux	Fer mg/L	0,05	0.05-0.125	0.125-0.2	0.2-10	>10
	Manganèse mg/L	0,02	0.02-0.03	0.03-0.05	0.05-1	>1
EPV	pH	8	8,5	9	9,5	>9.5
	O ₂ %	110	130	150	200	>200
	Chlorophylle a (µg/L)	10	60	120	240	>200

I-3-6 Les paramètres d'évaluation de la qualité des eaux de barrage

I-3-6-1 Altération par les matières organiques et oxydables

Cette famille regroupe l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique et un ensemble de substances organiques susceptibles de consommer cet oxygène lors de leur dégradation. Ces substances sont contenues dans tous les rejets d'origine urbaine, agricole et dans de nombreux rejets industriels. La présence d'oxygène dissous dans les eaux de surface joue un rôle fondamental dans le maintien de la vie aquatique et dans l'autoépuration. Les matières organiques rejetées au milieu naturel sont dégradées par la faune présente dans le milieu aquatique. Cette dégradation est le fruit d'une oxydation des matières organiques par l'oxygène dissous dans l'eau. Celui-ci est donc consommé, ce qui peut modifier fortement l'équilibre chimique de l'eau et la survie des espèces aquatiques. Ces rejets peuvent entraîner toute une série de nuisances pour l'écosystème (MERABET.S, 2010).

- la désoxygénation de l'eau.
- la libération de substances toxiques : ammoniac, nitrites, hydrogène sulfurisé.
- la présence d'éléments pathogènes (notamment les bactéries fécales, des vers, des virus) peut être mortel autant pour les écosystèmes des plans d'eau que pour la santé publique,
- et enfin, un gêne visuelle et olfactive.

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux naturelles sont déterminées principalement par :

- les échanges avec l'atmosphère.
- la respiration des organismes aquatiques.
- l'oxydation et la dégradation des polluants.
- l'activité photosynthétique de la flore.

Les rejets d'effluents organiques ou réducteurs dans le milieu naturel ont pour effet principal de diminuer la quantité d'oxygène, c'est pourquoi cette pollution organique est évaluée par la demande en oxygène :

- la demande biologique en oxygène ou DBO₅.
- la teneur en oxygène, (le pourcentage de saturation de l'oxygène de l'eau est fonction de la quantité d'oxygène et de la température de l'eau, plus il est élevé, plus la photosynthèse est importante dans la journée (présence du soleil), mais chute brutalement la nuit et provoque de gros écarts.
- le dosage de la matière organique oxydable.

Le tableau n°2 représente les différentes classes de l'altération organique.

Tableau n °2: Classe de qualité d'une altération organique

Paramètres / Classe	C1	C2	C3	C4	C5
O ₂ %	90	90-70	70-50	50-30	<30
O ₂ mg/L	8	8-6	6-4	4-3	<3
D.C.O mg/L de O ₂	20	20-30	30-40	40-80	>80
D.B.O ₅ mg/L de O ₂	3	3-6	6-10	10-25	>25
M.Org mg/L de O ₂	3	3-6	6-10	10-25	>25

I-3-6-2 Altération par les matières azotées

En dehors de toutes influences humaines, les différentes formes de l'azote se changent en interagissant avec les différents milieux (aquatiques, terrestres, aériens) au cours du cycle de l'azote. Trois processus de base sont impliqués dans le recyclage de l'azote atmosphérique, N₂:

- ❖ la fixation de l'azote atmosphérique par des organismes aquatiques et terrestres (les cyanobactéries et certaines bactéries vivant en symbiose avec les plantes) permet la transformation de celui ci en ammonium.

- ❖ la nitrification est une réaction d'oxydation permettant de transformer le produit de la fixation en nitrites, NO₂⁻, puis en nitrates, NO₃⁻, grâce à l'action de certaines bactéries. Ces nitrates sont par la suite directement utilisables par les plantes.

- ❖ enfin, la dénitrification, dont la réaction consomme des nitrates, de la matière organique dégradée et de l'hydrogène, permet la formation de nouvelles molécules d'azote atmosphérique.

Les nombreux apports, dus aux activités anthropiques, ont déséquilibré le cycle naturel de l'azote au profit de la forme nitrates :

- ❖ l'agriculture intensive entraîne directement une augmentation de la concentration en nitrate dans les eaux souterraines et superficielles. En effet, des reliquats d'azote excédentaire non exportés par la culture peuvent être présents dans les sols après la récolte (cet azote est présent lorsque le rendement espéré n'a pas été atteint ou surestimé, ou que les apports des effluents d'élevage n'ont pas suffisamment été pris en compte). Lorsque la réserve hydrique des sols est saturée à l'automne, cet azote est entraîné par lessivage vers les eaux souterraines. Il peut également être entraîné par ruissellement de surface ou de subi-surface vers les cours d'eau.

- ❖ les rejets domestiques, industriels et les apports d'effluents d'élevage sont une source importante d'azote ammoniacal indirectement (réactions d'oxydation) à l'origine d'une augmentation de la concentration en nitrates. En conditions naturelles, les nitrates sont utilisés par les végétaux pour assurer leur bon développement et les concentrations dans les cours d'eau restent en conséquence faibles. La présence de nitrates en grande quantité est un élément favorisant un hyper-développement des végétaux aquatique (terrestre au niveau des berges), pouvant engendrer une eutrophisation du milieu (même si le premier facteur limitant est le phosphore) (MERABET.S, 2010).

L'altération « matières azotées hors nitrates » comporte trois paramètres afin de connaître la concentration de certains éléments intervenant lors des premiers stades du cycle de l'azote

❖ l'azote ammoniacal, NH_4^+ , la présence d'ammoniaque en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités d'urée qui se transforment rapidement en ammoniaque. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce sous sa forme non ionisée (NH_3). La proportion de NH_3 augmente en fonction croissante du pH et de la température (MERABET.S, 2010).

❖ l'azote Kjeldahl, NTK, comprend l'azote sous les formes organique et ammoniacale (NH_4^+), à l'exclusion des formes nitreuse (nitrites) et nitrique (nitrates). L'origine de l'azote organique peut être la décomposition des déchets organiques, les rejets organiques humains ou animaux (urée), des adjuvants de certains détergents. La présence d'azote organique est donc souvent un signe de pollution par les eaux usées.

❖ les nitrites, NO_2 , sont les intermédiaires entre azote ammoniacal et nitrates. Cet élément peut avoir un effet néfaste dans les milieux aquatiques : en milieu acide (conséquence des rejets essentiellement industriels) et en forte concentration, ce composé se révèle toxique pour les biocénoses aquatiques et la faune piscicole.

Ces matières azotées (hors nitrates) sont principalement liées aux rejets d'eaux usées urbaines et industrielles et de l'agriculture (effluents d'élevage). Le tableau n°3 représente les classes de qualité azotée.

Tableau n°3 : Classe de qualité d'une altération azotée

Paramètres / Classe	C1	C2	C3	C4	C5
N.T.K (N) mg/L	1	1-2	2-4	4-6	>6
Ammonium NH_4 mg/L	0,5	0.5-1.5	1.5-2.8	2.8-4	>4
Nitrites NO_2 mg/L	0,03	0.03-0.3	0.3-0.5	0.5-1	>1
Nitrates NO_3 mg/L	2	2-10	10-25	25-50	>50

I-3-6-3 Altération par les matières phosphorées

La présence de composés phosphorés traduit bien souvent le rejet d'eaux usées domestiques. En effet, beaucoup de produits domestiques d'entretien contiennent des éléments phosphorés, tels que les savons et liquides vaisselle, shampoing et autres produits pour les soins du corps. Ils peuvent également avoir pour origine les lessivages des sols, par érosion, des terres agricoles. En période hivernale, ce phénomène induit des flux de phosphore parfois très importants. Même si l'influence est moindre sur le développement des végétaux, son accumulation peut avoir des conséquences lors de la période végétative. Enfin, les eaux industrielles peuvent, selon le contexte, contenir de tels composés. Le phosphore est un élément essentiel pour le bon développement des organismes. Il est le principal

facteur limitant (avec l'azote, qui lui est moins limitant que le phosphore), présent en faible concentration dans le milieu naturel. Par conséquent, une augmentation de la concentration de cet élément dans un cours d'eau engendre un hyper développement des plantes, pouvant être à l'origine de l'eutrophisation du milieu aquatique. Par réactions en chaîne, cette prolifération provoquera la chute du taux d'oxygène dissous et aura pour conséquence la perturbation de la vie aquatique. Contrairement à la pollution organique, dont une partie s'autoépure assez rapidement, les charges de phosphore rejetées dans le cours d'eau ont tendance à s'additionner de l'amont à l'aval du cours d'eau (MERABET.S, 2010).

Tableau n°4: Classe de qualité d'une altération phosphorée

Paramètres / Classe	C1	C2	C3	C4	C5
Orthophosphates PO ₄ mg/L	0,1	0.1-0.5	0.5-1	1-2	>2
P/T mg/L	0,05	0.05-0.2	0.2-0.5	1	>1

I-3-6-4 Altération physique

Les détériorations physiques de la qualité de l'eau incluent une variété de paramètres tels que la température, la turbidité, le pH, les MES et ils décrivent la condition générale de l'eau et ses capacités à supporter la vie aquatique.

a) La température

La température de l'eau est l'un des paramètres les plus importants dans les systèmes naturels d'eaux superficielles. C'est une mesure de la quantité de chaleur présente dans l'eau. La température contrôle le métabolisme des plantes et des animaux aquatiques et est grandement responsable des réactions biochimiques et de plusieurs autres processus. Tous les organismes aquatiques possèdent des étendues préférées de température dans lesquelles ils peuvent survivre et se reproduire de façon optimale. Des températures élevées de l'eau peuvent être occasionnées par des températures élevées de l'air ambiant et par des rejets industriels. Les températures de l'eau varient sur une base saisonnière, sur une base quotidienne et même au cours de la journée, se réchauffant au cours de la durée du jour avec des tendances au refroidissement dans la soirée et au cours de la nuit (MERABET.S, 2010).

b) Le pH

Le pH est une mesure de l'activité de l'ion hydrogène d'un système. C'est un facteur majeur affectant la disponibilité des nutriments envers les plantes et les animaux. Il contrôle partiellement la concentration de plusieurs substances biochimiquement actives dissoutes dans l'eau. Plus la concentration de l'ion hydrogène est élevée, moins le pH est élevé sur une échelle de 0 à 14 unités. Généralement, plus l'eau est pure, plus le pH est neutre (pH 7 à 25°C). L'eau de pluie est légèrement acide (pH 6.5), alors que l'eau de mer est habituellement légèrement alcaline (pH 8.5). Le pH est influencé sur une base quotidienne par les processus biologiques et géologiques se produisant dans le plan d'eau. Ces processus sont fortement affectés par la température de l'eau (MERABET.S, 2010).

c) La turbidité

La turbidité est une mesure de l'étendue à laquelle la lumière est absorbée ou dispersée dans l'eau. C'est une mesure de la quantité de matières en suspension dans l'eau. Des niveaux élevés de turbidité sont déplaisants esthétiquement et peuvent changer la diversité des systèmes aquatiques en affectant la pénétration de la lumière et les réactions photosynthétiques dans les ruisseaux et les plans d'eau. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension (MERABET.S, 2010).

d) Les matières en suspension

Les matières en suspension (MES) sont des matières insolubles, fines, minérales ou organiques, biodégradables ou non. Leur principal effet est de troubler l'eau : c'est la turbidité. La turbidité est un élément important de la qualité de l'eau, tant pour la vie aquatique (car elle réduit la transparence, empêche la pénétration de la lumière, ce qui a pour effet de freiner la photosynthèse, élément important de la croissance des plantes) que pour la production d'eau potable (car elle réduit l'efficacité des traitements de potabilisation de l'eau). Les MES conduisent aussi à des fermentations contribuant aux carences en oxygène, et ont des effets mécaniques sur les poissons par colmatage des branchies. Dans le milieu naturel, elles proviennent des effets de l'érosion et des détritiques d'origine organique. Les eaux résiduaires urbaines et industrielles contribuent également à l'élévation des matières en suspension, notamment les rejets en provenance des industries agroalimentaires (MERABET.S, 2010).

e) La transparence

La transparence de l'eau mesurée à l'aide d'un disque de Secchi est une des mesures les plus universelles utilisées en limnologie. Ce simple appareil intègre plusieurs facteurs que sont la turbidité, la couleur de l'eau ainsi que la quantité d'organismes planctoniques en suspension (MERABET.S, 2010).

Tableau n°5: Classe de qualité d'une altération physique

Paramètres /Classe	C1	C2	C3	C4	C5
pH min	6,5	6.5-6	6-5.5	5.5-4.5	<4.5
pH max	8,2	8.2-9	9-9.5	9.5-10	>10
M.E.S à 105°C mg/L	10	10-25	25-38	38-50	>50
Turbidité NTU	5	5-35	35-70	70-100	>100
Transparence (cm)	200	200-160	160-130	130-100	<100
T°C Eau	20	20-25	25-30	30-35	>35

I-3-6-5 Effets des proliférations végétales (EPV)

Dans les écosystèmes aquatiques le plancton végétal est à la base des chaînes alimentaires. Les Effets des Proliférations Végétales (EPV) dans les plans d'eau, dues à un enrichissement des eaux en substances nutritives (essentiellement nitrates et phosphates) et à des conditions hydromorphologiques et environnementales particulières, ont un effet néfaste sur l'équilibre écologique du milieu aquatique. Cette altération est mesurée à partir de l'analyse des concentrations en chlorophylle a (révélateurs de la présence d'algues en suspension dans l'eau). On associe à cette altération les mesures de pH et du pourcentage de saturation en oxygène dissous. Le tableau n°6 représente les classes de la qualité EPV (MERABET.S, 2010).

Tableau n°6: Classe de qualité d'une altération EPV

Paramètres /Classe	C1	C2	C3	C4	C5
pH	8	8,5	9	9,5	>9.5
O ₂ %	110	130	150	200	>200
Chlorophylle a (µg/L)	10	60	120	240	>200

I-3-6-6 Altération minérale

En dehors de toute influence humaine la composition minérale des eaux de surface est principalement le Calcium, le Magnésium, le Sodium, les Chlorures, et les sulfates et dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours de l'ensemble du bassin versant. Les différentes classes de la qualité pour une altération minérale ont été résumées dans le tableau n°7.

Tableau n°7: Classe de qualité d'une altération minérale

Paramètres / Classe	C1	C2	C3	C4	C5
Résidu Sec mg/L	500	500-1000	100-1500	1500-2000	>2000
Calcium mg/L	50	50-100	100-150	150-200	>200
Magnésium mg/L	25	25-50	50-100	100-150	>150
Sodium mg/L	50	50-100	100-150	150-200	>200
Chlorures mg/L	100	100-200	200-300	300-500	>500
Sulfates mg/L	100	100-200	200-300	300-400	>400

I-3-6-7 Altération par les métaux

Les métaux sont naturellement présents dans les roches et les sols. Néanmoins, l'essentiel provient des apports d'origine industrielle, qu'il s'agisse des exploitations minières, des activités industrielles anciennes, ou des activités actuelles. Les éléments métalliques surveillés sont le fer, le chrome, le zinc, le nickel, qui sont utiles au monde vivant en très faible quantité, et les métaux lourds, dont on ne connaît aucune utilité pour l'homme, et qui ont la propriété de s'accumuler dans la chaîne alimentaire : mercure, cadmium, plomb, arsenic, etc..... Le tableau n°8 représente les classes de l'altération par les métaux (MERABET.S, 2010).

Tableau n°8: Classe de qualité d'une altération par les métaux

Paramètres / Classe	C1	C2	C3	C4	C5
Fer mg/L	0,05	0.05-0.125	0.125-0.2	0.2-10	>10
Manganèse mg/L	0,02	0.02-0.03	0.03-0.05	0.05-1	>1
Cuivre mg/L	0,1	0.1-0.15	0.15-0.2	0.2-4	>4
Zinc mg/L	0,1	0.1-1.7	1.7-3.4	3.4-5	>5
Plomb µg/L	5	5-7,5	7,5-10	10-50	>50
Chrome total µg/L	25	25-30	30-40	40-50	>50
Cadmium µg/L	1	1-2.5	2.5-3.5	3.5-5	>5
Cyanure µg/L	0.5	0.5-2.5	2.5-4	4-5	>5
Arsenic µg/L	5	5-7.5	7.5-10	10-20	>20
Aluminium µg/L	50	50-125	125-200	200-2000	>2000

I-3-7 Effet de la retenue sur physico-chimie de l'eau en aval

L'eau évacuée en aval de la retenue, n'a plus exactement les mêmes propriétés physico-chimiques qu'en amont, l'eau est d'avantage tributaire des précipitations et du ruissellement. En aval, elle est sous la dépendance des effets de la stratification physique et chimique dans la retenue et du type de restitution. L'évolution de la qualité des eaux sera donc différente de point de vue des paramètres décrits ci-dessous (GRIER.M, 2009) :

a) La température

Selon la saison mais aussi selon les caractéristiques et le système d'évacuation des eaux on constate une baisse ou une hausse de température en aval du plan d'eau.

Ainsi pour de petite réservoirs, il est mentionné un réchauffement des eaux en été avec des élévations moyennes de température en aval de l'ordre de 9 à 10°C en pointe et 1.5 à 4°C en moyenne. A l'inverse, le refroidissement hivernal n'excède pas 1 à 2°C du fait de l'inertie thermique.

b) L'oxygène dissous

Comme il a déjà été évoqué, la stratification thermique peut induire une stratification chimique au sein de la retenue avec des teneurs en oxygène dissous élevées en surface et quasi nulles en profondeur. Cette situation explique que l'effet des retenues sur l'oxygénation des eaux aval s'avère ambivalent selon les cas.

c) Le phosphore

De façon générale, le bilan entrée-sortie de la retenue est positif, celle-ci jouant un rôle de piège par assimilation dans l'épilimnion et adsorption au niveau des sédiments. Toute fois, pendant la période de mélange des eaux, il y a un rééquilibrage des teneurs par transfert du phosphore dissous de l'hypolimnion aux couches superficielles permettant une réutilisation par le plancton.

Ainsi, dans le cas d'une retenue enrichi du phosphore et accusant une zone d'anoxie, on peut noter des transferts additionnels : remise en solution du phosphore particulaire dans la zone anoxique et surtout relargage du phosphore dissous à partir des sédiments ; l'augmentation générale des flux sortants.

Pendant la période de mélange des eaux, le phosphore dissous stocké dans la zone anoxique est redistribué dans toute la colonne d'eau : de ce fait, un phénomène de pollution différée peut de produire à l'aval de la retenue. Selon les études sur différentes formes de phosphore sédimenté et leurs rôle dans l'eutrophisation des réservoirs, il est précisé que c'est le phosphore d'origine anthropique qui est susceptible de repasser en solution lorsque la teneur en oxygène au fond de la retenue est inférieure à 2mg/l ; cette forme constitue par conséquent une source interne de pollution, en plus des apports externes. La réduction des apports n'est donc pas nécessairement suivie d'une diminution immédiate de l'eutrophisation.

d) Le fer et manganèse

De façon globale, le fer et manganèse présentent une révolution très comparable au sein et en aval des retenues. Des teneurs importantes en fer et manganèse sont relevées aussi bien dans les grandes retenues hydroélectriques, que dans les petites retenues.

De même que pour le phosphore, l'évolution des teneurs en fer et manganèse est conditionnée par les réactions oxydoréductions du milieu : en effet la diminution des concentrations en oxygène induit une réduction du fer et manganèse et donc une solubilisation de ces éléments. Ainsi dans les eaux superficielles et bien oxygénées, les teneurs en fer et manganèse restent faibles la plupart des temps. Ces concentrations seront plus élevées à l'interface eau-sédiments, en raison de la diffusion de ces éléments à partir des sédiments. Dans le cas d'une retenue soumise à une stratification thermique, les concentrations en fer et manganèse sont élevées dans la zone anoxique.

L'impact de la retenue est important lorsque le cours d'eau est alimenté par les eaux profondes anoxiques. Il peut se produire un colmatage de tout le lit jusqu'à 500m en aval par une couche uniforme d'hydroxyde de fer, qui dégrade fortement la qualité biologique du cours d'eau.

e) L'azote

➤ **Les nitrates** : on observe une diminution globale d'amont en aval sur le cycle annuel. Cet effet est dû en grande partie à la consommation par les algues (production primaire). La production d'une retenue est très variable et dépend également de la qualité de phosphore disponible.

➤ **Les nitrites** : le manque d'oxygénation de plan d'eau peut empêcher l'oxydation des nitrites en nitrates. Cet élément très toxique peut voir ainsi son taux augmenter à l'aval du seuil.

➤ **L'ammonium** : lorsqu'elles sont plus importantes en aval, les concentrations en ammonium sont en général le résultat de conditions anoxiques qui règnent au niveau des eaux profondes de la retenue, restituées par une vanne de fond. Dans certaines conditions de Ph et de température, l'ammonium peut se trouver sous la forme ionisée (NH_4^+) qui se révèle être particulièrement toxique pour l'ensemble des populations piscicoles.

f) Les matières en suspensions

Au regard des matières en suspensions (MES), la qualité des eaux est fréquemment meilleure à l'aval des seuils. Mais l'ouverture des vannes peut créer des perturbations responsables d'une élévation des teneurs en MES à l'aval, et cette remise en suspension des sédiments peut être d'origine de relargage d'éléments polluants ou toxiques (phosphore, métaux lourds, pesticides...).

g) Le mode de gestion hydraulique de la retenue

➤ **Rôle du positionnement de l'exutoire** : selon les conditions d'oxydoréduction et de stratification chimique au sein de la retenue, l'impact des lâchers avaux sera très différent. Il sera notamment fonction de la hauteur de la prise d'eau selon qu'elle concernera des eaux profondes, désoxygénées, riches en phosphore, manganèse, fer dissous et en ammonium ou ammoniac ou des eaux superficielles chaudes, oxygénées, faiblement chargées.

-Des lâchers estivaux effectués en permanence par une vanne basse engendrent une augmentation progressive de la température en aval mais restant bien inférieure à celle enregistrées en amont. De même, la concentration en oxygène dissous suit la même évolution celle des eaux du fond au niveau du barrage avec une baisse correspondante à l'installation de la zone anoxique.

-A l'opposé, l'évacuation des eaux par une vanne haute puis une vanne basse entraîne un accroissement plus marqué avoisinant les valeurs amont, puis dans un second temps une chute brutale de la température des eaux restituées. Elle permet également une bonne oxygénation des eaux restituées.

-L'ouverture des vannes de différentes hauteurs peut engendrer des turbulences responsables d'une augmentation des teneurs en MES aval.

-Par ailleurs, il est probable que des modifications de la hauteur de prise d'eau pendant la période de soutien d'étiage ont une influence sur la stratification thermique et en particulier sur sa durée et sur de différentes couches.

➤ **Fréquence des soutirages** : les effets négatifs d'une dystrophisation de la retenue (prolifération, algale ou des espèces de macrophytes, mortalité de poissons, odeurs nauséabondes,...) seront d'autant moins importants que le taux renouvellement des eaux sera élevé. Un soutirage fréquent des eaux du fond est donc favorable au maintien d'une bonne qualité des eaux au sein de la retenue mais, en contrepartie, peut nuire à la qualité du cours d'eau aval.

➤ **Les vidanges** : c'est la phase terminale qui s'avère la plus néfaste en terme d'impact sur le milieu aval : pis de MES, de matière organique, d'ammoniac, de micropolluants, avec une baisse de l'oxygène dissous. L'incidence sur la vie aquatique sévère.

I-4 Conclusion

La construction d'un barrage a des effets directs et indirects sur la qualité de l'eau et l'hydrobiologie : ceux-ci seront immédiats ou différés, temporaires ou permanents, réversibles ou irréversibles, locaux ou à plus grande échelle.

II-1 Introduction

Sur le plan hydrographique l'Algérie, est divisée en 17 bassins versants hydrographiques et 5 régions hydrographiques. Le barrage de Taksebt est situé sur l'oued Aissi qui draine les eaux du bassin versant du même nom et dont le code est 0217. Sa superficie est de 448Km². C'est l'un des sous bassins du Sebaou qui totalise 390000 Km² de surface et qui fait partie du cotie Algérois(02) (figure n°1).

Localisé sur le flanc nord du Djurdjura, il englobe le chef lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Son relief est accidenté et ses versants exposés aux vents humides provenant de la mer méditerranée. Les précipitations annuelles y sont de l'ordre de 800 mm/an. Les différents bilans établis par plusieurs auteurs qualifient ses ressources en eaux de surface comme appréciables. Les ruissellements y prédominent dans sa partie amont en raison de la nature imperméable des formations géologiques de surface.

II-2 Bassin versant de l'oued Aissi

Le bassin versant de Taksebt est encadrés par les géographiques suivantes:

- La latitude 352.00 à 377.50 N
- La longitude 620.00 à 649.00 E

II-2-1 Caractéristiques physico-graphique du bassin versant de l'oued Aissi

Le bassin de l'Oued Aissi se caractérise par une topographie prononcée, qui se présente par une succession de collines où les altitudes varient entre (300 et 900 m).

- a) **La surface :** la surface du bassin versant (S) de l'oued Aissi est déterminée par planimétrie sur une carte topographique à l'échelle 1/200000.(figure n°2).

$$S = 448 \text{ km}^2$$

- b) **Le périmètre :** le périmètre (P) est déterminé par curvimètre en parcourant les limites du B.V.

$$P = 100 \text{ Km}$$

***Indice de compacité de Gravillius:** l'indice de compacité (K) est déterminé par la formule ci-après en fonction de périmètre et la surface.

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \qquad K = 1.32$$

- c) **Dimension du rectangle équivalent :** se sont les caractéristiques linéaires qui donnent la longueur et la largeur d'un rectangle assimilé à la forme irrégulière de notre bassin versant. Les dimensions sont données comme suit :

$$L = \frac{\sqrt{S} K}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{K}} \right]$$

$$l = \frac{1}{2} - L$$

Où : L : longueur du rectangle équivalent (Km).

l : largeur du rectangle équivalent (Km).

On aura : **L = 30.50 Km** , **l = 19.50 Km**

D'après la valeur de l'indice de compacité, qui est supérieure à un, on estime que notre bassin est légèrement allongé, ce qui est confirmé par les dimensions du rectangle équivalent.

- d) **Les paramètres de relief :** les paramètres de relief représentent une importance considérable pour l'estimation de la vitesse de ruissellement, une pente plus forte provoque un écoulement plus rapide, donc un temps de concentration plus court et une montée plus rapide des crues.

e) **La courbe hypsométrique** : elle donne les taux de surface correspondant aux différentes altitudes (voir Figure n°3).

➤ Altitudes caractéristiques :

Altitude maximale **H_{max} = 2300 m**

Altitude moyenne **H_{moy} = 655m**

Altitude minimale **H_{min} = 95m**

f) **Indice de pente** : il est calculé par la formule de Roche suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_i^n \sqrt{S_i(H_i - H_{i-1})}$$

Avec :

S_i : Surface partielle (%). comprise entre deux courbes de niveau consécutives H_i et H_{i-1}

L : Longueur du rectangle équivalent (Km).

$$I_p = 28 \%$$

➤ Cette pente est très importante provoquant un écoulement rapide et une montée rapide des crues par la suite.

g) **Indice de pente globale** : il est déterminé par la formule suivante :

$$I_g = \frac{(H_{5\%} - H_{95\%})}{L}$$

Où :

$H_{5\%}$, $H_{95\%}$: Altitudes correspondant respectivement à 5% et à 95% de la surface du bassin versant.

$H_{5\%} = 1800$, $H_{95\%} = 230$ m

$L = 30.5$ Km

Ce qui nous donne :

$$I_g = 51.5 \text{ m / km}$$

ou bien

$$I_g = 5.15\%$$

Pour la classification du relief, celle d'ORSTOM sera prise comme référence, elle est donnée dans le tableau suivant :

Tableau n°1 : classification du relief

	Relief	Valeur de I_g
1	Très faible	$I_g < 0.002$
2	Faible	$0.002 < I_g < 0.005$
3	Assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
4	Modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
5	Assez modéré	$0.02 < I_g < 0.05$
6	Fort	$0.05 < I_g < 0.1$
7	Très fort	$0.1 < I_g$

(Soukatchoff.M, 2004)

- Donc le relief du bassin versant de l'oued Aissi selon la classification d'ORSTOM est fort.

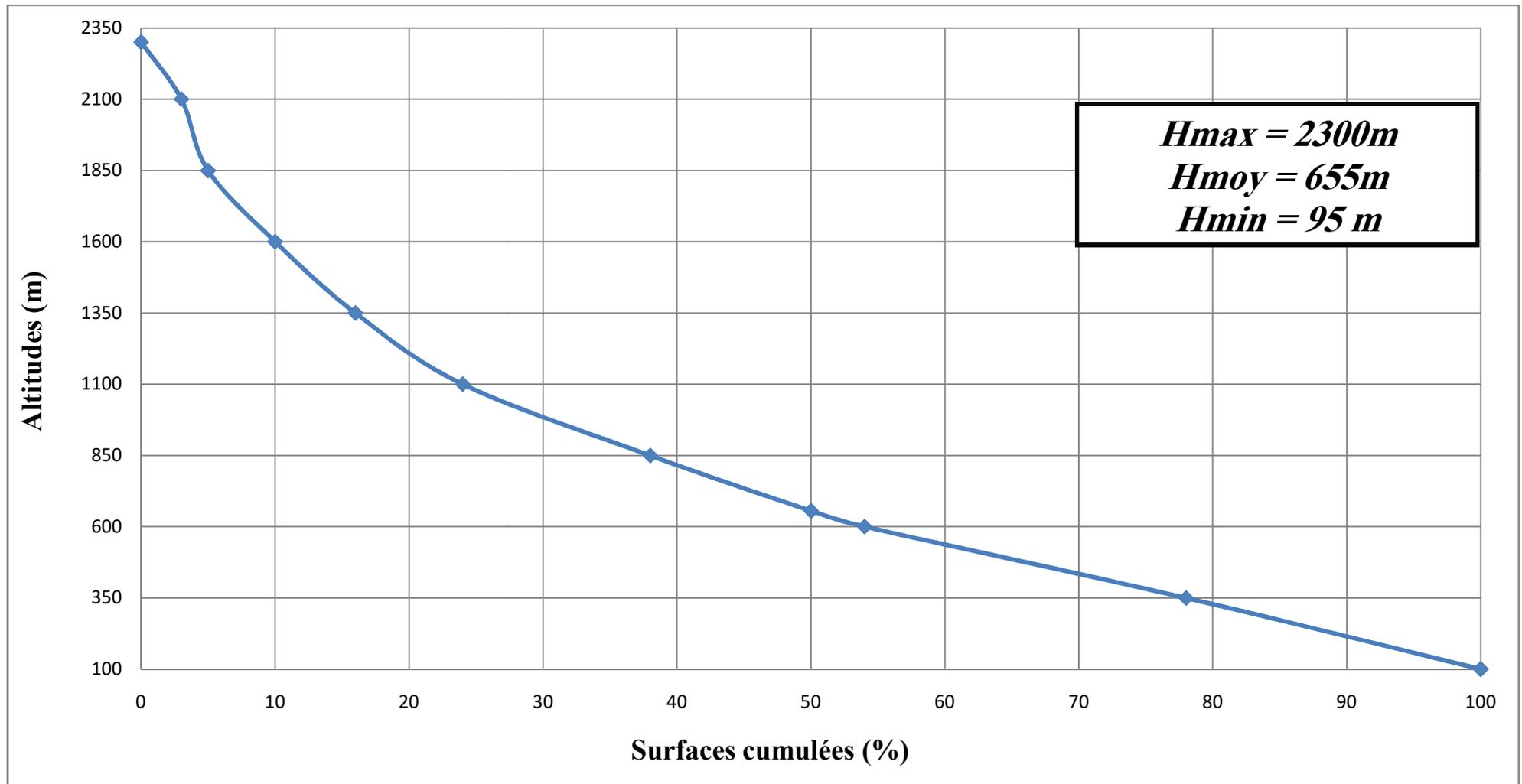


Figure n°3 : Courbe hypsométrique du B.V de l'oued Aissi

h) Caractéristiques hydrographiques du B.V de l'oued Aissi

***Densité de drainage** : elle est définie comme étant le rapport entre la longueur cumulée de tous les cours d'eau et la surface totale du bassin versant.

$$Dd = \sum Lx / A \quad (\text{km} / \text{Km}^2)$$

$$\sum Lx = 290 ; \text{ donc :} \quad Dd = 0.65 \text{ Km} / \text{Km}^2$$

***Coefficient de drainage** : est calculé par :

$$F = N / A$$

Où : N : nombre de Thalweg ; N = 154

A : Surface du bassin versant.

D'où : $F = 0.34$

Tableau n°2 : Tableau récapitulatif les caractéristiques du B.V de l'oued Aissi.

Coefficient de drainage	Symboles	Valeurs
Surface du bassin versant	S	448 Km ²
Périmètre du bassin versant	P	100 Km
Indice de compacité	K	1,32
Longueur du rectangle équivalent	L	30,5 Km
Largeur du rectangle équivalent	I	19,5 Km
Altitude maximale	H max	2300 m
Altitude moyenne	H moy	655 m
Altitude minimale	H min	95 m
Altitude à 5% de S	H5%	1800 m
Altitude à 95% de S	H95%	230 m
Longueur du thalweg principale	L _t	39 Km
Indice de pente	Ip	28 %
Indice e pente globale	Ig	51,5 m/Km
Densité de drainage	D _d	0,65 Km/Km ²
Coefficient de drainage	F	0,34

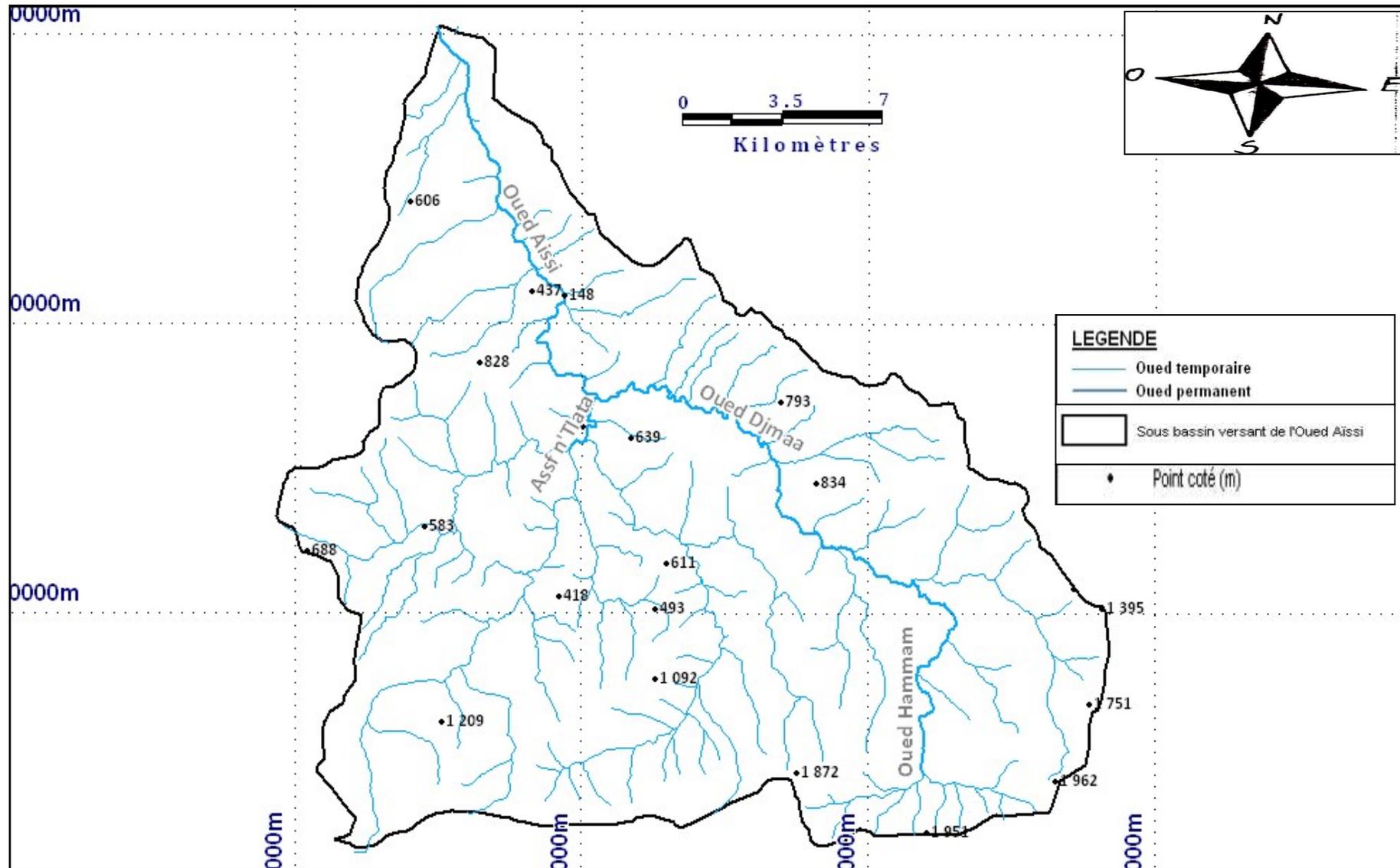


Figure n°4 : Réseau hydrographique du B.V de l'oued Aïssi

II-2-2 Géologie du B.V de l'oued Aissi

L'oued Aissi avec ses affluents, draine le flanc nord du massif du Djurdjura, traverse les formations primaires du massif métamorphique de grande Kabylie et les terrains sédimentaires miocènes qui reposent en discordance sur ce massif avant de se jeter dans l'oued Sebaou (*DJAROUD.M, 1995*).

La chaîne calcaire du Djurdjura constitue la principale de formation sédimentaire qui supporte les affluents de l'oued Aissi. Elle a subi plusieurs phases orogéniques, dirigées du nord vers le sud dont la conséquence est la structure en écaillés des formations qui présentent un pendage vers le nord avec des failles orientées principalement Est-ouest.

Au nord du Djurdjura, l'oued Aissi traverse essentiellement les formations primaires métamorphiques du massif de grande Kabylie dont :

- Des gneiss schisteux et des granulites gneissiques ;
- Des micaschistes et quartzites à deux micas ;
- Des schistes sériciteux ;

Au nord du massif métamorphique, l'oued Aissi traverse, jusqu'à sa confluence avec l'oued Sebaou, les roches sédimentaires du miocène qui reposent en discordance sur les schistes paléozoïques. Le barrage est implanté à l'extrémité septentrionale de la cuvette, à l'endroit où l'oued Aissi franchit un dernier seuil avant de franchir les argilites miocènes qui affleurent le long du cours de l'oued Sebaou. Les alluvions recouvrent le fond de la vallée sous forme de terrasses.

Les colluvions sont présentes, sur la majeure partie des versants de la vallée. Elles présentent généralement des épaisseurs variant de 2 à 5m aux piémonts et peuvent atteindre 10 à 15m dans des zones d'éboulements et glissements superficiels en rive droite en contre bas du col (*DJAROUD.M, 1995*).

II-2-3 Hydrogéologie du BV de l'oued Aissi

Le site de barrage est caractérisé par deux nappes aquifères :

- a) **La nappe des alluvions** : le toit de cette nappe oscille entre 1 et 2 m sous le lit majeur de l'oued. Le niveau d'eau oscille lors des forages entre les côtes 90.05 et 95.89, on constate que la nappe est liée au régime de l'oued et que son niveau varie directement en fonction des saisons. La pente longitudinale de la nappe est de 1% vers l'aval.
- b) **La nappe des versants**: Elle se présente principalement en nappe de fissures dans les niveaux imperméables altérés. (*DJAROUD.M, 1995*).

II-2-4 Le couvert végétal

La végétation est un facteur important qui influe sur les écoulements superficiels. Il est à noter que la totalité du bassin versant de l'oued Aissi est recouverte d'une végétation étagée de l'amont à l'aval. Nous pouvons distinguer, de haut en bas, des forêts de chêne vert, des maquis avec comme essence principale l'olivier. Sur les terrasses alluviales, se trouvent des cultures maraîchères.

II-3 Les facteurs climatiques et leurs variations

II-3-1 Précipitations annuelles

La pluviométrie annuelle est estimée à partir des données des stations (figure n°5):

- ✚ Larabaa Nath Irathen (code ANRH 021705) sur une période (1968-2010) ;
- ✚ Benni Yenni (code ANRH 021712) sur une période (1968-2010) ;
- ✚ Ait Djemaa (code ANRH 021717) sur une période (1988-2010) ;
- ✚ Tizi Ouzou (code ANRH 021810) sur une période (1992-2010) ;
- ✚ Ouadhia (code ANRH 021701) sur une période (1992-2002).

La précipitation annuelle sur le bassin versant de l'oued Aissi est estimée de 800 mm avec des maximales enregistrées durant l'année 2002 de 1366 mm par la station de Benni Yenni. Tandis que les minimales de 522 mm de la station d'Ait Djemaa ,479 mm de la station de Benni Yenni et 461 mm de la station de Tizi Ouzou ont été enregistrée durant l'année 2001.

Les variations illustrés par les figures n°6 et n°7 des précipitations inter-annuelles sont enregistrées aux deux stations (Larabaa Nath Irathen et Benni Yenni) :

- ✚ La station de Larabaa Nath Irathen montre trois grands périodes bien distinctes :
 - La première, de 1968 à 1986 où les précipitations enregistrées atteignent ou dépassent la moyenne de 800 mm
 - La deuxième, de 1987 à 2001 où les précipitations observées sont nettement au dessus de la moyenne exceptée pour les années 1993 et 1997.
 - La troisième, de 2002 à 2010 où les précipitations sont supérieures à la moyenne. Notons que l'année 2002 a enregistré des précipitations exceptionnelles (1255 mm).
- ✚ La station de Benni Yenni , où les précipitations inter-annuelles enregistrées oscillent entre 600 mm et 1000 mm exceptées pour les années 1996 et 2001 où un minimum de 470 mm et 505 mm ont été observé respectivement. L'année 2002 reste une année d'exception où 1366 mm ont été enregistré.

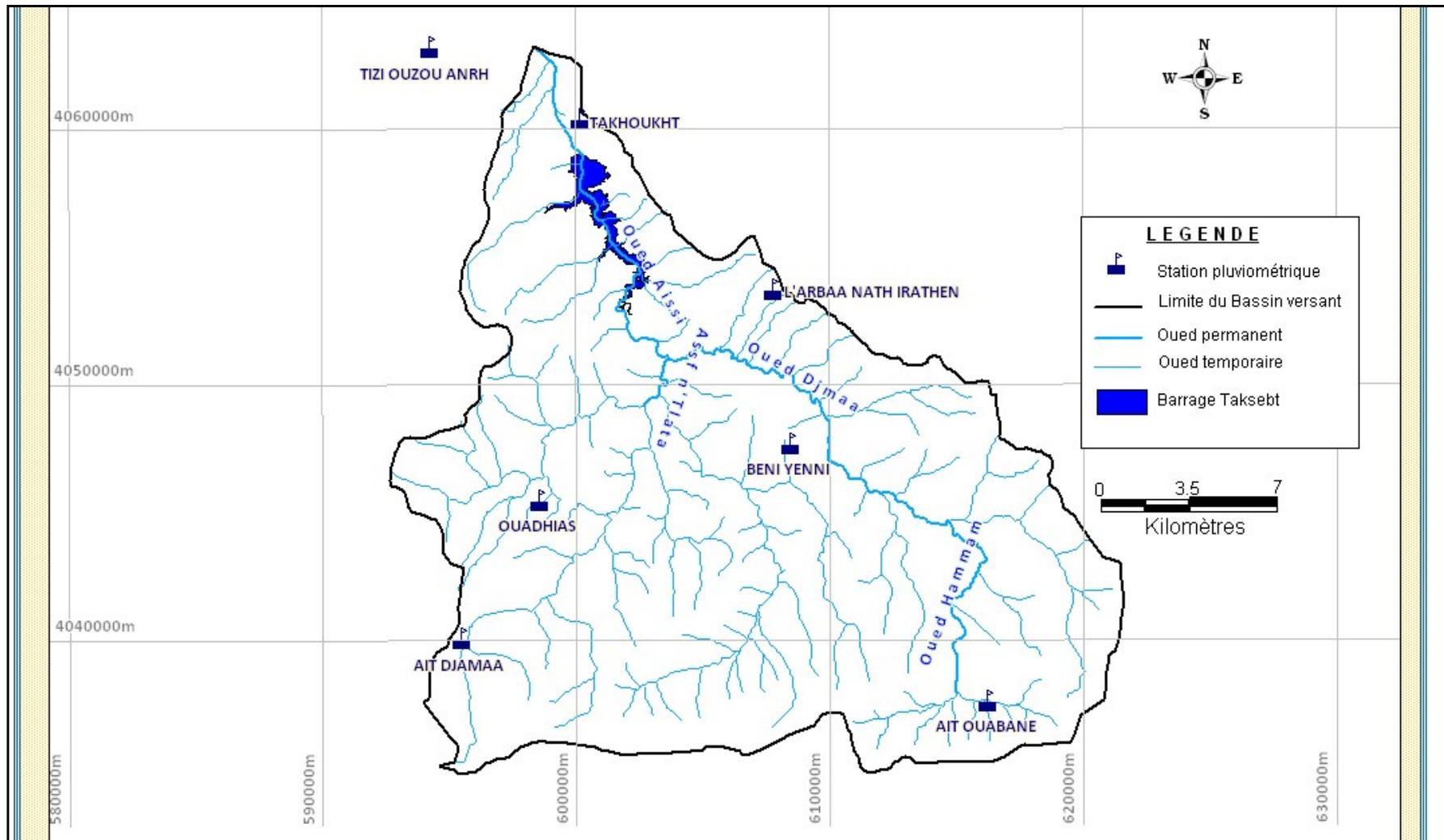


Figure n°5 : Carte de situation des stations pluviométriques du bassin versant de l'oued Aissi

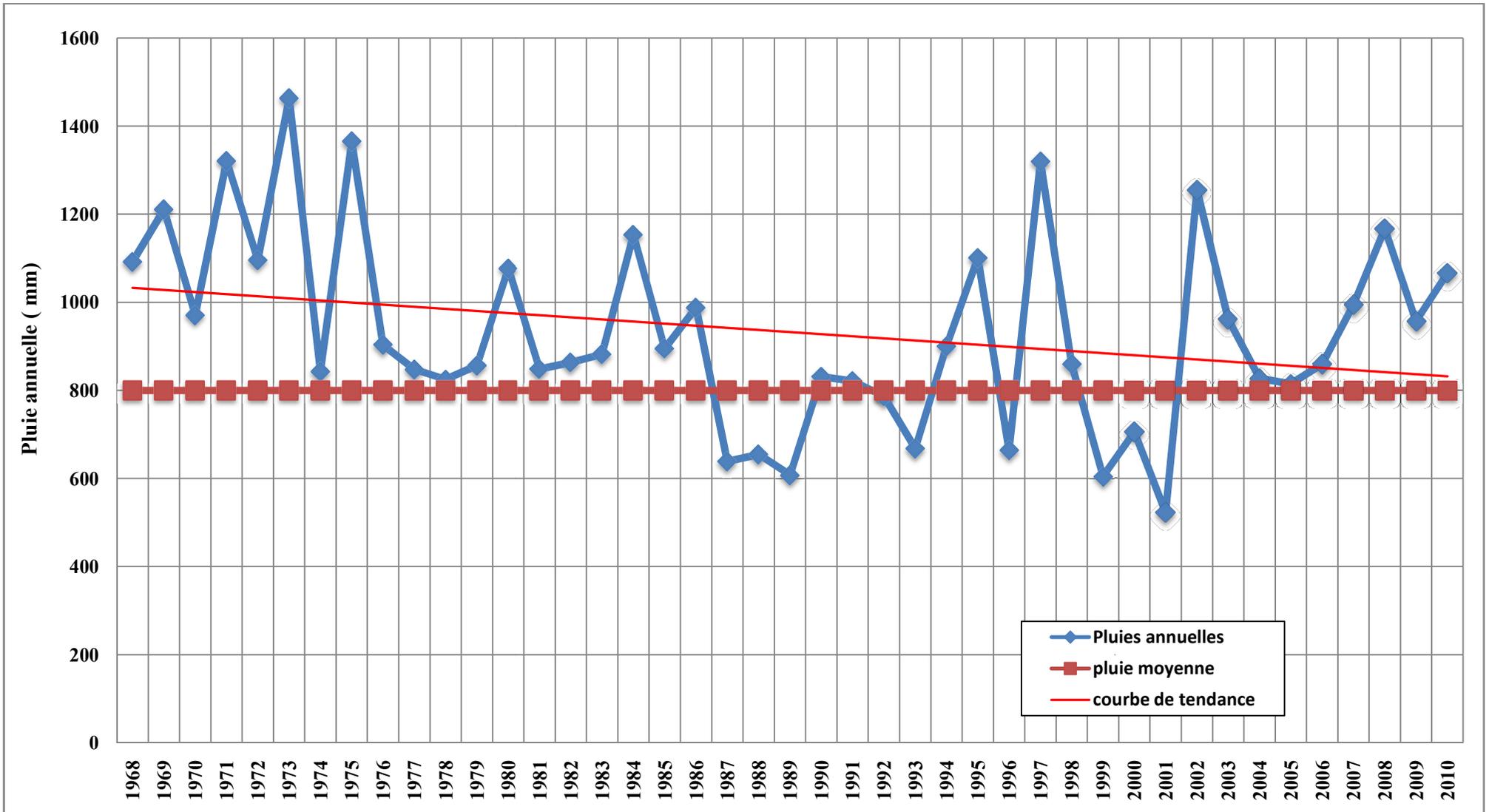


Figure n°6 : Variation des pluies annuelles au niveau de la station de Larbaa Nath Irathen (021705).

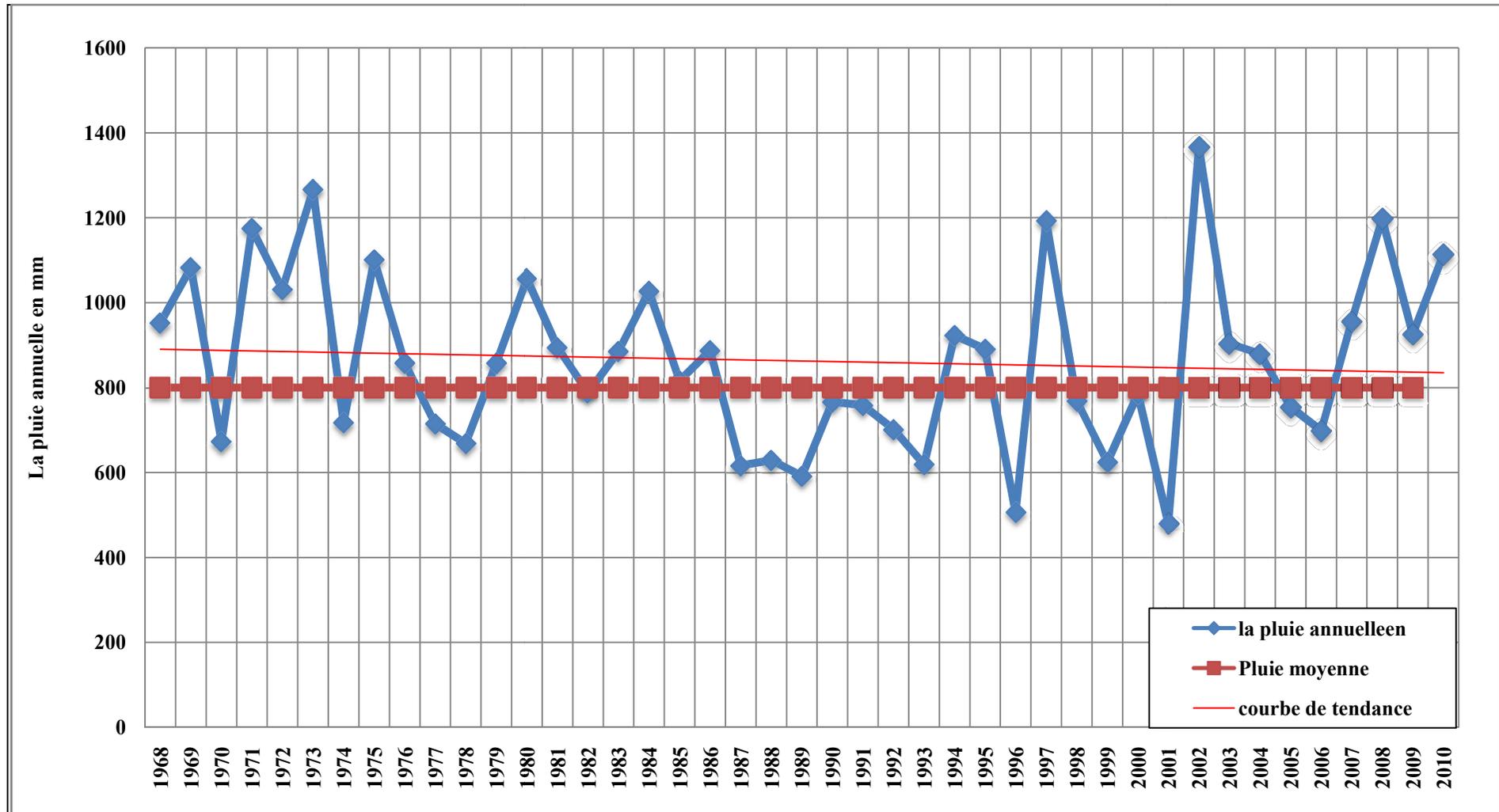
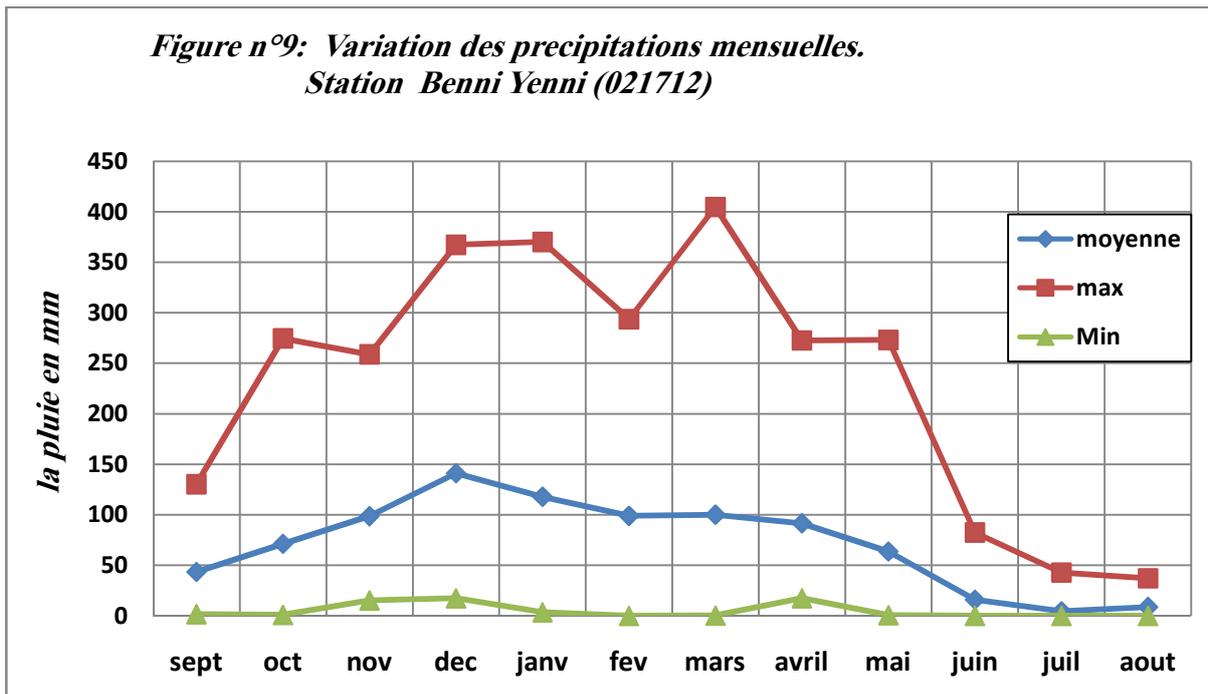
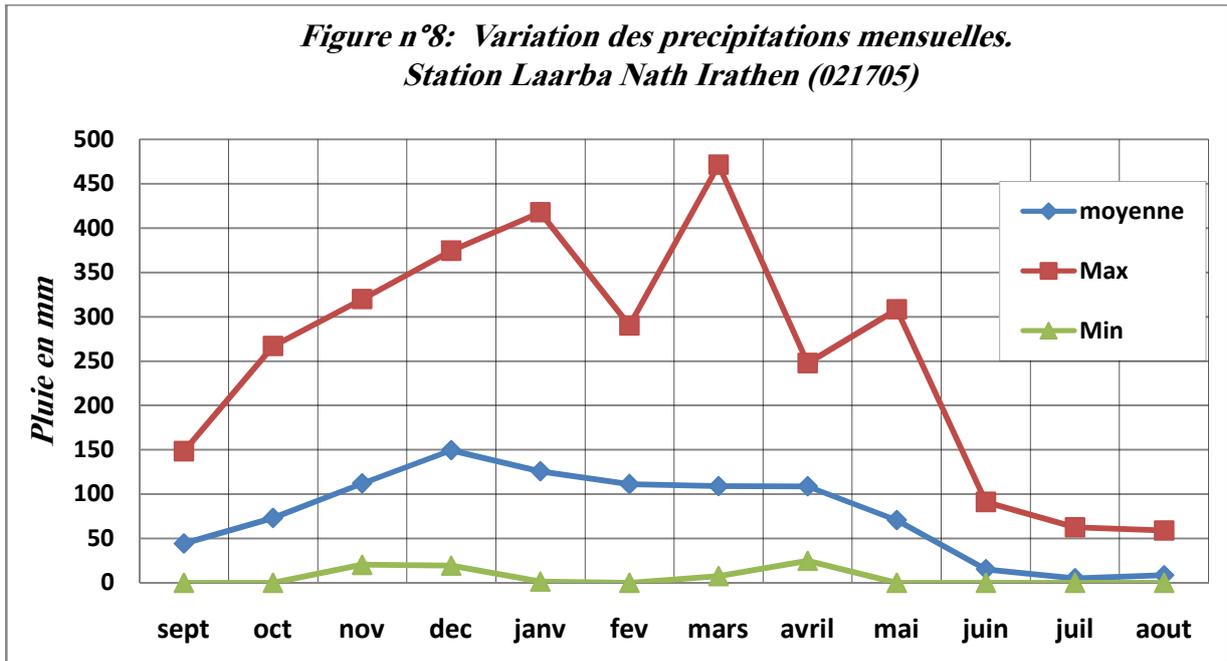


Figure n°7 : Variation des pluies annuelles au niveau de la station de Beni Yenni (021712).

II-3-2 Les précipitations mensuelles

L'analyse des précipitations des deux stations Larbaa Nath Irathen et Benni Yenni montre que plus de 80% des précipitations sont concentrés entre le mois Novembre et le mois d'Avril. Les mois de Décembre, Janvier et Février concentrent plus de 50% de la moyenne 800 mm.

La période de Mai à Septembre contribue par seulement 10% à 15% de la précipitation moyenne annuelle.



II-3-3 Les Précipitation journalière

La distribution de la pluie maximale journalière observée au niveau de la station de Tizi Ouzou montre l'importance de l'intensité des averses, les valeurs enregistrées durant la période (2002-2010) sont de 92 mm/24h en 2002 et 129 mm/24h en 2007 ce que traduit la rapidité et le caractère torrentiel de la pluie. Cette caractéristique aura certainement une incidence sur l'érosion des sols le charriage des particules et de la matière organique qui finissent par s'accumuler dans la retenue.

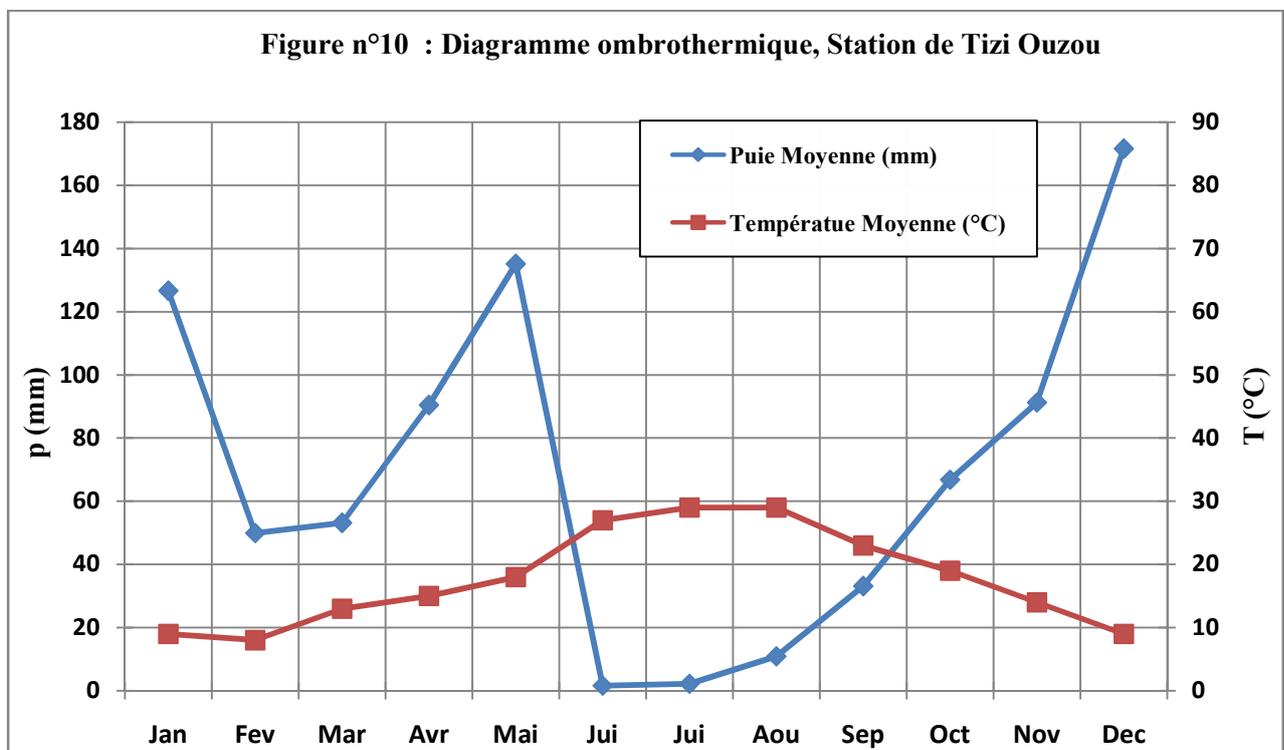
II-3 -4 Température

Les données utilisées couvrent une période de 10ans (200-2010). Ces données ont été enregistrées au niveau de la station de Tizi Ouzou, leurs analyses montrent :

- Une température moyenne minimale variant entre 17 °C et 6°C durant la chronique hivernale de (2007-2008).
- Une température moyenne maximale comprise entre 34°C et 20°C en l'été.
- Des hivers à la température moyenne relativement basse comprise entre (15-5) °C.
- Durant la période hivernale, la température descend au dessus de 0°C.

La courbe ombrothermique de la figure n°10 traduit la variation mensuelle de la température de la période de sécheresse de mois Juin jusqu'au mois Septembre. La région est caractérisée par un étage bioclimatique humide à hiver rigoureux et relativement pluvieux.

Le climat de la région du barrage du Taksebt est de type méditerranéen caractérisé, par une saison humide de huit mois et une période sèche de quatre mois correspondant à la saison estivale.



II-4 Description de l'environnement socioéconomique du barrage

II-4-1 Population

Sur le bassin versant de l'oued Aissi, la population totale est estimée à 216 176 personnes réparties dans 43 villages des 19 communes (R.G.P.H 2008). Il est caractérisé par une superficie importante et une forte densité de la population.

a) Evaluation de la population

Selon les statistiques recueillies auprès de la **D.P.A.T** dans le **R.G.P.H** de 2008, la population est évaluée à 11199 habitants.

Tableau n°3 : Population du bassin versant par commune

Commune	Masculin	Féminin	Population totale
Irdjen	6626	6523	13149
Beni Aissi	3854	3775	7628
Larba Nait Irathen	14771	14605	29376
Ait Mahmoud	3799	3901	7699
Ait Boumehdi	3025	3088	6113
Beni Douala	10750	10801	21551
Ait Aggouacha	2129	2177	4306
Ouadhia	7757	8013	15771
Yatafene	2005	2011	4016
Ouacif	5284	5030	10313
Tizi N'thlata	7705	7775	15479
Beni Yenni	2870	2867	5737
Iboudraren	2682	2715	5398
Aghni Goughran	4868	4824	9692
Ait Bouaddou	7345	7090	14435
Ait Toudert	4321	4200	8521
Ain El Hamam	10093	10308	20401
Akbil	4378	4520	8898
Abi Youcef	3883	3810	7693

(R.G.P.H 2008)

b) Répartition spatiale de la population

La grande majorité de la population du bassin versant se concentrent dans les agglomérations secondaires (AS) et les agglomérations du chef lieu (ACL), tandis que dans les zones éparses (ZE) le taux de répartition est très faible. La population du bassin est répartie selon le tableau n°4 suivant :

Tableau n°4 : Répartition spatiale de la population du bassin versant Taksebt

Communes	ACL	AS	ZE	Total
Ait Aggouacha	471	631	362	1464
Ouadhia	3290	574	10	3874
Yatafene	0	966	130	1096
Ouacif	742	1575	11	2328
Tizi N'thlata	3076	545	60	3681
Beni Yenni	2001	0	22	2023
Iboudraren	574	988	56	1618
Aghni Goughran	587	988	800	2375
Ait Toudert	660	1009	246	1915
Ait Bouaddou	2596	378	51	3025
Irdjen	2485	751	71	3307
Beni Aissi	1326	396	127	1849
Ait Boumehdi	774	1143	2	1919
LarbaNait Irathen	2139	4974	611	7724
Ait Mahmoud	1963	1001	104	3068
Ait Boumehdi	774	1143	2	1919
Ain El Hamam	7575	11984	843	20401
Akbil	1514	6549	835	8898
Abi Youcef	4988	2655	50	7693
Taux de répartition	46.81%	47.7%	5.48%	-

(R.G.P.H, 2008)

II-4-2 Industrie

Le barrage de Taksebt subit la vitesse de la prolifération de toutes sortes des déchets dans la région pour différentes causes : absences de décharge publiques non existence de station d'épuration des eaux usées. Cette région d'étude est caractérisée par l'absence des grandes unités industrielles, il existe uniquement des petites économiques régionales unités (ateliers de peinture, des huileries, des abattoirs et des élevages avicoles) comme le montre le tableau suivant :

Tableau n°5 : Tableau représentant les secteurs d'activités industrielles

Branches d'activité	Nombre d'unité	
	Année 2009	Année 2010
Commerce et distribution	4755	4925
Bâtiments et travaux publics	4601	2670
Agroalimentaire	2617	2670
Transport	1159	1854
Services fournis aux ménages	1689	1721
Hôtellerie et et restauration	1187	1198
Services fournis aux entreprises	1033	1048
Matériaux de construction	467	472
Autres branches d'activité	2622	2772
Total	20154	22255

(Source : PEM, PEMA de W)

La répartition de la population par secteur économique révèle que les secteurs de commerce et distribution occupent la première place, suivis par secteur bâtiments et travaux publics et l'agro-alimentaire et puis viennent les autres services.

II-4-3 Agriculture

Les cultures dominantes à travers les communes du bassin versant sont l'arboriculture dont les principales productions sont l'olivier, le figuier et les agrumes. Ensuite arrivent les cultures maraîchères et les fourrages.

➤ **L'arboriculture**, dont les principales productions sont :

- ✓ **L'olivier** : Pour la campagne 2010-2011 on le trouve en abondance à travers toutes les communes avec une superficie relativement importante à **L.N.I** avec 1196.25 ha, **Ait Yenni** avec 751,48 ha et **Yatafen** avec 727,63ha.
- ✓ **Le figuier** : C'est la deuxième culture arboricole adaptée dans le bassin versant Taksept. il occupe une superficie importante dans dans la commune d'**Ait- Bouadou** avec 226.25ha et **Beni Douala** avec 207.5 ha.
- ✓ **Les agrumes** : La majorité se localise dans la commune d'**Irdjen** occupant une superficie de 137.85ha.

➤ **Les cultures maraîchères** : D'après les données récoltées de la campagne 2009-2010 au près de la D.H.W en remarque qu'il ya dominance de ces cultures dans la subdivision de **Tizi-Ouzou** avec une production moyenne de 123430 Qx (superficie 618 ha), suivie de la subdivision d'**Irdjen** avec une production moyenne de 112521 Qx et une superficie de 771ha.

➤ **Les fourrages :** La production des fourrages naturels est beaucoup plus importante que la production des fourrages artificiels. Pour les fourrages naturels, la commune de Tizi -N'tleta présente une forte production avec 14467 quintaux occupant une surface de 851ha. Quant aux fourrages artificiels c'est la commune de Tizi-Rached qui détient un fort taux de production qui est de 12600 quintaux pour une superficie de 114 ha.

❖ Le barrage de Taksebt est en passe de devenir l'exutoire à la pollution par les eaux usées. Ce barrage est menacé par une pollution multiforme générée par les infrastructures installées sur le bassin versant. Il existe plus de 430 unités des huiliers dans la wilaya de Tizi Ouzou, généralement au niveau de bassin versant de l'oued Sebaou. Les huiliers évacue dans le bassin des déchets liquide, appelant les margines. Cette pollution est saisonnière, une bonne récolte une fois tous les trois ans

Les margines: c'est le facteur de dégradation le plus inquiétant et le plus agressif, sont rejetées le plus souvent dans des récepteurs naturels, des cours d'eau, sans aucun contrôle préalable nuisent fortement à la qualité de ces eaux de surfaces; la très forte charge en matières organiques empêche ces eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longue distances (BOUDOUKHANA.H, 2008).

II-4-4 Réseau d'assainissement et décharge publique

La majorité des rejets des communes sont déversés directement dans les oueds et leurs affluents. La région présente une déficience notable dans la couverture de l'assainissement. La plus part des décharges ont été installées sans aucune norme.

De construction récente, le barrage Taksebt qui constitue un atout de la région en matière de stockage de l'eau ainsi que sur le plan esthétique et touristique se trouve menacé par une pollution multiforme générée par les infrastructures installées sur les bassins versants. Outre les déchets industriels, le barrage de Taksebt est en passe de devenir l'exutoire le réceptacle de la pollution par les eaux usées. En effet, 19 municipalités déversent quotidiennement des volumes importants d'eaux usées dans les ravins qui se jettent dans le bassin versant du barrage. A cet effet, cinq communes posent particulièrement problème: Aïn El Hammam, Larbâa Nath Irathen, Irdjen, Ouacifs et Ouadhias, pour lesquelles il est projeté la construction de 5 stations d'épuration.

✱ Estimation de la pollution

La détermination du débit des rejets domestique est un moyen pour estimer la pollution, se fait selon la formule suivante :

$$Q_{\text{moy},j} = Kr \text{ DN} / 1000 \text{ (m}^3/\text{j)}.$$

Où :

$Q_{\text{moy},j}$: débit moyen rejeté quotidiennement (m^3/j).

Kr : coefficient de rejet pris égale à 80% de la quantité d'eau potable consommée.

D : la dotation journalière (150l/j /habitants).

N : nombre d'habitants.

Les résultats des calculs sont portés sur le tableau suivant :

Tableau n°6 : Débit moyenne des rejets domestiques du bassin versant Taksebt

Commune	Population	Q_{moy,j}
Irdjen	13149	1577.9
Beni Aissi	7628	915.4
Larba Nait Irathen	29376	3525.12
Ait Mahmoud	7699	923.9
Ait Boumehdi	6113	733.6
Beni Douala	21551	2586.12
Ait Aggouacha	4306	516.72
Ouadhia	15771	1892.5
Yatafene	4016	481.92
Ouacif	10313	1237.5
Tizi N'thlata	15479	1857.5
Beni Yenni	5737	688.4
Iboudraren	5398	647.7
Aghni Goughran	9692	1163.04
Ait Bouaddou	14435	1732.32
Ait Toudert	8521	1022.5
Ain El Hamam	20401	2448.12
Akbil	8898	1067.7
Abi Youcef	7693	923.16

D'après le tableau n°6 on constate que le débit moyen des rejets domestiques le plus élevé est enregistré dans la commune de Larba Nath Irathen avec 3525.12 m³/j, tandis qu'au débit le plus faible est enregistré dans la commune d'Iboudraren avec 647.7 m³/j.

II-5 Barrage de Taksebt

II-5-1 Localisation géographique du barrage

Le barrage TAKSEBT qui occupe une superficie de 550 ha est situé sur l'oued Aissi, affluent important de l'oued Sebou sur les territoires ruraux des communes d'Irdjen, Larbâa Nath Irathen, Béni Douala et Ait Mahmoud. Sa mise à l'eau a été réalisée en 2001. Il est alimenté par les eaux de pluie et de la fonte du manteau neigeux du Djurdjura. Il est le 7^{ème} plus grand barrage d'Algérie. Situé dans une région à forte pluviométrie de 800 mm/an. La retenue créée par le barrage a une capacité de 181 millions de m³ permettant une régularisation annuelle de 180 millions de m³. Il est affecté à l'alimentation en eau potable à raison de 57 millions de m³ pour Tizi Ouzou et de 123 millions de m³ pour Boumerdés et Alger.

II-5-2 Situation topographique

On localise sur la carte topographique l'emplacement du barrage par les coordonnées géographiques suivantes :

X= 627000 m.

Y= 376100 m.

Z=95,5m.

Le barrage de Taksebt est situé à 7 km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou

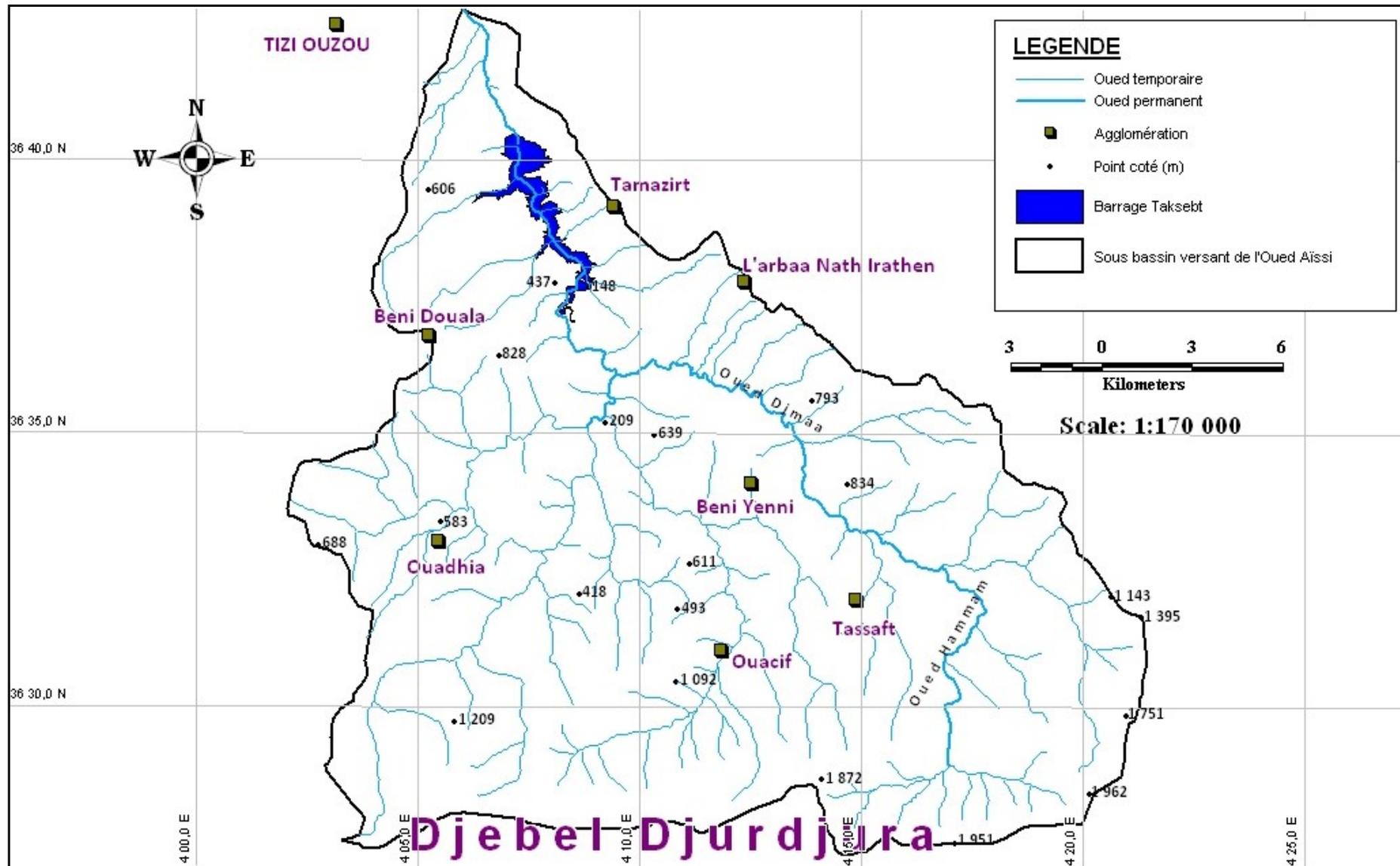


Figure n°11 : Situation topographique du barrage Taksebt

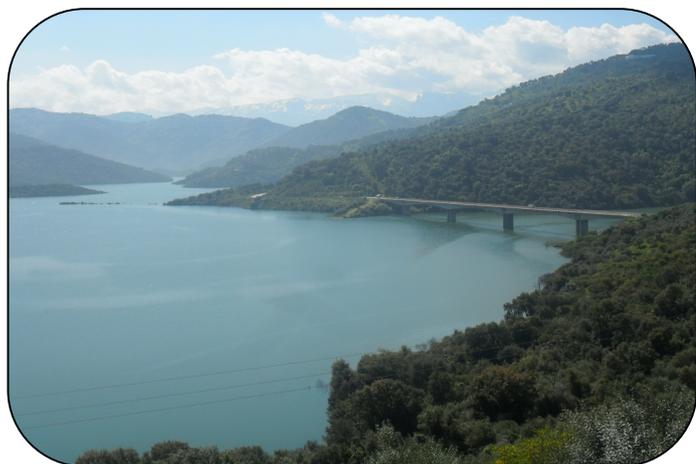
II-5-3 Quelques photos du barrage Taksebt



Photo n°1 : Vue d'haut du barrage
(ADE, TIZI OUZOU)



Photo n°2 : Cours d'eau
(LAOUAMRI, 2012)



Photos n°3, n°4 : Coté amont du barrage
(LAOUAMRI, 2012)

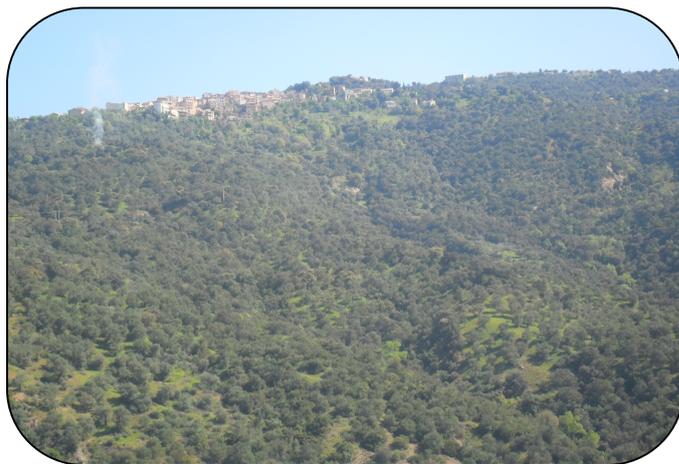
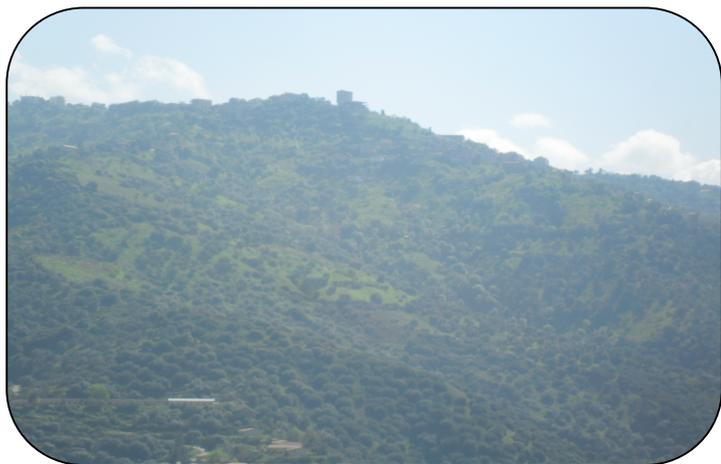


(ADE, TIZI OUZOU)



Photos n°5, n°6 : Vue de l'arrive droite de l'oued
(LAOUAMRI, 2012)





*Photos n°7, n°8 : Localisation des habitants au niveau du bassin versant du barrage
(LAOUAMRI, 2012)*



*Photos n°9, n°10 : La digue de barrage
(LAOUAMRI, 2012)*



*Photos n°11, n°12 : Le déversoir du barrage
(LAOUAMRI, 2012)*

II-5-4 Principales caractéristiques de l'aménagement

a) La digue

La digue est une barrière qui sert à retenir les eaux. Elle constitue la pièce maîtresse du barrage. Celle de Taksebt est une digue en terre à noyau argileux étanche avec des recharges en alluvions et enrochements ; elle est fondée sur une formation alluvionnaire.

Les dimensions de la digue du Barrage TAKSEBT sont les suivantes :

- ❖ La hauteur hors sol : 76 m
- ❖ La largeur à la base de la crête : 464 m
- ❖ La largeur en crête : 8,60 m
- ❖ La largeur au niveau de la crête : 515 m

b) L'évacuateur de crue

La fonction de cet ouvrage est d'évacuer les excédents d'eau du réservoir, au moment de crues exceptionnelles. Il joue un peu le même rôle que le renvoi de trop-plein d'une baignoire. En effet, si le niveau du réservoir venait à monter plus haut que la crête des ouvrages de retenue, le barrage et les digues seraient proprement lavés par la force de l'eau. L'évacuateur de crue de Taksebt permet de vidanger des crues avec des débits de 2450 m³/s. C'est un évacuateur sans vanne à déversoir latéral qui laisse passer tout le volume de la crue qui n'a pas pu être stocké temporairement dans la retenue.

c) La tour de prise

La prise d'eau est aussi un ouvrage annexe de grande importance. C'est à partir d'elle que l'eau accumulée va pouvoir atteindre, par une conduite, une galerie ou un canal, le but qui lui est assigné. La tour de prise est étagée à 4 niveaux de prises, inclinée sur le versant droit encastrée à la base par un puits vertical et raccordée à la vidange de fond.

d) La vidange de fond

En principe, cet organe permet de vidanger le réservoir, pour l'inspection, l'entretien ou en cas de danger sur le barrage. En premier lieu, il sert à contrôler la vitesse de remplissage du réservoir lors de la première mise en eau. La vidange de fond facilite également la gestion intelligente de l'eau retenue en permettant de laisser passer, après une forte crue, une part des sédiments apportés. Cet ouvrage est placé au fond de la retenue, elle est constituée d'un tronçon de tunnel raccordé à la galerie de dérivation en aval de la tour de prise. Leur but est de pallier l'inconvénient grave que présentaient les anciennes prises d'eau installées fort près du fond et qui, de ce fait, ne prélevaient pas nécessairement l'eau de la meilleure qualité. L'on sait, en effet, que dans un réservoir important, l'eau subit constamment des modifications avec le temps; son degré d'acidité et sa composition chimique varient, et s'y ajoutent des bouleversements dans la stratification des couches d'eau. En réalité, il faudrait pouvoir à tout moment capter l'eau là où sa qualité est la meilleure, et c'est précisément ce que réalisent ces tours.

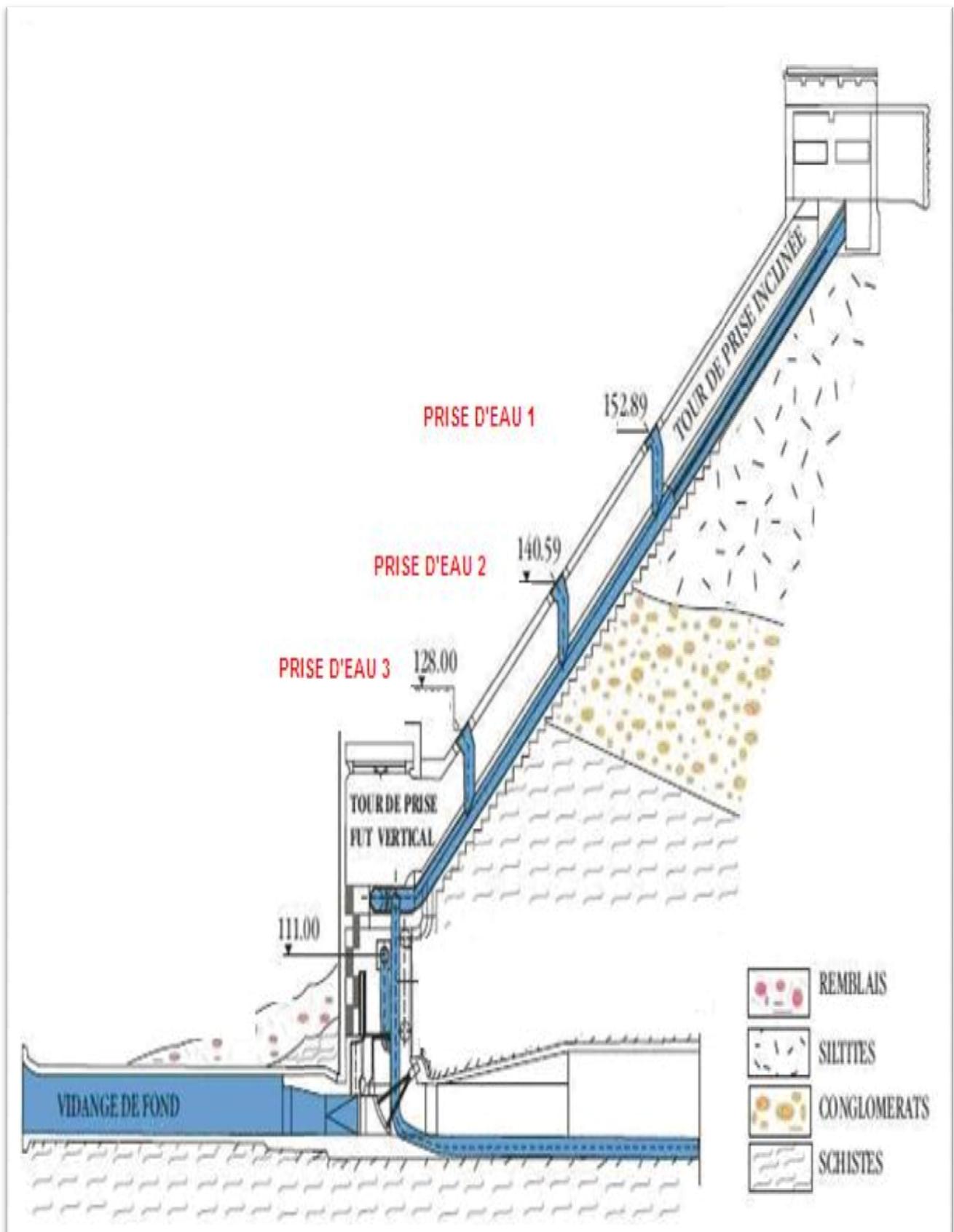


Figure n°12: Schéma d'ensemble prise et vidange.(ANRH,2012)

II-6 Conclusion

Le bassin versant de l'oued Aissi fait ressortir les points saillants suivants :

- Il supporte le barrage de Taksebt qui est le 7^{ème} plus grand barrage d'Algérie. Ce dernier situé dans une région à forte pluviométrie (800 mm/an) présente une retenue d'une capacité de 181 millions de m³. Elle permettant une régularisation annuelle de 180 millions de m³.
- La population de la région est évaluée à 216 176 habitants selon le dernier recensement effectué en 2008 par le R.G.P.H.
- Les besoins en eau de population de notre bassin versant sont estimés à 461 634 m³/j, en tenant compte d'une dotation de 150 l/j/habitant.
- La région se caractérise par des terrains accidentés qui rend l'activité agricole pénible et peu développée mis à part l'olivier et quelques cultures maraichères.
- l'activité industrielle en plaine émanation est celle relative aux huileries.
- Le débit moyen des eaux domestiques rejetées est évalué à 1 463 298 m³/j.
- Le déficit en matière de stations de traitement des eaux usées est chronique. Les 57 bassins de décantation, les 17 bassins de filtration et les 16 fosses septiques sont en majorité dégradés.

III-1 Introduction

En période d'étiage une stratification thermique se réalise au niveau de la retenue des eaux de barrage. Elle aura comme effet de différencier la qualité physico-chimique des eaux et ce sur différentes profondeurs. Le barrage de Taksebt est doté de trois prises d'eau servant à alimenter la station de traitement. L'objectif de ce mémoire est de caractériser les eaux de chacune des trois prises de point de vue physico-chimique et de les évaluer par rapport à une grille de qualité spécifique des eaux destinées à la consommation humaine. Par ailleurs les données de la période allant de mai 2011 jusqu'à décembre 2011 seront également ré examinées dans le cadre de notre mémoire afin d'en apprécier la qualité générale par comparaison à celles relatives à la période allant de Janvier 2012 à Août 2012.

III-2 Matériels et méthodes

Trois types de paramètres sont nécessaires pour l'appréciation et la caractérisation des eaux des différentes strates de la retenue. Ce sont ceux relatifs aux analyses chimiques, ceux permettant d'identifier la stratification et enfin ceux qui permettent de déterminer le degré trophique des eaux.

III-2-1 Paramètre à mesuré pour les analyses physico-chimique :

Ce sont les paramètres hydro-physico-chimique usuels qui sont : le pH, la température, le résidu sec, la turbidité, la matière en suspension, l'oxygène dissous, le phosphore, l'ammonium, les nitrites, les nitrates, l'azote khjedal, les éléments fondamentaux, la DBO, la DCO, les matières organiques, le fer et le manganèse.

III-2-2 Paramètres à mesurer pour la stratification

Il est nécessaire de mesurer à la fois la température de l'eau du barrage et en parallèle le taux d'oxygène.

La température et l'oxygène dissous ont fait l'objet d'un relevé sur l'ensemble de la colonne d'eau jusqu'au point le plus profond du barrage.

III-2-3 paramètres pour déterminer le degré trophique

- ✓ La transparence de l'eau est mesurée à l'aide d'un disque de Secchi (on laisse descendre le disque dans le plan d'eau et on mesure la profondeur à partir de laquelle il cesse d'être visible). Ce simple appareil intègre plusieurs facteurs que sont la turbidité, la couleur de l'eau ainsi que la quantité d'organismes planctoniques en suspension. La mesure se fait in situ.
- ✓ Le phosphore total est analysé au laboratoire sur un prélèvement effectué entre 0,5m et 1m de la surface du plan d'eau.

- ✓ La chlorophylle a est ce pigment qui donne une couleur verte aux plantes. Cette valeur permet de préciser la productivité du plan d'eau et de mieux distinguer la partie biologique influençant la transparence. L'analyse est réalisée sur un prélèvement d'un litre effectué entre 0.5m et 1m de la surface du plan d'eau.

III-3 Site et fréquence d'échantillonnage

Huit campagnes d'échantillonnage mensuel ont été programmées. Elles couvrent la période allant de Janvier 2012 à Aout 2012. Chaque mois, des mesures in situ complétées par des prélèvements d'eau destinés à être analysés au laboratoire de l'ANRH sont effectués au niveau du barrage. Les points de prélèvement sont au nombre de cinq, à savoir à 0.5m de surface, à 0.5m du fond et les trois prises d'eau (pris d'eau 1 à 152.89m, prise d'eau 2 à 140,59, prise d'eau3 à 128.00m). (Figure n°12, §2).

III-4 Matériel et moyen nécessaire pour les prélèvements d'eau

- ✓ Une barque équipée d'un moteur mise à notre disposition par l'ANBT
- ✓ Préleveur spécifique pour les prélèvements en profondeur (dispositif permettant d'ouvrir le préleveur à niveau déterminé et ainsi de prélever en un point donné).
- ✓ Des appareils de mesure in situ tels que le conductimètre, le ph mètre, l'oxymètre et la sonde équipée de thermomètre par l'intermédiaire d'un câble gradué d'une longueur de 100m, reliant l'affichage digital en surface à la sonde, on descend cette dernière en relevant à des profondeurs régulières la valeur des températures.
- ✓ Disque de Secchi (disque blanc en fonte émaillée de 200mm de diamètre).
- ✓ Flacons en plastique et en verre.
- ✓ Produits chimique pour conservation (acide nitrique, acide sulfurique).

III-5 Méthodes d'analyses utilisées

Le tableau n°1 récapitule les paramètres appropriés pour chacun des points d'eau.

Tableau n°1 : Les paramètres à analyser

Paramètres	OBJECTIF				
	Prise d'eau	Profil	Etat trophique	Surface	Fond
Température	X	X		X	X
pH	X			X	X
MES à 105°C	X			X	X
Turbidité	X			X	X
Chlorophylle a	X		X	X	X
Transparence			X		
Résidu Sec	X			X	X
Conductivité	X			X	X
Calcium	X			X	X
Magnésium	X			X	X
Sodium	X			X	X
Potassium	X			X	X
Chlorures	X			X	X
Sulfates	X			X	X
Azote Kjeldahl	X			X	X
Ammonium	X			X	X
Nitrites	X			X	X
Nitrates	X			X	X
Orthophosphates	X			X	X
Phosphore total	X		X	X	X
O2	X	X		X	X
DBO5	X			X	X
DCO	X			X	X
M.Organiques	X			X	X
Fer	X			X	X
Manganèse	X			X	X
Aluminium	X			X	X

III-6 Protocoles d'analyses physico-chimiques et de la minéralisation globale

Laboratoire	Mesure du pH	NA 751
-------------	--------------	--------

Principe :

Le pH en relation avec la concentration des ions hydrogène (H^+) présent dans l'eau ou les solutions. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence. Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ .

Appareil : pH Mètre WTW

Mode opératoire

- ✓ Prend environ 20ml d'eau à analyser.
- ✓ Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- ✓ Tremper l'électrode dans le bécher.
- ✓ Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- ✓ Puis noter le pH.

laboratoire	Turbidité	NF T90-003
-------------	-----------	------------

Définition

Réduction de la transparence d'un liquide à la présence de matière non dissoute.

Principe

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solution de fomazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu.

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité non visible à l'œil nu et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

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

Appareil : Turbidimètre

Mode opératoire

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

Laboratoire	Détermination du Calcium et du Magnésium	NF T90-003
-------------	--	------------

Principe

Le sel disodique de l'acide Ethylène Diamino Tétra Acétique cristallisé avec H₂O, appelé aussi complexon ou versante forme avec un nombre de cation des complexes dont la stabilité dépend essentiellement du pH.

Réactifs

- Solution de l'EDTA.
- Solution tampon ph/10 pour déterminer (Ca/Mg).
- Solution de soude 1N pour déterminer(Ca).
- Indicateur coloré (noire eirochrome).

Mode opératoire

Titre de l'EDTA.

-Le dosage de l'E.D.T.A s'impose à chaque fois que le remplissage du flacon doseur est fait. On prépare une solution de CaCO₃ à 1g/l (attaque de 1g de CaCO₃ par HCl dilué puis ajuster à 1litre par de l'eau distillée. Le CaCO₃ doit avoir été séché à l'étuve puis refroidi au dessiccateur). On prélève 10 ml qui seront dosés en même temps que les échantillons. Cette solution contient 20mé/l de Ca⁺⁺.

- Les PE ayant été placés dans des béchers de 50ml on y ajoute systématiquement 2ml de Tampon (Ca/Mg) et 2 ml de NaOH (Ca) et une pincée d'indicateur; la solution prend une teinte rose (Ca/Mg) et rouge (Ca).

- La solution étalon de Ca⁺⁺ et les échantillons ainsi préparés sont alors traités de manière identique. L'E.D.T.A étant placé dans la burette, on verse jusqu'au virage du rose au bleu en maintenant une agitation dans le bécher. On notera soigneusement le volume V₁ d'E.D.T.A nécessaire pour faire virer la solution étalon de Ca⁺⁺ et les volumes V₂ d'E.D.T.A nécessaire pour faire virer les échantillons.

1. Calcul de la normalité de l'E.D.T.A

10ml à 20mé/l de Calcium ont été dosés par V_1 d'E.D.T.A.

$$N_{E.D.T.A} \text{ mé/l} = \frac{20 \times 10}{V_1} = \frac{200}{10}$$

2. Teneur en Calcium et Magnésium des échantillons

$$X \text{ mé/l Ca/Mg} = \frac{N_{E.D.T.A} V_2}{PE_{ml}}$$

3. Teneur en Calcium des échantillons

$$X \text{ mé/l Ca} = \frac{N_{E.D.T.A} V_2}{PE_{ml}}$$

4. Teneur en Magnésium des échantillons

$$\text{mé/l de Mg} = \text{mé/l de Ca/Mg} - \text{mé/l de Ca}$$

Laboratoire	Détermination des sulfates	NA 6361
-------------	----------------------------	---------

Principe

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate de baryum par le chlorure de baryum. Le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilisé par la gélatine. On effectue sur le trouble une mesure turbidimétrique à la longueur d'onde de 495nm.

Réactifs

- Solution de chlorure de baryum et de gélatine.
- Solution mère de sulfate a 10mg/.
- Solution étalons.

Prendre successivement:

50, 40, 30, 20, 15, 10 et 5ml de la solution mère de SO_4^{2-} , compléter chaque prélèvement à 1000ml exactement par de l'eau distillée.

On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement:500, 400, 300, 200, 150, 100 et 50mg/l en SO_4^{2-} .

Mode opératoire

-On place les PE (5ml) dans des erlens de 50ml.

Les PE des solutions étalons, le témoin (H₂O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir:

-On ajoute à chaque PE, 20ml de la solution de BaSO₄ et de gélatine préalablement diluée à 1/6.

-On agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure. Une nouvelle agitation aurait comme conséquences la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures.

-On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495nm en réglant le zéro avec le témoin.

Expression des résultats

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en sulfates exprimés en mg/l.

Laboratoire	Détermination des chlorures	NA 6362
--------------------	------------------------------------	----------------

Principe

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique et de l'alun ferrique donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470 nm.

Réactifs

-Solution saturée de thiocyanate mercurique.

-Solution d'alun ferrique.

-Solution mère de chlorures à 10g/l.

-Solutions étalons.

Prendre successivement :

100, 80, 65, 50, 35, 20, 10 et 5ml de la solution mère de Cl⁻ compléter chaque prélèvement à 1000ml exactement par de l'eau distillée. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 1000, 800, 650, 500, 350, 200, 100 et 50mg/l en chlorures. Les stocker dans des flacons étiquetés.

Mode opératoire

-On place les PE (5ml) dans des erlens de 50ml.

-Les PE des solutions étalons, le témoin (H₂O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir:

-On ajoute dans l'ordre 15ml de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 15ml de la solution nitrique d'alun ferrique également diluée au 1/6.

-On agite vigoureusement les erlens pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant ½ heure.

-On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 470nm en réglant le zéro avec le témoin.

Expression des résultats : La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en chlorures en mg/l.

Laboratoire	Détermination du sodium et du potassium	NA 1652 ou NA 1653
-------------	---	--------------------

Principe

Les ions en solution sont portés, au moyen d'une flamme de température convenable à un niveau énergétique supérieur à la normal (on dit que les atomes sont excités par la flamme). Libérés de la flamme, ils restituent l'énergie acquise en émettant une radiation caractéristique de l'élément. On pulvérise donc au moyen d'un gicleur, la solution à doser dans une flamme de température déterminée par l'élément que l'on recherche. On sélectionne la radiation attendue au moyen d'un filtre. L'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément présent dans la solution. On établit donc une gamme étalon pour chaque élément dosé et l'on s'y réfère pour déterminer une concentration inconnue. Le sodium et le potassium sont dosés à partir de la même solution étalon à des sensibilités différentes du photomètre de flamme. Le calcium est dosé par sa gamme étalon propre.

Réactifs

- Solution mère de sodium et de potassium.
- Solution étalon en Na⁺ et K⁺.
- Solution mère de calcium (CaCl₂ 2H₂O).
- Solution étalons en Ca⁺⁺.

Appareillage: Photomètre EPPENDORF+ Servotrace .

Réglage: Sensibilité du photomètre: 300mV.

Sensibilité du servotrace : 250mV.

Pression de l'Acétylène: 450mm d'eau.

Pression d'air: 0,45Kgp/cm².

Laboratoire	Détermination du résidu sec a 105°C	NA 6356
-------------	-------------------------------------	---------

Principe

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matière dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Une certaine quantité d'eau est dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

Matériel :

Capsule en porcelaine.

Balance analytique.

Etuve réglable.

Mode opératoire

- ✓ Tarer une capsule préalablement lavé, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- ✓ Prélever 100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- ✓ Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24heures.
- ✓ Peser immédiatement et rapidement.

Expression des résultats

Les résultats sont donnés en mg/l.

$(PP-PV) 10 \cdot 100 = \text{mg/l de RS}$
--

PP : le poids plein de la capsule.

PV : le poids vide de la capsule.

Laboratoire	Détermination de l'azote kjeldahl et l'azote organique	NA 1654
-------------	--	---------

Principe

La mesure de l'azote total Kjeldahl est une méthode qui permet de doser l'azote organique contenu dans une eau. Il représente l'azote ammoniacal et l'azote organique.

$$\text{NTK (azote total kjeldahl)} = \text{N (organique)} + \text{N (ammoniacal)}$$

L'azote ammoniacal pouvant être dosé directement. On en déduit la teneur en azote organique par différence avec l'azote kjeldahl.

La minéralisation de kjeldahl transforme la matière organique en azote ammoniacal par digestion à 300°C à l'aide d'acide sulfurique concentré, porté à ébullition et en présence d'un catalyseur de minéralisation (sulfate de potassium et mercure).

Après minéralisation, l'échantillon contient des ions NH_4^+ issus de la dégradation des matières organiques, ainsi que les ions NH_4^+ initialement présents.

Distillation : Les ions NH_4^+ ainsi obtenus, sont libérés sous forme d'ammoniaque par l'action d'une base forte telle que la soude.

Réactifs

-Solution de soude à 35%.

-Solution de digestion.

Solution A

- 134g de sulfate de potassium K_2SO_4 .

-650ml d'eau distillée.

-200ml d'acide sulfurique.

Solution B

-2g d'oxyde mercurique.

-20ml d'acide sulfurique.

-Mélanger les solutions A et B.

-Solution d'acide borique à 2%.

Laboratoire	Détermination de l'azote ammoniacal	NA 1658
-------------	-------------------------------------	---------

Principe

L'ammonium, en milieu alcalin et en présence d'hypochlorite de sodium donne avec le phénol une coloration bleue (réaction de Berthelot). On utilise du nitroprussiate de sodium comme catalyseur. On évite les précipitations à ce pH par addition de tartrate et de citrate de sodium. La quantité d'hypochlorite doit être ajustée avec soin. Si l'hypochlorite est en défaut, la coloration se développe mal et irrégulièrement. S'il est en excès, il peut attaquer des composés azotés organiques qui peuvent perdre leur groupement NH pour donner des aldéhydes et de l'ammoniac. Il peut causer la chlorination du phénol qui entraîne une perte d'hypochlorite et provoque l'apparition de phénols chlorés insolubles.

Réactifs

- Solution mère d'ammonium a 1g/l (NH_4^+).
- Solution d'ammonium a 10mg/l (NH_4^+).
- Solution étalons.

Prendre successivement:

5, 10, 25, 50, 100, 150 et 200ml de la solution à 10mg/l et compléter à 1000ml par de l'eau distillée. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement:

0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 1,5 et 2mg/l de NH_4 .

- Solution tampon et complexant.
- Solution de phénate de sodium.
- Solution de nitroprussiate de sodium.
- Solution d'hypochlorite de sodium a 2°C.
- Mélange des réactifs.

Mode opératoire

Si l'échantillon est coloré par des acides humiques, on l'acidifie par de l'acide sulfurique (1ml d'acide sulfurique concentré) et on filtre. La réaction colorimétrique s'effectue en opérant le mélange suivant:

PE : 20ml.

Réactif mélangé : 2ml.

Hypochlorite à 2° Cl : 0,5ml.

La coloration bleue se développe à partir du moment où l'on ajoute l'hypochlorite.

On laisse les flacons à l'obscurité pendant une heure et demie. La coloration reste stable plusieurs heures.

On effectue la mesure colorimétrique à 625nm.

Laboratoire	Détermination des nitrates	ISO 7890-3NA 1656
-------------	----------------------------	-------------------

Principe

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur. Les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie: diazotation avec l'acide sulfanilique et capulation avec l'&- Naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520nm.

Réactifs

- Solution de soude 1N.
- Solution de sulfate de cuivre.
- Solution d'hydrazine a 0,1 M.
- Solution d'acide sulfanilique.
- Solution &-naphtylamine.
- Solution d'EDTA.
- Solution d'acétate de sodium.
- Solution mère de nitrate a 100mg/l.

- Solution étalons.

Prendre successivement:

0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 10ml de la solution mère de nitrate et compléter chaque prélèvement à 100ml par de l'eau bidistillée. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement:

5, 10, 20, 40, 60, 80 et 100mg/l de nitrates.

Mode opératoire

Dans un erlen de 100ml, ou mieux dans un flacon en verre brun de 100ml, introduire:

- PE = 1ml.

- Solution de Soude 0,05M = 5ml.

- Mélange Réducteur = 5ml. Agiter après chaque addition et attendre 1 heure avant d'ajouter.

- Mélange colorant = 40ml. Laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant ¼ heure. Mesurer sa densité à 520nm.

Le passage au colorimètre ne doit intervenir que juste avant la mesure optique afin que la solution soit exposée un minimum de temps à la lumière à laquelle elle est très sensible. La réduction des nitrates est partielle et varie avec le temps et la température. Il importe donc que la mesure des échantillons soit toujours accompagnée d'une mesure des solutions étalons, traitées dans les mêmes conditions.

Laboratoire	Détermination des nitrites	NA 1657
-------------	----------------------------	---------

Principe

Par diazotation des nitrites avec l'acide sulfanilique à pH 2,5 puis par copulation du composé formé avec l'&-Naphthylamine (réactif de Griess), on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins 12 heures dont on mesure l'intensité à 520nm.

Réactifs

- Solution d'acide sulfanilique.

- Solution d'&-naphthylamine.

- Solution tampon d'acétate de sodium.

- Solution d'EDTA a 5g/l.

- Solution étalons des nitrites a 100mg/l.

Mode opératoire

Si l'échantillon est coloré par des acides humiques, on l'acidifie par l'acide sulfurique (1ml/1 d'acide sulfurique) et on filtre.

50ml de prise d'essai.

1ml de solution d'E.D.T.A.

1ml d'acide sulfanilique.

Agiter et attendre 10mn.

1ml d'α-naphtylamine.

1ml de la solution de tampon acétate. Agiter et attendre 30mn.

Effectuer la mesure colorimétrique à 520nm.

La droite étalon est obtenue avec des étalons préparés à partir de la solution à 1mg/l.

- Solution étalons :

Prendre successivement : 1, 2, 4, 6, 8, 10ml de la solution à 1mg/l de NO₂ et compléter par de l'eau distillée à 50ml. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement 0,02, 0,04 0,08, 0,12, 0,16 et 0,20mg/l de NO₂.

Laboratoire	Détermination de la matière organique	NA 2064
-------------	---------------------------------------	---------

L'oxydabilité au permanganate consiste en l'oxydation modérée par le permanganate des matières réductrices dans l'eau. Le permanganate oxyde de préférence les matières organiques d'origine végétale en milieu acide et celles d'origine animale en milieu basique. Or celles-ci sont les plus susceptibles d'indiquer une pollution humaine ou animale, donc une eau dangereuse pour la consommation. Une eau est suspecte à partir de 2 à 3mg d'oxygène consommé par litre d'eau en milieu alcalin, ou 3 à 5mg en milieu acide.

Principe

Oxydation en milieu acide

On oxyde l'échantillon par un excès connu de permanganate de potassium, en milieu acide et à chaud: $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + \underline{5} \text{O}_2$.

L'excédent de sulfate ferreux est titré par le permanganate. La réaction étant incomplète, la reproductibilité des résultats est particulièrement sensible à la rigueur des conditions opératoires. Le degré d'oxydation des matières organiques dépend du rapport des concentrations du permanganate MnO_4^- et de sa forme réduite Mn^{2+} . On rend ce rapport pratiquement constant en diluant la prise d'essai, de telle sorte que la quantité de permanganate introduite soit en net excès par rapport à celle du permanganate consommé. L'expérience a montré que le permanganate consommé ne devait pas excéder les 20% du MnO_4^- introduit, pour obtenir des valeurs reproductibles.

Réactifs

- Solution d'acide sulfurique au 1/2.
- Solution de permanganate de potassium N/20.
- Solution de permanganate de potassium a N/80.
- Solution de sulfate ferreux ou sel de mohr N/80.
- Solution de bicarbonate de sodium a 10%.

Mode opératoire

Milieu acide

Mettre dans un erlen.

100ml d'eau à analyser.

10ml d'acide sulfurique au 1/2.

Porter à l'ébullition 10mn exactement.

Refroidir rapidement et ajouter 20ml de sulfate ferreux ammoniacal N/80.

Doser l'excès de sulfate ferreux par du permanganate N/80 (de titre exact) soit V le volume de permanganate.

$\text{O}_2 \text{ mg/l} = (V - V_0) V_0$ Représente le volume du permanganate du témoin (eau distillée).

Si on trouve $\text{O}_2 > 3,5\text{mg/l}$, recommencer en diluant l'échantillon.

Calculs

A) Oxydabilité en milieu acide.

	Oxydant	Réducteur	Equation Correspondante
Dans l'échantillon	5ml de MnO^{-4} N/20 + V_1 ml de MnO^{-4} N/80	100ml d'échantillon de titre x en matières réductrices + 20ml de sulfate ferreux N/80	$(5 \times 1/20) + (V_1 \times 1/80)$ $= (100 \times x) + (20 \times 1/80)$

Dans le témoin	5ml de MnO^{-4} N/20 + V_2 ml de MnO^{-4} N/80	100ml d'eau distillée + 20ml de sulfate ferreux N/80	$(5 \times 1/20) + (V_2 \times 1/80)$ $= (20 \times 1/80)$
----------------	---	--	---

D'où : $(20 \times 1/80) = (5 \times 1/20) + (V_1 \times 1/80) - (100 \times x) = (5 \times 1/20) + (V_2 \times 1/80)$.

$$x = \frac{1}{8000} (V_1 - V_2)$$

Comme un équivalent gramme d'oxygène = 8000mg d'oxygène:

$$O_2mg/l = V_1 - V_0.$$

Laboratoire	Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)	NA 2062
-------------	---	---------

Principe

La DCO indique la quantité de matière polluante d'origine organique ou inorganique contenue dans un échantillon d'eau.

L'analyse fait appel au dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) qui est un oxydant puissant ; il réagira en excès et à chaud avec les composés réducteurs polluants de l'échantillon en milieu acide sulfurique et en présence d'un catalyseur de sulfate d'argent (Ag_2SO_4). L'effet négatif des ions chlorures sera masqué par l'ajout de sulfate mercurique ($HgSO_4$) au début de la digestion. L'excédant de dichromate de potassium sera dosé par une solution de sel de Mohr $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ permettant ainsi le calcul de la DCO.

Réactifs

- Acide sulfurique H_2SO_4 à 4 moles/l.
- Le catalyseur Ag_2SO_4 en milieu sulfurique.
- Le sel de Mohr $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ à 0,12 mole/l.
- Le dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ à 0,040 mole/l.
- La solution « TEST » d'hydrogénophthalate de potassium $C_8H_5KO_4$.
- L'indicateur coloré à la férroïne.

Mode opératoire

Introduire 10 ml d'échantillon dans le tube à réaction puis 5 ml de $K_2Cr_2O_7$ et quelques billes de verre afin de régulariser l'ébullition.

Ajouter lentement 15 ml d' Ag_2SO_4 en milieu sulfurique.

Installer le tube à réaction dans le porte-tubes et mettre l'ensemble dans le bloc chauffant.

Connecter correctement le réfrigérant à air au tube à réaction.

Enclencher l'interrupteur en position 1.

Vérifier sur l'afficheur que le chiffre inscrit sous « PR » est 1, c'est-à-dire le Programme n°1 composé de : palier n°1 à 150° pendant 30 mn et palier N°2 à 170° pendant 60 mn. (L'élaboration du programme 1 est décrite plus Bas).

Démarrer l'analyse en appuyant sur « R/S ».

A la fin de l'analyse l'appareil émettra une alarme, appuyée alors sur « R/S ».

Sortir le porte-tubes contenant le tube à réaction et son réfrigérant à air et le poser sur le support de refroidissement à proximité d'une fenêtre. Attendre 15 mn et rincer le réfrigérant toujours connecté au tube à réaction avec 75 ml d'eau distillée.

Laisser refroidir jusqu'à la température ambiante. Transvaser ensuite le contenu du tube à réaction dans un erlen de 500 ml et doser par le sel de Mohr en présence de 2 gouttes de ferroïne.

Soit V_1 ml le volume lu à la burette pour l'échantillon.

Un essai à blanc est réalisé en même temps que l'analyse de l'échantillon en Procédant de la même manière que précédemment mais en Remplaçant les 10 ml d'échantillon par 10 ml d'eau distillée. Soit V_2 ml le volume lu à la burette pour l'essai à blanc.

Calculs

$$\text{La DCO en mg d'O}_2/\text{l} = \frac{8000 \times T \times (V_2 - V_1)}{\text{P.E}} \quad (\text{formule 1})$$

T : Titre du sel de Mohr (solution C).

V_1 : Volume de burette de l'échantillon.

V_2 : Volume de burette de l'essai à blanc.

P.E : Prise d'essai échantillon (10 ml si échantillon n'a pas été dilué).

Remarque : Il est nécessaire de diluer l'échantillon si sa DCO est supérieure à 700 mg d'O₂/l.

Exemple (dilution 10 fois) : versé 1 ml d'échantillon et 9 ml d'eau distillée dans le tube à réaction.

$$\text{Dans ce cas la DCO} = \frac{8000 \times T \times (V_2 - V_1)}{1}$$

Laboratoire	Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	NA 2063
-------------	--	---------

Principe

La Demande biochimique en oxygène est un paramètre qui indique la quantité de substances organiques polluantes d'une eau.

Elle est analysée à l'aide d'un flacon surmonté d'un bouchon spécial qui mesure le processus respiratoire des micro-organismes vivants dans l'eau. Ces micro-organismes dégradent la masse organique tout en consommant l'oxygène présent dans l'échantillon et qui est nécessaire à leur existence. Plus la masse organique est importante et plus les micro-organismes consomment l'oxygène dont la concentration diminue entraînant ainsi une diminution de la pression et donc une augmentation de la DBO. Le flacon contenant l'échantillon est hermétiquement fermé à l'aide d'un

bouchon spécial qui mesure la diminution de pression. L'afficheur analogique intégré au bouchon indique après calcul, la valeur de la DBO en mgO_2/l .

Mode opératoire

Détermination du volume d'échantillon à verser dans le flacon.

Il faut d'abord déterminer le volume d'échantillon à verser dans le flacon et qui dépend de la valeur approximative de sa DBO. Si aucune information n'est disponible au sujet de l'ordre de grandeur de sa DBO (barrage, oued ...), on peut utiliser les formules approximatives suivantes si on connaît sa DCO :

Pour des eaux claires et des eaux de rejets domestiques: $\text{DBO} = 0,5 \times \text{DCO}$.

Pour des eaux de rejets industriels : $\text{DBO} = \text{DCO}$.

On connaissant donc sa DBO, le tableau suivant nous donne le volume d'échantillon à verser dans le flacon.

Exemple d'eaux	DBO (mg/l O_2)	Volume d'échantillon à verser dans le flacon (en ml)	Facteur multiplicatif
	0 - 40	432	1
	40 - 80	365	2
	80 - 200	250	5
	200 - 400	154	10
	400 - 800	97	20
	800 - 2000	43,5	50
	2000 - 4000	22,7	100

Exemple: Notre échantillon d'eau a une DCO de $500 \text{ mgO}_2/\text{l}$.

On calcul la DBO approximative qui est égale à : $500 \times 0,5 = 250 \text{ mgO}_2/\text{l}$

En regardant le tableau dans la colonne « DBO », le nombre 250 est compris entre 200 et 400 mgO_2/l et donc le volume à verser dans le flacon est 154 ml. On introduira donc les 154 ml d'échantillon et l'aimant dans le flacon et rien d'autre.

Laboratoire	Détermination de l'oxygène dissous	NA 1910
-------------	------------------------------------	---------

La méthode décrite doit son origine à Winckler. Des adaptations complémentaires (Alsterberg) l'ont rendue utilisable en présence de certaines interférences.

Principe

En milieu alcalin, le sulfate manganoux précipite à l'état d'hydroxyde manganoux. Celui-ci est oxydé par l'oxygène dissous en hydroxyde manganique.

Réactifs

- Solution de Sulfate Manganoux.
- Solution de Fluorure de Potassium.
- Solution Indicateur a L'emploi D'amidon.
- Solution mère de thiosulfate de sodium a 0.5N.
- Solution fille de thiosulfate de sodium a 0.0125N.
- Solution d'iodate de potassium a 0.01N.
- solution d'iodure de potassium a 0.6.
- Solution d'acide sulfurique au 1/5.

Mode opératoire

Remplir complètement avec de l'eau à analyser un flacon de 125ml à col rodé.

Ajouter rapidement à l'aide d'une pipette plongeant sous la surface du liquide:

- 1ml de sulfate manganoux.
- 1ml de réactif à l'iodure de potassium. Reboucher sans emprisonner de bulles d'air et agiter. Quand le précipité formé s'est déposé, introduire de la même manière 2ml d'acide sulfurique dilué au 1/2, agiter. Quand tout le précipité s'est dissous, prélever 103ml de la solution (3ml pour tenir compte du volume déplacé par les réactifs) et les mettre dans un erlen. Doser l'iode formé par la solution de thiosulfate à 0,0125N.

Ajouter d'abord le thiosulfate jusqu'à obtention d'une couleur jaune clair, puis ajouter 5ml d'indicateur à l'empois d'amidon. Continuer le titrage jusqu'à décoloration complète.

- Mettre 20ml d'iodate de potassium à 0,01N dans un erlen de 125ml.
- Ajouter 10ml d'acide sulfurique au 1/5.

-Ajouter 15ml d'iodure de potassium à 0,6M.

Titrer l'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium:

ajouter d'abord le thiosulfate jusqu'à obtention d'une couleur jaune clair, puis ajouter 5ml d'indicateur d'empois d'amidon. Continuer le titrage jusqu'à décoloration complète.

$$\text{Titre de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{titre du KIO}_3 \times \frac{\text{volume de KIO}_3}{\text{Volume de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

De préférence ajuster la solution à 0,0125N très exactement.

Calculs :

Chaque équivalent de I_2 a été formé par un équivalent de O_2 dissous.

Au point équivalent, on a en équilibre:

100ml d'échantillon de titre x en I_2 , donc en O_2 dissous.

Vml de thiosulfate de titre T.

$$100 \times x = V \times T$$

L'échantillon contient donc $x = \frac{VT}{100}$ équivalent/litre d' O_2 dissous.

$$\text{Soit: } 8000 \times \frac{VT}{100} = 80VT \text{ mg/l de } \text{O}_2 \text{ dissous.}$$

Si T = 0,0125N l'expression devient:

Vmg/l d' O_2 dissous.

Laboratoire	Détermination des phosphates	NA 2364
-------------	------------------------------	---------

Principe

Le molybdate d'ammonium $\text{Mo}_7(\text{NH}_4)_4\text{H}_2\text{O}$ 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.

Réactifs :

- Solution d'acide ascorbique a 10g/l.
- Solution de molybdate d'ammonium.
- Solution mère de phosphate a 1g/l.
- Solution de PO_4^{-3} a 10mg/l.
- Solution étalons :

Prendre successivement 2,5, 5, 7,5, 10, 15 et 20ml de la solution à 10mg puis compléter à 50ml par de l'eau distillée. On obtient 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4 et 5mg/l de PO_4^{-3} .

Mode opératoire

Au moment du dosage mélanger les 2 réactifs (Solution molybdique et la solution d'acide ascorbique) dans des proportions suivantes: 3 volumes de la solution molybdique, 1 volume de la solution d'acide ascorbique. Effectuer les réactions dans des tubes à essai.

20ml de Prise d'essai, 5ml du réactif mélangé, Porter au bain marie à 80°C durant 10mn.

Laisser refroidir et mesurer l'absorption à 825nm.

Laboratoire	Détermination du phosphore	NA 2364
-------------	----------------------------	---------

Mode Opératoire

Les phosphates totaux sont dosés après minéralisation du prélèvement. Pour cela, introduire une prise d'essai de l'échantillon (ou un volume déterminé en fonction de la teneur supposée en phosphate) dans un erlen de 100ml. Ajouter 1ml d'acide sulfurique obtenu en ajoutant 31 ml d'acide sulfurique concentré dans 60 ml d'eau distillée et en complétant à 100 ml. Ajouter 0,4g de persulfate d'ammonium. Porter à ébullition et chauffer régulièrement pendant environ 1 heure pour obtenir un volume final de 10ml. Alcaliniser par une solution d'hydroxyde de sodium 3N jusqu'à coloration rose en présence de la phénolphthaléine. Décolorer avec une goutte d'acide sulfurique. Laisser refroidir et compléter à 50ml avec de l'eau distillée et procéder au dosage des phosphates totaux selon la méthode utilisée pour le dosage de l'orthophosphates. Recommander de procéder de la même manière avec les solutions étalons.

Laboratoire	Dosage de la chlorophylle a	NA 2063
-------------	-----------------------------	---------

Mode opératoire

Le dosage de la chlorophylle a conduit à l'estimation de la biomasse phytoplanctonique.

La chlorophylle a est estimée à partir d'un volume d'eau filtré (sur des filtres Wattman GF / C 0,47µm). Immédiatement après le retour du barrage, les filtres sont mis dans des tubes avec 10ml d'acétone et placés au congélateur à l'abri de la lumière pendant 24h. Dès le retour au laboratoire, les filtres seront déchetés puis centrifugés 5 à 10 min à 3000 – 4000tr/min.

Nous obtenons les absorbances nette en utilisant la formule de la chlorophylle par la méthode SCOR-UNESCO

$$\text{Chl}(\text{mg}/\text{m}^3) \frac{v}{L.V} [11,64 (A665 - A750) - 2,16(A645 - A750) + 0,10 (A630 - A750)]$$

Avec :

v : le volume (en ml) d'acétone utilisé : 7ml

V : le volume (en L) d'échantillon filtré : 750ml=0.75L

L : le trajet optique de la cuve de mesure (en cm) : 4.5cm

Laboratoire	Détermination des métaux par ICP-MS	NA 6061
-------------	-------------------------------------	---------

Appareillage : ICP-MS

Principe :

L'ICP-MS (Inductive Coupled Plasma Mass Spectrométrie, Spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif) est une technique d'analyse élémentaire inorganique, au même titre que l'ICP AES (spectrométrie d'émission atomique). Ces techniques sont basées sur la création d'un plasma constitué d'un volume d'argon chaud (6000 à 10000 °K). Ce plasma est confiné par un champ magnétique de fréquence radio. L'échantillon, mis sous forme liquide, est amené dans le plasma sous la forme d'un aérosol. Dans le plasma, les composés présents se décomposent en atomes qui sont ensuite presque complètement ionisés. Dans le spectromètre de masse, les ions positifs sont filtrés en fonction de leur rapport masse sur charge (m/z) qui permet l'identification de l'élément. La concentration, elle est proportionnelle au nombre d'ions.

IV-1 Introduction

Pour une meilleure appréciation de la qualité générale du barrage, des mesures de paramètres physico-chimiques ont été réalisées en surface et en profondeur du barrage ainsi qu'à différentes profondeurs en plus de celles effectuées sur les trois prises d'eau, afin de déterminer les périodes de brassage et de stratification le degré trophique. Les données obtenues en surface et en des mesures de température et d'oxygène seront associées à celles réalisées par l'ANRH dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux de surface. Toutes les campagnes ont été réalisées au début de la première semaine du mois. Les résultats de l'analyse des caractéristiques physico-chimiques sont synthétisés dans des tableaux et illustrés par des figures.

IV-2 Qualité générale de la retenue durant la période de Mai 2011 à Aout 2012

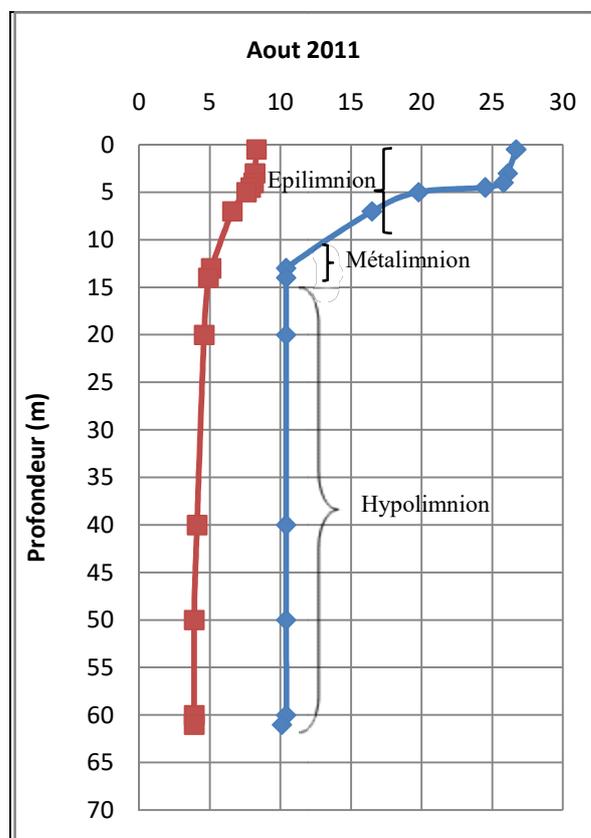
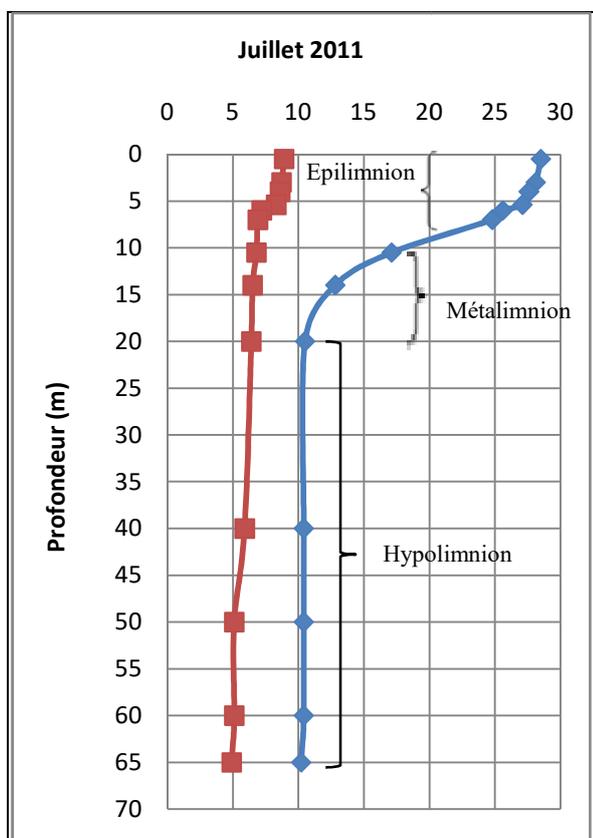
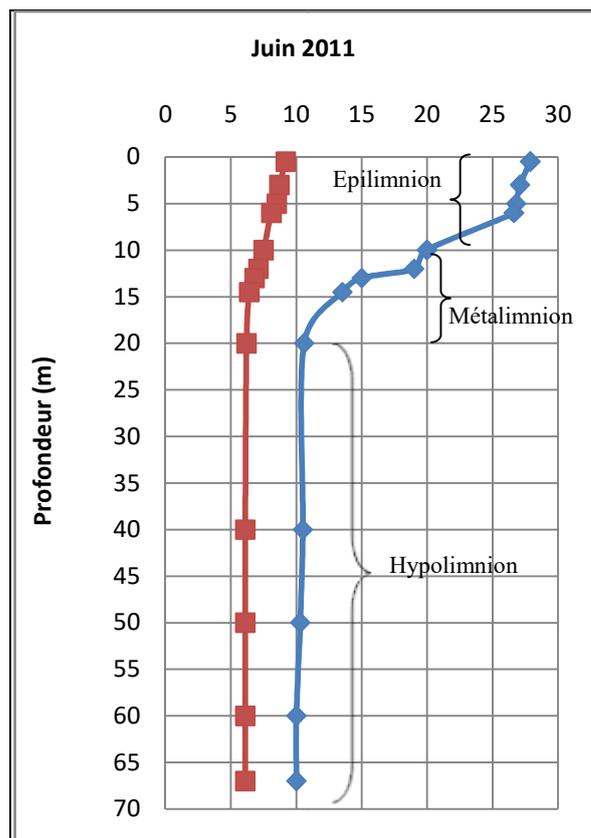
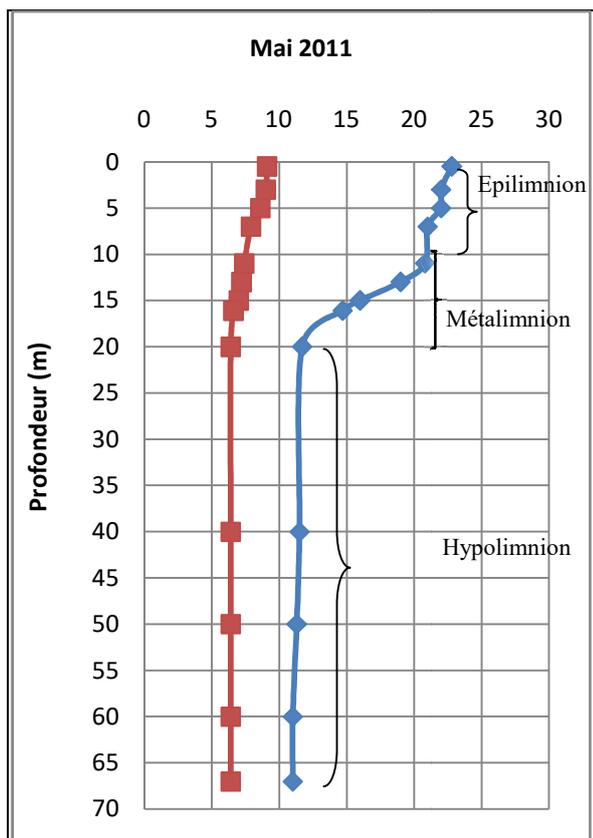
IV-2-1 Evolution de la température et de l'oxygène

Des mesures de températures et d'oxygène ont été réalisées de Janvier 2012 à Août 2012 afin d'une part de déterminer la période de stratification et d'autre part de quantifier le taux d'oxygène. Les figures n°1 et n°2 ci-dessous montrent la variation thermique des eaux de barrage Taksebt observées au cours de Mai 2011 à Août 2012.

La période de réchauffement estivale a présenté en Mai 2011 à Septembre 2011, un maximum de 28,5°C et un minimum de 10,5°C en profondeur, soit un écart de 18°C et l'existence d'une barrière thermique (thermocline) située entre 10 m et 13 m. Les relevés de Juin 2012 à Août 2012 présentent un maximum de 28°C et un minimum en profondeur de 13,7 °C soit un écart de 14,3 °C et l'existence d'une barrière thermique située à 9 et 12 m.

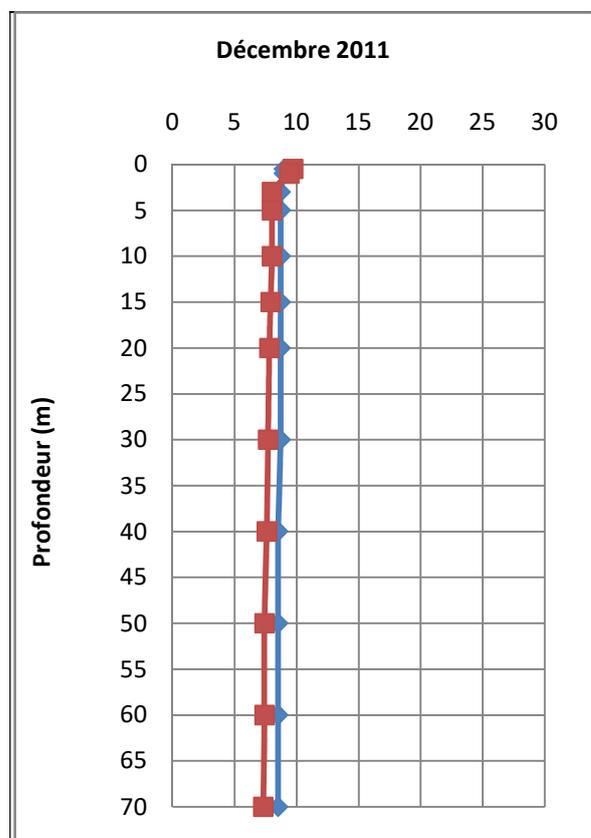
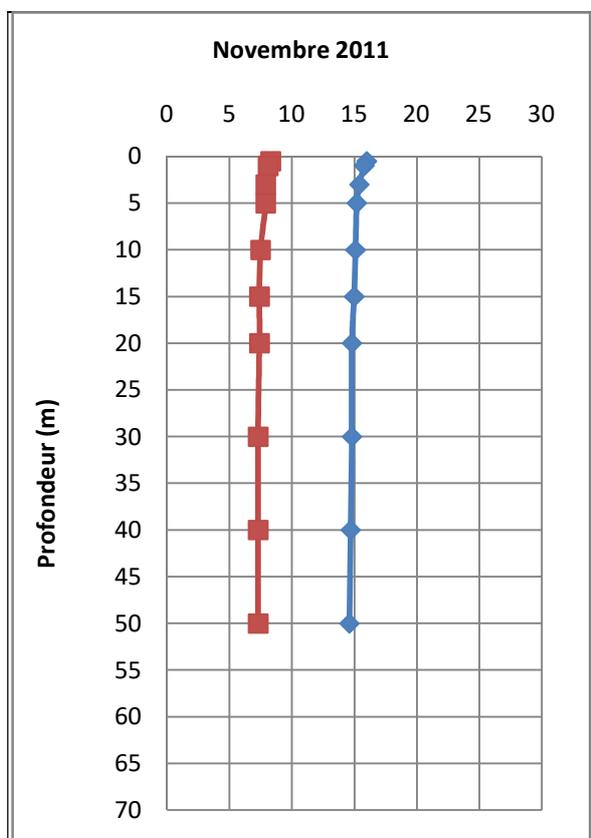
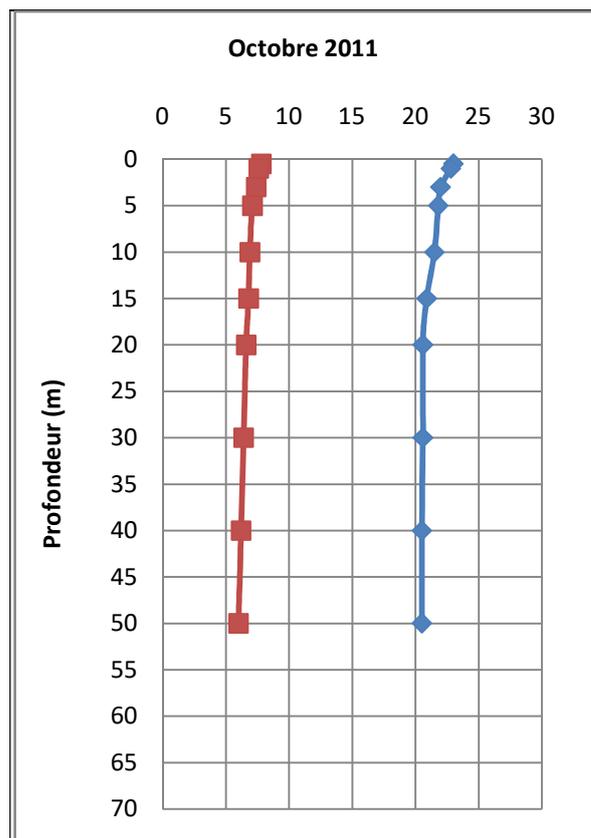
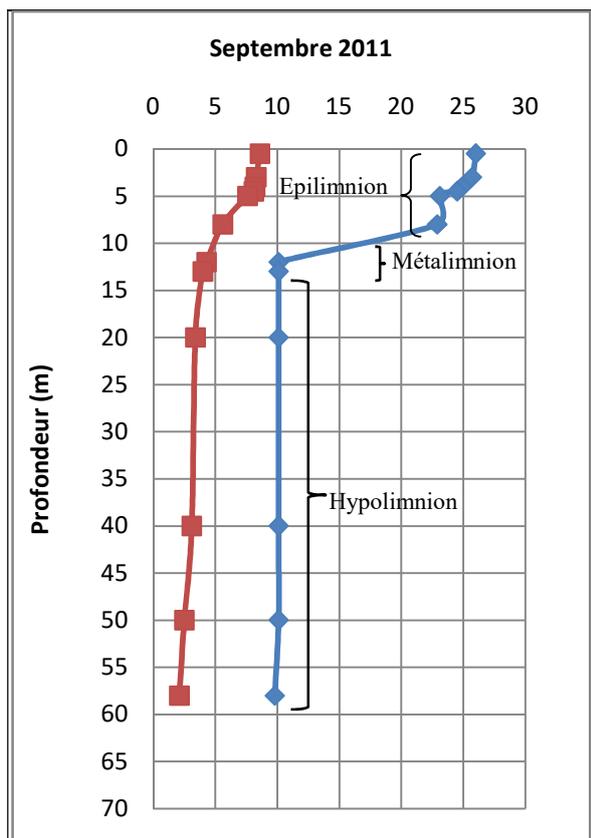
Par contre pendant la période automnale et hivernale nous remarquons une isotherme presque parfaite et cela est dû au phénomène de brassage des eaux (mélange surface-fond). La faiblesse des écarts durant l'automne et le début de l'hiver peut aussi s'expliquer par les apports de crues plus important durant cette saison. Ils diluent les eaux en les brassant ce qui atténue les écarts particulièrement dans la zones de surface proche du plan d'eau.

En période de stratification thermique maximale et estivale, le taux d'oxygène est sans aucun doute un des paramètres les plus indicateurs du degré d'eutrophisation d'un plan d'eau. Les diminutions des concentrations en oxygène observées dans les couches profondes au cours des stratifications (2011 et 2012) sont reliées en majeure partie, à la consommation de ce gaz dissous par les bactéries aérobies qui décomposent la matière organique s'accumulant à cet endroit et au fait que cette couche d'eau n'est plus alimentée en oxygène. En Septembre 2011 la concentration d'oxygène était de 2,1 mg/l (18,5 %) et en Août 2012 celle-ci est de 2 mg/l (19,6%).



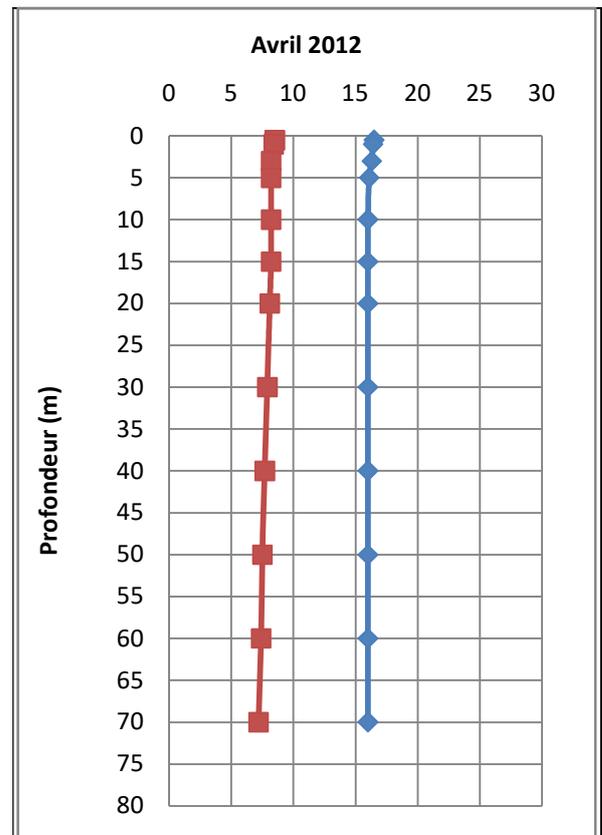
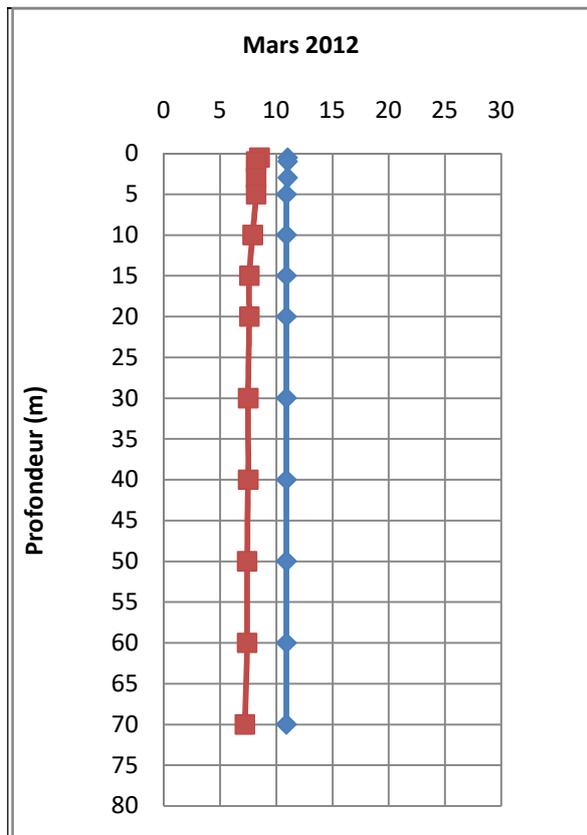
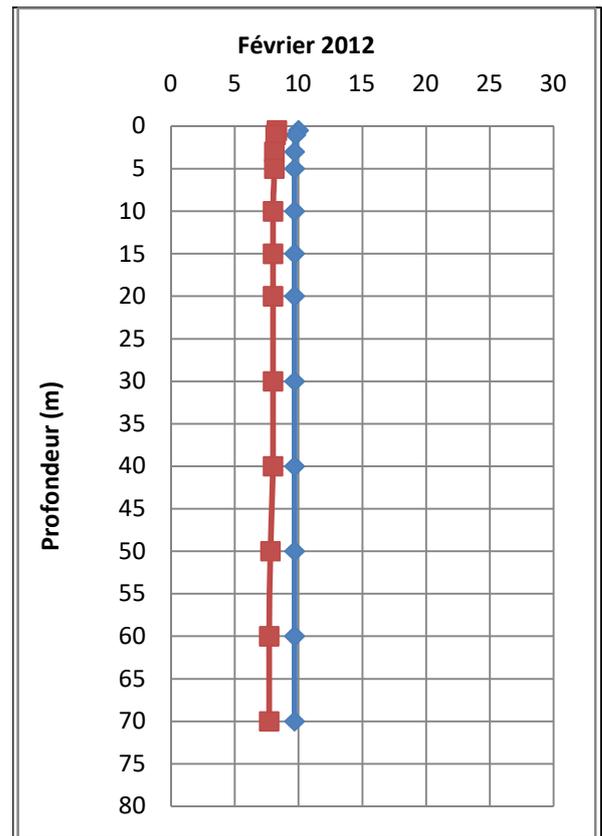
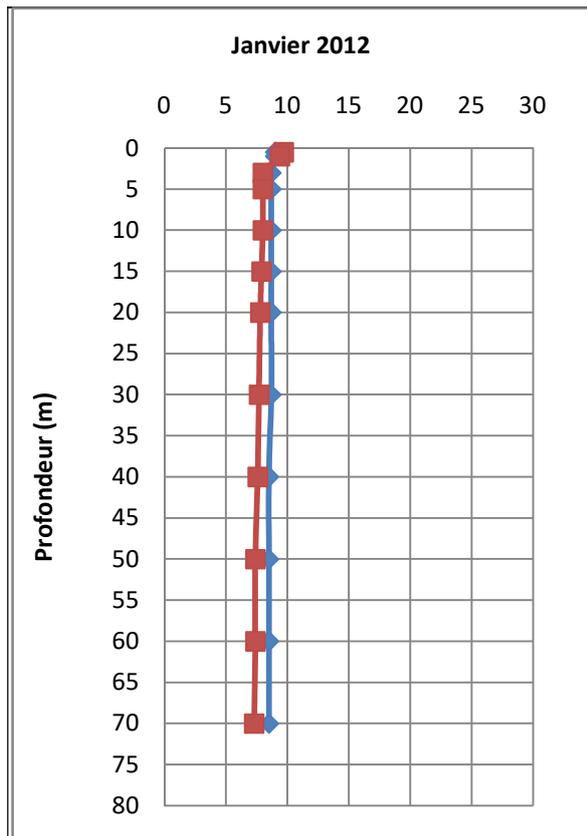
— O₂ , — T°C ,

Figure n°1 : Evolution de la stratification thermique pour l'année 2011



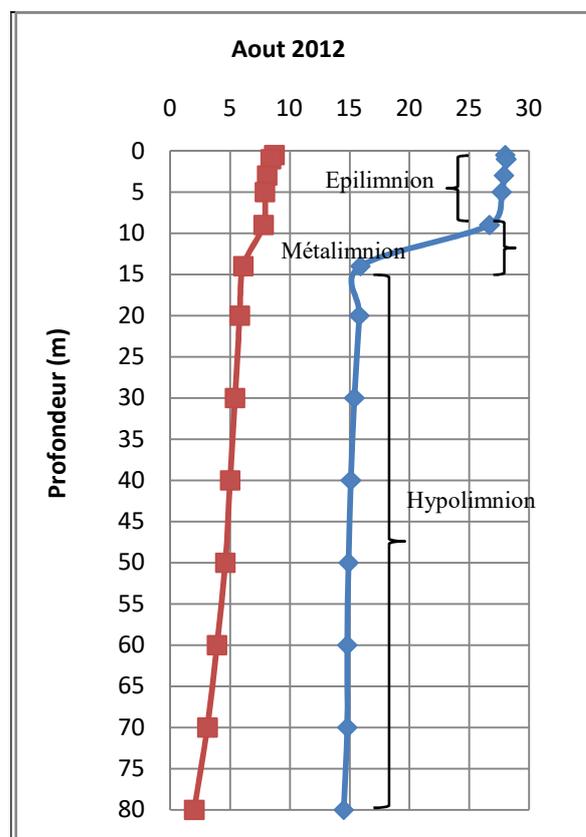
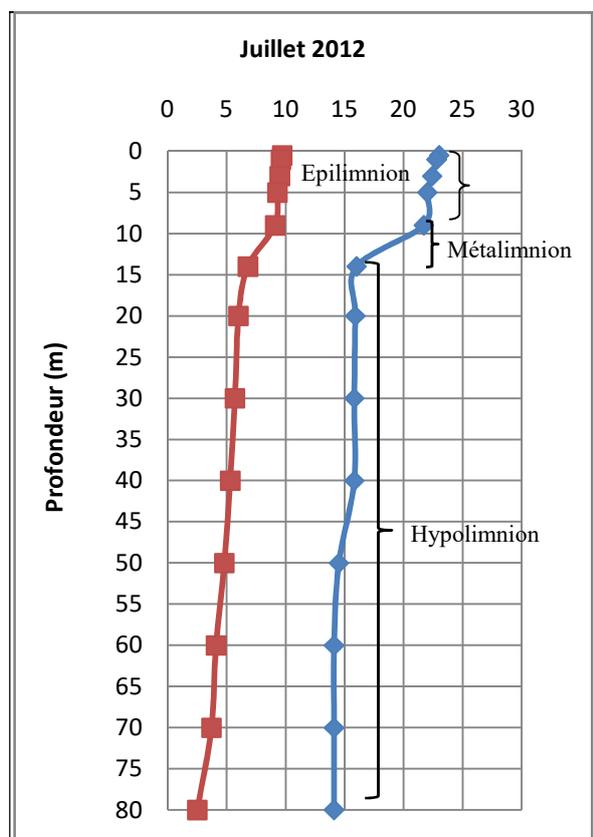
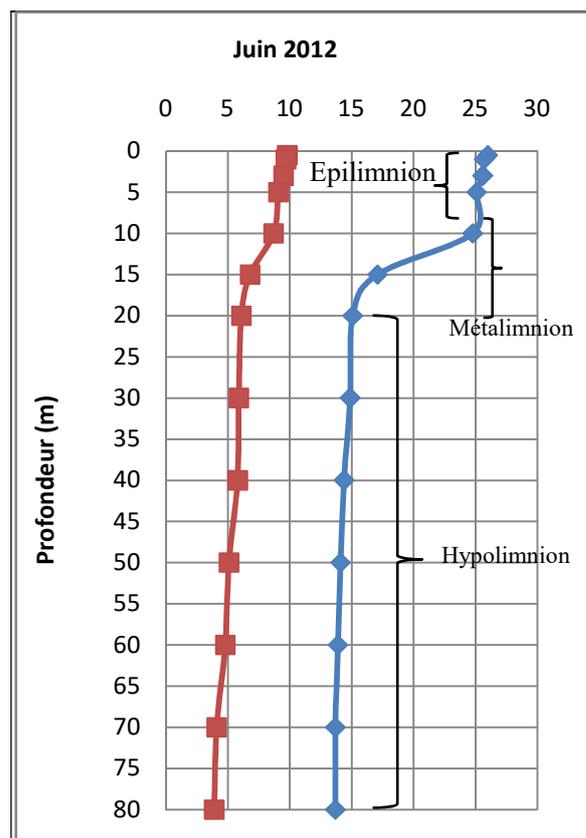
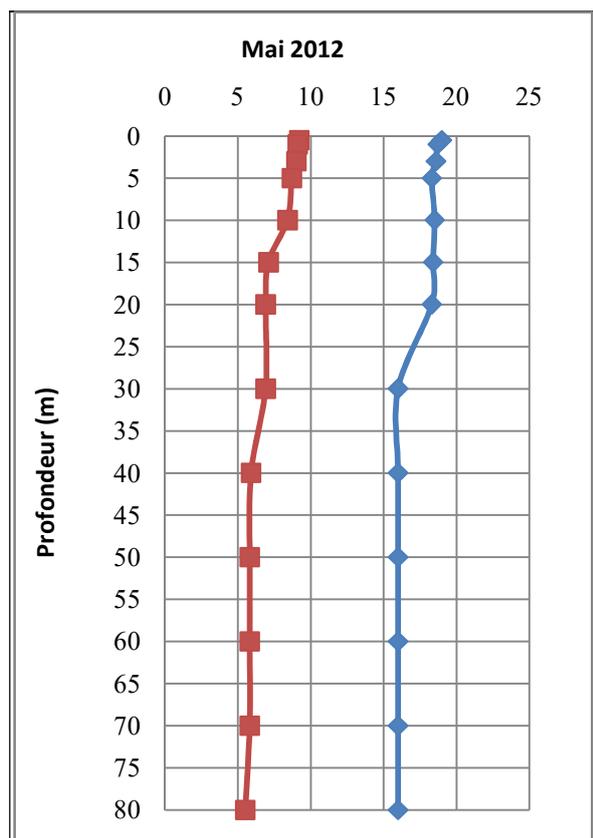
— O₂ , — T°C

Figure n°1(suite) : Evolution de la stratification thermique pour l'année 2011



— O₂ , — T°C

Figure n°2 : Evolution de la stratification thermique pour l'année 2012.



— O₂ — T°C

Figure n°2 (la suite): Evolution de la stratification thermique pour l'année 2012

IV-2-2 Evaluation du degré trophique du barrage

La qualité de l'eau d'un plan d'eau s'évalue entre autres en fonction de trois indicateurs :

- ✓ le taux de phosphore ; un élément dont la teneur limite ou favorise habituellement la croissance des algues et des plantes aquatiques.
- ✓ le taux de chlorophylle active ; la concentration de chlorophylle augmente avec la concentration de matière nutritive ; elle a une incidence sur la transparence de l'eau.
- ✓ le niveau de transparence.

Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau n°1 et illustrés par la figure n°3 .

Tableau n°1: Variation de l'état trophique du barrage

Date/Paramètre	Chlorophylle (µg/L)	Transparence (m)	Phosphore total µg/L	Etat trophique
mai-11	4,25	4,2	9	Oligo-Mésotrophe
juin-11	6,21	3,5	14	Mésotrophe
juil.-11	6,25	3,1	15	Mésotrophe
aout-11	7,2	3,8	19	Mésotrophe
sept.-11	7,8	3,2	16	Mésotrophe
oct.-11	8,1	2,7	12	Mésotrophe
nov.-11	5,2	2,8	11	Mésotrophe
déc.-11	6,1	3,1	10	Mésotrophe
janv.-12	4,1	2,1	7	Mésotrophe
févr.-12	3,9	1,9	6	Mésotrophe
mars-12	4,2	2,5	6	Mésotrophe
avr.-12	4,8	2,7	8	Mésotrophe
mai-12	5,2	3,9	8	Mésotrophe
juin-12	7,5	3,8	15	Mésotrophe
juil.-12	7,8	4,1	16	Mésotrophe
aout-12	7,5	3,8	18	Mésotrophe

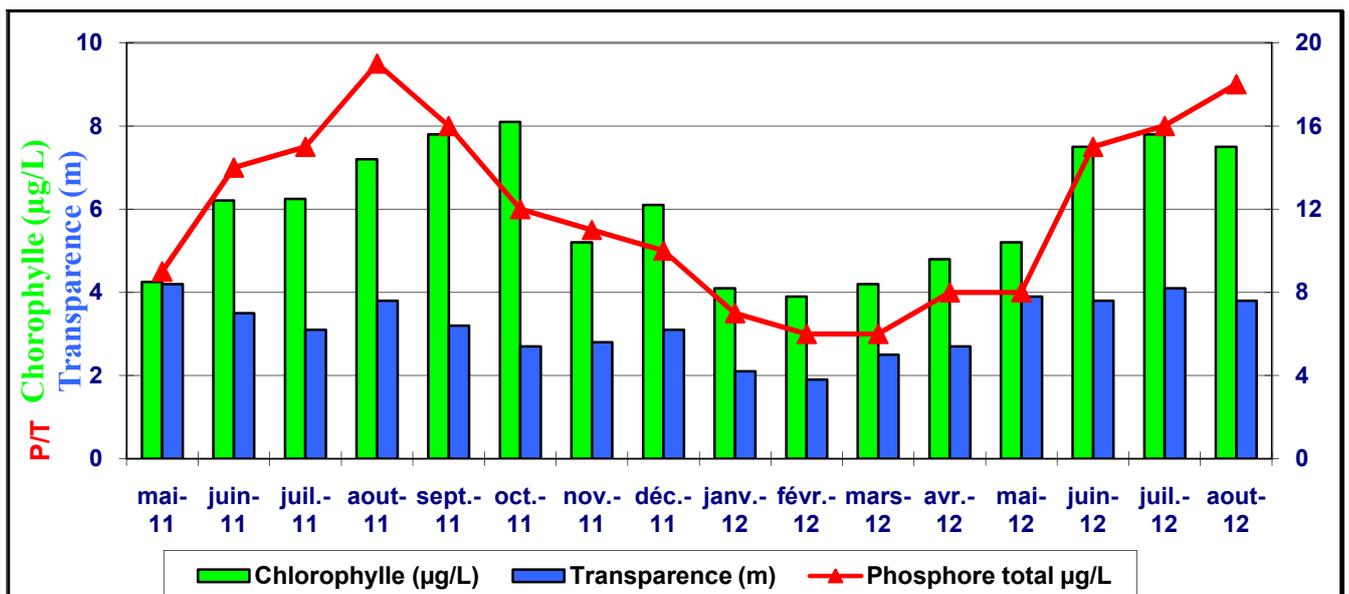


Figure n°3 : Variation de degré trophique en fonction de temps.

Discussion :

Les valeurs obtenues des trois descripteurs indiquent que les eaux du barrage sont généralement mésotrophes sauf en Mai 2011 ou celles-ci étaient oligotrophes.

En comparant les deux périodes de stratification Mai-Septembre_2011 avec Mai-Août_2012 ponctuée par la période de brassage d'Octobre_2011-Avril_2012 (voir graphe n°3), nous observons que nous avons respectivement des valeurs presque identiques pour les trois descripteurs. C'est en Octobre 2011 (début de période de brassage) que nous remarquons une teneur relativement importante en chlorophylle de 8,1µg/l. Les plus grandes valeurs en phosphore total ont été mesurées en Août 2011 ainsi qu'en Août 2012 respectivement 19 et 18 µg/l. La transparence de l'eau varie d'une manière irrégulière et dépend des manifestations hydrologiques et du développement des biomasses algales. Les eaux de la retenue en période de stratification sont relativement transparentes et se situent entre 3,1 et 4,2 mètres.

Les résultats de la campagne de la période de stratification de 2012 confirment celle de 2011 en ce qui concerne ces trois descripteurs. Ils indiquent que la qualité de l'eau dans son ensemble n'a pas été dégradée bien même qu'aucune mesure préventive n'a été prise en amont du barrage ni au niveau de la retenue. Cette stabilité du degré trophique serait due certainement aux importantes précipitations enregistrées durant l'année 2012.

*** Classification des altérations**

La classification des altérations se fait à partir des paramètres. La valeur la plus défavorable détermine la classe de l'altération.

	Eau de qualité acceptable mais nécessitant un traitement de désinfection
	Eau nécessitant un traitement simple
	Eau nécessitant un traitement classique
	Eau nécessitant un traitement complexe
	Eau inapte à la production d'eau potable

➤ **La classe 1, (en bleu)** caractérise les eaux exemptes de pollution, aptes à satisfaire les usages les plus exigeants en qualité. La qualité est « **très bonne** ».

➤ **La classe 2, (en vert)** caractérise les eaux d'une qualité légèrement moindre, ces eaux peuvent néanmoins satisfaire tous les usages. La qualité est dite « **bonne** ».

➤ **La classe 3, (en jaune)** caractérise les eaux d'une qualité « **passable** », suffisante pour l'irrigation, les usages industriels, la production d'eau potable après un traitement poussé. L'abreuvement des animaux est généralement toléré. Le poisson y vit normalement mais sa reproduction peut y être aléatoire. Les loisirs liés à l'eau y sont possibles lorsqu'ils ne nécessitent que des contacts exceptionnels avec elle.

➤ **La classe 4, (en rose)** caractérise les eaux d'une qualité « **mauvaise** », juste apte à l'irrigation, au refroidissement et à la navigation. La vie piscicole peut subsister dans ces eaux, mais cela est aléatoire en période de faibles débits ou de fortes températures par exemple.

➤ **La classe 5, (en rouge)** caractérise les eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour un ou plusieurs paramètres. Elles sont considérées comme inaptées à la plupart des usages et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement. La qualité est dite « **très mauvaise** ».

IV-2-3 Altération des Effets de prolifération végétale

Le tableau n°2 consigne les valeurs des deux paramètres mesurés à savoir chlorophylle; pH et le calcul du % saturation d'oxygène, et affecte aussi les prélèvements dans les classes correspondantes.

Les résultats des EPV sont également présentés par la figure n°4.

Tableau n°2 : Variation des effets de prolifération végétale.

Date/Paramètre	Chlorophylle (µg/L)	pH	% saturation oxygène
mai 2011	4,25	8,1	98,7
juin 2011	6,21	8,1	125,6
juil 2011	6,25	8,1	123,7
aout 2011	7,2	8,1	123,9
sept 2011	7,8	7,9	111,2
oct 2011	8,1	7,8	93,2
nov 2011	5,2	7,6	84,2
déc 2011	6,1	7,7	83,6
janv 2012	4,1	7,4	73,2
févr 2012	3,9	7,4	73,3
mars 2012	4,2	7,4	76,8
avr 2012	4,8	7,7	87,2
mai 2012	5,2	7,9	99,9
juin 2012	7,5	7,9	126,7
juil 2012	7,5	7,9	115,9
aout 2012	7,5	7,9	119,1

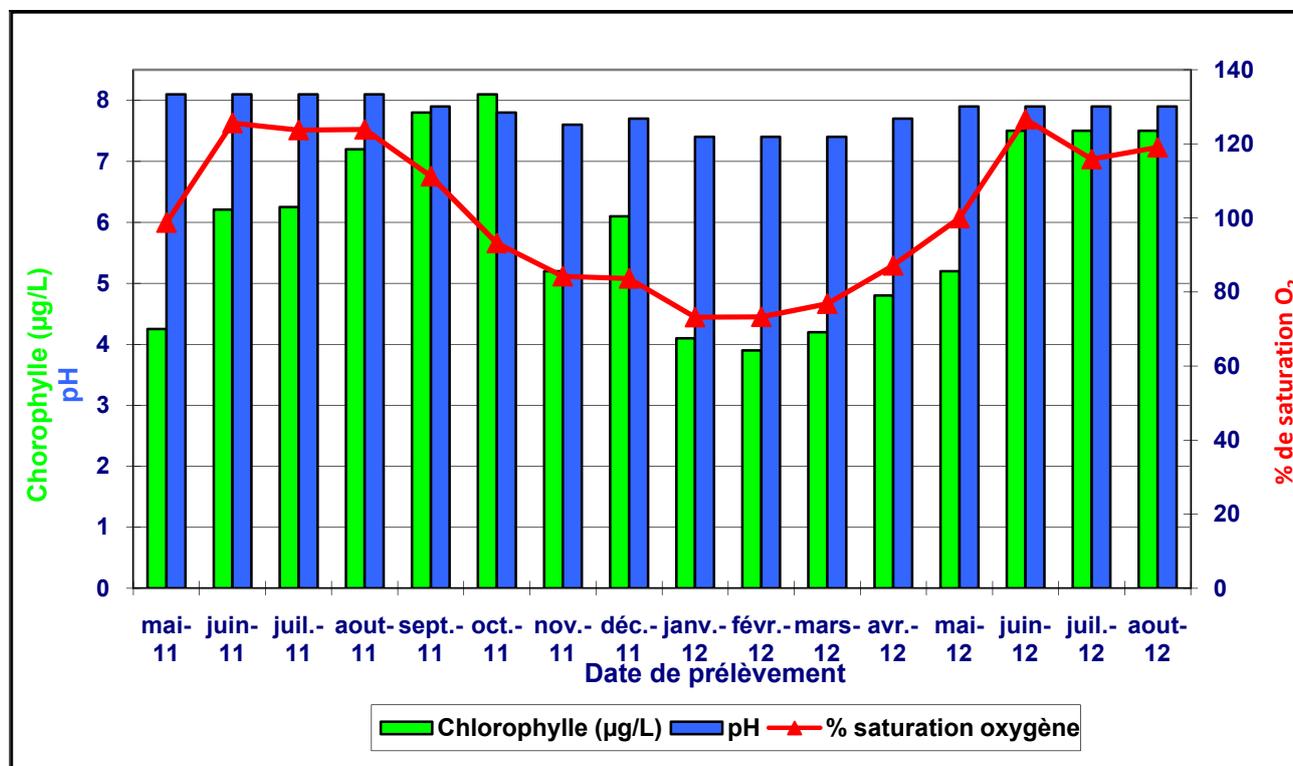


Figure n°4 : Variation de l'effet de prolifération végétale en fonction de temps.

Discussion :

Le pH montre une faible variation durant l'ensemble de la chronique de mesures. Ce qui laisse supposer que les conditions d'oxydo-réduction n'ont pas subi de modification entre Mai 2011 et Août 2012.

Les concentrations en chlorophylle sont les plus faibles durant les mois d'hiver et du printemps, du à une faible croissance des algues qui est également liée à une faible température.

La saturation en oxygène suit approximativement les variations de celle de la chlorophylle. Cette constatation montre un fonctionnement normal du milieu dans la mesure où l'activité photo synthétique se traduit par un rejet d'oxygène qui se dissous directement dans l'eau. Le relatif niveau faible des saturations en oxygène durant l'automne et le début du printemps est certainement dû à la dilution des eaux par les apports des pluies et de la fonte des neiges au printemps.

Les résultats obtenus indiquent que l'altération EPV était en C1 et C2 au cours de la plupart des mois.

IV-2-4 Evaluation des éléments de qualité à la surface et au fond du barrage

La qualité de l'eau à la surface et au fond du barrage a été évaluée par le pH, turbidité, température, matières en suspensions, matières organiques et oxydables, oxygène dissous, pourcentage de saturation, phosphore total et matières azotées.

IV-2-4-1 Le pH

Les mesure de pH sont consignées dans le tableau n°3 et illustrées par la figure n°5.

Tableau n°3 : Variation du pH à la surface et fond u barrage

Date/Point d'eau	Surface	Fond
mai-11	8,1	7,1
juin-11	8,1	7
juil.-11	8,1	6,9
aout-11	8,1	6,9
sept.-11	7,9	7
oct.-11	7,8	7,1
nov.-11	7,6	7
déc.-11	7,7	7,1
janv.-12	7,4	7,1
févr.-12	7,4	7,2
mars-12	7,4	7,4
avr.-12	7,7	7,2
mai-12	7,9	7,1
juin-12	7,9	6,8
juil.-12	7,9	6,6
aout-12	7,9	6,2

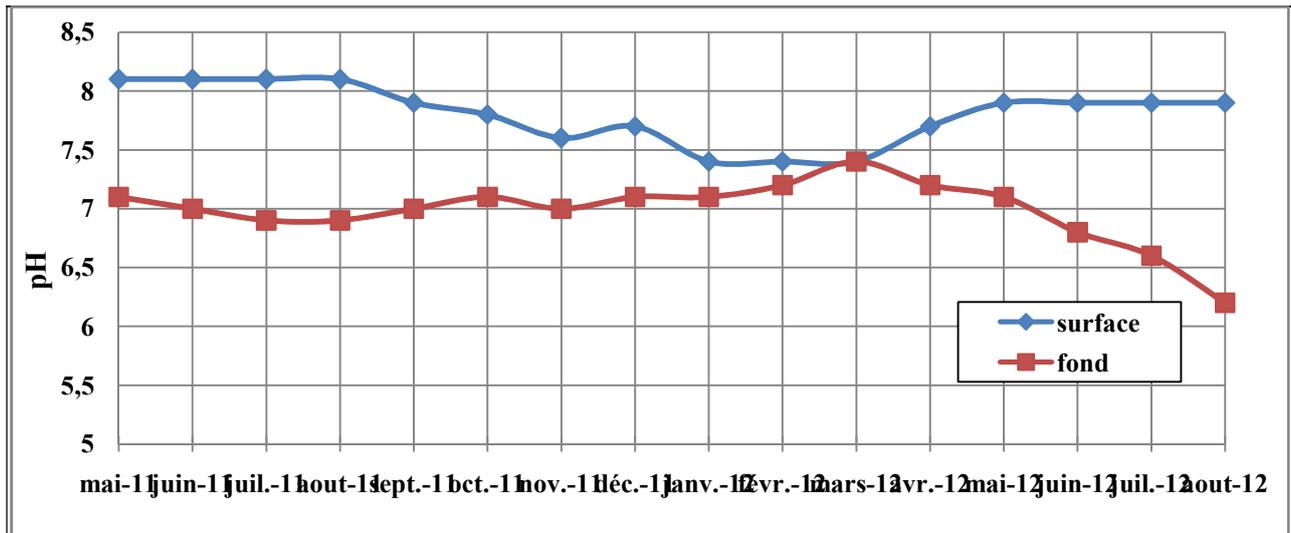


Figure n°5 : Variation du pH à la surface et au fond du barrage

Discussion

Les valeurs du pH sont plus ou moins neutres à la surface et fond du barrage. Nous observons qu'à chaque prélèvement les valeurs ont tendance à être plus élevées en surface qu'au fond du barrage. Elles sont comprises entre 8.1 et 6,6, les valeurs de pH sont en C1, en particulier, le moins de Aout 2012 la valeur de pH est de 6.2 ce qui classe les eaux en C2.

Les valeurs du pH au fond étant toujours plus faibles et traduisent à partir du mois de Mai à Aout une évolution vers l'acidité. Cela pourrait être dû au fait que la matière charriée et transportée par les crues ne finit par se décomposer que vers l'approche de l'été en raison de la température légèrement plus élevée et une faible oxygénation

IV-2-4-2 La turbidité

La turbidité est une autre façon de mesurer la transparence de l'eau. Elle s'exprime en NTU (unités turbidité par néphélométrie) et est causée par la présence de matières en suspension. Le tableau n°4 présente les résultats d'analyse de la turbidité. La figure n°6 représente la variation de la turbidité à la surface et au fond de barrage.

Tableau n°4 : Variation de la turbidité à la surface et au fond du barrage

Date	Surface	Fond
mai-11	3,1	6,2
juin-11	6,2	8,3
juil.-11	10,1	9,5
aout-11	13,4	10,2
sept.-11	17	13,5
oct.-11	21	26,1
nov.-11	25	31,2
déc.-11	21	38,2
janv.-12	17	35,2
févr.-12	15	33,5
mars-12	17	22,7
avr.-12	13,7	18,1
mai-12	10,5	12,5
juin-12	9,5	10,1
juil.-12	10,2	12,3
aout-12	9,8	13,9

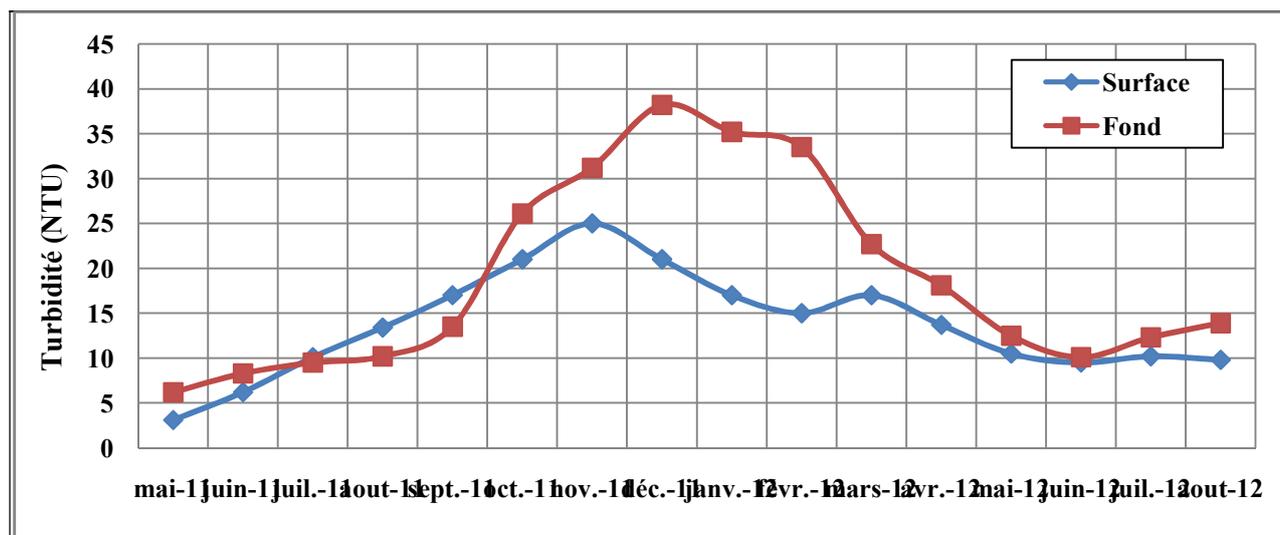


Figure n°6 : Variation de la turbidité à la surface et au fond du barrage

Discussion :

La turbidité est plus élevée durant la période d'Octobre 2011 à Avril 2012, suite aux apports importants de précipitations. Néanmoins la turbidité reste toujours plus élevée au fond ce qui peut s'expliquer par les courants de densité.

IV-2-4-3 La température

Le tableau n°5 consigne les valeurs de la température enregistrées de mai 2011 à aout 2012. ce tableau permet aussi l'affectation de la grille de qualité. La figure n°7 représente la variation de la température à la surface et fond du barrage.

Tableau n°5 : Variation de la température à la surface et au fond du barrage

Date/Point d'eau	Surface	Fond
mai-11	22,8	11,0
juin-11	27,9	10,0
juil.-11	28,5	10,2
aout-11	26,7	10,1
sept.-11	26,0	9,8
oct.-11	23,0	20,5
nov.-11	16,0	14,6
déc.-11	9,0	8,5
janv.-12	11,0	10,5
févr.-12	10,0	9,7
mars-12	11,0	10,9
avr.-12	16,5	16,0
mai-12	19,0	16,0
juin-12	26,0	13,7
juil.-12	23	14,1
aout-12	28	14,5

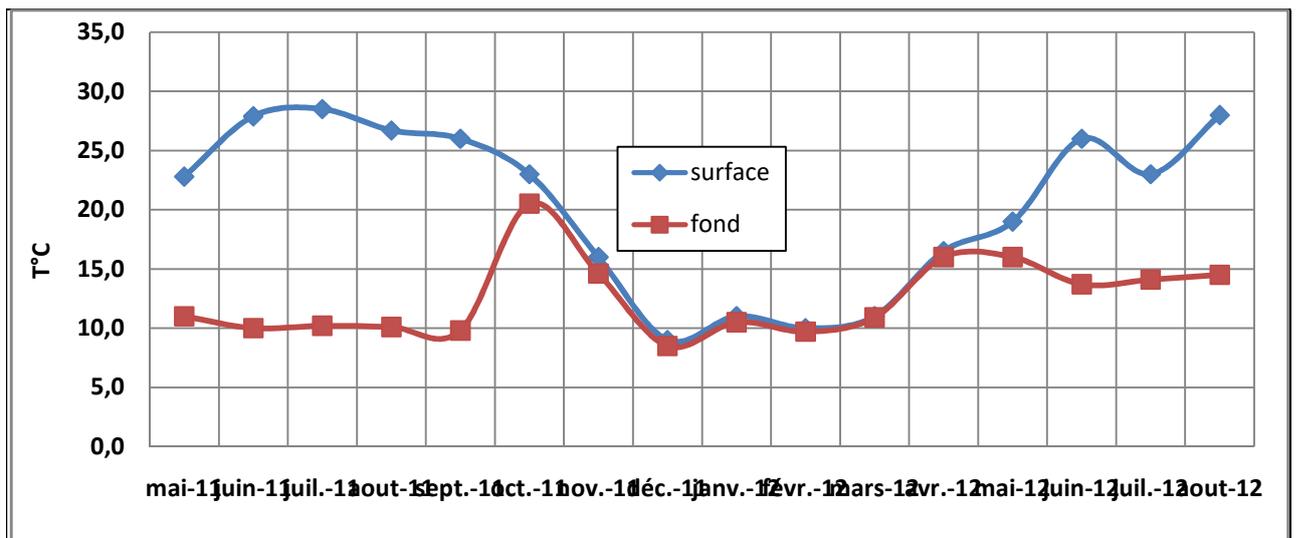


Figure n°7 : Variation de la température à la surface et au fond du barrage

Discussion :

Les surfaces des plans d'eau sont en contact avec l'atmosphère ce qui explique les températures élevées que nous constatons au cours des campagnes. Ceci donne des différences de températures importantes entre la surface et le fond du barrage. Les premières campagnes de Mai 2011 à Septembre 2011 montrent un intervalle de température allant jusqu'à 18°C entre la surface et le fond, Ceci peut s'expliquer par l'existence d'une barrière thermique appelée thermocline.

La période allant de Juin 2012 à Août 2012 présente un maximum de 28°C et un minimum en profondeur de 13,7 °C soit un écart de 14,3 °C.

Par contre pendant la période automnale et hivernale nous remarquons une isothermie presque parfaite et cela est dû au phénomène de brassage des eaux.

IV-2-4-4 Les matières en suspension

Les solides en suspension (SS), ou matière en suspension (MES), sont des particules organiques ou inorganiques présentes dans l'eau et qui contribuent à diminuer la clarté d'une eau. Les résultats d'analyses sont présentés dans le tableau n°6, illustrés par la figure n°8.

Tableau n°6 : Variation des matières en suspension à la surface et au fond du barrage

Date	Surface	Fond
mai-11	7,2	13,2
juin-11	13	15,1
juil.-11	17,1	19,2
août-11	15	24,1
sept.-11	21	24,5
oct.-11	22,3	23,6
nov.-11	28,5	40,2
déc.-11	24,2	45,2
janv.-12	23,8	53,2
févr.-12	24,1	41,5
mars-12	22,9	32,8
avr.-12	19,2	26,1
mai-12	12,2	23,5
juin-12	9	17,8
juil.-12	10,2	25
août-12	12,3	27,8

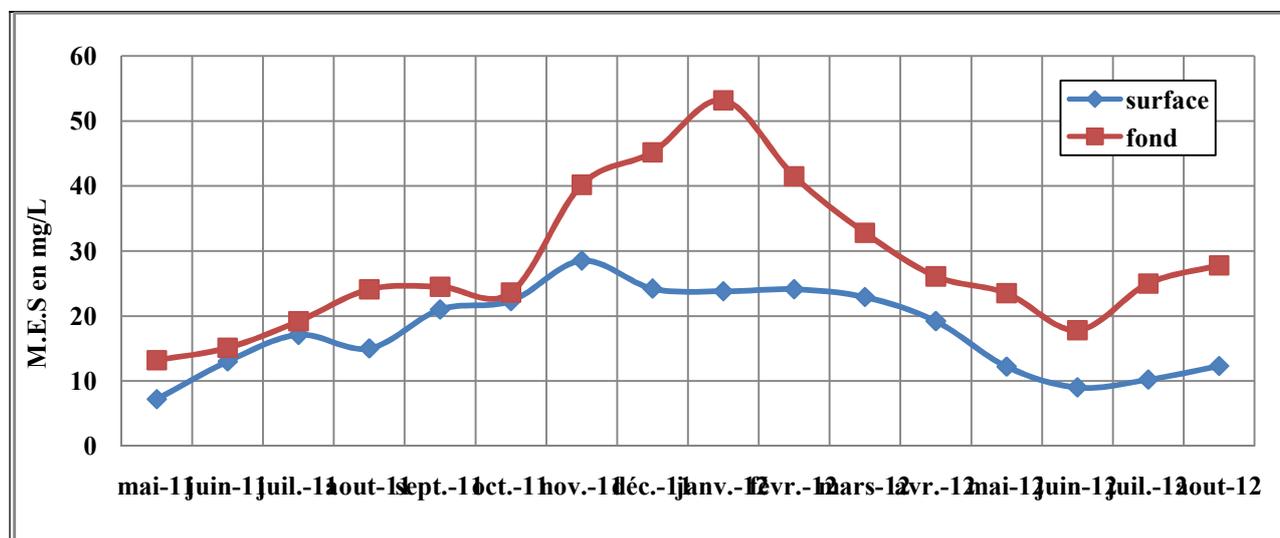


Figure n°8 : Variation des matières en suspension à la surface et au fond du barrage

Discussion :

Le graphe de la figure n°8 montre que les eaux du barrage Taksebt sont très peu chargées en MES. La valeur maximale mesurée dans les eaux profondes est de 53,2 mg/l alors que la valeur maximale observée en surface est de 28,5 mg/l. Nous remarquons que les valeurs faibles sont situées dans la période de stratification (décantation). Les MES proviennent des effets de l'érosion.

IV-2-4-5 L'oxygène

La présence d'oxygène dissous dans les eaux de surface joue un rôle fondamental dans le maintien de la vie aquatique et dans l'autoépuration. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°7, illustrés par la figure n°9.

Tableau n°7 : Variation de l'oxygène à la surface et au fond du barrage

Date/Point d'eau	Surface	Fond
mai-11	9,1	6,4
juin-11	9,2	6,1
juil.-11	8,9	4,9
août-11	8,3	3,9
sept.-11	8,6	2,1
oct.-11	7,8	6
nov.-11	8,3	7,3
déc.-11	9,7	7,3
janv.-12	8,1	7,5
févr.-12	8,3	7,7
mars-12	8,5	7,2
avr.-12	8,5	7,2
mai-12	9,2	5,5
juin-12	9,8	3,9
juil.-12	9,7	2,5
août-12	8,7	2

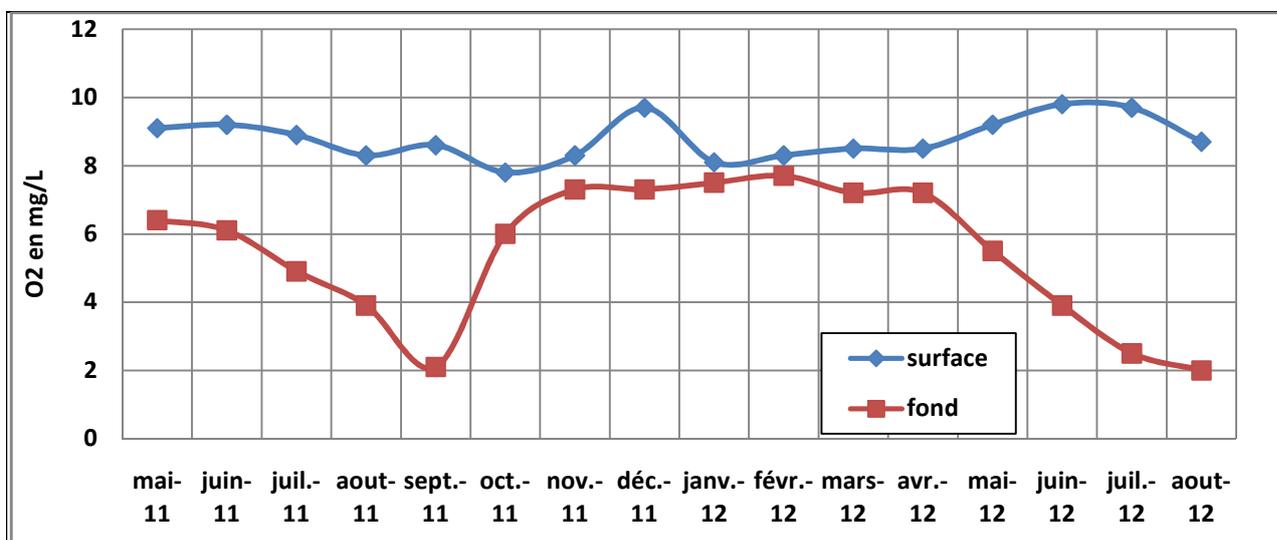


Figure n°9 : Variation de l'oxygène dissous à la surface et au fond du barrage

Discussion :

L'oxygène à la surface d'eau montre de faibles variations avec un max de 9.8 mg/L, cette teneur provienne des échanges avec l'atmosphère et à l'activité de photosynthèse pendant la journée.

Les diminutions des concentrations en oxygène observées au niveau du fond où la teneur d'oxygène chute à 2 mg/L. Ces diminutions sont reliées à la consommation de ce gaz dissous par les bactéries aérobies qui décomposent la matière organique s'accumulant à cet endroit et au fait que ce dernier est plus pauvre en oxygène.

IV-2-4-6 Le pourcentage de saturation d'O₂

Le pourcentage de saturation en oxygène est égal au rapport entre la concentration mesurée dans des conditions données et la concentration d'une eau saturée en dioxygène dans des conditions identiques.

Tableau n°8 : variation de pourcentage de saturation à la surface et au fond du barrage

Date/Point d'eau	Surface	Fond
mai-11	98,7	57,9
juin-11	125,6	53,9
juil.-11	123,7	43,5
août-11	123,9	34,5
sept.-11	111,2	18,5
oct.-11	93,2	67,5
nov.-11	84,2	71,7
déc.-11	83,6	62,2
janv.-12	73,2	67
févr.-12	73,3	67,5
mars-12	76,8	64,9
avr.-12	87,2	73
mai-12	99,9	55,8
juin-12	126,7	37,5
juil.-12	115,9	24,3
août-12	119,1	19,6

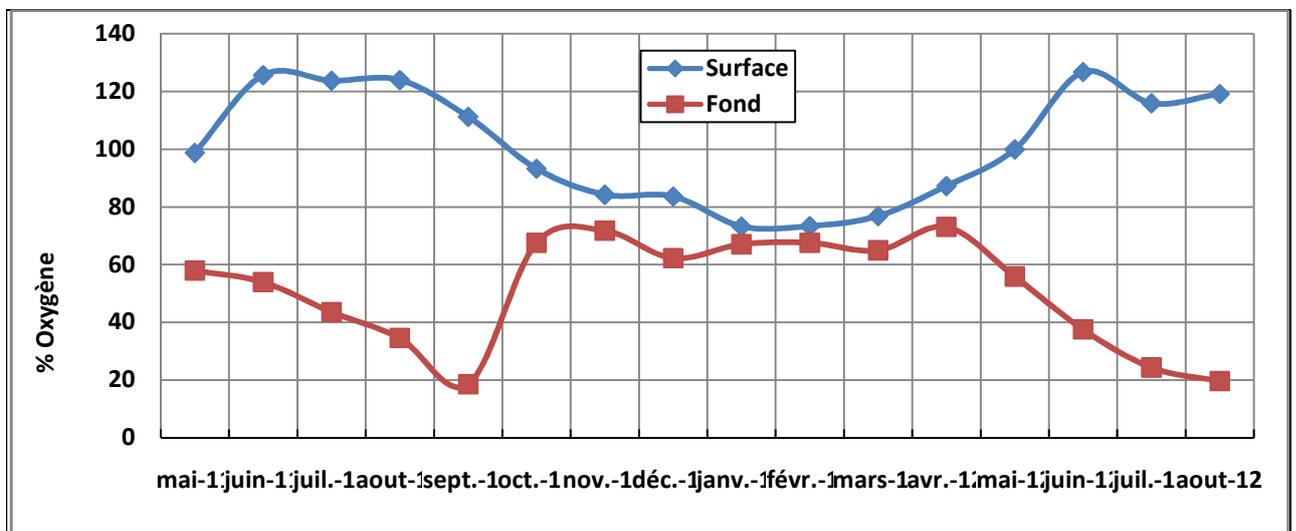


Figure n°10 : Variation du % de saturation à la surface et au fond du barrage

Discussion

La figure n°10 montre que les couches superficielles de la retenue sont bien oxygénées à cause de ces échanges avec l'atmosphère, le pourcentage de saturation en oxygène à la surface varie entre 73,2% et 126,7 %.

Les couches profondes subissant certainement des fluctuations importantes, le pourcentage de saturation en oxygène est compris entre 18,5 et 73%. En période de stratification la couche située au-dessous de la thermocline est isolée des eaux superficielles riches en oxygène, celle-ci voit son taux d'oxygène diminué du fait de la dégradation de la matière organique par les bactéries.

IV-2-4-7 Les matières organiques et oxydables

Cette famille regroupe l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique et un ensemble de substances organiques susceptibles de consommer cet oxygène lors de leur dégradation. Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau n°9, sont également présentés par la figure n°11.

Tableau n°9 : Variation des matières organiques et oxydables à la surface et au fond du barrage

Date/Point d'eau	DBO		DCO		MO	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
mai-11	1,2	1,4	9	9	3,5	2,8
juin-11	2,1	2,3	7	12	3,3	4,4
juil.-11	1,2	2,5	9	12	2,8	3,5
aout-11	1,8	3,3	8	14	2,6	1,9
sept.-11	2,1	3,8	7	18	2,3	4,5
oct.-11	2,9	5,4	9	23	3,2	6,5
nov.-11	2,8	6,1	20	29	3,3	7,5
déc.-11	2,1	5,2	23	25	2,5	6,2
janv.-12	1,8	2,5	21	23	2,1	2,9
févr.-12	1,7	3,1	17	21	2,5	3,5
mars-12	2,1	2,5	18	25	2,6	2,9
avr.-12	1,6	2,5	15	21	2,1	3,1
mai-12	1,8	2,1	12	17	2,3	2,7
juin-12	2,3	2,4	10	14	2,9	2,9
juil.-12	2,5	3,5	13	29	2,9	3,9
aout-12	2,1	4,1	15	22	2,4	4,7

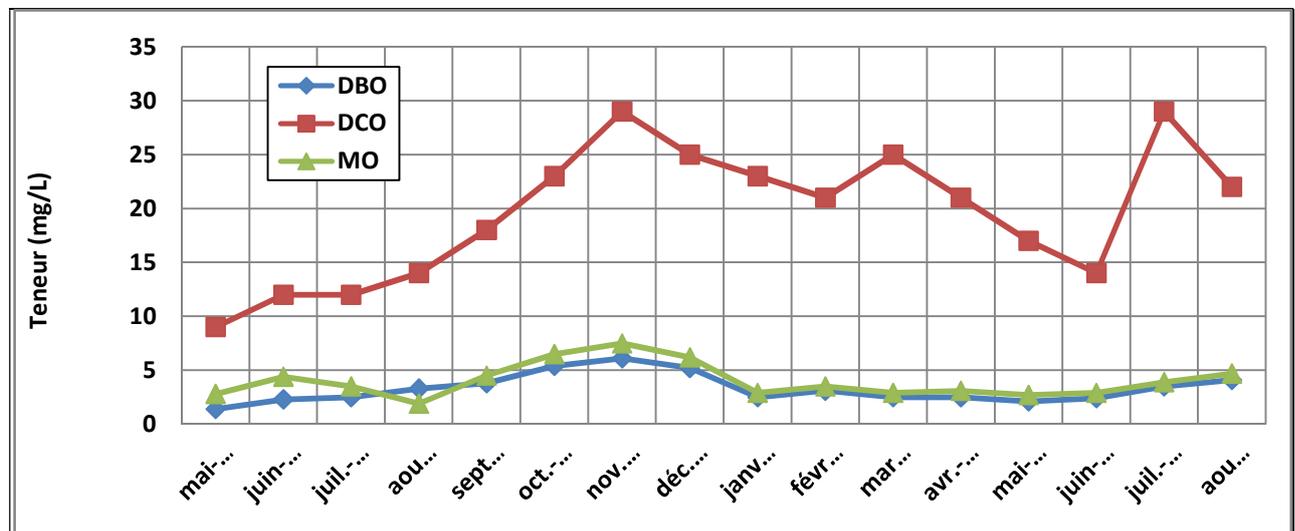


Figure n°11 : Variation des matières organiques et oxydables au fond du barrage

Discussion :

Les valeurs observées qu'elles soient en surface ou au fond de la retenue sont faibles. Cette analyse nous renseigne sur la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation de la matière organique par les bactéries. La valeur maximale mesurée est de 7.5 mg/l. Pour la DCO paramètre qui englobe aussi bien les matières biodégradables que celles qu'elles ne le sont pas. Les valeurs obtenues sont faibles. La

plus importante d'entre elles est de 29 mg/l pour les eaux profondes. Ces valeurs traduisent que les eaux du barrage Taksebt sont de bonne qualité.

IV-2-4-8 Les matières azotées

Les matières azotées comportent quatre paramètres afin de connaître la concentration de certains éléments intervenant lors des premiers stades du cycle de l'azote. Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau n°10, sont également présentés par la figure n°12.

Tableau n°10: Variation des matières azotées à la surface et au fond du barrage

Date/Point d'eau	Azote Kjeldahl		Ammonium		Nitrites		Nitrates	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
01/05/2011	0,5	0,6	0,008	0,218	0,014	0,05	1,7	3,2
01/06/2011	0,68	0,75	0,13	0,188	0,017	0,028	0,2	4,1
juil.-11	0,9	0,8	0,011	0,036	0,015	0,024	1,8	2,3
aout-11	0,8	1,9	0,145	0,408	0,123	0,259	3,6	3,4
sept.-11	0,7	1,8	0,102	0,387	0,21	0,351	2,8	2,5
oct.-11	0,8	2,1	0,136	0,51	0,322	0,254	1,6	2,2
nov.-11	0,6	1,8	0,112	0,48	0,214	0,204	2,1	3,1
déc.-11	0,7	1,6	0,107	0,523	0,185	0,185	3,1	1,8
janv.-12	0,8	1,5	0,21	0,412	0,074	0,205	2,8	1,9
févr.-12	0,9	0,5	0,147	0,315	0,085	0,221	2,2	2,1
01/03/2012	0,5	0,7	0,152	0,284	0,045	0,195	3,7	1,1
avr.-12	0,6	0,9	0,165	0,256	0,023	0,01	2,8	1,5
01/05/2012	0,75	0,8	0,012	0,202	0,012	0,021	1,2	1,3
01/06/2012	0,56	2,1	0,014	0,226	0,018	0,024	1,5	1,1
juil.-12	0,72	1,7	0,04	0,56	0,017	0,251	1,8	0,9
aout-12	0,89	1,89	0,035	0,69	0,022	0,248	2,1	0,7

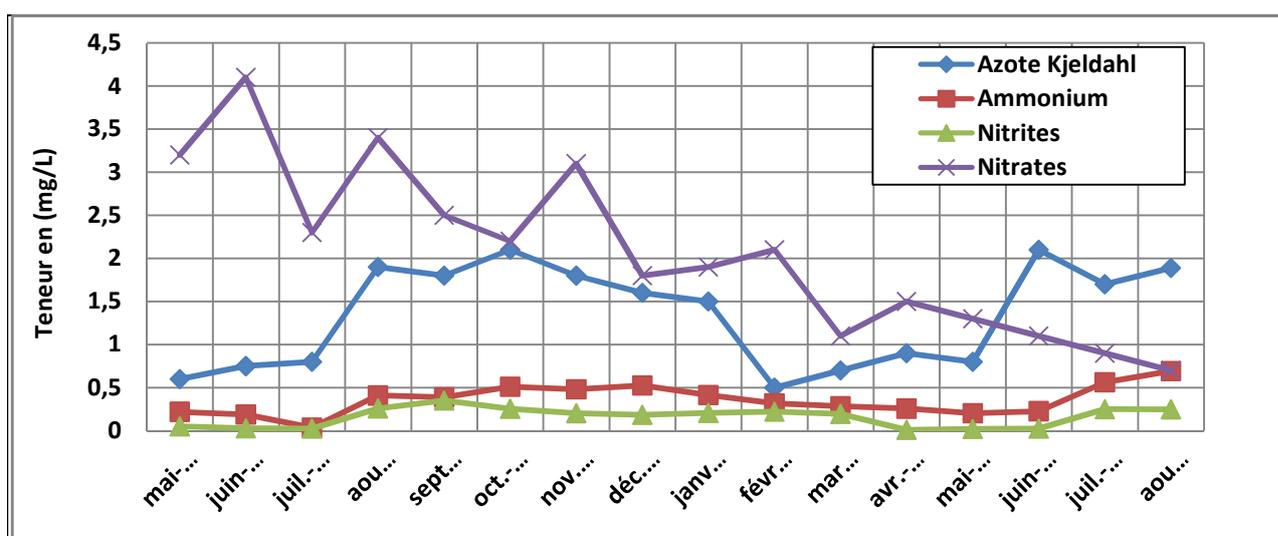


Figure n°12 : Variation des matières azotées au fond du barrage.

Discussion :**> Azote ammoniacal**

Les valeurs observées dans les eaux profondes sont supérieures et sont variables par rapport à celles des surface ou elles sont plus ou moins constantes et sont comprises entre 0,5 et 0,9 mg/l. Par contre au fond de la retenue elles varient sensiblement et sont comprises entre 0,5 et 2,1 mg/L. Elles ont été obtenues en période de stratification de 2012 où l'oxygène dissous était à son plus bas niveau.

> Ammonium

Les valeurs relativement importantes dans les eaux profondes ont été également mesurées en période de stratification avec des concentrations plus élevées en juillet et aout 2012 et en période de brassage.

> Nitrites

En surface elles sont moins élevées qu'au fond de la retenue. Elles ont été plus importantes en période de stratification, les valeurs oscillent entre 0,01 et 0,351 mg/l. En surface les teneurs sont comprises entre 0,012 et 0,322 mg/l. Cette dernière a été obtenue en période de brassage.

> Nitrates

Les valeurs obtenues au fond du barrage sont comprises entre 0,7 et 4,1 mg/l et en surface entre 0,2 et 3,7 mg/l.

Les faibles taux de nitrates mesurées et leur présence en surface et au fond du barrage démontre que les eaux du barrage sont peu chargées en matières organiques.

IV-2-4-9 Le phosphore totale

Le phosphore est un élément essentiel pour le bon développement des organismes. Les résultats d'analyses sont présentés dans le tableau n°11, illustrées par la figure n°13.

Tableau n°11: Variation de phosphore totale à la surface et au fond du barrage

Date/Point d'eau	Surface	Fond
mai-11	0,009	0,031
juin-11	0,014	0,035
juil.-11	0,015	0,085
aout-11	0,019	0,107
sept.-11	0,016	0,119
oct.-11	0,012	0,112
nov.-11	0,011	0,121
déc.-11	0,01	0,125
janv.-12	0,007	0,117
févr.-12	0,006	0,103
mars-12	0,006	0,083
avr.-12	0,008	0,074
mai-12	0,008	0,065
juin-12	0,015	0,048
juil.-12	0,016	0,045
aout-12	0,018	0,059

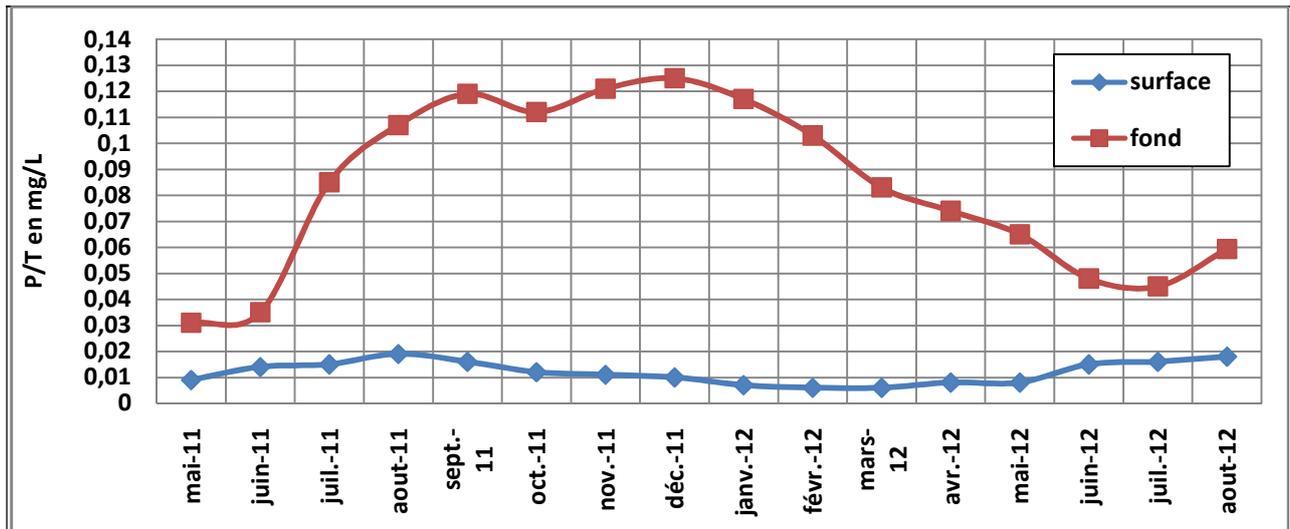


Figure n°13 : Variation de la concentration du phosphore totale à la surface et au fond du barrage

Discussion :

les résultats du P/T sont non seulement importants en été cependant ils sont presque identiques en 2012 ou en 2011; il faut savoir que les écoulements en été sont faibles mais néanmoins plus chargés en P/T'(orthophosphate + phosphore) et sont mélangés aux eaux urbaines qui sont chargées en orthophosphate en même temps leur température est presque semblable à celle de la température des eaux de surface du barrage.

IV-3 Evaluation de la qualité des trois prises d'eau durant la période de Janvier 2012 à Aout 2012

IV-3-1 Altération physique

Les détériorations physiques de la qualité de l'eau incluent une variété de paramètres tels que la température, la turbidité, le pH, les MES et ils décrivent la condition générale de l'eau et ses capacités à supporter la vie aquatique

IV-3-1-1 Le pH

Le pH est une mesure de l'activité de l'ion hydrogène d'un système. Il contrôle partiellement la concentration de plusieurs substances biochimiquement actives dissoutes dans l'eau. Les mesure de pH sont consignées dans le tableau n°12 et illustrées par la figure n°14.

Tableau n°12 : Variation du pH pour les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	7,4	7,5	7,4
févr.-12	7,4	7,3	7,2
mars-12	7,4	7,5	7,4
avr.-12	7,7	7,6	7,5
mai-12	7,4	7,4	7,5
juin-12	7,1	7	7
juil.-12	7,2	7,6	7,5
aout-12	7,5	7,1	6,9

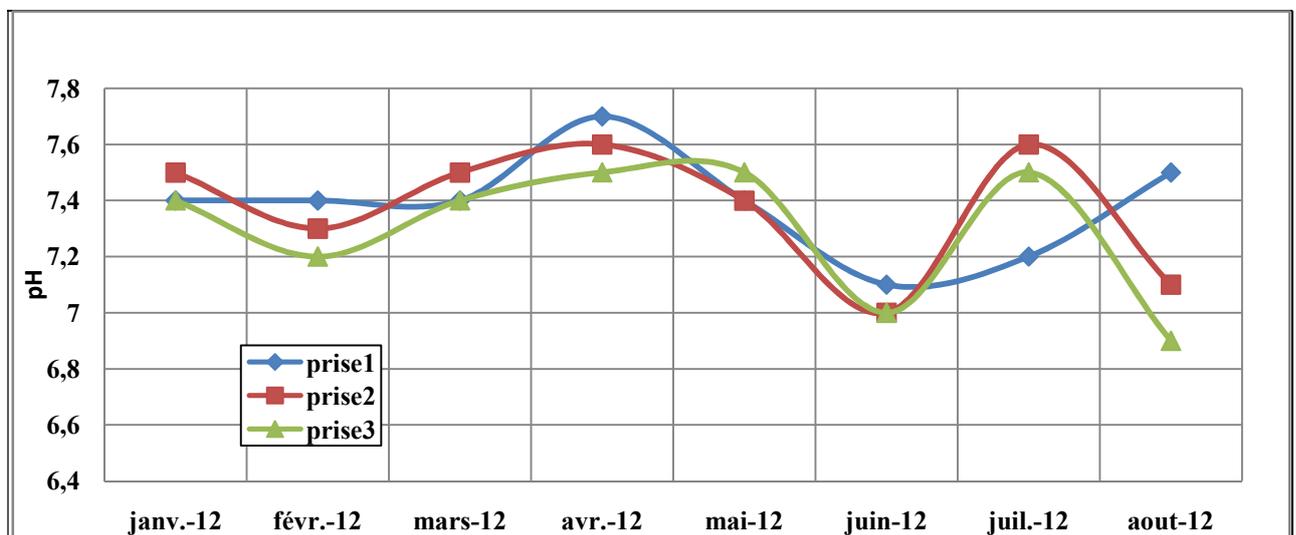


Figure n°14 : Variation du pH au niveau les trois prises d'eau du barrage

Discussion :

Les valeurs du pH sont plus ou moins neutres au niveau de l'ensemble des points d'eau. Ces valeurs montrent de faible influence par les processus biologiques et géologiques se produisant dans les prises d'eau. Elles sont comprises entre 7,1 et 7,6. Au niveau des prises d'eaux les valeurs de pH sont en C1.

IV-3-1-2 La turbidité

La turbidité est un élément important de la qualité de l'eau, tant pour la vie aquatique que pour la production d'eau potable. Le tableau n°13 présente les résultats d'analyse de la turbidité. La figure n°15 représente la variation de la turbidité au niveau les trois prises d'eau.

Tableau n°13 : Variation de la turbidité pour les trois prises d'eau

Date	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	15,8	12,9	19,7
févr.-12	12,1	13,1	18,1
mars-12	13,8	11,8	15,1
avr.-12	11,4	13,4	12,8
mai-12	9,8	7,8	9,8
juin-12	7,4	6,9	7,8
juil.-12	9,8	7,8	9,1
aout-12	7,8	6,4	7,8

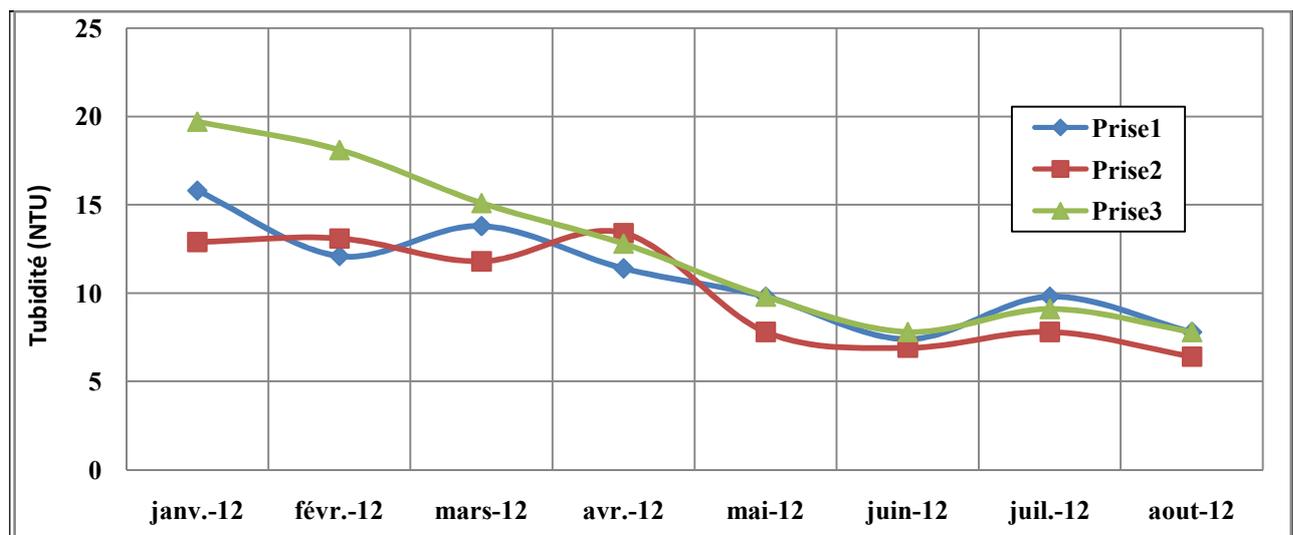


Figure n°15 : Variation de la turbidité au niveau les trois prises d'eau du barrage

Discussion :

Les turbidités enregistrées sont comprises entre 6.4 et 19.7 NTU. Les valeurs observées au niveau des prises d'eau sont la plus part classées en C2, suite aux apports importants de précipitations. Néanmoins la turbidité reste toujours plus élevée au prise3 ce qui peut s'expliquer par les courants de densité.

IV-3-1-3 Les matières en suspension

Les résultats d'analyses des MES sont présentés dans le tableau n°14, illustrés par la figure n°16.

Tableau n°14 : Variation des matières en suspension pour les trois prises d'eau

Date	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	24,8	26	42,1
févr.-12	17,1	18,2	33,1
mars-12	18,1	19,2	24,5
avr.-12	20,1	21,2	23,4
mai-12	13,5	15,4	20,5
juin-12	10,5	11,2	12,4
juil.-12	7,5	13,5	16,1
aout-12	9,5	12,8	13,6

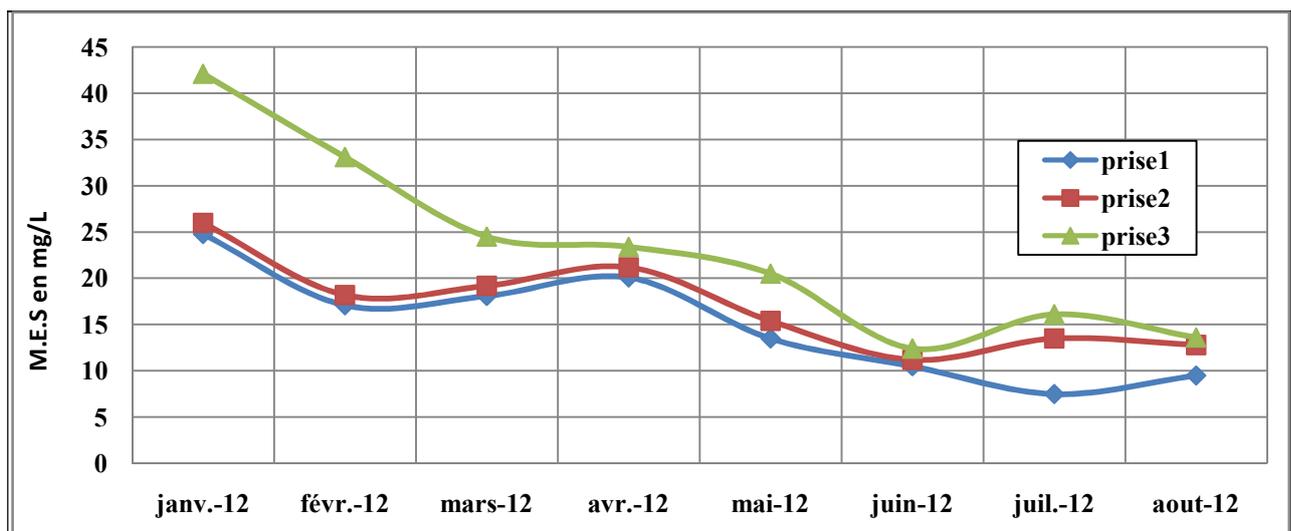


Figure n°16 : Variation des matières en suspension au niveau les trois prises d'eau du barrage

Discussion :

Les MES présentes dans les eaux du barrage proviennent des effets de l'érosion ou dû à des rejets des eaux résiduaires urbaines et industrielles.

Les teneurs varient entre 7.5 mg/L et 42.1 mg/L au niveau des trois prises d'eau.

Nous observons que la teneur des MES au mois Janvier 2012 est maximale dans les trois prises d'eau, suite à des fortes précipitations, s'explique par l'augmentation de taux d'érosion et à la décantation des particules solides. La prise 3 présente toujours des concentrations plus élevées, ceci est dû principalement à la faible vitesse de décantation et surtout aux courants de densité.

IV-3-1-4 La température

Les températures de l'eau varient sur une base saisonnière, sur une base quotidienne et même au cours de la journée. Les résultats de mesure les températures sont présentées par la figure n°17 et dans le tableau n°15.

Tableau n°15 : Variation de la température pour les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	10,6	10,5	10,5
févr.-12	9,7	9,7	9,7
mars-12	10,9	10,9	10,9
avr.-12	16,0	16,0	16,0
mai-12	18,4	18,3	16,0
juin-12	17,1	15,1	14,4
juil.-12	16	15,8	15,8
aout-12	15,9	15,8	15,1

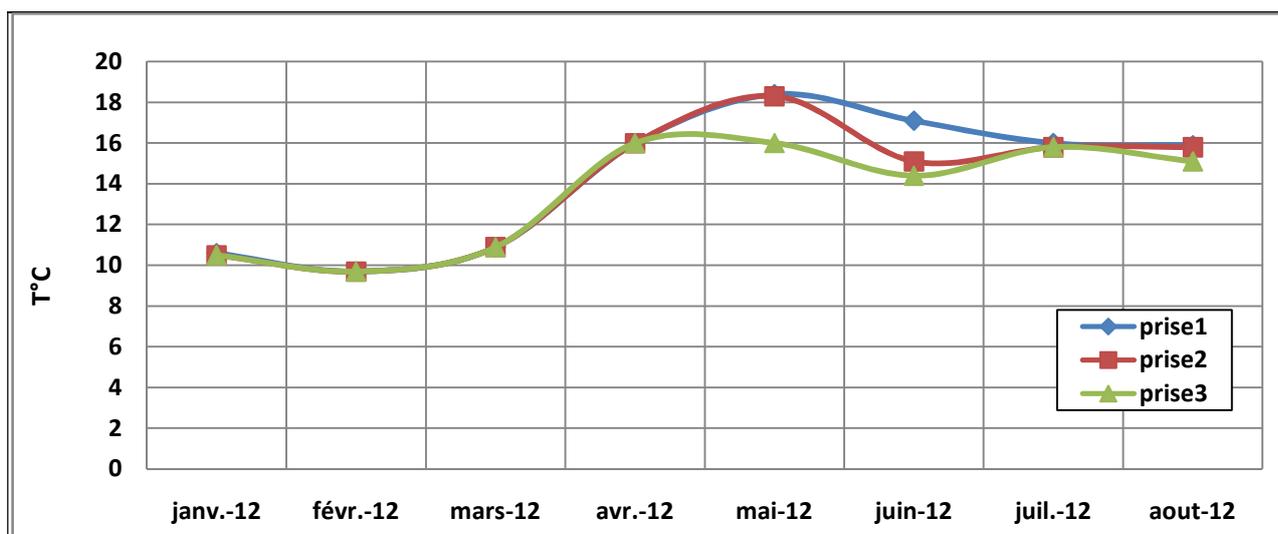


Figure n°17 : Variation de température au niveau les trois prises d'eau

Discussion :

Nous observons une homogénéité de la température de mois de Janvier à mois d'Avril, s'explique par le brassage des eaux au niveau de la colonne d'eau. La température varie entre 9.7°C et 16°C.

Une différence de température observée entre les trois prises d'eau de mois de Mai à mois de Juillet, cela signifiant l'installation de la stratification estivale.

Cette différence de température peut être occasionnée par des températures élevées de l'air ambiant pendant la saison d'été, ou bien dû ou rejets industriels.

La température des trois prises d'eau est classée en C1, une eau de très bonne qualité.

IV-3-2 L'altération des matières organiques et oxydable

IV-3-2-1 L'oxygène

Le tableau n°16 consigne les teneurs d'oxygène enregistrées de Janvier 2012 à Aout 2012. ce tableau permet aussi l'affectation de la grille de qualité. La figure n°18 représente la variation d'O₂ au niveau les trois prises d'eau.

Tableau n°16 : Variation de l'oxygène pour les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	7,6	7,6	7,5
févr.-12	8	8	8
mars-12	7,6	7,6	7,5
avr.-12	8,2	8,1	7,7
mai-12	7,1	6,9	5,9
juin-12	6,8	6,1	5,8
juil.-12	6,8	5,7	5,3
aout-12	6,1	5,8	5

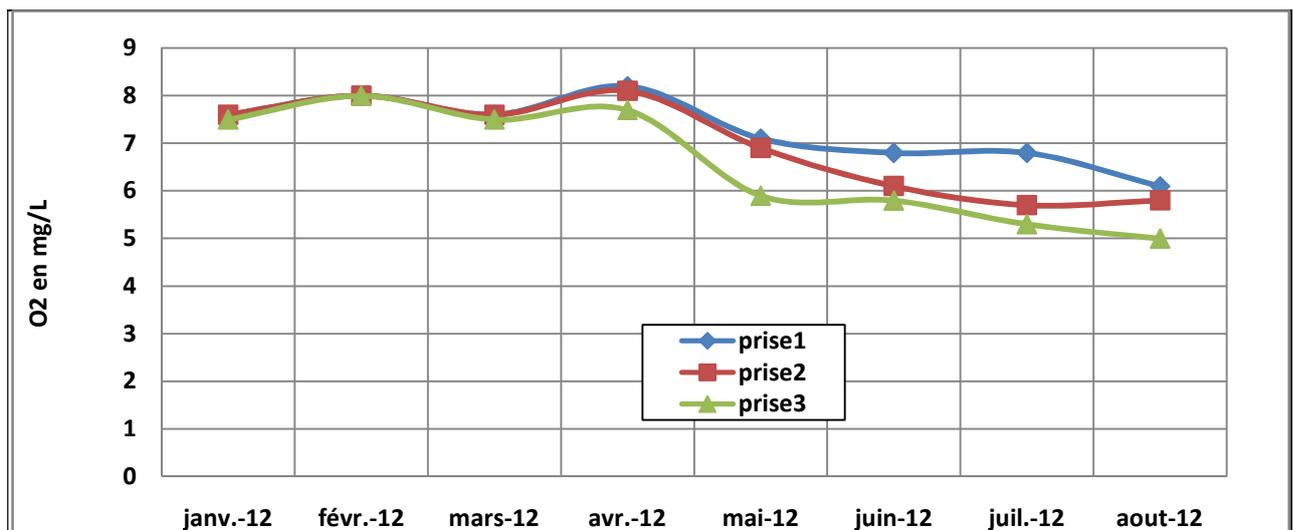


Figure n°18 : Variation de l'oxygène dissous au niveau les trois prises d'eau du barrage

Discussion :

Nous observons une homogénéité d'oxygène dissous dans l'ensemble des prises d'eau durant les mois de Janvier à Avril, s'explique la période de brassage des eaux. Les teneurs d'O₂ varient de 7.5 mg/L à 8.2 mg/L, cette eau en classe C2, est de bonne qualité s'explique l'absence de la matière organique dans cette période.

Une diminution des teneurs en O₂ au niveau de la prise3 durant les mois de Mai à Aout, s'explique l'effet de la stratification estival où la thermocline empêche les échanges prise1 bien oxygénée et prise3 qu'est en circuit fermé et souffre parfois d'un déficit en oxygène, car les micro-organismes s'en servent pour la dégradation, alors que l'oxygène de la surface n'est pas disponible pour l'eau en profondeur. Cette eau de qualité passable, classée en classe C3.

IV-3-2-2 Le pourcentage de saturation d'O₂

Les valeurs de pourcentage de saturation d'oxygène déterminées sont présentées dans le tableau n°17, illustrées par la figure n°19.

Tableau n°17 : variation de pourcentage de saturation pour les trois prises d'eau.

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	68,1	67,9	67,0
févr.-12	70,1	70,1	70,1
mars-12	68,5	68,5	67,6
avr.-12	83,1	80,1	78,1
mai-12	76,0	73,7	59,8
juin-12	70,7	60,6	56,7
juil.-12	115,9	112,4	61,0
aout-12	61,7	58,5	49,7

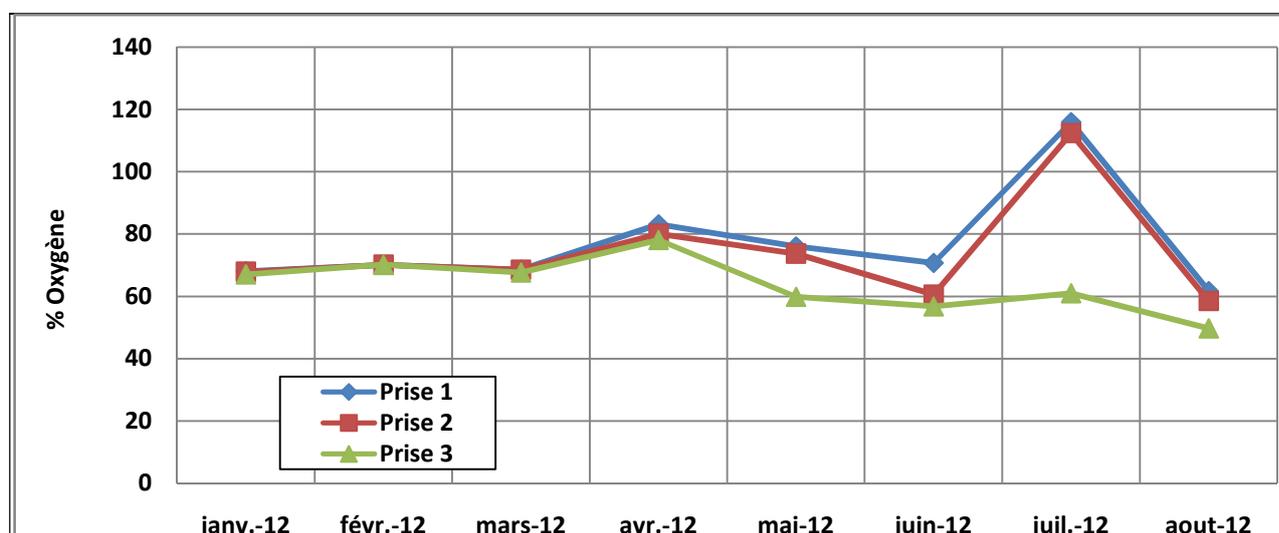


Figure n°19 : Variation du % de saturation au niveau les trois prises d'eau du barrage

Discussion :

Le pourcentage de saturation d'oxygène est en fonction de la température et le taux d'oxygène dissous. Durant les mois de Janvier à Avril nous avons observé homogénéité de ces deux paramètres, pour cela nous allons la même homogénéité du pourcentage de saturation d'O₂.

Le % de saturation est très intéressant au niveau de prise1 et prise2 durant le mois Juillet, s'explique que la photosynthèse a été importante

Nous observons durant le mois Aout, le % de saturation est de 49.7%, s'explique qu'en période de stratification la couche située au dessous de la thermocline est isolée des eaux superficielles riches en oxygène, celle-ci voit son taux d'oxygène diminué du fait de la dégradation de la matière organique par les bactéries.

IV-3-2-3 La DBO₅

La demande biochimique en oxygène, techniquement, ce test consiste à mesurer la consommation en oxygène d'un échantillon d'eau maintenue à l'obscurité, à température constante (20°C), pendant une durée déterminée (5 jours). Les résultats d'analyse présentés par la figure n°20 et le tableau n°18.

Tableau n°18: Variation de la DBO₅ au niveau les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	2,1	2,2	2,1
févr.-12	1,6	1,8	2,5
mars-12	2,3	2,1	2,2
avr.-12	2,8	2,1	2,6
mai-12	2,1	2,5	2,1
juin-12	1,8	1,9	2,5
juil.-12	2,4	2,8	3,1
aout-12	2,5	2,7	3,3

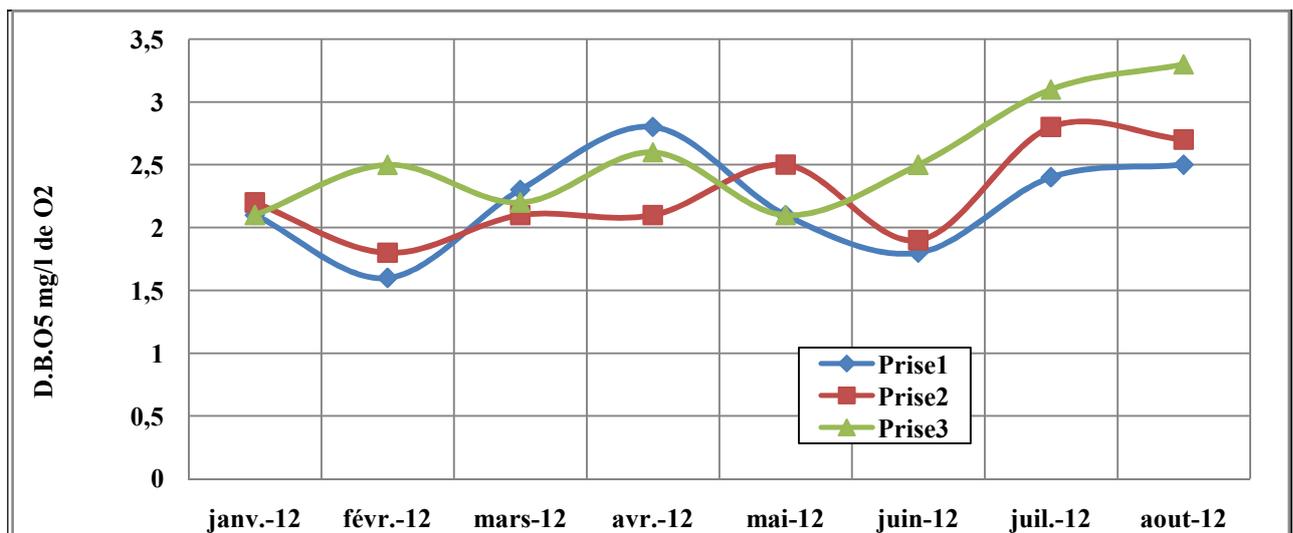


Figure n°20 : Variation de la D.B.O5 au niveau les trois prises d'eau du barrage

Discussion :

Les valeurs de la DBO₅ observées sont incluses entre 1,6 et 2,8 mg/L. Ces concentrations indiquent que les eaux de deux premières prises sont très peu chargées en matières organiques biodégradables. Autrement nous remarquons que la teneur de la DBO₅ augmente avec la profondeur ceci peut être expliqué par une auto-épuration biologique anaérobie dans le barrage.

Les teneurs des prises d'eau sont situées en C1 et en C2 pour les deux derniers mois (juillet et août). Ceci démontre que la matière organique est très peu présente dans les eaux du barrage Taksebt.

IV-3-2-4 La DCO

La demande chimique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) présente dans l'eau. Les résultats d'analyse présentés par la figure n°21 et le tableau n°19.

Tableau n°19: Variation de la DCO pour les trois prises .d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	19	17	17
févr.-12	18	18	18
mars-12	19	18	21
avr.-12	17	19	17
mai-12	11	9	13
juin-12	5	7	12
juil.-12	15	17	13
aout-12	18	19	21

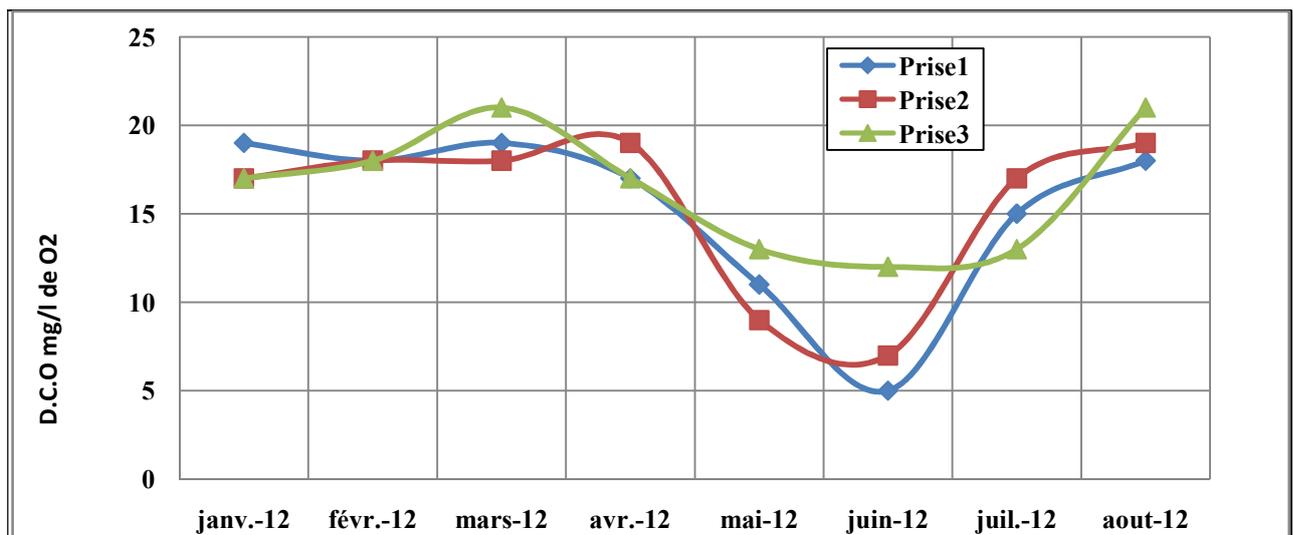


Figure n°21 : Variation de la D.C.O au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage

Discussion :

Pour la DCO paramètre qui englobe aussi bien les matières biodégradables que celles qu'elles ne le sont pas les valeurs obtenues sont faibles. La plus importante d'entre elles est de 21 mg/l pour les eaux profondes. Ces valeurs traduisent à l'absence d'une quantité considérable de substance oxydable et que les eaux du barrage Taksebt sont de bonne qualité.

IV-3-2-5 La matière organique

Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°20, illustrés par la figure n°22.

Tableau n°20 : Variation de la matière organique pour les trois prises d'eau.

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	2,5	2,8	2,9
févr.-12	2,1	2,3	3,1
mars-12	2,7	2,4	2,8
avr.-12	3,2	2,6	3,1
mai-12	2,8	2,9	2,8
juin-12	2,5	2,6	2,9
juil.-12	2,8	3,1	3,6
aout-12	2,7	3,3	3,8

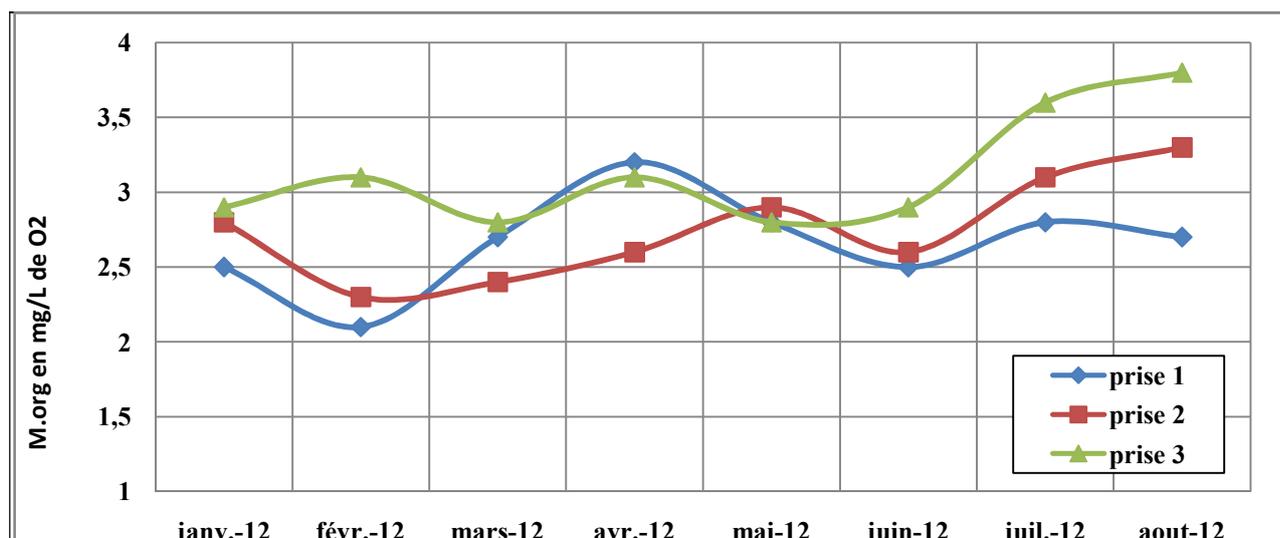


Figure n°22 : Variation de la matière organique au niveau des prises 1,2 et3 du barrage

Discussion :

Les teneurs en matières organiques varient entre 2.1et 3.8 mg/L. Ces valeurs indiquent que les eaux du barrage sont presque dépourvues de matières organiques. Les valeurs trouvées au niveau des prises d'eau sont classées tout au plus en C1 et C2.

IV-3-3 Altération azotée

IV-3-3-1 Azote Kjeldahl

L'azote Kjeldahl dans les eaux correspond à la somme des composés organiques aminés et de l'ammonium. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°21, illustrés par la figure n°23.

Tableau n°21: Variation de l'azote kjeldahl pour les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	0,9	0,74	0,74
févr.-12	0,84	0,9	0,4
mars-12	0,7	0,75	0,6
avr.-12	0,8	0,65	0,7
mai-12	0,6	0,8	0,8
juin-12	0,65	0,8	0,9
juil.-12	0,89	0,92	0,84
août-12	0,66	0,95	1,2

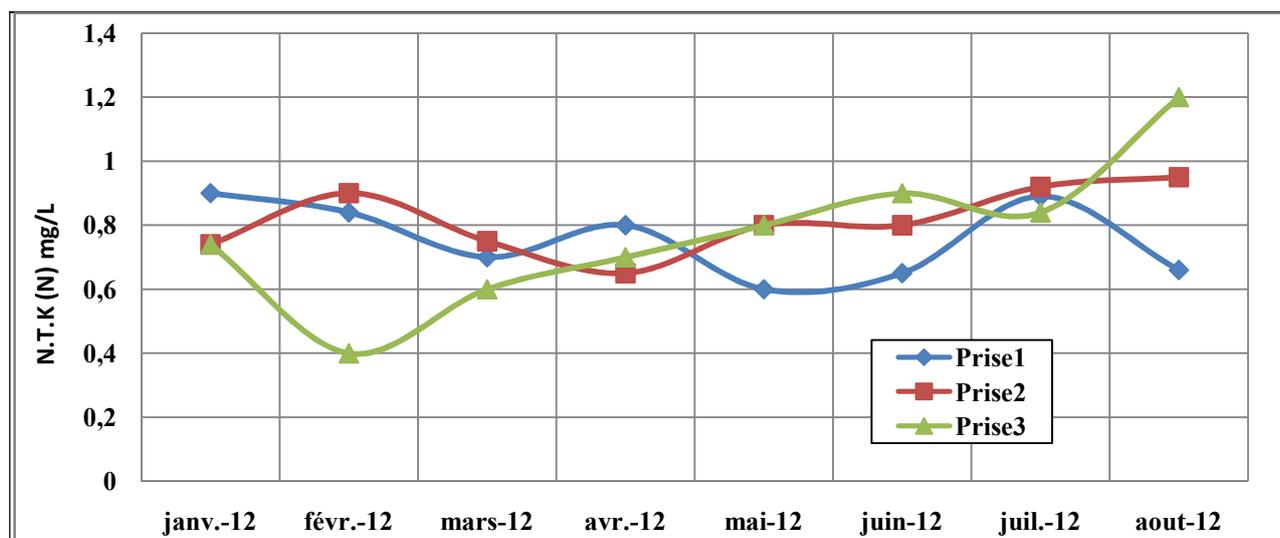


Figure n°23 : Variation d'azote kjeldahl au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage

Discussion :

. Les teneurs observées sur l'ensemble des points d'eau sont faibles et sont comprises entre 0,4 et 1,2 mg/L. Les valeurs remarquées au niveau des prises d'eau sont classées en C1.

IV-3-3-2 L'azote ammoniacal (NH₄)

. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°22, illustrés par la figure n°24.

Tableau n°22: Variation de l'azote ammoniacal pour les trois prises d'eau.

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	0,285	0,31	0,335
févr.-12	0,154	0,158	0,22
mars-12	0,174	0,201	0,189
avr.-12	0,212	0,283	0,302
mai-12	0,144	0,201	0,237
juin-12	0,021	0,109	0,154
juil.-12	0,065	0,097	0,088
aout-12	0,074	0,106	0,158

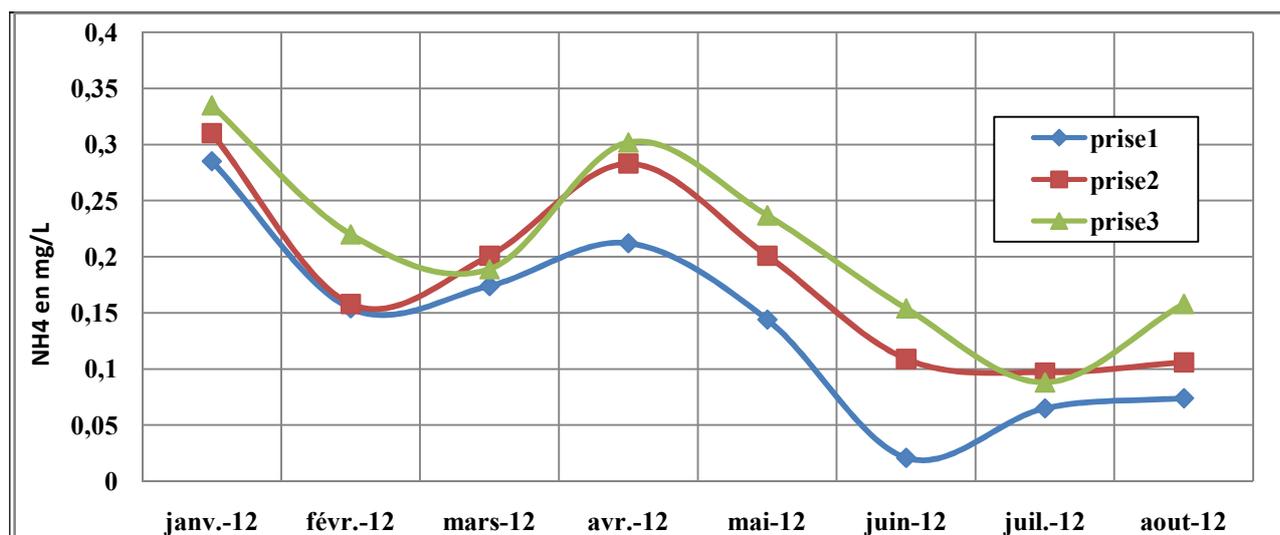


Figure n°24 : Variation de l'azote ammoniacal au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage

Discussion :

Les résultats obtenus indiquent que le paramètre de l'ammonium varie entre 0.021 et 0.335 mg/L. L'ensemble des valeurs des prises d'eau sont classées en **C1**.

IV-3-3-3 Les nitrites

Les nitrites (NO_2^-) sont la forme minérale la plus toxique de l'azote. Il intervient dans de nombreux phénomènes de toxicité. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°23, illustrés par la figure n°25.

Tableau n°23° : Variation des nitrites pour les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	0,089	0,097	0,102
févr.-12	0,075	0,084	0,122
mars-12	0,031	0,051	0,041
avr.-12	0,014	0,012	0,01
mai-12	0,01	0,022	0,017
juin-12	0,0102	0,01	0,02
juil.-12	0,019	0,021	0,02
aout-12	0,025	0,019	0,233

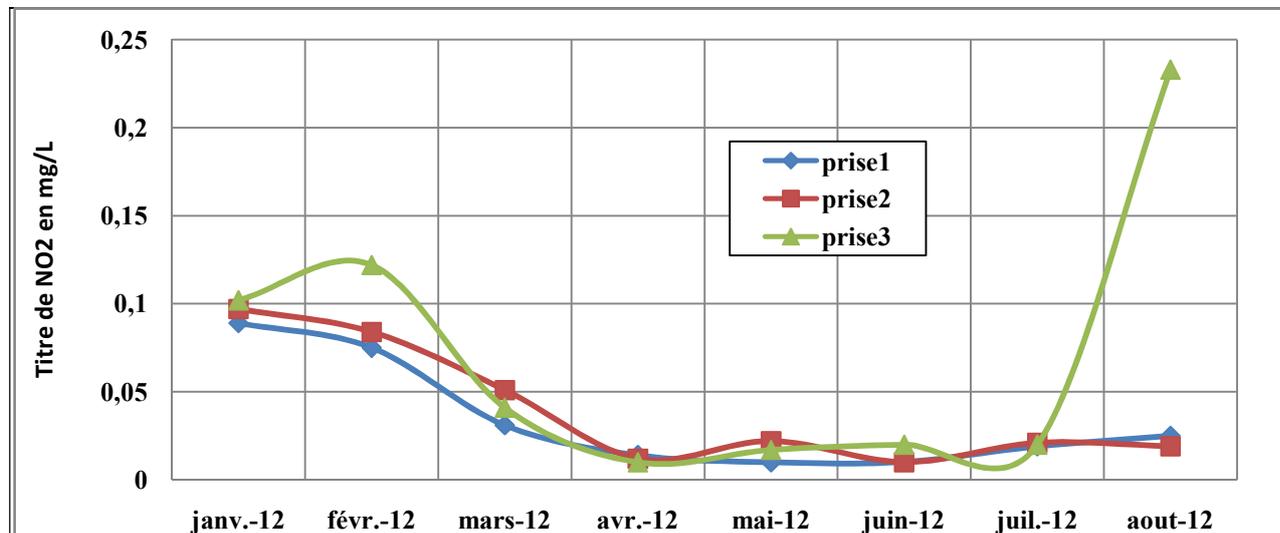


Figure n°25 : Variation des nitrites au niveau des prises 1,2 et3 du barrage

Discussion

Sur l'ensemble des points d'eau les teneurs trouvées varient entre 0,01 et 0,233 mg/L. Les valeurs observées au niveau des prises d'eau sont en C1 et en C2.

IV-3-3-4 Les nitrates

. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°24, illustrés par la figure n°26.

Tableau n°24: Variation des nitrates pour les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	1,5	3,2	1,5
févr.-12	2,3	1,2	1,3
mars-12	3,1	1,8	1,7
avr.-12	1,6	2,9	3,1
mai-12	1,5	1,8	2,1
juin-12	1,9	2,1	3,1
juil.-12	2,3	2,4	4,1
aout-12	2,7	2,7	2,1

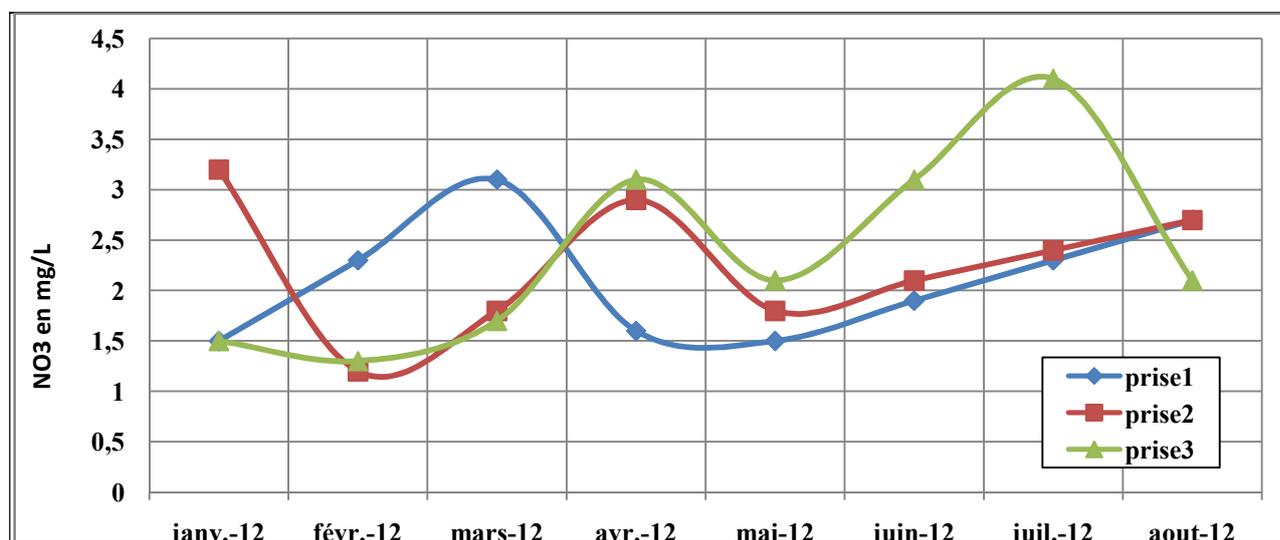


Figure n°26 : Variation de la concentration des nitrates au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage

Discussion :

Les teneurs en nitrates dans les trois prises d'eau sont classé en C1 ; cependant lors des derniers campagnes ou les teneurs sont en C2. L'ensemble des valeurs obtenues varient entre 1.2 et 4.1 mg/.

IV-3-4 Altération phosphatée

IV-3-4-1 Les phosphates (PO_4^{3-})

. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°25, illustrés par la figure n°27.

Tableau n° 25: Variation des phosphates pour les trois prises d'eau.

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	0,017	0,029	0,053
févr.-12	0,029	0,038	0,038
mars-12	0,039	0,051	0,049
avr.-12	0,035	0,049	0,045
mai-12	0,029	0,032	0,041
juin-12	0,032	0,033	0,061
juil.-12	0,036	0,034	0,052
aout-12	0,039	0,035	0,059

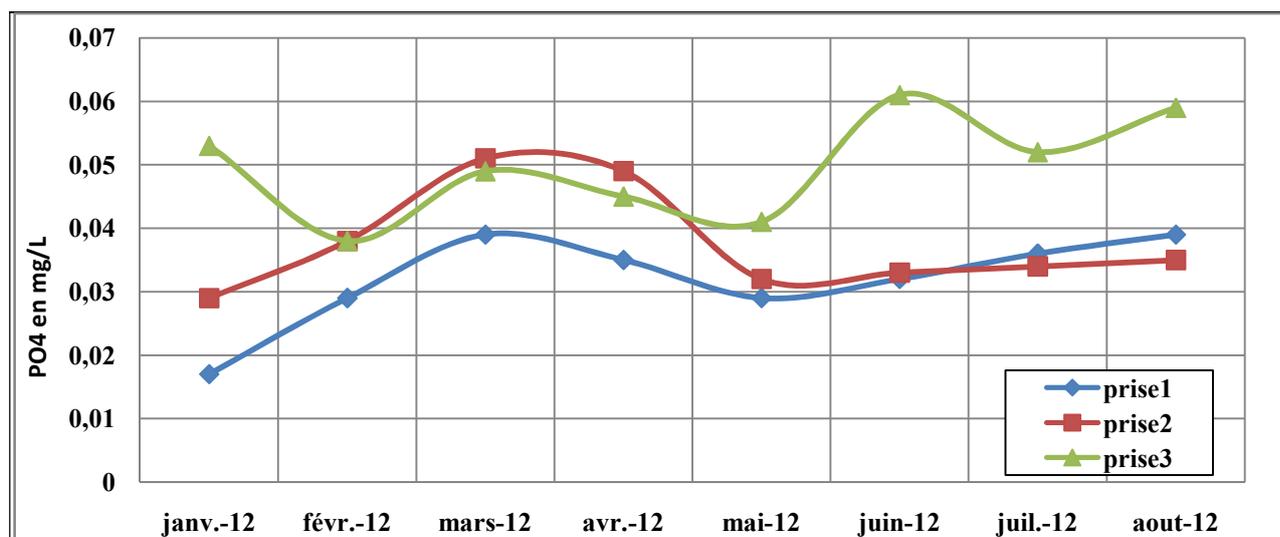


Figure n°27 : Variation des orthophosphates au niveau des prises 1,2 et 3 du barrage

Discussion :

Les teneurs en orthophosphate sur l'ensemble des points d'eau varient entre 0,017 et 0,061 mg/L. Pratiquement au niveau des prises d'eau, les concentrations trouvées sont en C1.

Au niveau de la prise3 la teneur augmente ce qui contribue au développement d'algues conduisant à une eutrophisation des eaux.

IV-3-4-2 Le phosphore total

. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°26, illustrés par la figure n°28.

Tableau n°26: Variation du phosphore total pour les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	Prise 1	Prise 2	Prise 3
janv.-12	0,008	0,012	0,021
févr.-12	0,013	0,016	0,017
mars-12	0,017	0,021	0,02
avr.-12	0,015	0,02	0,021
mai-12	0,012	0,014	0,018
juin-12	0,014	0,015	0,025
juil.-12	0,013	0,012	0,019
août-12	0,015	0,012	0,020

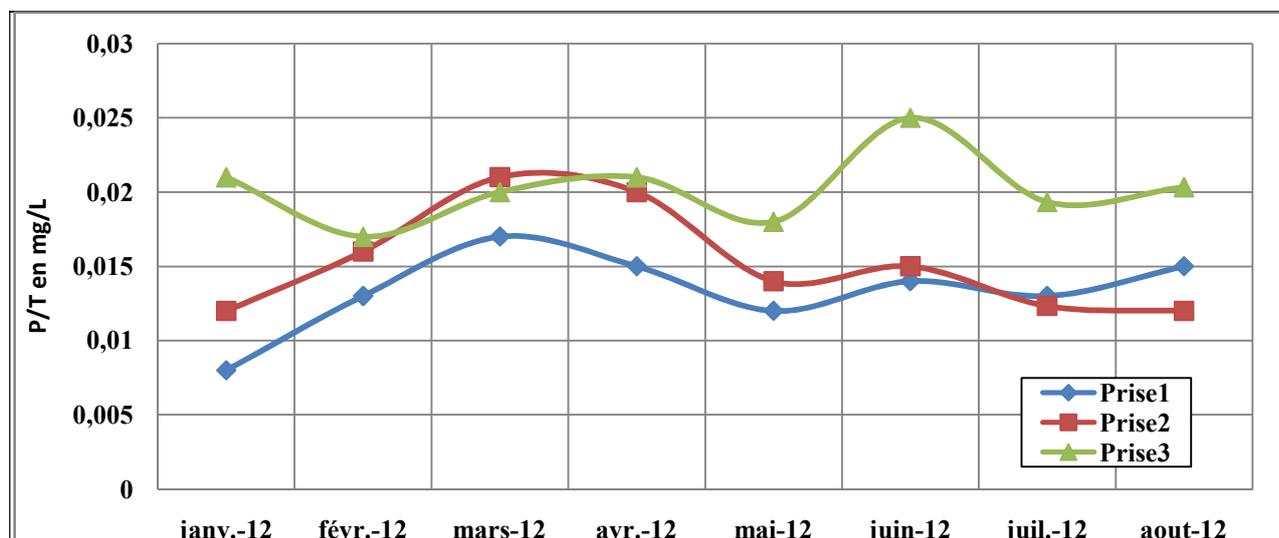


Figure n°28 : Variation de phosphore totale au niveau des prises 1,2 et3 du barrage

Discussion :

Les teneurs en phosphore sont comprises au niveau de l'ensemble des points d'eau entre 0,008 et 0,025 mg/L. Celles observées au niveau des prises d'eau sont classées en C1.

IV-3-5 Altération des métaux

Les métaux sont des micronutriments essentiels pour les organismes aquatiques et se retrouvent naturellement dans l'eau à de faibles concentrations. Ils proviennent du lessivage du sol et du substrat rocheux. Les métaux les plus fréquemment mesurés sont le fer (Fe) et le manganèse (Mn).

IV-3-5-1 Le fer

Très répandu, le fer se classe au 4e rang des éléments de la croûte terrestre. Il est largement utilisé dans la métallurgie et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°27, illustrés par la figure n°29.

Tableau n°27 : variation de fer pour les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	P1	P2	P3
janv.-12	0,000	0,004	0,000
févr.-12	0,001	0,005	0,001
mars-12	0,002	0,009	0,002
avr.-12	0,006	0,008	0,007
mai-12	0,008	0,051	0,063
juin-12	0,006	0,062	0,075
juil.-12	0,003	0,073	0,086
aout-12	0,001	0,084	0,105

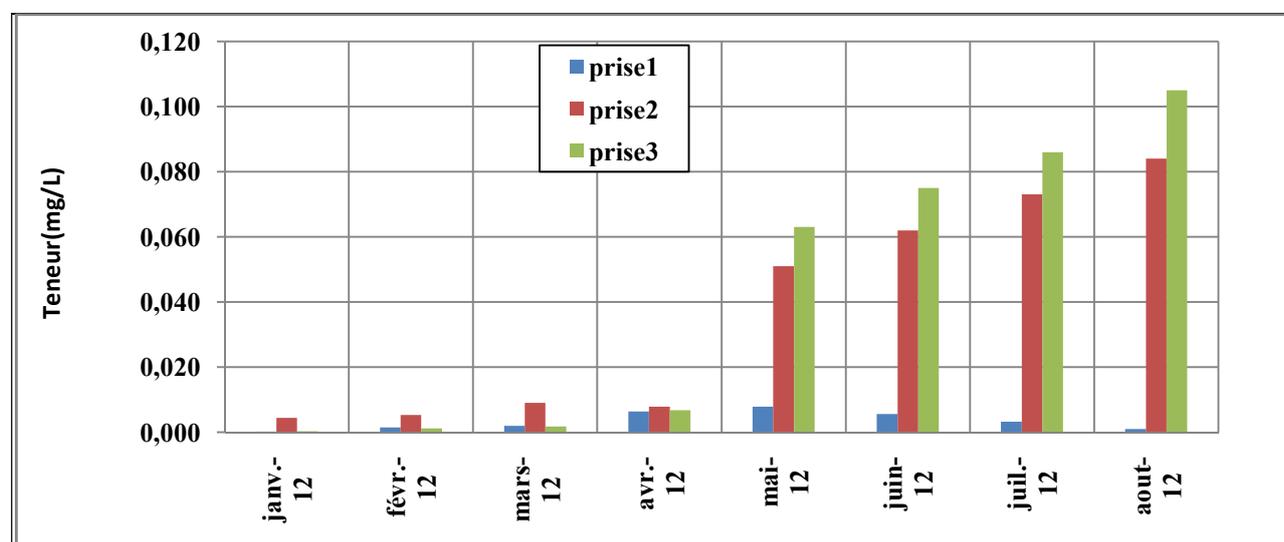


Figure n°29 : Variation du fer au niveau des prises d'eau 1,2 et 3 du barrage

Discussion :

Les teneurs au niveau de l'ensemble des points d'eau sont faibles, sont classées en C1 et C2 pour les dernières campagnes.

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à quelques mg/L de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles.

IV-3-5-2 Le Manganèse

Le manganèse présent dans l'eau peut s'y trouver, à des valences différentes à l'état soluble ou en suspension ou sous forme de complexes ; sa solubilité dépend du pH, de l'oxygène dissous. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°28, illustrés par la figure n°30.

Tableau n°28 : variation du manganèse pour les trois prises d'eau.

Date/Point d'eau	P1	P2	P3
janv.-12	0,004	0,005	0,006
févr.-12	0,004	0,007	0,007
mars-12	0,003	0,009	0,010
avr.-12	0,004	0,013	0,014
mai-12	0,004	0,027	0,028
juin-12	0,008	0,021	0,021
juil.-12	0,013	0,029	0,027
aout-12	0,017	0,021	0,029

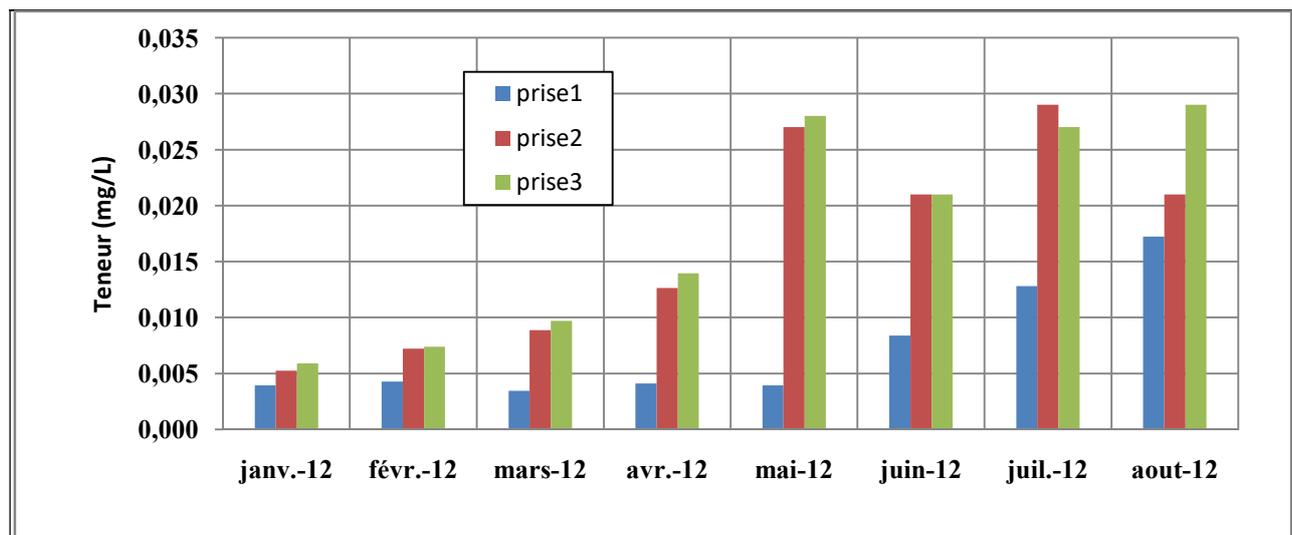


Figure n°30: Variation du manganèse au niveau des prises d'eau 1,2 et 3 du barrage.

Discussion :

Les teneurs observées au niveau des eaux de barrages sont faibles, varient de 0.003 à 0.029 mg/L. Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à quelques mg/L de manganèse ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles.

IV-3-6 Altération Minérale

IV-3-6-1 Le résidu sec a 105°C

L'analyse du paramètre résidu sec permet d'apprécier la minéralisation de l'eau. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°29, illustrés par la figure n°31.

Tableau n°29: variation du résidu sec a 105°C au niveau des prises d'eau.

Date/Point d'eau	P1	P2	P3
janv.-12	284	261	264
févr.-12	284	263	264
mars-12	279	261	268
avr.-12	285	260	267
mai-12	278	260	263
juin-12	278	263	261
juil.-12	278	266	259
aout-12	278	269	257

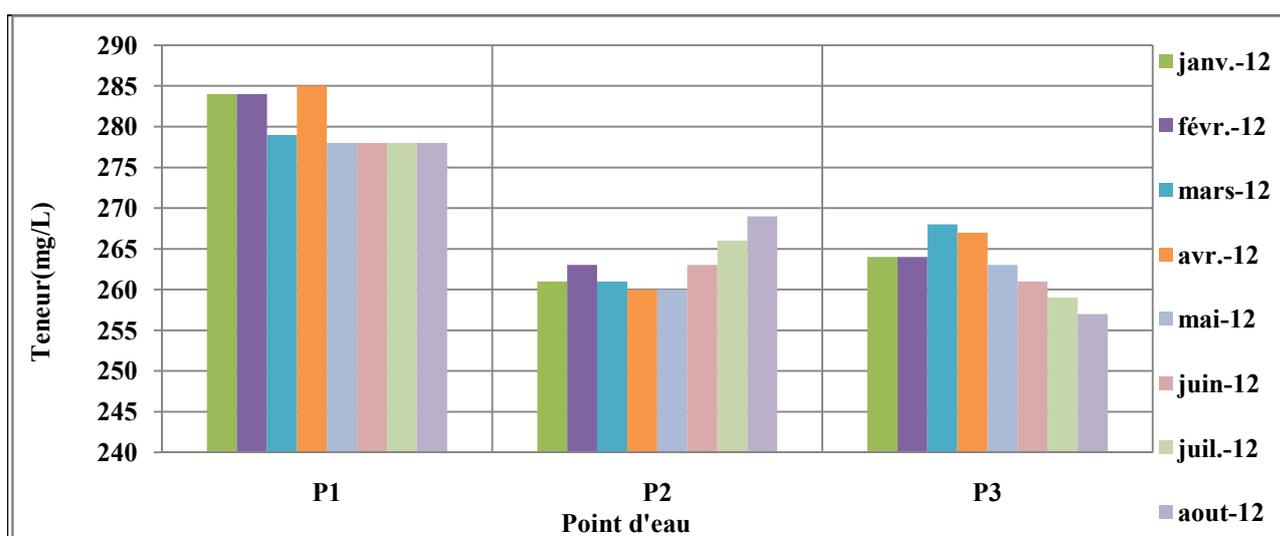


Figure n°31 : Variation du résidu sec en fonction du temps.

Discussion :

Les valeurs observées au cours nos campagnes indiquent que les eaux du barrage Taksebt sont peu minéralisées et sont classées en C1. Elles sont comprises entre 260 et 285 mg/L

Une concentration importante peut rendre l'eau trop dure, lui donner un mauvais goût et entraîner des dépôts minéraux et de la corrosion, en revanche, la présence de faibles concentrations de matières dissoutes total dans l'eau contribue à lui donner un bon goût.

IV-3-6-2 Le calcium

Le calcium est un métal alcalino terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°30, illustrés par la figure n°32.

Tableau n°30 : variation de calcium au des prises d'eau

Date/Point d'eau	P1	P2	P3
janv.-12	48	43	47
févr.-12	49	44	48
mars-12	47	45	49
avr.-12	48	45	49
mai-12	47	49	47
juin-12	45	47	47
juil.-12	43	45	47
aout-12	41	43	47

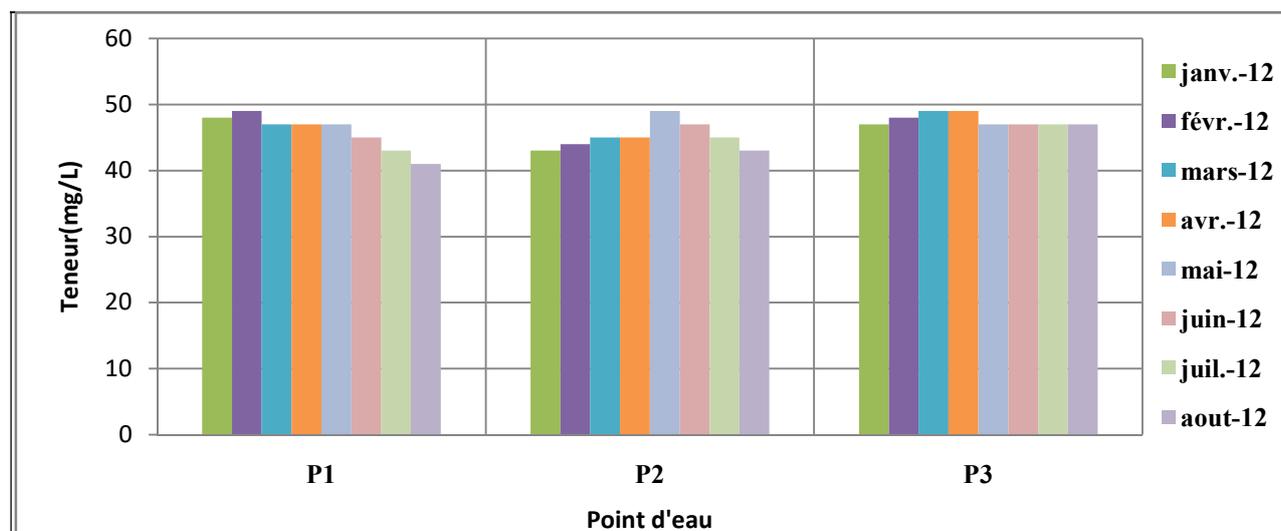


Figure n°32: Variation du calcium en fonction de temps.

Discussion :

Les valeurs du calcium varient entre 41 et 49 mg/L et sont toutes classées en **C1**.

Sa présence dans l'eau dépend des terrains traversés. En dehors de certaines manifestations gustatives, les eaux qui dépassent 200 mg/L de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.

IV-3-6-3 Le magnésium

Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°31, illustrés par la figure n°33.

Tableau n°31: variation de magnésium au niveau des prises d'eau

Date/Point d'eau	P1	P2	P3
janv.-12	21	25	25
févr.-12	23	26	24
mars-12	24	24	26
avr.-12	24	24	26
mai-12	24	25	24
juin-12	25	25	23
juil.-12	26	25	22
aout-12	27	25	21

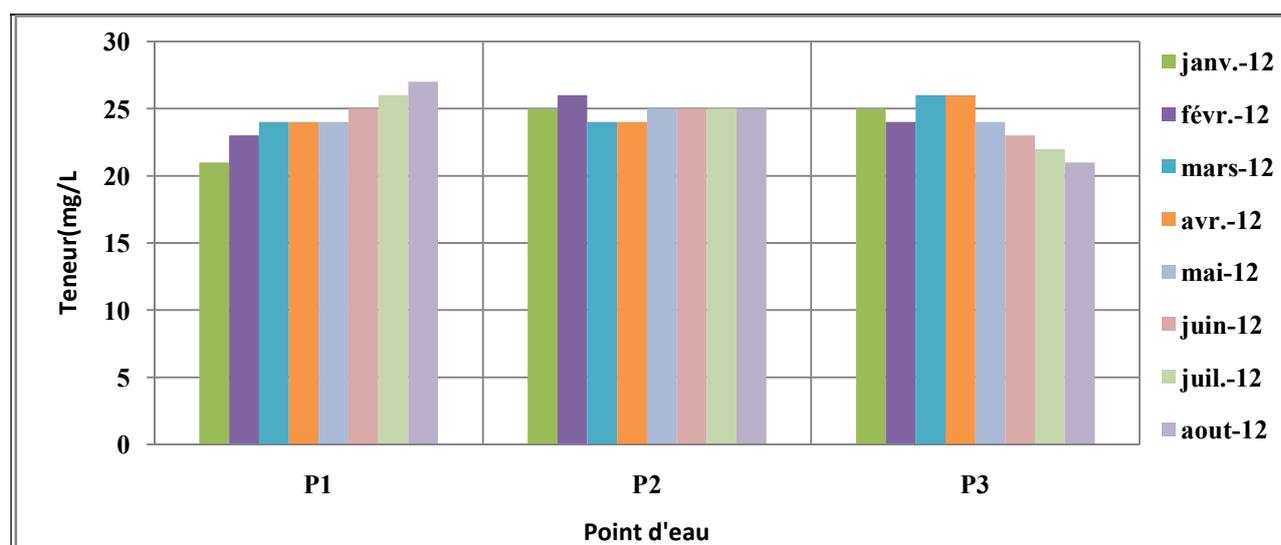


Figure n° 33 : Variation de magnésium en fonction de temps.

Discussion :

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre. Les valeurs observées sont comprises entre 21 et 27 mg/L et sont classées en C1 et C2.

IV-3-6-4 Le sodium

Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°32, illustrés par la figure n°34.

Tableau n°32: Variation de sodium au niveau des prises d'eau.

Date/Point d'eau	P1	P2	P3
janv.-12	23	20	20
févr.-12	24	19	21
mars-12	19	18	19
avr.-12	24	19	20
mai-12	21	18	19
juin-12	22	20	19
juil.-12	23	22	19
aout-12	24	24	19

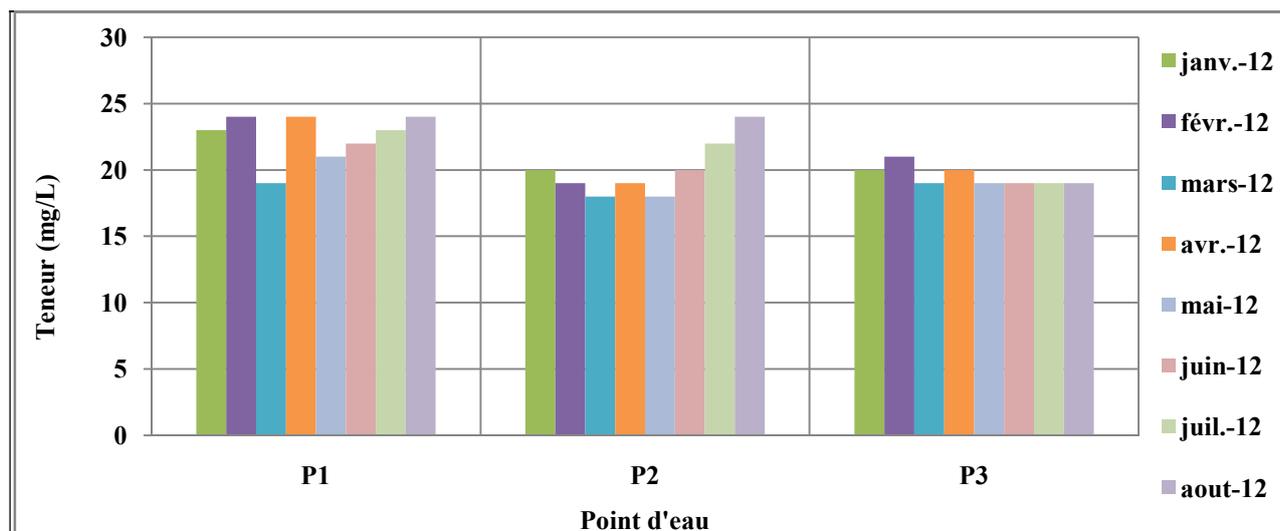


Figure n° 34: Variation de sodium en fonction de temps.

Discussion :

Le cation sodium (Na^+) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites).

Les valeurs en sodium varient entre 18 et 24 mg/L et sont classées en **C1**.

IV-3-6-5 Les chlorures

Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°33, illustrés par la figure n°35.

Tableau n°33 : Variation des chlorures au niveau .les prises d'eau du barrage

Date/Point d'eau	P1	P2	P3
janv.-12	44	38	36
févr.-12	41	39	37
mars-12	40	40	38
avr.-12	39	37	37
mai-12	37	35	35
juin-12	35	36	36
juil.-12	33	37	37
aout-12	31	38	38

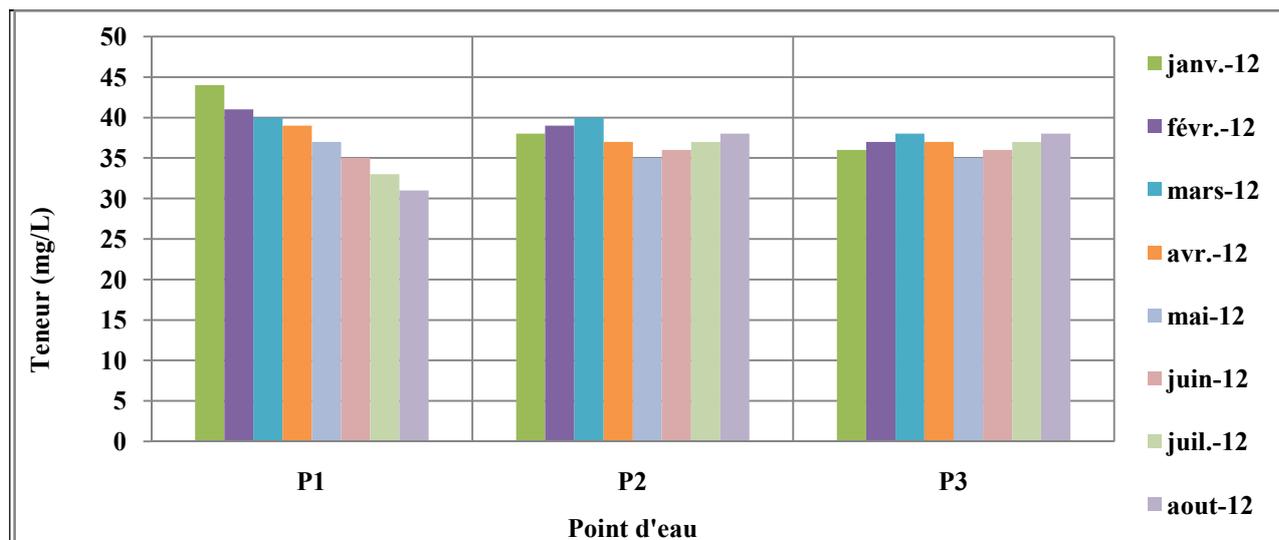


Figure n°35 : Variation des chlorures en fonction de temps.

Discussion :

L'ion (Cl⁻) est présent en petite quantité sur la terre. Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés.

Les valeurs trouvées sont comprises entre 31 et 44 mg/L et sont classés en C1.

IV-3-6-6 Les sulfates

Les résultats d'analyse se présentent dans le tableau n°33, illustrés par la figure n°35.

Tableau n°34: Variation des sulfates au niveau les trois prises d'eau

Date/Point d'eau	P1	P2	P3
janv.-12	36	37	33
févr.-12	35	37	31
mars-12	37	36	33
avr.-12	38	37	32
mai-12	37	35	35
juin-12	39	37	33
juil.-12	41	39	31
août-12	43	41	29

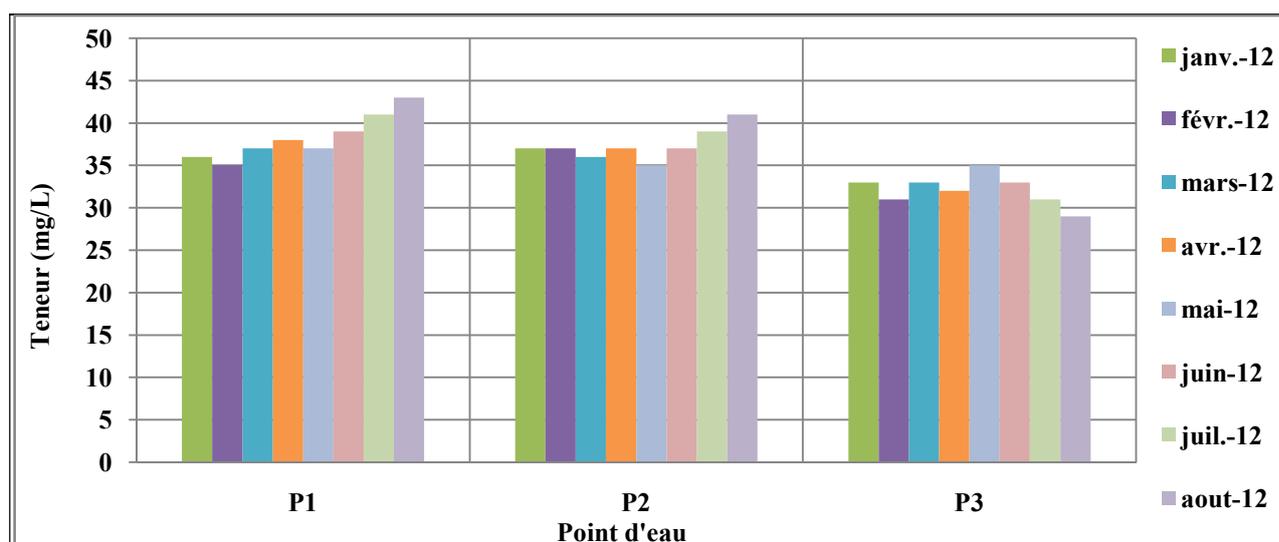


Figure n°35: Variation des sulfates en fonction de temps.

Discussion :

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé.

IV-4 Conclusion

Avant d'aborder la qualité physico chimiques des eaux des prises d'eau du barrage Taksebt à partir des quelles la station de traitement est alimentée ; nous avons jugé utile d'apprécier la qualité générale des eaux de la retenue. Pour cela nous avons étudié la stratification par le biais des températures afin de distinguer les différentes couches et un certain nombre de paramètres physico chimiques.

Les données obtenues ont toutes suggéré que la qualité des eaux de barrage est plus ou moins satisfaisante. En effet, malgré la stratification thermique qui s'effectue généralement en période estivale, les eaux profondes ont été toujours pourvues en oxygène. Ceci démontre de la capacité d'autoépuration de la retenue.

- Le degré trophique de la retenue est mésotrophe.
- Le pH mesuré est proche de la neutralité durant toute la campagne.
- La mesure des MES indique que les eaux sont peu chargées même dans les eaux profondes.
- Les taux de nitrites, nitrates sont peu chargés cependant l'ammonium légèrement plus important dans les couches profondes.
- Le phosphore total trouvé est faible.
- Le fer et le manganèse détectés en surface sont à l'état de trace alors que dans les eaux profondes parfois on les trouve avec des concentrations plus ou moins faibles.
- Les données des trois prises d'eau ont été évaluées en se référant à la grille de qualité spécifique à la production d'eau potable.
- La plus part des données ont été classées en C1 et certaines en C2.

Conclusion générale

L'Algérie entreprend d'importants efforts de mobilisation de ses ressources en eau superficielles pour faire face à la limitation des eaux souterraines et à l'accroissement démographique et pour entretenir son développement économique et social. Cette mobilisation est généralement assurée par la mise en oeuvre des retenues de barrages. Ces dernières sont souvent altérées par le phénomène d'eutrophisation. Celui-ci a des conséquences négatives sur les différents usages de l'eau dont notamment celui de la production de l'eau potable.

L'objectif de notre travail a été, d'une part de diagnostiquer la qualité générale des eaux du barrage. D'autre part, il s'agissait surtout de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des couches d'eau situées au niveau des trois prises afin de sélectionner celle dont la qualité est la plus favorable pour alimenter la station de traitement pour la production d'eau potable.

Le barrage Taksebt malgré les pressions anthropiques exercées sur lui et qui sont surtout d'ordre urbain et industriel (Huileries), la qualité de ses eaux est de qualité moyenne dans la mesure où son degré trophique est mésotrophe. Le phosphore total a été le descripteur déterminant. En période de stratification les eaux profondes de la retenue sont faiblement oxygénées. Le phosphore total, l'azote, le fer, le manganèse, les matières en suspension ainsi que les matières organiques ont été présents, cependant en faible concentration. Si nous nous sommes intéressés aux paramètres ci-dessus c'est pour apprécier l'impact des eaux profondes sur la colonne d'eau lors du brassage (mélange fond-surface) qui surviendra en période automnale. Les teneurs observées dans les eaux profondes durant notre étude suggèrent que la qualité des eaux de la retenue ne serait pas affectée par ces dernières.

Pour ce qui est des couches d'eau approvisionnant la station de traitement, plusieurs paramètres physico-chimiques regroupés en altération ont été étudiés sur celles-ci et ils ont été évalués à partir d'une grille de qualité spécifique à la production d'eau potable. La plus part des valeurs ont été classées en C1, certaines d'entre elles ont été classées en C2. De ce fait l'alimentation de la station de traitement par les eaux de barrage peut se faire de n'importe quelle prise d'eau.

La qualité favorable des eaux du barrage a jusqu'ici bénéficié surtout d'une pluviométrie favorable (facteur de dilution) et du fait également que la station de traitement ne traite qu'en moyenne entre 300 000 et 400 000 m³/J alors qu'elle est censée traiter 600 000 m³/J (diminution du volume du barrage).

Les eaux du barrage Taksebt malheureusement pourrait connaître une dégradation très poussée du fait des rejets des eaux usées urbaines et des margines issues des huileries, si aucune mesure n'est prise pour leur traitement. Cette pollution d'origine essentiellement anthropique, aurait pour conséquence à court terme le développement du processus d'eutrophisation, ce qui poserait de sérieux problèmes à l'échelle écologique, environnementale et au niveau de l'exploitation des ressources en eau du barrage.

Référence bibliographiques

Boudoukhana, Hocine. Impacts des margines sur les eaux de oued bouchtata (wilaya de Skikda). Mémoire de magister, Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingéniorat, Département des Sciences Fondamentales, Spécialité Chimie. 2008

Daniel Néron, Marie-Ève Dion, Christian Corbeil, Diagnose écologique sommaire du lac de la mine municipalité d'Amherst, Février 2008.33p. info@hemis.ca

DEVITAL, Sébastien. Solutions curatives pour la restauration de lacs présentant des signes d'eutrophisation. Université de Sherbrooke, 2007. 51 p.
www.rappel.qc.ca/IMG/pdf/OEDD_solution_miracles.pdf

DJAROUD, Mohamed. Etude de l'évacuateur de crue du barrage de Taksebt. 1995. Travail de mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Aménagement et génie hydraulique, Ecole national supérieure d'hydraulique, 1995.

Grier, M, Incidence sur les espaces naturels et les espèces vivantes, 2009.
upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6249/9/08.pdf

SOUKATCHOFF, Merriem. Hydrologie et hydrogéologie, Ecole des Mines de Nancy, 2004.

KHELIFI, Abdelkader. Organisation du chantier du barrage Taksebt (W.Tizi-Ouzou). 1990. Travail de mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole national supérieure d'hydraulique, 1990.

MERABET, Souad, Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun, 2010. Travail de mémoire en vue de l'obtention du titre de Magister, Chimie Analytique, Faculté des sciences exactes - département de chimie, 2010.

SOUKATCHOFF, Merriem, Hydrologie et d'hydrogéologie, 2003/2004. Ecole des MINES de NANCY.

Quelques Web hydro environnement

www.eau-rhin-meuse.fr/patrimoine

www.eaurmc.fr/pedageau

fr.wikipedia.org/wiki/Lac

<http://www.chemvironcarbon.com/fr/chaebon/adsorption>.

Trousse des lacs .org/pdf/fiche_stratification

<http://www.liberte-algerie.com/algerie-profonde/les-proprietaires-d-huileries-en-detresse-production-oleicole-a-tizi-ouzou-174519>

<http://www.lesoirdalgerie.com/articles/2010/10/18/article.php?sid=107518&cid=4>

www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco/GuidecorrDernier.pdf

www.jedessine.com/c_14653/pour/tout-savoir-sur-les-barrages