

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université ABBAS LAGHROUR-KHENCHELA
Faculté des sciences de la nature et de la vie

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master en écologie

Option : PDESP (protection et décontamination des eaux et des sols pollués)

Thème

**La variabilité pluriannuelle de la
qualité des eaux du barrage de Foum El
Khanga (wilaya de souk Ahras)**

Présenté par : LAATAR IBTISSAM

Jury	Grade	Affiliation	Qualité
Dr. Kadi. K	M.C.	Université de kenchela	Présidente
Dr. Halassi. I.	M.A.	Université de kenchela	Examinatrice
Dr. Addad. D	M.A.	Université de kenchela	Reportrice

2012-2013

Résumé :

Ce travail a été mené dans le but d'étudier la variabilité pluriannuelle de la qualité des eaux du barrage de Foum El Khanga sur Oued Cherf de la région de Souk Ahras, à partir des analyses réalisées pendant huit ans par les membres de l'ANRH.

L'analyse physico-chimique de ces eaux a englobé la mesure de plusieurs paramètres : CE, pH, MES₁₀₅, DBO₅, DCO, M O acide, Na, K, Mg, matières azotés (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺), L'oxygène dissous et les chlorures... etc.

Les résultats ont démontré la présence d'une pollution chimique et organique, représenté par la forte concentration en éléments chimique polluants comme les matières organiques (DCO, MOacide et MES₁₀₅), L'oxygène dissous, les chlorures et une conductivité très élevée.

Ces eaux sont inaptes à l'irrigation qu'après un traitement. Cette pollution affecte l'environnement, les récoltes et la santé publique.

Mots clés: qualité d'eau, barrage Foum El Khanga, physico-chimique, pollution de l'eau, irrigation.

Summary:

This work was conducted in order to study the multi-year variability of water quality in Foum El Khanga on Oued Cherf region of Souk Ahras, from analyzes for eight years by the members of the ANRH .

The physico-chemical analysis of these waters has included the measurement of several parameters: EC, pH, SM₁₀₅, BOD₅, COD, OM acid, Na, K, Mg, nitrogenous materials (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺), dissolved oxygen and chlorides ... etc..

The results showed the presence of chemical and organic pollution, represented by the high concentration of pollutants chemical elements such as organic matter (COD, MOacide and SM₁₀₅) Dissolved oxygen, chlorides and very high conductivity.

These waters are unfit for irrigation after treatment. This pollution affects the environment, crops and public health.

Keywords: water quality, dam Foum El Khanga, physico-chemical, water pollution, irrigation.

ملخص:

تم انجاز هذا العمل بهدف دراسة التغيرات السنوية لنوعية مياه سد فوم الخنقة على ضفاف واد الشارف لمنطقة سوق أهراس، انطلاقا من تحاليل أنجزت خلال ثماني سنوات من 2005 إلى غاية 2012 من طرف أعضاء الوكالة الوطنية للموارد المائية ANRH .

اشتملت التحاليل الفيزيوكيميائية على العديد من المتغيرات مثل: الناقلية الكهربائية و درجة الحموضة و المواد العالقة و الطلب البيولوجي للأوكسجين و الطلب الكيميائي للأوكسجين و المادة العضوية الحامضية و الصوديوم و البوتاسيوم و المغنيزيوم و المواد الأزوتية (النترات و النتريت و الأمونيوم) و الأوكسجين المنحل و الكلور...إلخ.

أظهرت النتائج وجود التلوث كيميائي و عضوي، الممثل في تراكيز عالية من الملوثات الكيميائية مثل المواد العضوية (الطلب الكيميائي للأوكسجين و المادة العضوية الحامضية و المواد العالقة) (الأوكسجين الذائب، الكلوريدات مع وجود الناقلية الكهربائية عالية جدا.

هذه المياه غير صالحة للري إلا بعد تصفية. يؤثر هذا التلوث على البيئة والمحاصيل والصحة العامة.

كلمات البحث: نوعية المياه، سد فم الخنقة، الفيزيائية والكيميائية، تلوث المياه، الري.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire de fin d'étude :

A mes parents, surtout ma mère

A mes frères Soufiane, Fouad, Mohamed, Ala

A mon encadreur madame Addad Dalila.

A mon amie préféré qui encouragé (Ghania, Loubna).

A tous mes amies, et mes collègues d'étude.

A tous mes enseignants, qui m'ont suivit des mes premières années à l'école jusqu'ici.

Remerciements

En tout premier, je remercie dieu qui m'a donné la santé, et la volonté pour poursuivre mes études.

Mes remerciements à mon encadreur madame Addad Dalila enseignante à l'université de Khenchela qui a accepté de diriger ce mémoire et d'avoir contribué par son savoir faire et son sérieux à l'enrichissement de ce travail.

Mes remerciements madame kadi Kenza pour avoir accepté de présider le jury de se mémoire.

Mes remerciements l'enseignante Halassi Ismahan pour avoir examiné se mémoire.

Mes remerciements à la direction et le laboratoire de l'ANRH (agence notionnelle des ressources hydrique) de Constantine.

Mille mercis à tous les membres de ma famille qui m'ont soutenu et aide tout au long de mon travail : mes chers parents, mes frères.

Mes remerciements à tous mes enseignants et surtout mes enseignants de 1^{er} et 2^{ème} master.

Mes remerciements A tous mes amies, et mes collègues d'étude.

Enfin, j'exprime ma vive et profonde reconnaissance à tous ceux que j'ai oublié de citer et qui, de prés ou de loin se sont associés pour l'élaboration de ce travail, que ce soit sur le plan éducatif ou instructif.

Liste des abréviations

ANRH: Agence nationale des ressources Hydrique	mé/L: milliéquivalent par litre
ABH : C-S-M: Agence De Bassin Hydrographique constantinois-Seybouse-mellague	MES: Matières En Suspension
Al: Aluminium	Mg ²⁺ : magnésium
C°: Degré Celsius	Mg/l: Milligramme par litre
Ca ²⁺ : calcium	ml: Millilitre
Cd : cadmium	Mn : manganèse
Ce: Conductivité électrique	MO: Matières Organiques
Cl: chlore	MOA: Matières Organiques acide
Cm: centimètre	Na: Sodium
C.N.E.S : Conseil National Economique et Social	Na cl: sel de table
Cu : cuivre	NH ₄ ⁺ : Ammonium
DBO5: domende biologique en oxygène en 5 jours	NO ₃ ⁻ : Nitrate
DCO: domende chimique en oxygène	NO ₂ ⁻ : Nitrite
E.U: union européennes	NTU: Nephelometric Turbidity Unit
F°: Degré Française	OMS: Organisation mondial de la santé
FAO: Food and Agriculture Organization(Organisation Mondiale de l'Alimentation de l'Agriculture	P: phosphore
Fe : fer	pH: potential hydrogen
Fig: Figure	Pt: platine
FTU : Formazine Turbidity Unit	RS : Résidu Sec
g/l: Gramme par litre	SAR: rapport des sodiums
JTU: Jackson Turbidity. Unit	Sat%: saturation en pourcentage
K: Potassium	SO ₄ : Sulfates
Km: kilomètre adsorbés	Tab : tableau
Km ² : kilomètre carré	Tur: turbidité
m: mètre	µs: Micro Siemens
L: Litre	Zn : zinc

Sommaire

Introduction	1
Chapitre 1 Revue bibliographique	
1-Ressource hydrique:	2
1-1-Les eaux de surface	2
1-2- Les eaux souterraines	2
2-L'eau et son environnement	3
3- Composition des eaux naturelles	3
3-1-les matières minérales	3
3-2-les matières organiques	4
3-3-les matières dissoutes	4
3-4- Les matières colloïdales	4
3-5- Les matières en suspension	4
4- qualité des eaux destinées à la consommation humain	4
5 La réglementation internationale des eaux destinées à la consommation humaine	6
5-1 La recommandation d'OMS	6
5-2 Les directives européennes	6
5-3 les directives algériennes	6
6- Les Caractéristiques Générales Des Eaux:	6
6-1-les paramètres physico-chimiques	7
6-2-les paramètres organoleptiques	11
6-3-les paramètres indésirables	12
6-4-paramètres toxiques	14
6-5 paramètres microbiologiques	15
6-6-pesticide et produits apparentés	16
7-La pollution des e aux	16
7-1.Définition de pollution	16
7-2-La pollution des eaux en Algérie	17
Chapitre II Enoncé général de l'étude	
1. Situation géographique du bassin versant d'oued Cherf	19
2. La géologie du bassin versant d'Oued El Cherf	20
3. Les caractéristiques générales du barrage	21
4. Caractérisation climatologique du bassin versant de l'Oued El Cherf	22
3-1. Les précipitations	22
3-2. Les températures	22
4- Les Analyses physico chimiques et microbiologiques	25
5. Analyses Statistiques	25
Chapitre III Résultats et discussion	
1- Etude des moyennes des variables mesurées	26
1-1-Effet moyen des années	26
1-2-Effet moyen des saisons	37
2- Liaisons inter- caractères	38
3- Caractérisation variétale	39
4-Eaux du barrage de Foum El Khanga sur Oued Cherf en vue de potabilité	40

4-1. selon des années	40
4-2. -2. Selon les saisons	44
5-Eaux du barrage de Foum El Khanga sur Oued Cherf en vue de l'utilisation Agricole	44
Conclusion	47
Références bibliographiques	
Annexe 1	
Annexe 2	
Annexe 3	
Annexe 4	
Annexe 5	
Annexe 6	
Annexe 7	
Annexe 8	
Annexe 9	

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tab.1	La différence entre les eaux de surface et les eaux souterraines	5
Tab.2	La variabilité saisonnière des précipitations pour la période 1996/1997 à 2005/2006	23
Tab.3	Carrés moyens de l'analyse de la variance des caractères mesurés sur les eaux du barrage foum el khanga	26
Tab.4	Les moyennes des variables mesurées chez les huit années d'étude	41
Tab.5	Classification des huit années de prélèvements des eaux du barrage de Foum El Khanga en utilisant la grille standard Multi usage d'appréciation globale de la qualité d'eau (D'après l'agence des eaux).	42
Tab.6	Classification des quatre saisons des eaux du barrage de Foum El Khanga en utilisant la grille standard Multi usage d'appréciation globale de la qualité d'eau (D'après l'agence de l'eau) cité par Ramade, (2000).	44
Tab.7	Les valeurs moyennes annuelles du SAR et de la conductivité électrique	45

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Fig.1	Le Sous-bassin versant d'Oued Cherf fait partie du bassin versant de Seybouse.	19
Fig.2	Carte géologique Sedrata première édition Vila J :1971 feuille N° 99 } ^{b6} _{c29}	20
Fig.3	La variabilité pluriannuelle des précipitations pour la période 1996/2006	22
Fig.4	La variabilité mensuelle de la précipitation de la période 1996/1997 jusqu'à 2005/2006	23
Fig.5	La variabilité annuelle des températures pour la période 1996/2006	24
Fig.6	La variabilité mensuelle de la température de la période 1996/1997 jusqu'à 2005/2006	24
Fig.7	La variabilité annuelle des chlorures des eaux du barrage Foug El khanga	27
Fig.8	la variabilité annuelle de la conductivité électrique des eaux du barrage Foug El khanga	28
Fig.9	La variabilité annuelle de la demande chimique en oxygène des eaux du barrage Foug El khanga	29
Fig.10	Le pourcentage d'augmentation du chlore, de la conductivité électrique et de la demande chimique en oxygène des eaux du barrage Foug El khanga par rapport à l'année de base 2005	30
Fig.11	La variabilité annuelle des matières en suspension des eaux du barrage Foug El khanga	31
Fig.12	Le pourcentage d'augmentation des matières en suspension des eaux du barrage Foug El Khanga par rapport à l'année de base 2005	32
Fig.13	Variabilité annuelle des nitrates eaux du barrage de Foug El Khanga	32
Fig.14	Le pourcentage d'augmentation des nitrates des eaux du barrage Foug El Khanga par rapport à l'année de base 2005	33
Fig.15	Variabilité annuelle des résidus secs eaux du barrage de Foug El Khanga.	34
Fig.16	Variabilité annuelle de % saturation eaux du barrage de Foug El Khanga	35
Fig.17	Variabilité annuelle des sulfates des eaux du barrage de Foug El Khanga	35
Fig.18	Le pourcentage d'augmentation des résidus secs, du taux de saturation et de sulfates des eaux du barrage Foug El khanga par rapport à l'année de base 2005	36

Fig.19	La variabilité saisonnière des chlorures des eaux du barrage Foug El khanga	37
Fig.20	La variabilité saisonnière de la température des eaux du barrage Foug El khanga	38
Fig.21	Cercle de corrélations entre les variables et les axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales	39
Fig.22	Représentation des années sur le plan formé par les axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales	40
Fig.23	Classification des eaux du barrage foug el ghanga selon l'agence nationale des ressources hydriques	44
Fig.24	Représentation des eaux de barrage Foug El khanga sur le diagramme de Richards	47

Introduction

Introduction

L'eau est indéniablement un bien précieux. Elle constitue une source unique offerte à de multiples usages. Elle constitue un enjeu socio – économique, voire même écologique dans le monde (Bousnoubra et al, 2004). L'eau est à la fois une source naturelle, un facteur de production et un patrimoine. Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, a lieu une expansion, insidieuse de la demande en eau. Parallèlement à cette expansion, le problème de la pollution est devenu très vaste, complexe et quelque soit l'origine et partout un sujet d'actualité (Houhamdi et al, 2002).

A l'heure actuelle, l'utilisation globale de l'eau, en additionnant les usages domestiques, industriels et agricoles, représente le chiffre impressionnant de 250 m³ par an et par habitant. Et encore les disparités sont énormes: de 100 m³ pour les pays en voie de développement à 1500 m³ pour les Etats-Unis. Il est donc certain que les besoins en eau de l'humanité ne cesseront de croître. Ceci implique la nécessité impérieuse de protéger l'eau (Dégrément, 1998).

La qualité de l'eau de surface a connu ces dernières années dans le monde, une grande détérioration en raison du développement urbain et industriel, les rejets des agglomérations ainsi que ceux de l'industrie sont directement acheminés vers des cours d'eau (Debieche, 2002).

L'Algérie se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de ressources hydriques, soit en dessous du seuil théorique fixé par la banque mondiale à 1000 m³ par habitant. La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer la capacité à satisfaire des générations futures (CNEC, 2000).

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel. L'ensemble des phénomènes de la pollution constituent une menace potentielle susceptible d'entraver l'activité humaine (Ramade, 2000). La crise d'eau survit déjà depuis longtemps et avec une gravité accrue, du fait des émissaires urbains et industriels affectant le milieu naturel et constituant une source de contamination diffuse dispersée sur de vastes territoires (Kahoul et al, 2003).

Afin de connaître le degré de pollution des eaux du barrage d'oued Cherf (Foug El khanga), nous avons essayé de réaliser une étude portant sur la caractérisation physico – chimique de ses eaux. Ces dernières sont destinées actuellement à l'irrigation agricole et sont sujettes à de nombreuses actions de pollution, notamment le ruissellement des eaux de drainage des terres agricoles avoisinantes et les rejets des effluents urbains.

L'objectif de ce travail est de caractériser la variabilité annuelle et saisonnière de la qualité des eaux du barrage (pour l'irrigation) en utilisant des paramètres physico-chimiques.

Chapitre 1

Revue bibliographique

Chapitre 1: Revue bibliographique

1. Ressources hydriques

L'hydrosphère représente l'ensemble de l'eau sous toutes ses formes (liquide, solide ou gazeuse); dans l'atmosphère, les eaux continentales de surface et souterraines, les mers et les océans (Graxlaude, 1999). La notion de milieu aquatique englobe dans le domaine continental, des types variés qui sont:

1-1. Les eaux de surface : Ce type d'eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit les nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissèlement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement (Dégrément, 1998). Les eaux de surface contiennent de nombreuses particules constituées de débris de végétaux, de limons, de biomasse, etc. (Rodier, 2009). **L'eau courante** (sources, ruisseaux, torrents, rivières, fleuves, canaux) est un transporteur d'éléments dissous et de matériaux solides dont la taille décroît de l'amont vers l'aval, car la vitesse du courant décroît depuis la source jusque l'embouchure (Graxlaude, 1999). Les eaux naturelles liquides présentent dans les biotopes aquatiques naturels, la forme la plus courante (Ramade, 2002). Elle dépasse 97% du volume de cet élément sur le globe (faurie et al, 2003). **L'eau stagnante** (mares, étangs, gravières, ballastières, lacs, retenue pour l'irrigation ou la production d'énergie, etc.) constitue un piège à sédiments fins, joue un rôle d'une station d'épuration et d'un décanteur lorsqu'il est situé sur le trajet d'un cours d'eau. Les eaux stagnantes résultant de l'accumulation de l'eau dans une dépression naturelle ou artificielle (mares, étangs, lacs et retenue). Une simple différence entre l'eau stagnante et l'eau courante, c'est la composition faunistique et floristique (Graxlaude, 1999). La caractéristique fondamentale des eaux stagnantes, qu'est le temps de séjour, dépendant de l'importance des apports annuels par rapport au volume de la cuvette (Graxlaude, 1999).

1-2 Les eaux souterraines (Sources, puits, forages), représentent un autre aspect du milieu aquatique, ce sont les nappes alluviales d'accompagnement des cours d'eau et les nappes phréatiques superficielles ou profondes, exploitées essentiellement comme eau potable (eaux de sources et minérales), thermale, industrielle ou d'irrigation (Grasclaude, 1999). Ressources des nappes d'eaux souterraines doivent être gérées d'une façon raisonnable, que ce soit pour l'alimentation en eau potable ou l'irrigation, il faut en tout cas pomper de l'eau à diverses profondeurs (Rouyer, 2005). Elles sont en général, pauvre en oxygène et en matière organique. Dans les terrains géologique anciens (granites, grés, schistes), la minéralisation est faible; par contre dans les terrains sédimentaire (calcaire), la minéralisation est importante (Rejsek, 2002).

2. L'eau et son environnement

Sous terme «eau», on rassemble celles qui coulent ou qui stagnent sur les sols, dans la nature, ou encore les eaux souterraines. Les eaux qui coulent à la surface du sol peuvent être partagées en eaux artificielles (canaux, barrage, etc.) et eaux naturelles (les fleuves, les rivières, etc.). Il y'a également les océans, les mers qui participent de façon prépondérante à la plupart des cycles (Bliefert, 2001).

Le bassin versant est une unité géographique naturelle drainée par un réseau hydrographique en amont d'un point (exutoire) où transitent les produits des précipitations. Sa limite topographique est appelée ligne de crête qui, généralement, correspond à la ligne de partage des eaux. Dans cet environnement, les cours d'eau sont organisés dans un réseau hydrographique et repérés par un numéro d'ordre croissant de l'amont vers l'aval (N'guessan, 2008). Les bassins versants sont drainés par les eaux de ruissellement qui se rassemblent en ruisseaux, rivières et fleuves (Angelier, 2001).

L'eau est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe. Elle constitue l'hydrosphère. Son volume est estimé à 1370 millions de kilomètres cubes; on évalue de 500 000 à 1 million de kilomètres cubes le volume d'eau douce réparti entre les fleuves, les lacs et les eaux souterraines; les glaces des calottes polaires représentent un volume de 25 millions de kilomètres cubes, également d'eau douce (Dégrément, 1998). L'eau peut être synthétisée de la façon suivante :

La source principale d'eau douce provient de l'évaporation des océans sous l'effet de soleil, et aussi de l'évapotranspiration des végétaux. Cette vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère et retombe sous forme des précipitations. L'eau ruisselle ou s'infiltré et se charge en composants des sols et des roches mères. Ainsi, elle peut acquérir des sels minéraux en grande quantité (calcium, magnésium, sulfates, etc.) ou d'autres composés (fer, manganèse, etc.). D'autres éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés (nitrates, matières organiques, pesticides, micro-organismes,...). La nature et l'occupation des sols jouent donc un rôle prépondérant. (Beauchamp, 2004).

L'eau douce est un élément rare à la surface terrestre puisqu'elle ne présente que 3% du volume total de l'hydrosphère. Les réserves d'eau douces trouvent donc à l'état solide (environ 80%) et sont techniquement inexploitable, l'eau douce exploitable représente seulement 20% des réserves d'eau douce et 0,6% du volume total de l'hydrosphère (Rejsek, 2002).

3. Composition des eaux naturelles

La qualité d'eau naturelle se définit par sa composition chimique. Les solutions naturelles ne sont jamais pures, elles contiennent des particules de toutes tailles, comme les ions dissous, les colloïdes, les macromolécules organiques, les bactéries, les virus ...etc. Ces particules appartiennent aux différentes enveloppes terrestres "biosphère. Atmosphère, géosphère " ou peuvent être la conséquence des effets de la technologie sur l'environnement "pollution ". (Tarits et al, 2002). Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon leur nature : chimique, organique ou minérale, ou selon leur état physique: matière dissoute, colloïdale ou en suspension. Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où d'une part, une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et d'autre part l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales. (Rejsek , 2002).

3-1. les matières minérales :

Les composés minéraux présents dans les eaux naturelles trouvent leur origine dans les échanges qui se produisent entre l'eau et le sol (Rodier, 2009). Ce sont essentiellement

des composés ioniques (cation et anion) qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact. L'eau contient des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimiques comme par exemple la corrosion (Rejsek, 2002).

3-2. les matières organiques:

Ce sont par définition des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des micro-organismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples. (Rejsek, 2002). Les matières organiques contiennent également de l'azote et du phosphore. Permettent d'établir le niveau de pollution organique d'une eau (Rodier, 2009).

3-3. les matières dissoutes:

Ce sont des matières dispersés de façon homogène dans l'eau, du fait de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer de l'eau à traiter par les procédés physiques classiques, décantation et filtration. Si leur élimination est nécessaire, par exemple pour les nitrates il faudra utiliser des méthodes chimiques ou biologiques (Rejsek, 2002 et Désiré, 2008)

3-4. Les matières colloïdales :

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Elles sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement. Aussi, leur élimination de l'eau à traiter est difficile car elles ne décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par les filtres. On utilise des réactifs chimiques qui neutralisent les charges négatives. Cette étape est appelée coagulation-floculation. (Rejsek, 2002). Les particules les plus fines « colloïdes » rendent l'eau « trouble », c'est ce que l'on appelle la turbidité (Rodier, 2009).

3-5. Les matières en suspension:

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10µm, dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle. (Rejsek, 2002).

4. Qualité des eaux destinées à la consommation humaine:

L'eau douce est un élément plutôt rare à la surface terrestre puisqu'elle ne présente que 3% du volume total de l'hydrosphère. (Rejsek, 2002). Les eaux destinées à la consommation humaine ont une double origine:

- Eaux souterraines pour 60% du volume produit. Elles proviennent de nappes souterraines plus ou moins profondes et sont captées par forage ou par des puits; (Rejsek, 2002).
- Eaux de surface ou superficielles pour 40% du volume produit. Ces eaux qui se trouvent à la surface terrestre peuvent être des eaux courantes (rivières ou fleuves) ou des eaux stagnantes (lacs et retenues naturels ou artificiels). (Rejsek, 2002).

*ce tableau représente La différence entre les eaux de surface et les eaux souterraines :

Tableau 1. La différence entre les eaux de surface et les eaux souterraines

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	variable suivant saisons	relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	liée surtout aux matières en solution (acides humiques par exemple)
Minéralisation globale	variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	généralement présents
CO ₂ agressif	généralement absent	souvent présent en grande quantité
O ₂ dissous	le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	absent la plupart du temps
H ₂ S	généralement absent	souvent présent
NH ₄	présent seulement dans les eaux polluées	présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	peu abondants en général	teneur parfois élevée
Silice	teneur en général modérée	teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et Organiques	présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	ferrobactéries fréquentes
Solvants chlorés	rarement présents	souvent présents
Caractère eutrophe	fréquent Accentué par les températures élevées	non

Source (Dégrément, 1998)

En moyenne, le corps humain contient : 65 à 70% d'eau et l'homme pour survivre doit compenser les pertes physiques en eau. Il doit consommer chaque jour: Eau de boisson: de 1000 à 1500g, Eau des aliments: de 800 à 1000g. (Rejsek, 2002).

L'apport le plus important provient donc de l'eau de boisson. Cette eau n'est pas constituée uniquement par les molécules d'eau mais contient des substances de différentes natures. L'eau peut apporter à l'organisme toutes sortes d'éléments: **utiles** comme les sels

de calcium et de magnésium indispensable à l'ossification du squelette, **néfaste** comme les nitrates qui une fois absorbé peuvent se transformer en nitrites forment avec l'hémoglobine, un composé stable, la méthémoglobine qui ne peut plus assurer son rôle d'oxygénation des cellules, **dangereux** comme les germes pathogènes qui sont à l'origine des maladies infectieuses véhiculées par l'eau (Rejsek, 2002).

Cette relation entre l'eau de consommation et la santé publique, a causé en France entre 1845-1855 de choléra, où on a signalée 143000 morts. La première réglementation concernant les eaux de consommation humaine voyait le jour avec l'analyse de 06 paramètres physico-chimiques. . (Rejsek, 2002). L'organisation mondiale de la santé (OMS) considérait, en 1995, que près de la moitié de la population mondiale souffrait de maladies associées à un déficit en eau ou à de l'eau contaminée (Rejsek, 2002).

5. La réglementation internationale des eaux destinées à la consommation humaine:

5-1. La recommandation d'OMS:

L'OMS, depuis des nombreuses années à, évaluer les informations concernant les aspects sanitaires liés à la qualité des eaux destinées à la consommation humaines. Les valeurs des différents paramètres de qualité d'eau se sont des recommandations sous formes de valeurs guides, qui correspondant a la concentration à la quelle l'eau ne présente pas de risque pour la santé de consommateur et conserve ses qualités organoleptiques.

5-2. Les directives européennes:

En France, faisant partie de communauté européenne, doit s'adapter aux textes réglementaires, les directives européennes. Les différents pays de E.U, doivent être respectant les valeurs des ces normes de qualité d'eau. Ces directives ont pour but d'harmoniser les pratiques dans les différent pays de la communauté Européenne. Elle fixe des normes de qualité pour l'eau potable et regroupe 62 paramètres de qualité classés en 6 catégories: Paramètres organoleptiques, Paramètres physico-chimiques, Paramètres indésirables, Paramètres toxiques, Paramètres pesticides, Paramètres microbiologiques. (Rejsek, 2002).

Ces paramètres résumés dans des tableaux de l'annexe1.

5-3. les directives algériennes:

En Algérie, l'eau est plus en plus rare, et les ressources en eau déjà réduites, soit efficacement protégées contre toute nuisance (Achour, 2001). Au plan de la qualité sur la globalité des eaux inventoriées par les études 44% de bonne qualité, 44% de qualité satisfaisante et 12 % de qualité médiocre (Banque mondiale, FAO, AFD, 2003).

6. Les caractéristiques générales des eaux:

La connaissance des caractéristiques physico-chimiques des eaux est primordiale pour définir les possibilités d'exploitation d'une eau tant pour la potabilité que pour l'irrigation et l'industrie (Amor Abda, 2009). A partir des différentes informations, notamment médicales et toxicologiques, une relation entre les valeurs d'un paramètre et les effets sur la santé peut

être élaborée. Les paramètres qui limitent la qualité sont classés en sept grandes catégories (Beauchamp, 2004).

6-1. Les paramètres physico-chimiques

Le pH (potentiel hydrogène) d'une eau représente son acidité ou son alcalinité ; à pH 7 une eau est dite neutre, à un pH inférieur à 7 une eau dite acide et à un pH supérieur à 7, elle est dite basique (Rodier, 2009). Le pH permet une croissance et un développement de la faune et la flore aquatique (Merzoug, 2009) , il conditionne l'équilibre physico-chimique de l'eau et dépend de multiples facteurs, tels que l'origine de l'eau et les apports des rejets des agglomérations, des industries et de l'agriculture (Khelif, 2010). Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés (Chocat et al, 1997). L'OMS préconise pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH compris entre 6,5 et 8,5 (Samake, 2002).

L'acidité de l'eau à des pH inférieurs à 7 elle, correspond à la présence d'anhydride carbonique libre, d'acides minéraux et des sels d'acides forts et très faibles. On exprime soit en normalité en meq/l soit en mg/l de $CaCO_3$ (Marcoen, 1983). Peuvent provoquer une corrosion des tuyauteries métalliques, la corrosion augmente avec la diminution du pH (Beauchamp, 2004), dans le réseau, le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité de l'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous. (Celierier et Faby, 2002). Une eau chargée en CO_2 (avec pH bas) a des conséquences importantes : dissolution des ciments, attaque des métaux ferreux (corrosion) ou attaque de métaux toxiques tels que le plomb (Celierier et Faby, 2002), des concentrations élevées en plomb par exemple peuvent résulter de la corrosion de canalisations par une eau exagérément acide (Beauchamp, 2004).

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}), d'ions hydroxydes (OH^-), et d'une façon plus limitée, aux ions silicates ($HSiO_3^{2-}$), phosphates (PO_4^{3-}) (Rodier, 2009 et Rejsek, 2002). Il est étroitement liée à la dureté, dans les eaux naturelles, l'alcalinité exprimée en HCO_3^- varie de 10 à 350 mg/l (Savary, 2001). Dans l'eau destinée à la consommation humaine une valeur limite de 0,2 mg/L a été préconisée par Rodier (2009).L'alcalinité, mesurée par le TAC est un paramètre très important pour l'eau distribuée dans les canalisations (Rejsek, 2002). Elle est augmentée par des apports d'origine urbaine (phosphate, ammoniacque, matière organiques) ou industrielle (produits basiques ou acides) (Savary, 2001). Ce paramètre est fixé pour que l'eau adoucie convienne à la consommation humaine (Beauchamp, 2004). L'alcalinité, ne doit pas être prise en compte de manière séparée mais dans un ensemble de paramètres tels que la minéralisation, le pH , la température et la dureté de l'eau. Cet ensemble de paramètres permet de définir le caractère de l'eau par rapport à l'équilibre calco-carbonique (Rejsek, 2002). Alcalinité peut contribuer à l'eutrophisation des eaux de surface non renouvelées. (Rodier, 2009).

La température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (Ramade, 1993). Elle

conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatique (Angelier, 2003). Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. Pour l'eau potable la température maximale acceptable est de 15 °C et dans les eaux naturelles est en dessus de 15°C (Rodier, 1996 ; Edeline, 1992). La température est un facteur important dans la dissolution de Plombe, sa solubilité augmente de l'ordre de 2 fois entre 12°C et 25°C (Celier et Faby, 2002). La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. L'OMS ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une température élevée (supérieure à 20 °C) favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs (Rodier, 2009).

Les eaux souterraines sont à température relativement constante toute l'année, 12°C à 15°C lorsque leur environnement n'est pas modifié, la température des eaux superficielles (rivières, lacs et retenues) est très variable selon les saisons et peut passer de 2°C en hiver à 30°C en été (Savary, 2001). La température des eaux peut varier de plusieurs degrés pendant le transit en réseau à titre d'exemple, on observe un écart maximale de 4°C entre les points extrêmes du réseau en région Parisienne (Celier et Faby, 2002).

La diminution de la température entraine les effets suivants : Diminution de l'efficacité des traitements de la désinfection, Augmentation de la viscosité de l'eau, Diminution des vitesses de sédimentation et de filtration. (Savary, 2001). Alors que l'augmentation de la température à diverses conséquences : Croissance bactérienne favorisée induisant des problèmes de saveur, de couleur de corrosion voire d'hygiène, Diminution du pH optimal pour la coagulation, Augmentation de la vitesse de formation des trihalomethanes avec une eau traitée au chlore, Augmentation de la corrosion dans les stations de traitement, Augmentation des odeurs dues aux composés volatils. (Savary, 2001). Et au niveau des sites près du déversement des eaux usées peut favoriser des micro-organismes, la perte accentuée du goût, de l'odeur et de la couleur (OMS, 2004)

La propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique est appelée **conductivité**. Elle est due à la présence, dans le milieu, d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique (Rejsek, 2002), elle permet d'avoir une idée de la salinité de l'eau (Beauchamp, 2004).

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (Rejsek, 2002).en générale, la diminution de la conductivité électrique pendant les périodes pluviales peut être attribuée au phénomène de dilution. Par contre ce paramètre croit progressivement avec l'évaporation de l'eau (période estivale) (Merzouk, 2009). La conductivité électrique d'une eau est généralement mesurée par un appareil multi paramètre et elle s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$) (Rodier, 2009).

Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. (Beauchamp, 2004) et traduit aussi une quantité des sels solubles et ionisables très importante (Benamar et al, 2002). L'eau d'alimentation se caractérise par les valeurs suivantes: nombre guide = 400 micro siemens/cm.

Les chlorures très réponsus dans la nature, généralement sous forme de sels sodium (Na Cl), de potassium (K Cl) et de calcium (CaCl₂) les ions chlorurent (Cl⁻) (Savary, 2001 et Sayad, 2008).

L'ion chlorure est présent dans toutes les eaux à des concentrations variables (Savary, 2001) le nombre guide est de 25 mg/l, la concentration à risque est de 200 mg/l (Beauchamp, 2004). Les chlorures ne sont pas toxiques pour l'homme, à des fortes concentrations (1000 mg/l) (Savary, 2001) mais peuvent poser des problèmes aux personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales. La présence de chlorures dans les eaux est due à la nature des terrains traversés. Elle peut être aussi un signe de pollution (rejet industriel ou rejet d'eaux usées) (Beauchamp, 2004; Savary, 2001), à l'exploitation des puits de pétrole, des mines de potasse, aux drainages d'irrigation et à la pollution par lixiviation des décharges (Savary, 2001).

La variabilité des teneurs en chlorures des eaux naturelles sont provoquées dans les zones arides par le lessivage superficiel en cas de fortes pluies, ou dans les zones urbaines et industrielles par des pollutions liées aux eaux usées (mines de potasse, industrie chimique,...). Les gros inconvénients des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau Surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier, 2009). La teneur en chlorures exprimée en milligrammes de Na Cl par litre d'eau (Rodier, 2009).

La réglementation Française et les normes Américaines suggèrent que la teneur en chlorure des eaux ne dépasse pas 250 mg/l (Rodier, 1996). La teneur élevée de chlorures accélèrent les phénomènes de corrosion (canalisation de distribution) (Savary, 2001).

La concentration en ion **sulfate** des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, l'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/L, dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. (Rodier, 2009). Les ions sulfates (SO⁻²₄) sont liés aux cations majeurs, calcium, magnésium et sodium. (Savary, 2001). La présence de sulfates est liée à la nature des terrains traversés (Beauchamp, 2004) et elle résulte aussi de la solubilité des sulfates de calcium des roches gypseuses et de L'oxydation des sulfures réponsus dans les roches (les pyrites par exemple) (Marcoen, 1983). Nombreuse sont les industries qui déversent dans le milieu naturel des effluents chargés en sulfates dans l'eau : tanneries, papetières et textile (Savary, 2001). Les valeurs élevées de ce paramètre peuvent être observées dans les cours d'eau pollués, au niveau des zones de rejets industriels et les rejets des eaux usées déversées directement dans les oueds, (usines de pates à papiers, usines de textiles,...) (Derwiche et al, 2010 ; Abdelbaki, 2010).

La dureté (Ca⁺² et Mg⁺²) d'une eau est appréciée au moyen de deux paramètres, le titre alcalimétrique complet (TAC) et le titre hydrotimétrique (TH) .Ce dernier fournit la concentration globale en calcium et en magnésium exprimée en méq/ L ou en °f. Lorsque ces titres sont faibles (de l'ordre de 5 °f) l'eau est qualifiée douce, au-dessus de 25-30 °f elle est considérée comme dure .La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) est la des cations alcalino-terreux présents dans une eau. De telles eaux donnent par élévation de la température un précipité de carbonate de calcium (tartre). Par ailleurs calcium et magnésium se combinent avec les savons et les détergents en neutralisant leurs effets. C'est la raison pour laquelle les eaux dures ne sont pas appréciées pour les usages domestiques et certains usages industriels. (Rodier, 2009).

Elle correspond à la présence de sels de calcium et dans une moindre mesure de sels de magnésium, elle varie entre 10 mg/l et 500 mg/l (Beauchamp, 2004). Elle est directement liée à la nature géologique des terrains traversés (Savary, 2001; Beaudry et Henry, 1984).

Le magnésium (mg) est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre. Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle (chimie de la potasse, alliages, pyrotechnie, batteries sèches, réducteur chimique, etc.) font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à, quelquefois, plusieurs centaines de milligrammes par litre (Rodier, 2009). Est un élément significatif de la dureté (Beaudry et Henry, 1984) et l'un des constituants de nombreux minéraux et roches, en particulier la dolomie (carbonate double de calcium et de magnésium). Il provient également de la dissolution d'autres roches (basalte, magnésites, argiles, etc.) (Ramade, 2002). La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée (Rodier, 2009).

Le calcium est un métal alcalino terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau (Rodier, 2009). Ces teneurs dans les biotopes terrestres présentent une importance écologique majeure (Ramade, 2002). Il est le constituant cationique le plus dominant des eaux superficielles, il est présente généralement sous forme de bicarbonates $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ solubles (Merzoug, 2009 ; Bremond et Vuichard, 1973).

Selon l'origine de l'eau. La dureté peut être essentiellement calcique ou magnésienne, voire les deux à la fois. Selon Rejsek (2002), on peut déterminer le caractère de dureté de l'eau par les valeurs suivantes : de 0 à 10 F : eau très douce, entre 10 à 20 F : eau moyennement douce, entre 20 à 30 °F : eau dure, et supérieur à 30 °F : eau très dure.

Une eau dure a des nombreux inconvénients en ce qui concerne les usages domestiques: Elle augmente la consommation de savons qui forment des sels de calcium insolubles non actif, Augmente le temps de cuisson des légumes (Rejsek, 2002), La dureté dessous de 10 °F, risque de détruire les canalisations.(Savary, 2001).

Sodium et potassium (Na et K); les 6^{ième} et 7^{ième} éléments les plus abondants à l'état naturel, sont en proportions très variable. Ils jouent un rôle important en agriculture, pour l'irrigation, du fait de leurs actions sur la perméabilité des sols.(marcoen, 1983; tardat, 1984).

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/L et même au-delà. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium (Rodier, 2009).qui entre dans la composition du sel de cuisine (Na Cl) est souvent consommé de façon excessive, du fait du goût actuel pour les produits salés, une consommation excessive de Na^+ favorise l'apparition d'hypertension artérielle bien que le Na ait un rôle dans le maintien de l'équilibre acido-basique (Laroux, 1991). **Le potassium (K)** beaucoup moins abondant que le sodium et rarement présent dans l'eau. A des teneurs supérieures à 20 mg/L, il ne représente aucun inconvénient particulier bien que le potassium soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau

(Marcoen, 1983 ; Tardat, 1984). Le sodium, sous forme de chlorure de sodium, a une grande importance alimentaire et industrielle. Il peut être soit d'origine maris il est alors obtenu par l'évaporation progressive des marais salants etc. (Rodier, 2009). L'apport est généralement suffisant dans notre alimentation, car les légumes et les fruits en sont riches. (Loroux, 1991). La teneur en potassium importante, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/L. il provient de Certains rejets industriels, en particulier de mines, de potasse et d'usines d'engrais, (Rodier, 2009). **Aluminium (Al)** ne présente pas de caractère toxique significatif pour les populations en général. Toutefois, l'OMS recommande une teneur limite de 0,2 mg/l car dès 1972, diverse études ont montré que l'exposition chronique à une eau chargée en aluminium pouvait provoques des atteintes neurologiques (Rodier, 1996).

L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique en oxydant des composés minéraux (Fe^{2+} , NH^{4+} , NO_2^- ...) ou organiques, soit par des phénomènes biochimiques (consommation de l'oxygène par les microorganismes pour assurer la dégradation des constituants de l'eau) (Rodier, 2009). L'oxygène est l'un des gaz que l'on retrouve à l'état dissous dans les eaux de surface naturelles. Il est moyennement soluble dans l'eau. La quantité d'oxygène dissous dans les eaux naturelles varie en fonction de la température, la salinité et de la turbulence des eaux. La concentration d'oxygène dissoute est soumise à des variations saisonnières (Chocat et all, 1997). De l'état de saturation à l'oxygène dissous peut considérablement diminuer en cours de distribution avec des réactions d'oxydation ou une prolifération bactérienne. Toute baisse de la teneur en oxygène dissous détectée sur le réseau peut alors être interprétée comme un signe de croissance biologique.(celerier et faby , 2002). La teneur en oxygène dissous, exprimée soit en mg d' O_2 /l ou bien en taux de saturation (%). (Rodier, 2009).

6-2. les paramètres organoleptiques

Ces paramètres sont importants pour le plaisir du consommateur, mais dans certains cas entre en relation avec la qualité hygiénique du produit (Rejsek, 2002).

La couleur d'une eau est due à l'absorption sélective de certaines bandes de la lumière blanche par des substances dissoutes, l'exprime-t-on en mg/L de Pt. Les eaux de surface les plus colorées sont riches en substances humiques, la couleur peut alors dépasser 50-60 mg/L de Pt. Mais des hydroxydes de fer peuvent être, également, responsables de la couleur observée dans les eaux souterraines. Toute eau alimentaire doit être limpide et incolore (couleur inférieure à 5 mg/L de Pt). (Rodier, 2009). Leur couleur varie selon la nature et la concentration des matières colorantes aussi du pH et de la turbidité (Tardât et al, 1984). La couleur des eaux de surface ou des eaux souterraines est due généralement à des substances colorées d'origines variées : substances humiques provenant de la décomposition de la matière végétale ; algue qui donne une coloration en fonction de leur pigment substance minérales : le fer et le manganèse, dont les formes précipitées sont colorées, rejets industriels, par exemple teinturerie. La norme française concernant les eaux de consommation est 15 unités, alors que la directive européenne indique une valeur de 20 unités (Rejsek, 2002). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV (Monique, 1991)

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes c'est à dire la présence de matière en suspension (MES) : argiles, limons, grains de silice, matières organiques ou minérales, les matières colloïdales, les microorganismes et de plancton, etc. (Rodier, 2000; Rejsek, 2002), qui donne un aspect trouble à l'eau. Les risques sanitaires ne sont pas liés directement à la présence de MES mais aux bactéries, parasites et surtout virus (Savary, 2001). Dans les eaux profondes, la turbidité empêche la propagation de la lumière dont la diminution d'intensité a pour conséquence de limiter et même d'éliminer la végétation. La plupart des eaux superficielles ont une turbidité importante et leur consommation directe est impossible. On obtient sur les eaux de surface des valeurs qui oscillent généralement entre 10 et 50 FTU, mais après de fortes précipitations on peut dépasser 100, voire 200 FTU. (Rodier, 2009). Dans certains cas particuliers, des turbidités occasionnelles peuvent avoir pour origine des anomalies dans le traitement, la corrosion des canalisations ou des entraînements de dépôts sur les parois. La turbidité exprimée en trois unités suivantes est considérées comme comparables : unité JTU (*Jackson Turbidity Unit*), unité FTU (*Formazine Turbidity Unit*), unité NTU ou NFU (*Nephelometric Turbidity Unit* ou *Nephelometric*) (Rodier, 2009 ; Savary, 2001). Les particules très fines, en suspension colloïdale, diffractent la lumière. (Potelon et Zysman , 1998). En Algérie, les turbidités sont très variables selon la nature de l'eau de surface et les saisons. Aussi les eaux du barrage sont moins turbides que les cours d'eau à cause de sédimentation naturelle de MES (Lazergui et Boughedaoui, 1987).

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche. L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition (Rodier, 2009). Une eau potable de bonne qualité doit avoir une saveur faible et agréable, l'absence de goût est due à une concentration en sels tels que chlorure de calcium, l'Hydreno-carbonate de sodium, proche de celle de la salive (Rejsek, 2002). Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore (Rodier, 2009). Une saveur désagréable résulte de la présence de molécules indésirables; certains produits du métabolisme des algues et actinomycètes sont susceptible de donner un goût terreux, et certain matières plastiques comme le polyéthylène de faible densité utilisées pour les canalisations sont susceptibles de contenir des substances développant des goûts (Rejsek, 2002).

6-3-les paramètres indésirables

certaines substances qui peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur: goût (matière organique , phénols , fer ,...) odeur (matières organique , phénols,...) couleur (fer, manganèse...) soit des effets néfastes pour la santé (nitrate , fluor). (Beauchamp, 2004).

Les matières organiques présentent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans

le réseau. (Celerier et Faby, 2002). Pour évaluer la teneur en matières organiques d'une eau on dispose d'indices (demande chimique en oxygène, par exemple), exprimé en mg/L O₂. Les eaux de surface ont des oxydabilités qui oscillent, le plus souvent, entre 3 et 8 mg/L O₂. Au-delà de 10 mg/L O₂, les eaux présentent des difficultés. C'est naturellement dans les eaux de surface que l'on observe les valeurs les plus élevées (Rodier, 2009). En dehors des pollutions résultant des activités humaines, les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des micro-organismes (Rodier, 1996). Le nombre guide est de 2mg/l d'oxygène, la concentration maximale est de 5mg/l d'oxygène. (Beauchamp, .2004).

Les concentrations en **azote ammoniacal** dans les eaux naturelles sont très variables .il y'a deux formes de l'ammoniaque : formes ionisées (NH₄⁺) et non ionisées (NH₃). L'ammoniac (NH₃) est un gaz soluble dans l'eau mais selon le pH. Les ions ammonium des eaux superficielles résultent de la décomposition des déchets végétaux et animaux (Rodier, 2009). La réglementation Française impose une valeur de 0,5mg de NH₄⁺/l avec un niveau guide européen de 0,05 mg/l. (Rejsek, 2002). Une eau pauvre en ammoniaque et riche en nitrates indique donc qu'elle a subi une filtration et une épuration efficace dans le sol. (Dégrément, 1989). Si la concentration de NH₄⁺ supérieur à 0,05mg/l, il y'a une pollution d'origine industrielle ou humaine (Beauchamp, 2004). L'azote ammoniacal est également un paramètre à considérer pour évaluer la pollution organique d'une eau (Rodier, 2009).

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates.

Leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité. (Rejsek, 2002). Et leur présence dans les eaux est un signe de pollution organique. (Rodier ; 2009 et Beauchamp ,2004). Le nombre guide : 0mg/l ; la concentration

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote (Rejsek, 2002), ils sont très soluble (Rodier, 2009). Ils se trouvent naturellement dans les eaux de surface et dans les eaux souterraines. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3mg/l dans les eaux superficielles et quelques mg/l dans les eaux souterraines (Rejsek, 2002). L'augmentation des teneurs en nitrates dans l'eau douce est d'une grande importance étant donné leurs rôles dans les écosystèmes aquatiques (Moffat, 1998) et les risques sanitaires qui leur sont liés (Sadani, 2005). Les nitrates ont plusieurs origines : agricole (par l'utilisation massive d'engrais azotés), urbaine (les rejets des eaux épurées des stations d'épuration) et industrielle (les rejets des industries minérales (exemple : fabrication des engrais azotés). (Rodier, 2009; Rejsek, 2004). Le nombre guide est de 25mg/l, concentration maximale est 50 mg/l. En estime que la teneur de nitrate dans l'eau entre 50 et 100 mg/l peut être tolérée, sauf pour les femmes enceintes et les nourrissons (à des fortes doses, ils peuvent perturber l'oxygénation du sang c'est "la maladie bleue ")

(Beauchamp, 2004). Le nitrate peut atteindre et parfois dépasser 50 mg/L dans les eaux de surface en hiver au moment des lessivages des sols. (Rodier, 2009).

Très répandu, **le fer** se classe au 4eme rang des éléments de la croûte terrestre (Rodier, 2009; Rejsek, 2004). On trouve le Fer sous forme ferreuse (F_e^{+2}) ou ferrique (F_e^{+3}) exister à l'état colloïdal, sous forme d'hydroxyde ou de complexe organique ou minéraux (Savary, 2001). Il est largement utilisé dans la métallurgie et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées. (Rodier, 2009). 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 ; dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des conduites (Rodier, 2009; Savary, 2001). Les effets toxiques liés à la quantité de fer alimentaire ingérée peuvent apparaître au-delà de 20 mg/kg de poids corporel. La dose létale chez l'homme est estimée à 250 mg/kg. L'OMS recommande une valeur guide de 0,3 mg/L. Les directives du Conseil des communautés européennes indique un niveau guide de 0,2 mg/L. La réglementation française retient cette même valeur de 0,2 mg/L comme référence de qualité (Rodier, 2009). À des concentrations de l'ordre de 300 µg/l, le fer donne mauvais goût à l'eau (Beauchamp, 2004).

Dans l'eau, **les matières en suspension (MES)** sont visibles à l'œil nu (dimension supérieure à 10 µm), déterminent la turbidité, elles se composent d'argiles, de limons, de sables, de boues diverses, de particules colloïdales organiques, de plancton, de micro organismes, etc... . La teneur en MES sont très variables selon: la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc (Savary, 2001), exprimée en unité NFU (*Nephelometric Formazine Unit*) ou en unité NTU (*Nephelometric Turbidite Unit*). On obtient sur les eaux de surface des valeurs qui oscillent généralement entre 10 et 50, mais après de fortes précipitations on peut dépasser 100, voire 200. (Rodier, 2009).

Le phosphore existe sous forme minérales ou organique. Les ions phosphates (PO_4^{-3}) contenus dans les eaux de surface ou en nappe sont d'origine naturelle (Savary, 2001). Une partie importante du phosphore contenue dans les eaux provient des rejets urbains. Assimilé par les algues, les phosphates se transforment en phosphore organique sous l'influence de la photosynthèse. Au-delà de 20 µg/L en P dans les eaux naturelles, cet élément est considéré comme un facteur déterminant de l'eutrophisation des plans d'eau (Rodier, 2009). Mais actuellement, leur présence dans l'eau est due aux rejets : domestiques, agricoles (engrais, pesticides) et industriels (Savary, 2001; Rodier, 1996). Le phosphore est toléré jusqu'à 5mg/l (OMS, 2004).

L'aluminium vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium. Il ne présente pas de caractère toxique significatif pour les populations en générale. L'OMS recommande comme valeur limite 0,2 mg/L. il n'est que très faiblement absorbé par l'intestin; la majeure partie est éliminée dans les fèces sous forme de phosphates insolubles. Il a été montré que le risque de maladie d'Alzheimer est une fois et demie plus élevé dans les districts de Grande-Bretagne où la concentration moyenne d'aluminium dans l'eau de boisson excède 0,1 mg/L que dans les districts où cette concentration est inférieure à 0,01 mg/L. (Rodier, 2009)

6-4. paramètres toxiques

Dans les eaux de surface, les teneurs en éléments métalliques est un signent le plus souvent des contaminations d'origine anthropique. Beaucoup d'autres métaux peuvent être présents à l'état de traces (de l'ordre du $\mu\text{g/L}$ à quelques dizaines de $\mu\text{g/L}$) dans les eaux naturelles : cuivre, zinc, nickel, chrome, cobalt, cadmium, mercure, mais aussi fluor, arsenic et sélénium ... etc. (Rodier, 2009).

Une pollution industrielle ou une dégradation des réseaux de distribution c'est la présence d'éléments toxiques dans l'eau, dangereux pour la santé en cas de consommation régulière .il sont les métaux lourds (plomb, Nickel, mercure, chrome,..) (Beauchamp, 2004).

Dans la nature (minerais, sols), **le cadmium** est généralement associé au zinc. Les eaux ne contiennent que quelques microgrammes de cadmium par litre. Dans les eaux superficielles l'origine le cadmium c'est les effluents industriels, des fumées industrielles, dissolution à partir de certaines canalisations galvanisées ou en matière plastique. Sa toxicité relativement élevée avec effet cumulatif s'accompagne de troubles rénaux, d'altérations osseuses et d'hypertension artérielle (Rodier, 2009). Il est classé parmi les substances toxiques, il est accumulé dans les organismes vivants au niveau du foie et des reins (Beauchamp, 2004).

En dehors des zones de gisements plombifères, **le plomb** est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre à des teneurs de l'ordre de 13 mg/kg. La majorité du plomb véhiculé par les eaux de surface se retrouve dans les sédiments. Les activités humaines (emploi de plomb tétraéthyl dans les carburants comme antidétonant remplacé aujourd'hui par d'autres additifs organiques, fusion des minerais, utilisation de combustibles fossiles) entraînant la formation d'aérosols plombifères constituent, actuellement, la principale source de plomb dans l'hydrosphère. (Rodier, 2009). La teneur en Pb est limitée à 50 $\mu\text{g/l}$ (Beauchamp, 2004). Il y'a une possibilité d'intoxication par cet élément (OMS et Beauchamp, 2004). La qualité de Pb dissoudre dans l'eau dépend de sa composition chimique et de son degré d'aération (OMS, 2004).

La présence de **l'arsenic** dans l'environnement est relievé à un certain nombre de pollutions : rejets d'eaux résiduelles industrielles, traitement de minerais arsenicaux (cuivre...), combustion du charbon ou de déchets, dépôts de résidus industriels, utilisation d'engrais phosphatés, d'herbicides, d'insecticides et de détergents. Dans certains cas, des teneurs de quelques microgrammes par litre sont retrouvées dans les eaux de surface. L'intoxication, des troubles gastro-intestinaux, des troubles hépatiques et rénaux et des manifestations cardiovasculaires d'hypertension peuvent être causés par cet élément (Rodier, 2009).

Le chrome est présent en petites quantités dans la nature. Il est plus important dans les roches de type basique et de type siliceux. Il peut provoquer une intoxication chronique et des atteintes de l'appareil respiratoire (bronchites, asthme,...)(Rodier, 2009).

Le chrome, le mercure, le plomb, le sélénium ont un caractère toxique marqué et leurs concentrations maximales acceptables dans l'eau potable sont très faible (Potelon et Zysman, 1998 ; Macon, 1983).

6-5. paramètres microbiologiques

Dans l'analyse d'eau, l'analyse biologique, est complémentaire de l'analyse chimique, on distingue deux types de micro-organismes :

- ceux qui sont saprophytes, sans effet sur la santé.
- ceux qui sont pathogènes. (Dégerment, 1989) L'agent pathogène peut être porté par l'homme ou l'animal, en incubation ou en cours de maladie. (Rodier, 2009).

Ces micro-organismes pathogènes sont responsables d'infections hydriques qui provoquent des maladies (Rejsek, 2002) qui sont :

Les virus responsables d'infection hydrique, il y a plus de 130 virus pathogènes (Rejsek, 2002).

Les bactéries se sont des microorganismes unicellulaire, isolés ou coloniaux, (Dégerment, 1989). Leur présence dans l'eau à trois origines différentes : aquatique, terrestre, animale ou humaine (Sayad, 2008). Elles sont responsables de l'infection bactérienne. (Rejsek, 2002), les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (sol, végétation, eaux naturelles), les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes. L'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas un risque pathogène, car les kystes de certains parasites sont plus résistants à la désinfection que les coliformes. un petit nombre de coliformes (1-10/100ml) est présent dans l'eau souterraines non traitées (Savary, 2001).

Les pollutions microbiologiques ne sont pas rares : d'après l'institut française de l'environnement, plus de 17 millions de personnes ont consommé en 1997 une eau polluée par des streptocoques fécaux ou de coliformes (Beauchamp, 2004). Alors l'eau de bonne qualité ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus. (Beauchamp, 2004; Rodier, 2009).

6-6. Pesticide et produits apparentés :

Sous le nom de pesticides on désigne généralement les produits utilisés pour lutter contre les organismes (les parasites, les insectes etc.) ou comme herbicide, la présence de pesticides et des produits apparentés dans l'eau est limitée à des doses infimes (faible ou nul) qui portent atteinte à la santé publique. La réglementation fixe la teneur 0,1µg/l de pesticide par substance individuelle et à 0,5 µg/l le total des substances mesurées, (Beauchamp, 2004; Rodier, 2009). Ils s'attaquent, à tous les stades et de toutes les manières, aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore tout simplement à la préservation de l'environnement. Les estimations actuelles font apparaître qu'environ 40 % des récoltes mondiales sont détruites par les parasites. (Rodier, 2009). À forte dose, la toxicité sur l'homme et les animaux, le plus souvent sont cancers. (Beauchamp, 2004).

7. La pollution des eaux :

Le problème de la pollution des eaux représente, sans aucun doute, un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel. L'ensemble des phénomènes de la pollution constituent une menace potentielle susceptible d'entraver l'activité humaine (Ramade, 2000). Une eau est polluée lorsque, sous l'effet de l'activité humaine, elle

devient impropre à satisfaire la demande d'utilisation ou qu'elle présente un danger pour l'environnement (Gastony, 1985).

7-1. Définition de pollution : Selon Ramade, (2000) La définition la plus générale du terme de pollution «est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît , en totalité ou en partie, comme un sous produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiation , de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes, Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques ».

7-2. La pollution des eaux en Algérie

Pollution d'origine industrielle, est provoquée par les rejets industriels, (Gastony, 1985). L'industrie algérienne a connu un développement remarquable tant dans sa diversité que dans sa capacité, mais il faut noter que le processus d'industrialisation s'est effectué dans des conditions qui n'ont pas respecté les préoccupations de l'environnement (Gacem et Iddou, 2005). Certaines industries engendrent des pollutions physiques : par exemple les mines rejettent des particules en suspension (Beaux, 1998).

Cette situation a eu des effets préjudiciables sur l'environnement et sur la santé publique; les principaux cas de pollution des ressources en eaux superficielles pendant la période 1985 – 1992 montrent que les effluents industriels contribuent de manière notable à la pollution des cours d'eau et des ouvrages de mobilisation (Gacem, et Iddou, 2005)

La pollution chimique d'origine agricole est causée principalement par l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides, mais ce sont surtout les pratiques culturales modernes qui sont la cause, labours profonds favorisant l'infiltration directe, déficit en humus résultant d'un abus des engrais chimiques (Gastony, 1985).

Une enquête de l'agriculture avait déjà révélé l'existence de 11000 tonnes de produits périmés, une deuxième enquête effectuée en 1987 avait rapporté l'existence d'un stock estimé à 5000 tonnes seulement ; 6000 tonnes avait donc disparu dans la nature en espace de 6 ans. Ce qui constitue une source importante de pollution de l'environnement et notamment des ressources en eau. Une étude réalisée par l'ANRH et l'université de Blida de 1990 à 1993, a révélé des niveaux critiques de pollution par les nitrates (Gacem et Iddou, 2005)

Les déchets radioactifs en Algérie proviennent des industries, des structures hospitalières et de certains laboratoires. En 1991, il a été rapporté les quantités en stock suivantes:

- Déchets solides : 588 sources
- Déchets liquides: 100 litres
- Déchets gazeux : quelques ampoules de Krypton

Les rejets domestiques et urbains sont les rejets d'eau usées domestiques et municipales (lavage des rues, arrosage), les eaux pluviales et les eaux utilisées pour la climatisation, les dépôts d'ordures ménagères apportent leur lot de charge polluante (Gastony, 1985).

Selon Débordes, (2001) **les pollutions chimiques** sont :

Les micropolluants métalliques : La présence des métaux dans les eaux souterraines est due généralement aux activités industrielles par rejet d'effluents et par lessivage de produits stockés sur un sol. Certains de ces métaux toxiques (Cadmium, chrome, mercure...) d'autres éléments indésirables et peuvent présenter des inconvénients au consommateur d'ordre organoleptique goût, saveur, coloration c'est le cas pour le cuivre, le zinc, le fer, le manganèse, l'aluminium.

Les nitrates et autres composés azotés : Toutes les formes d'azote (Azote organique, ammoniacale, nitrites...etc). La présence d'azote ammoniacal dans les eaux souterraines provient des rejets d'effluents domestiques et industriels.

Les autres substances minérales Les chlorures, les sulfates, le fluor (étant des paramètres de la qualité naturelle des eaux) et des éléments toxiques tels que le cyanure et l'arsenic

Les détergents sont des substances utilisées pour les diverses opérations de nettoyage. Un détergent est un produit complexe contenant un ou plusieurs agents de surface et des composés minéraux (carbonates, phosphates, poly phosphates)

Les pesticides sont définis comme des substances destinées à protéger les végétaux contre tout organisme nuisible ou à prévenir leur action et à détruire les végétaux indésirables, Ils comprennent les herbicides, les fongicides, les nématicides, les acaricides, les insecticides (Beaux, 1998).

Dans les polluants microbiologiques, de nombreux microorganismes : virus, bactéries et protozoaires, voire même les champignons et les algues sont présent dans l'eau. La surveillance microbiologique des eaux de distribution concerne les paramètres suivants: Coliformes thermo-tolérants: *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Salmonella*...), Streptocoques fécaux (genres *Enterococcus* et *Streptococcus*).

Chapitre II

Énoncé général de l'étude

Chapitre -II- Enoncé général de l'étude

1. Situation géographique du bassin versant d'oued Cherf

Le barrage de Foug El KHANGA, localisé au Nord Est de l'Algérie dans la wilaya de Souk Ahras, se situe au point exutoire du sous-bassin versant de l'oued cherf, qui couvre une superficie de 1735 Km², et ayant un périmètre de 190 Km, il fait partie du grand bassin versant de Seybouse en constituant le haut Seybouse (fig. 01).

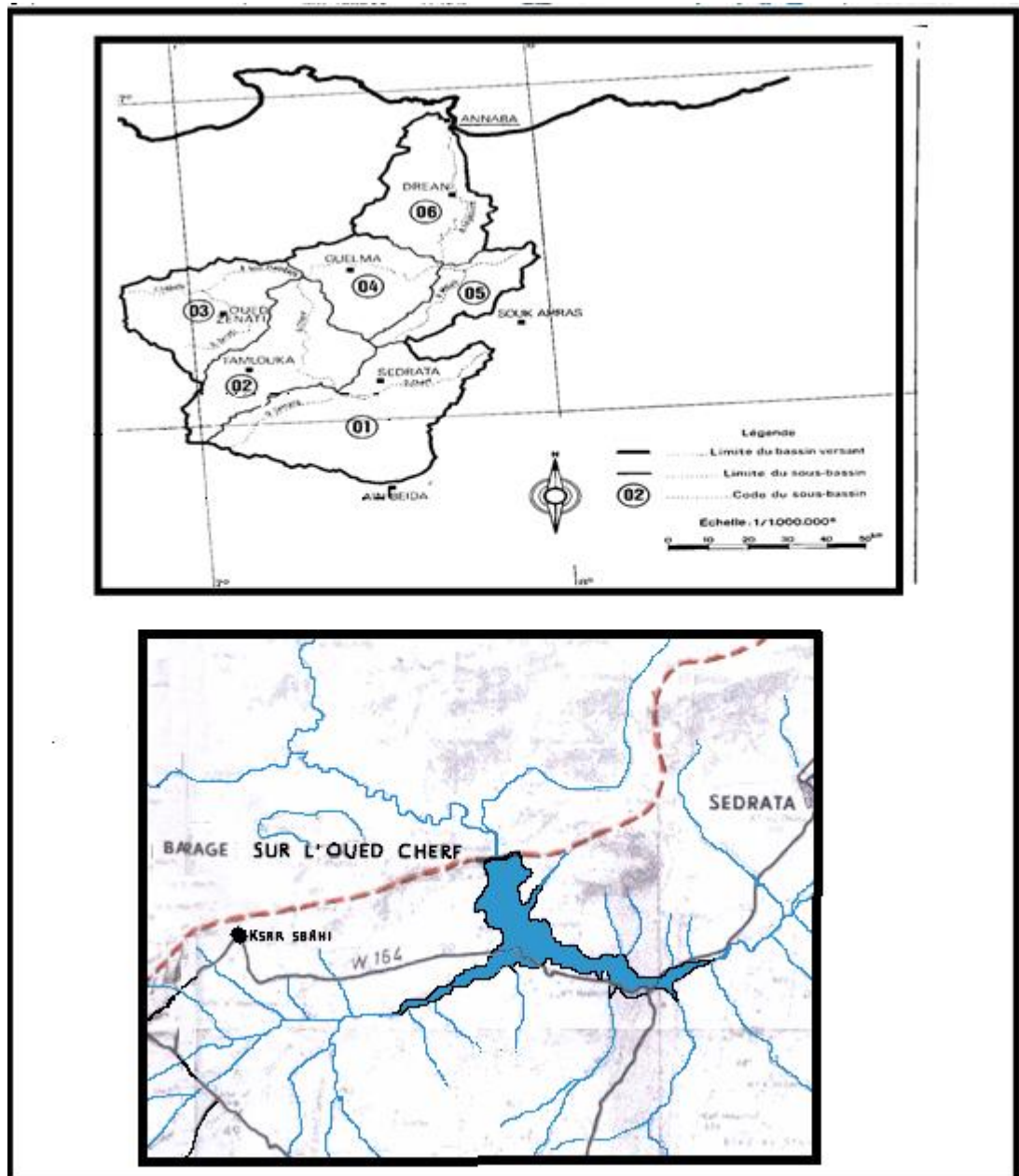


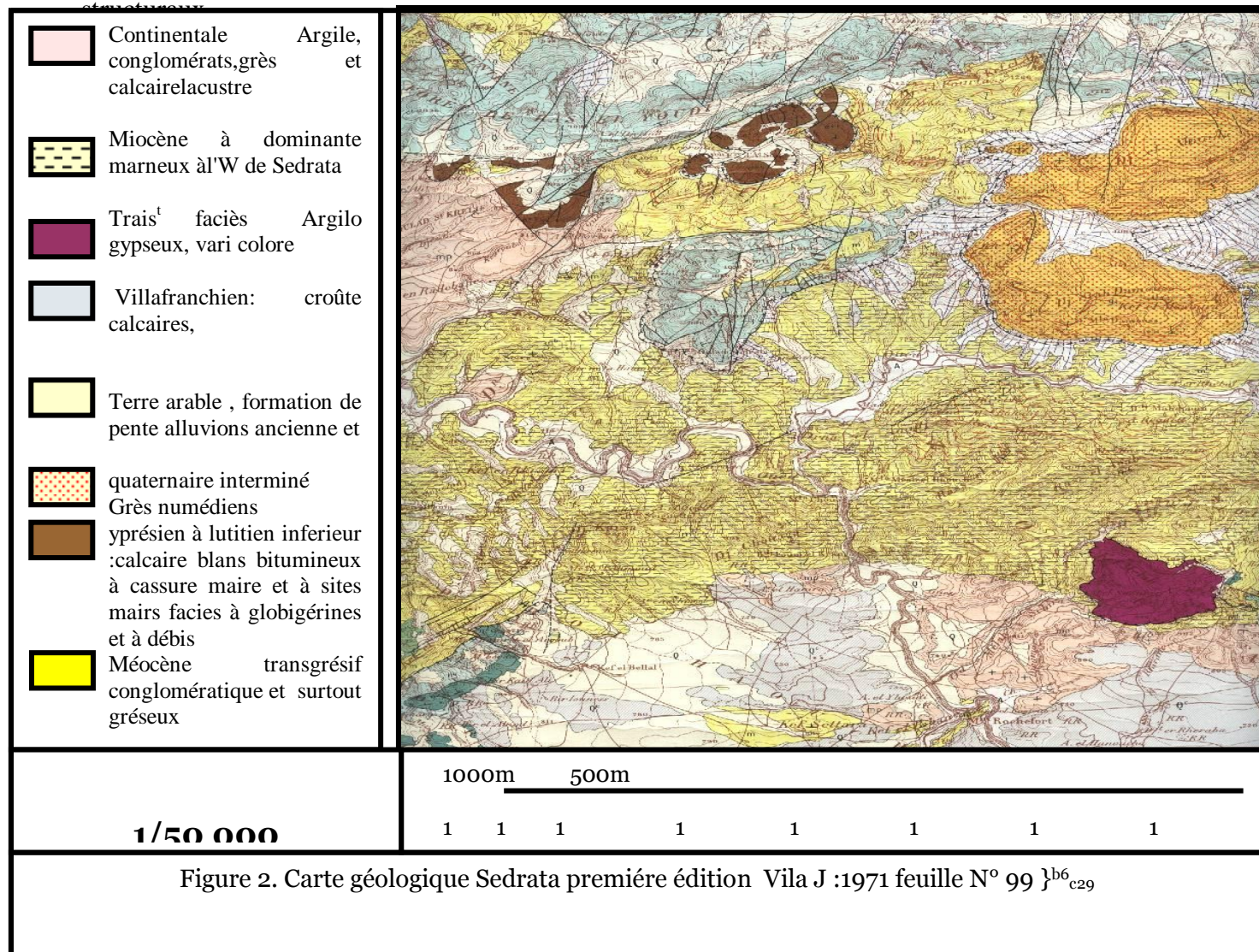
Figure 1. Le Sous-bassin versant d'Oued Cherf fait partie du bassin versant de Seybouse

Le sous-bassin versant d'Oued Cherf est délimité par les lignes de partage des eaux formées par les plus hautes crêtes suivantes.

- Au Nord, les crêtes des djebels de Ras EL ALLA
- Au Sud, les crêtes des djebels de Sid RGHIS, OUM EL GUEMEL, KEF LAHMAR et KHAUNGA.
- A L'Est, les crêtes des djebels TERRAGUELT et AIN ZITOUNA
- A L'Ouest, les crêtes des djebels CHOUAGA et CHEBKET ESSELL AOUA.

2. La géologie du bassin versant d'Oued El Cherf

Selon les anciens travaux géographiques réalisés par plusieurs auteurs notamment Vila, (1973), le bassin versant de l'Oued Cherf est caractérisé par une composition géologique très complexe. Elle constitue un ensemble de contact de deux grands domaines



Domaine néritique Sud constantinois qui se décompose en deux types de nappes à unités allochtones:

- ❖ Unité écaillée à dominance marneuse ou marno-calcaire du Sellaoua, qui se présente en forme de Klippe d'Oued Settara. Bir Bouhouche.
- ❖ Unités mixtes de Djebel Hammimat à faciès écaillés de l'Oued au Nord et de Djebel Hammimat au Sud

Domaine para-autochtone et autochtone Nord aurésien, qui se présente en formation gréseuse généralement surmontée par des calcaires lacustres à petits débris de gastéropodes.

A l'aval du bassin versant et à l'endroit de l'installation du barrage de Foug El Khanga, le miocène est à dominance marneuse ; il s'agit de grès à matrice calcaire très friable et de marnes de sédimentation marine. Les pendages sont dirigés vers le Nord et la topographie met en évidence des blancs durs de grès calcaireux moins vite érodés que les marnes.

A la rive droite et sur le flan de Djebel Zouabi, les formations gréseuses de miocène sont recouvertes par des marnes à gypses, de sel gemme et de dolomie du trias ; ceux-ci se développent sur 15 Km à l'est jusqu'à Sedratta.

A la rive gauche, à environ 04 Km à l'ouest du site on observe sur le versant sud de l'anticlinal de Kef bllel la Klippe de Oued Settara qui est composée de terrains d'âge albien à faciès marneux schisteux de couleur de grive et de bio-micrites à patines grises.

Le vraconien et le Cénomaniens basal à faciès marneux et de bio-micrites en petits blancs délimités au sud par les affleurements de l'Oued Settara, surmontent les formations allochtones de Sellaoua. Plus au sud ces formations chevauchent l'écaillée de Djebel Hammimat et plus au sud on observe également la Klippe de Bir bouhouche composée essentiellement de terrains miocènes, Crétacés et triasique (Athamnia, 2002).

3. Les caractéristiques générales du barrage

3-1. Le bassin versant de L'Oued El Cherf est caractérisé par :

- une superficie du bassin versant : 1735 Km²
- périmètre : 190 Km
- Longueur : 70,9 Km
- Largeur : 24,1 Km
- Altitude maximale : 1635 m
- Altitude moyenne : 960 m
- Altitude minimale : 705 m

3-2. Le barrage est caractérisé par :

- Type digue : en terre
- Hauteur digue : 60,0m

3-3. La retenue d'eau est caractérisée par :

- Cote retenue normale : 745,00 m volume : 157 Hm³
- Cote retenue maximum : 750,00 m volume : 229,85 Hm³
- Volume annuel régularisable : 30 Hm³

3. Caractérisation climatologique du bassin versant de l'Oued El Cherf

La caractérisation de l'influence de la nature lithologique des affleurements des différentes couches sur le chimisme des eaux du barrage de Foug El Khanga sur Oued Cherf, nécessite en premier lieu la reconnaissance climatologique générale de la région en évaluant les différents paramètres hydrologiques surtout le ruissellement qui est considéré comme facteur moteur de tout changement de la composition chimique des eaux de surface et en particulier celles du lac du barrage. Il ne peut suivant son importance, provoquer des problèmes d'intensification de l'érosion de ces formations en question et transporter les débris surtout salifères pour être déposés dans le lac du barrage et en conséquence faire varier d'une façon permanente la qualité chimique des eaux et leur aptitude à l'utilisation (Athamnia, 2002).

3-1. Les précipitations

Les observations pluviométriques étalées sur une période de 10 ans ont permis de connaître d'une façon approximative le régime pluviométrique de la région du barrage.

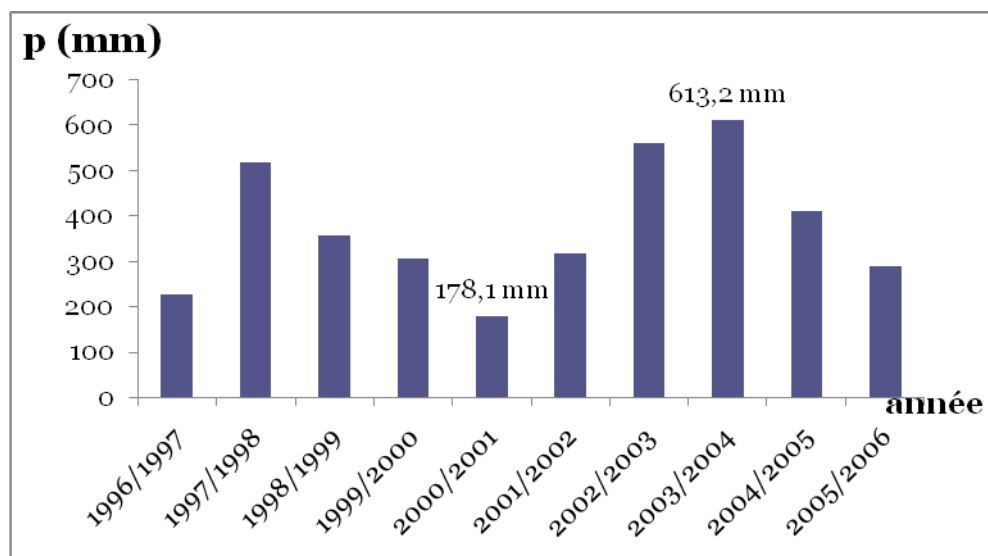


Figure 3. La variabilité pluriannuelle des précipitations pour la période 1996/2006

La figure (3) montre que le régime pluviométrique de la région du barrage se caractérise par une irrégularité très importante d'une année à l'autre avec une différence très marquée entre l'année la plus pluvieuse et la plus sèche; cet écart est de 435,1 mm entre la campagne 2003/2004 (613,20 mm la saison la plus pluvieuse) et l'année 2000/2001 (178,10 mm la saison la plus sèche), on note également que sur 10 ans il y a seulement 04 ans présentant des quantités supérieures à 400 mm, 04 ans présentant des quantités supérieures à 250 mm et deux années présentent des quantités inférieures à 250 mm.

D'une façon générale, on peut dire que durant 2001/2002 jusqu'à 2005/2006, la précipitation a connu une augmentation marquée (plus de 400 mm) avec une moyenne de 438,26 mm.

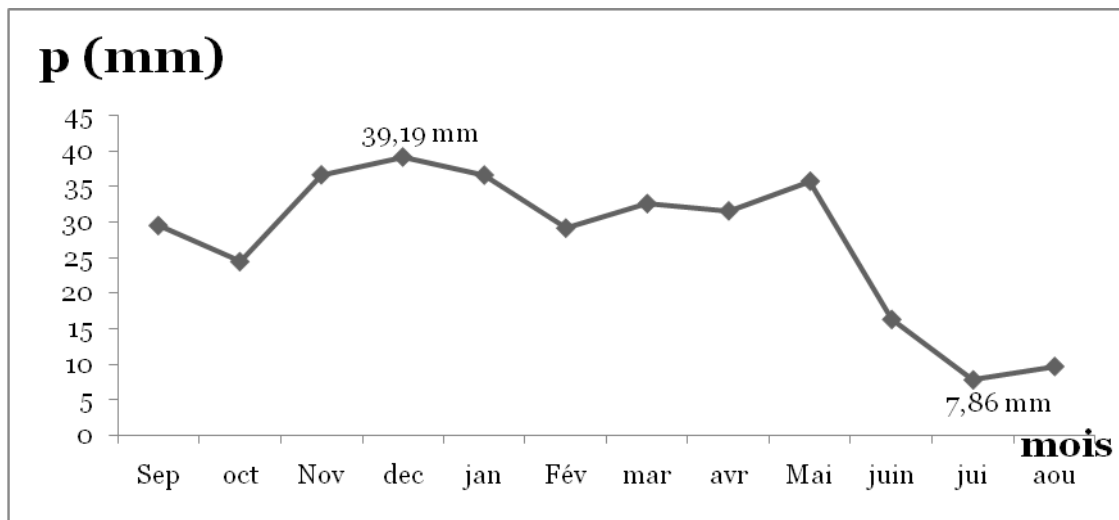


Figure 4. La variabilité mensuelle de la précipitation de la période 1996/1997 jusqu'à 2005/2006

Tableau 2. La variabilité saisonnière des précipitations pour la période 1996/1997 à 2005/2006

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Total
Précipitation en mm	118,1	123,77	98,66	37,24	377,77
P en % par rapport au p Total	31,26	32,76	26,12	9,86	100

Dans l'ordre de répartition saisonnière, le calcul des totaux de précipitation par saison (tab. 2), a permis de mettre en évidence une pluviométrie globale plus importante en hiver et en automne avec un cumul de 123,77 mm et 118,1 mm respectivement.

3-2. Les températures

La température joue un rôle important dans la détermination du type de climat d'une région donnée, car elle détermine l'évaporation et l'évapotranspiration

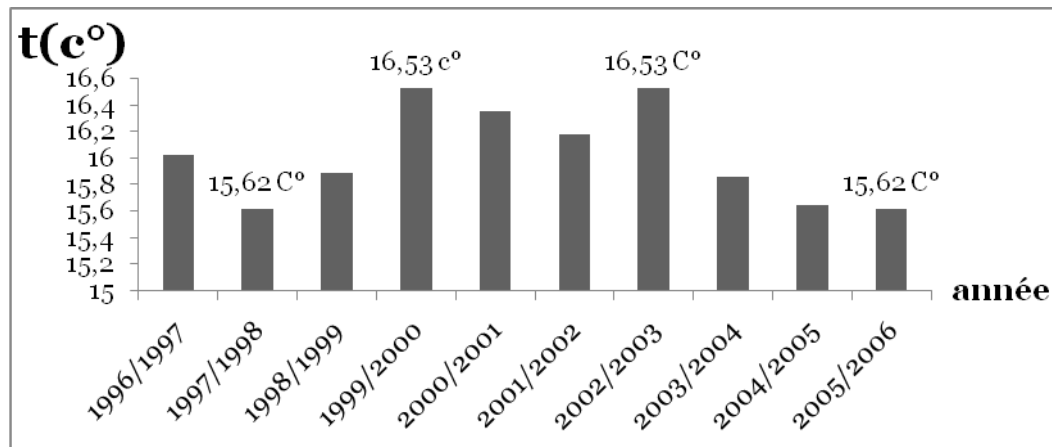


Figure 5. La variabilité annuelle des températures pour la période 1996/2006

La variabilité mensuelle des températures de la période 1996/1997 jusqu'à 2005/2006 est bien représentée dans la figure (5) qui montre également la variabilité mensuelle de les années la plus chaude (1999/2000 et 2002/2003) et les années la plus froide (1997/1998 et 2005/2006).

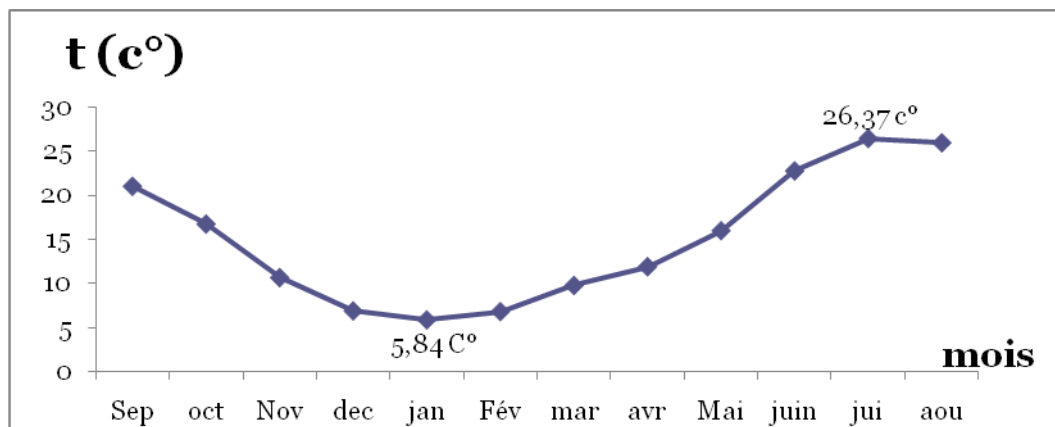


Figure 6. La variabilité mensuelle de la température moyenne de la période 1996/1997 jusqu'à 2005/2006

On remarque que les mois les plus froids sont décembre, janvier et février avec des moyennes de 6.86 , 5.84 et 6.78°C, et les mois les plus chauds sont juillet, Août avec une moyenne supérieure à 25 °C (26.37 et 25.88 °C).

Pour caractériser le type du climat de la région du barrage de Foug El Khanga, on calcule l'indice d'aridité pour la période (1996/1997) - (2005/2006)

$$I = P \text{ (mm)} / T \text{ (}^\circ\text{C)} + 10$$

P (mm): la pluviométrie

T (°C): Température moyenne

I : L'indice d'aridité

$$I = 377,77/16,03+10 = 14,51$$

Avec cet indice, on peut ressortir que le barrage se situ dans un climat semi-aride.

A partir des données de pluviométrie et de température, une synthèse climatique a été établie en se basant sur le degré d'aridité du climat.

4. Les Analyses physico chimiques et microbiologiques

Les données des analyses physico chimiques de 2005 jusqu'au 2012 sont apportées de la Agence Nationale des Ressources Hydrique station de Constantine.

5. Analyses Statistiques

L'analyse de la variance sur les paramètres mesurés est effectuée à l'aide du logiciel MINITAB 13 pour caractériser les eaux du barrage de Foug El Khanga.

Les données recueillies pour les différents paramètres mesurés ont été traitées par une analyse de la variance à deux critères de classification, selon le modèle additif de formule générale

$$Y_{ij} = \mu + A_i + S_j + e_{ij}$$

avec

Y_{ij} = la valeur mesurée du caractère donné pour l'année i , sur la saison j .

μ = la moyenne générale de l'essai pour le caractère analysé

A_i = l'effet d'année i

S_j = l'effet de saison j .

e_{ij} = la résiduelle associée au année i et la saison j .

Les relations entre les différentes paires de variables mesurées sont décrites et analysées par le calcul de corrélations basées sur les moyennes annuelles. Le coefficient de corrélation (r) est calculé par le rapport de la covariance entre les deux caractères formant la paire, sur le produit des écarts types des variances des caractères considérés.

$$r = \text{Cov}_{XY} / (\sigma^2_X \sigma^2_Y)^{0.5}$$

Nous avons utilisé l'analyse en composante principales tout en tenant compte des paramètres qui présentent des grands coefficients de corrélation, pour identifier et mettre en évidence les différences entre traitements étudiés.

Chapitre III

Résultats et discussion

Chapitre –III- Résultats et discussion

1. Etude des moyennes des variables mesurées

L'analyse de la variance des caractères mesurés indique un effet année significatif à hautement significatif pour le chlore, la conductivité, la demande chimique d'oxygène, la matière en suspension, les nitrates les résidus secs, le taux de saturation et les sulfates. L'effet année n'est pas significatif pour le calcium, le magnésium, la matière organique acide, l'ammonium, le pouvoir hydrique, les phosphates, la température et la turbidité. (Tableau 3).

Tableau 3. Carrés moyens de l'analyse de la variance des caractères mesurés sur les eaux du barrage foug el khanga

Source	ddl	Ca	Cl	Ce	DCO	MES105	Mg
Année	7	549ns	2916***	303887***	4064***	272041*	71,2ns
Saison	3	29ns	9990*	9862ns	258ns	73602ns	20,9ns
Erreur	21	245	2896	42733	475	103861	40,9
Source	ddl	MOA	NH4	NO3	pH	PO4	Rs105
Année	7	9,64ns	131ns	342,8***	0,014ns	0,024ns	133501***
Saison	3	0,72ns	164ns	17,6ns	0,006ns	0,016ns	1203ns
Erreur	21	4,31	131	17,7	0,007	0,014	29382
Source	ddl	Sat%	SO4	T	Tur		
Année	7	170,5*	4300*	2,44ns	0,014ns		
Saison	3	55,6ns	1193ns	351,42***	0,006ns		
Erreur	21	65,4	1350	1,86	0,007		

ns, *, **, ***= effet non significatif et significatif au seuil de 5, 1% et 1%o respectivement.

Effet saison non significatif pour l'ensemble des variables mesurées sauf pour les chlorures (effet significatif) et la température (très hautement significatif).

1-1-Effet moyen des années

Effet année est significatif pour **les chlorures**, donc il y a des différences significatives entre les années d'étude. Ces différences sont présentées dans le graphique suivant.

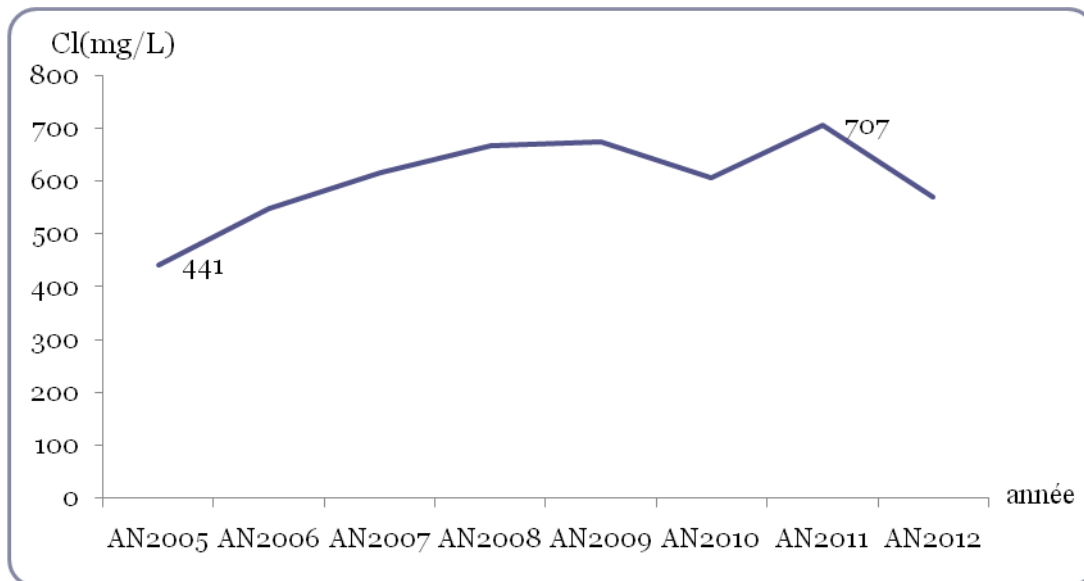


Figure 7. La variabilité annuelle des chlorures des eaux du barrage Foug El khanga Les teneurs en **chlorures** des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés (Rodier, 2009). Les chlorures sont réponsues dans la nature, ont les trouvent sous forme de Na cl, k cl ou CaCl₂ (Sasayd , 2008).

L'année 2011 représente la valeur la plus élevée en chlore (707 mg/l), alors que la valeur la plus faible est notée en 2005 (441 mg/l).(fig 7). Les normes algériennes fixe une valeur de 600mg/l .La majeure partie des chlorures viendrait de la dissolution des produits chlorés due aux produits détergeant ce trouvent dans les eaux usées déversées dans l'oued, car une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées (Merabet, 2010).

Pour l'usage agricole, les teneurs en chlorures peuvent limiter certaines cultures. Le chlore n'est présent dans le sol que dans la solution du sol, sous forme de Cl⁻. Il n'est pas fixé et ne participe en aucun cas à des précipitations : en effet, le produit de solubilité du chlorure de sodium est tel que la pression osmotique tolérable par le végétal est atteinte bien avant l'apparition du premier cristal de sel. Dès que la teneur en chlore de la solution du sol dépasse une certaine valeur, le chlore est absorbé par les racines et s'accumule dans les feuilles. Il provoque des brûlures débutant à la pointe des feuilles âgées et progressant vers l'arrière en suivant les bords du limbe. (Rodier, 2009)

Il existe une relation entre la teneur en sels dissouts d'une eau, et la résistance qu'elle oppose au passage d'un courant électrique. Cette résistance peut s'exprimer de deux manières; la résistivité ou son inverse **la conductivité** (Savary, 2001)

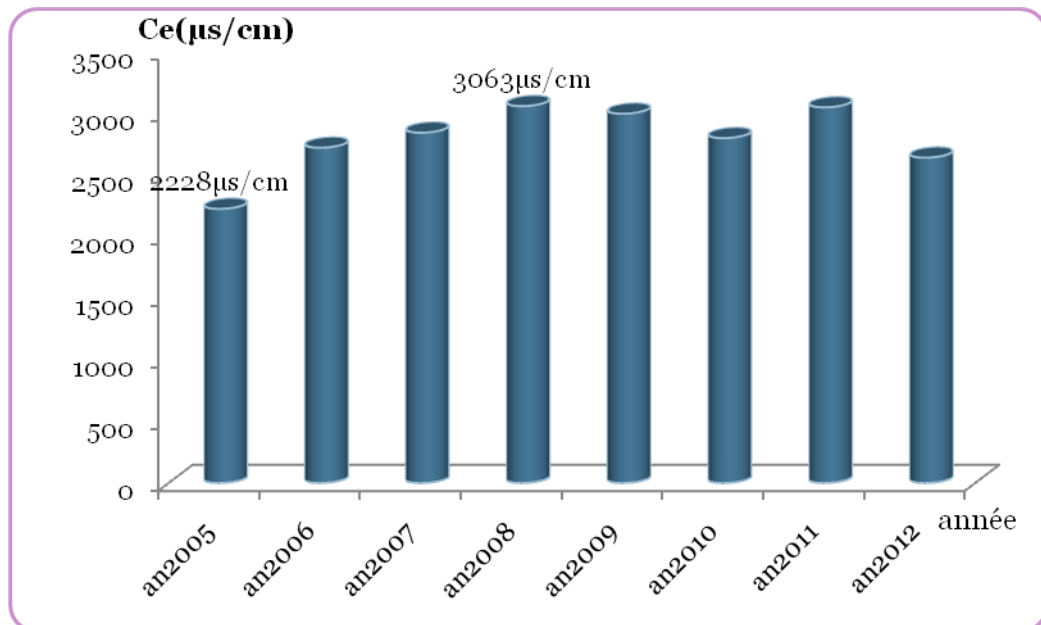


Figure 8. la variabilité annuelle de la conductivité électrique des eaux du barrage Foug El khanga

Selon la figure (8), nous remarquons que l'année 2008 représente la valeur la plus élevée (3063 µs/cm) et l'année 2005 marque la valeur la plus faible (2228 µs/cm)

D'une façon générale, les eaux du barrage de Foug El Khanga présentent une conductivité très élevée, cela confirme les résultats obtenus par Athamnia (2002) et Addad (2007). Selon les normes adoptées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) une conductivité supérieure à 1000 µs engendre une minéralisation élevée et une conductivité supérieure à 1500 µs/cm fait considérer une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées (Rodier, 2009). Selon Ramade (2000) d'après l'agence de l'eau ainsi que ABH c-s-m (2005), une conductivité de 1500 à 3000 µs peut classer la qualité d'eau comme médiocre, où la minéralisation est excessive (Beauchamp, 2004).

La teneur en **sels** d'eau, utilisée pour l'irrigation, est l'un des soucis principaux des agriculteurs. Une eau concentrée en sels affectera négativement le rendement des cultures et provoquera une dégradation des sols. L'utilisation d'une eau salée pour l'irrigation dépendra de plusieurs facteurs ; les caractéristiques des sols sous l'irrigation et les conditions climatiques. La qualité des eaux d'irrigation joue un rôle essentiel dans les zones arides affectées par des taux élevés d'évaporations entraînant une accumulation importante des sels dans les sols. En général, l'eau utilisée pour l'irrigation doit avoir un degré faible ou moyen de salinité, Ce de 600 à 1700 µS/cm). Une eau contenant un haut degré de salinité (Ce supérieur à 1500µS/cm) et une grande quantité de sodium (SAR supérieur à 6) ne devrait pas être utilisée pour l'irrigation mais lorsque ces eaux est utilisée en donc le sol doit être perméable, le drainage doit être suffisant et les cultures doivent être bien choisies (relativement résistante à la salinité).

La **DCO** correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires. (Rodier, 2009). elle représente la quantité totale de pollution

oxydablee et correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir grâce à des réactifs chimiques ouissants, pour oxyder les matières contenues dans l'effluent (koller, 2004).

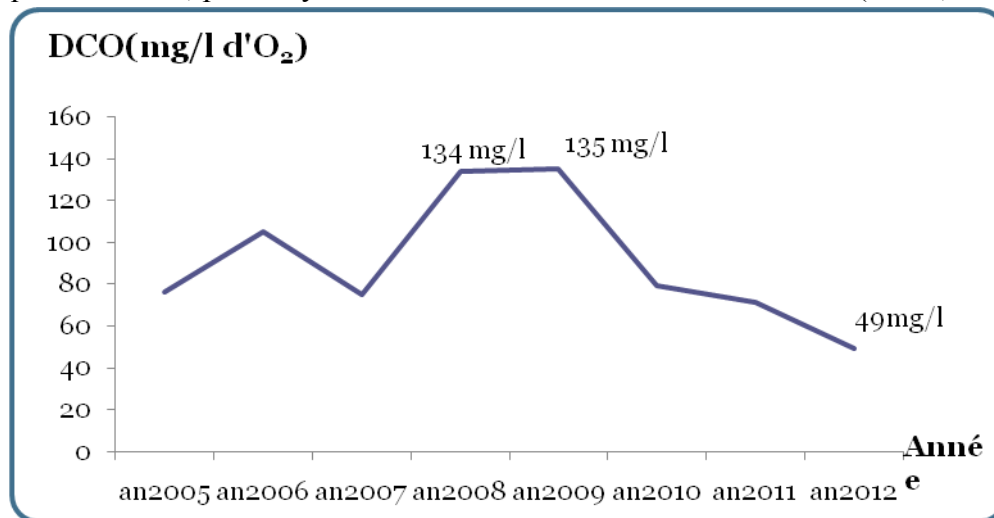


Figure 9. La variabilité annuelle de la demande chimique en oxygène des eaux du barrage Fom El khanga

Les années 2008 et 2009 présentent des valeurs élevées en DCO, 134 et 135 mg/l respectivement, alors que l'année 2012 marque la valeur la plus faible, 49 mg/l. Toutes ces valeurs sont très élevées.

Pour les eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire, une valeur guide de 30 mg/L d'O₂ est fixée par la réglementation actuelle, le traitement à appliquer étant du type physique, chimique avec décontamination microbienne et affinage (Rodier, 2009). Selon les normes algériennes, où la valeur maximale de la DCO est fixée à 30 mg/l d'oxygène, les valeurs de la **DCO** des eaux de ce barrage sont très élevées.

Selon ABH c-s-m (2005) une DCO supérieure à 40 mg/l indique une qualité d'eau médiocre et une DCO supérieur à 80 mg/l est un signe d'une pollution excessive. Les eaux du barrage Fom El Khanga sont, alors, très polluées (source urbaine et agricole).

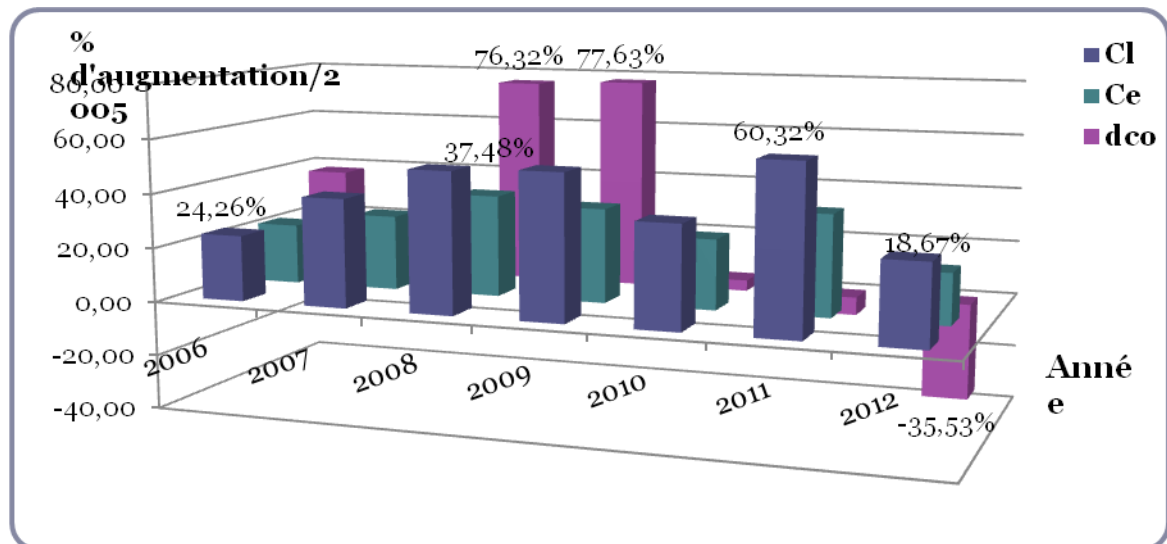


Figure 10. Le pourcentage d'augmentation du chlore, de la conductivité électrique et de la demande chimique en oxygène des eaux du barrage Foug El khanga par rapport à l'année de base 2005

La figure (10) représente les pourcentages d'augmentation ou de variation par rapport à l'année de base 2005 des trois paramètres qui sont les chlorures la conductivité électrique et le DCO. D'après cette figure nous observons qu'il y a une tendance générale d'augmentation des teneurs en chlorures des eaux du barrage Foug El Khanga, l'année 2011 marque la plus grande augmentation avec un pourcentage de 60,32% par rapport à l'année 2005, alors que l'année 2006 se caractérise par le plus petit pourcentage d'augmentation qui ne dépasse pas 24,26%.

La variabilité des teneurs en chlorures des eaux naturelles sont provoquées dans les zones arides par le lessivage superficiel en cas de fortes pluies, ou dans les zones urbaines et industrielles par des pollutions liées aux eaux usées (Rodier, 1996). L'augmentation des teneurs en chlorures est liée à la présence des unités industrielles qui sont implantées au niveau des agglomérations (complexe avicole à Souk Ahras) et au niveau de ce bassin seulement quatre unités industrielles disposent de station de recyclage des eaux utilisées les autres rejets se font dans les réseaux d'assainissement ou directement dans les oueds. Il y a onze bassins de décantation pour six agglomérations dans la wilaya de Souk Ahras qui sont souvent saturés et mal entretenus et une grande station d'épuration d'une capacité égale à 30000 m³/j (ABH c-s-m, 2005).

La variation des valeurs de la conductivité électrique des eaux du barrage Foug El Khanga indique des pourcentages plus élevés que la valeur enregistrée en 2005, ces valeurs oscillent entre 18,67%, valeur enregistrée en 2012, et 37,48 %, valeur marquée en 2008. Cela indique la présence d'une pollution excessive au niveau de ce barrage. Selon Rodier (2009) une conductivité de l'eau supérieure à 1 500 µS/cm fait considérer une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. Les normes algériennes fixent une valeur maximale de 2800 µS/cm.

Les augmentations annuelles de la DCO des eaux du barrage de Foug El Khanga sur Oued Cherf sont caractérisées par une grande variabilité, qui passe de 77,69 et 76,32 %,

valeurs marquées en 2010 et 2009 respectivement, à $- 35,53 \%$ en 2012, donc une diminution par rapport à 2005.

La teneur et la composition minérale et organique **des matières en suspension** dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sables, boues, particules organiques, plancton, etc.) ; elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, ...etc. D'une façon générale, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'adsorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes. (Rodier, 2009).

Les matières en suspension sont des particules solides dont la taille est supérieure à $10\mu\text{m}$, dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle. (Rejsek, 2002).

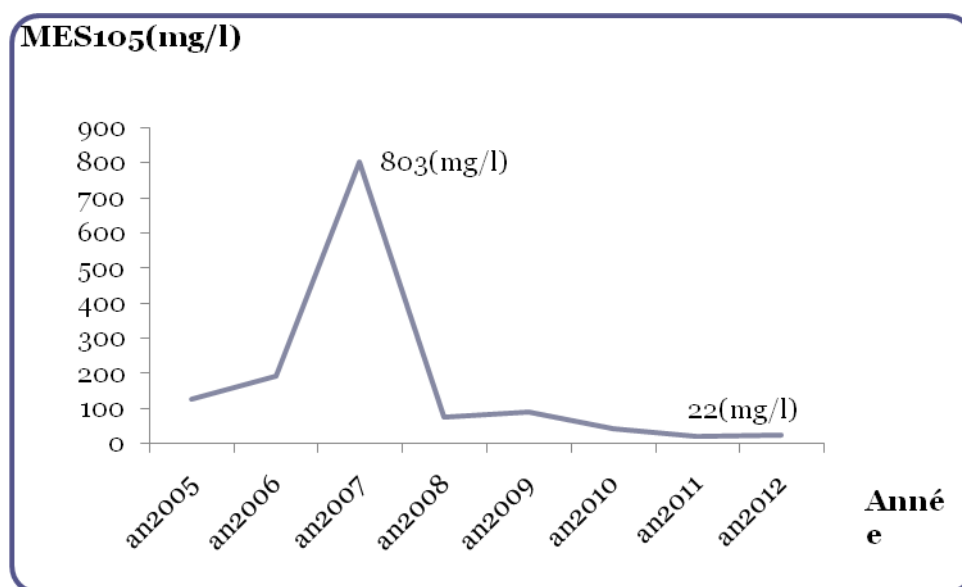


Figure 11. La variabilité annuelle des matières en suspension des eaux du barrage Foug El khanga

En fait, tous les cours d'eau contiennent des matières en suspension et des teneurs de quelques milligrammes par litre ne posent pas de problèmes majeurs. En dehors des périodes de crues, la teneur en matières en suspension est presque toujours inférieure à 25 mg/L , et c'est la même valeur fixée par les normes algériennes pour les MES. Selon la figure (11) nous remarquons que presque toutes les années présentent des valeurs plus de 25 mg/L , avec une valeur aberrante de 803 mg/L marquée en 2007, et seul l'année 2012 montre une valeur moins de 25 mg/L (22 mg/L).

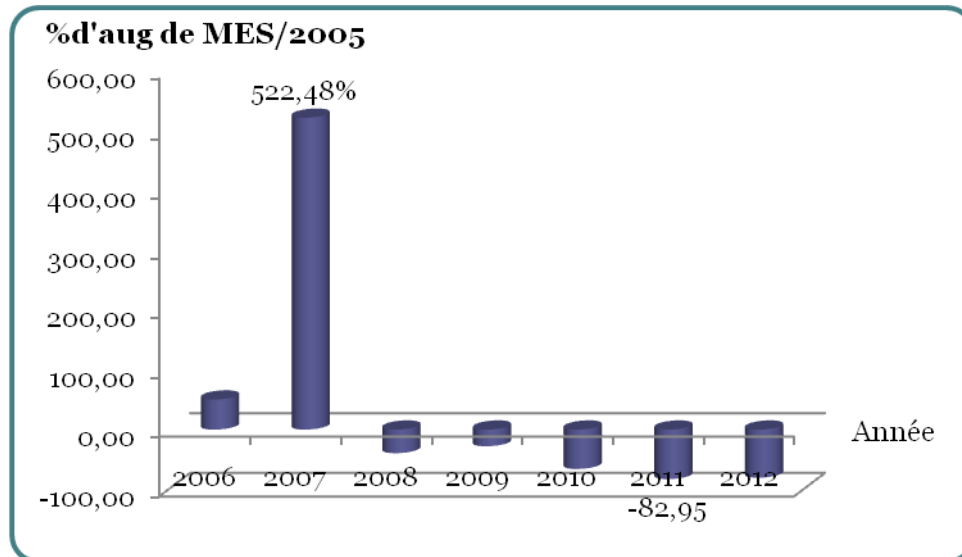


Figure 12. Le pourcentage d'augmentation des matières en suspension des eaux du barrage Foug El Khanga par rapport à l'année de base 2005

Selon la figure (12), Nous remarquons que seul les deux années 2006 et 2007 enregistrent des augmentations des teneurs en MES par rapport à l'année de base 2005, avec une augmentation très marquée (plus de 522 %) pour l'année 2007, alors que les autres années présentent des valeurs plus faibles que 2005 avec un pourcentage de diminution le plus élevé 82,95 % par rapport toujours à l'année 2005. On obtient, sur les eaux de surface, des valeurs qui oscillent généralement entre 10 et 50 mg/L de matières en suspension, mais après de fortes précipitations on peut dépasser 100, voire 200 mg/L. (Rodier, 2009). La plupart des années représentent des tenures élevées en MES cela peut être expliqué par la coïncidence des prélèvements avec les périodes des crues.

Effet année est significatif pour le **nitrate**, donc il y a des différences significatives entre les années d'étude. Ces différences sont présentées dans le graphique suivant :

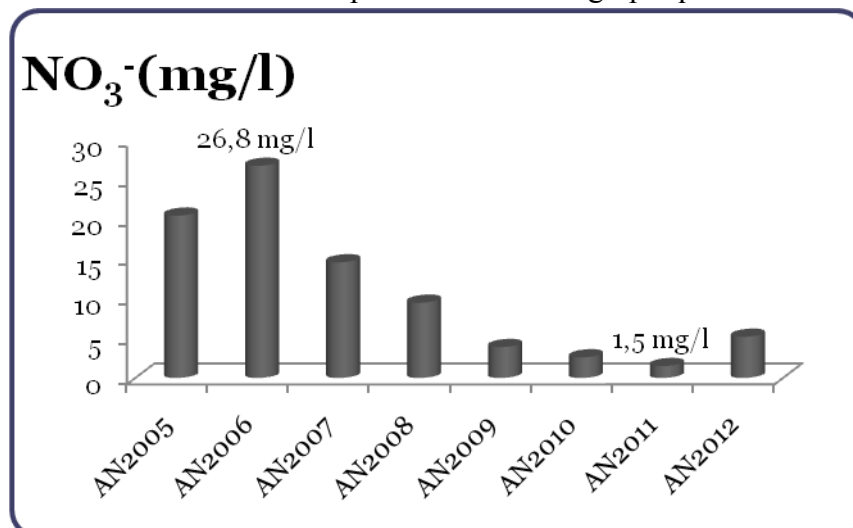


Figure 13. Variabilité annuelle des **nitrate**s eaux du barrage de Foug El Khanga

L'augmentation des teneurs en **nitrates** dans l'eau douce est d'une grande importance étant donné leurs rôles dans les écosystèmes aquatiques (Moffat, 1998) et les risques sanitaires qui leur sont liés (Sadani, 2005). Le nitrite constitue une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Elle est donc rare et en faible quantité. (Rejsek, 2002).

D'après la figure (13), Nous constatons une croissance des concentrations en nitrates jusqu'à l'année 2006, où nous observons la valeur la plus élevée 26,8 mg/l, puis une diminution nette jusqu'à l'année 2011, où la valeur la plus faible 1,5 mg/l. En ce qui concerne l'évolution des nitrates au niveau du barrage, on constate que les augmentations ont eu lieu à partir de 2005 et 2006 cela est peut être dû au lessivage de la fumure minérale incorporée au sol après un épandage des engrais de couverture (Urée Sulfate d'ammonium) et la diminution de nitrate dans les autres années signifie que les rejets domestiques et industriels sont contrôlés alors le degré de la pollution est diminué.

Selon l'agence de bassin hydrographique c-s-m (2005), les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux proviennent surtout de l'action de l'écoulement des eaux sur le bassin versant dont la nature joue un rôle prépondérant. L'activité humaine est une source incontestable dès que l'on dépasse le mg/l. Les apports proviennent du lessivage des engrais, de l'azote reminéralisé sur les zones de culture, des eaux usées domestiques et des eaux industrielles. Les conséquences des nitrates sont la méthémoglobinémie, (grave maladie des nouveau-nés par asphyxie), cancer par formation de nitrosamine. (ABH c-s-m, 2005). Alors que l'ion nitrate provient essentiellement du lessivage des sols (Rodier, 2009).

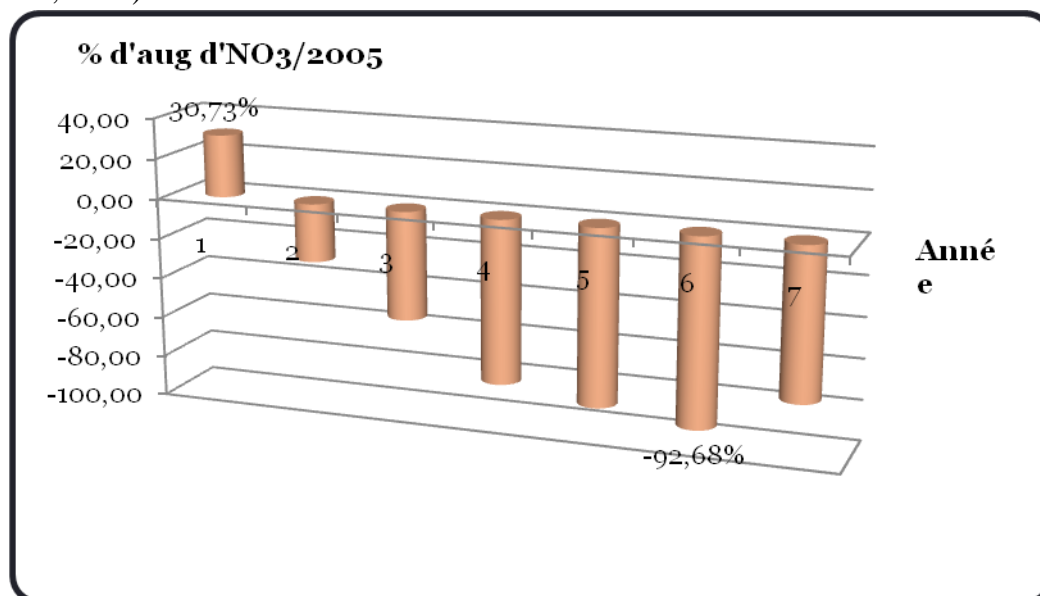


Figure 14. Le pourcentage d'augmentation des nitrates des eaux du barrage Foug El Khanga par rapport à l'année de base 2005

Selon la figure (14) nous observons généralement une diminution avec les années, cette diminution atteint les 92,68 % en 2011, elle est due, probablement, à la diminution des activités agricoles liées à la sécheresse.

Effet année est significatif pour **RS (résidu sec)**, donc il y a des différences significatives entre les années d'étude. Ces différences sont présentées dans le graphique suivant.

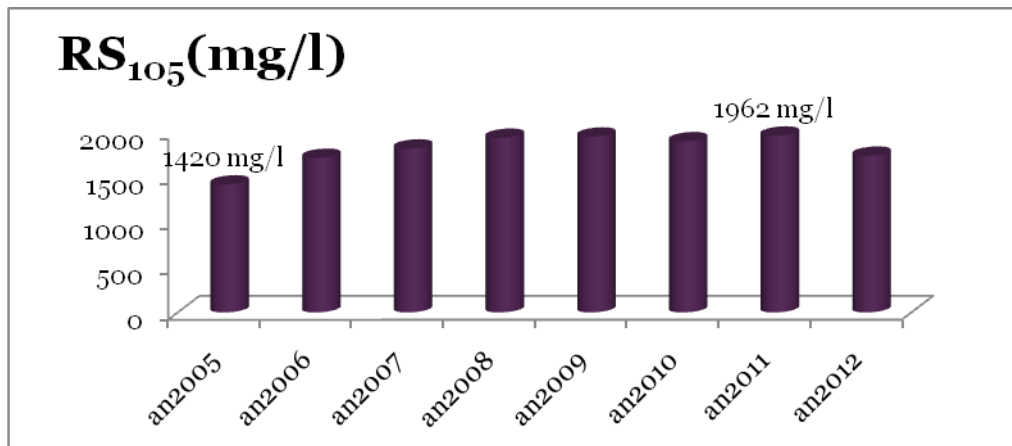


Figure 15. Variabilité annuelle des **RS (résidu sec)** eaux du barrage de Foug El Khanga.

La variabilité annuelle des **RS** eaux du barrage de Foug El Khanga oscillent entre 1420mg/l et 1962mg/l, montre que. La valeur maximale des RS est de 1962 mg/l enregistrée au 2011et la valeur Minimale est 1420mg/l à l'année 2005.un augmentation pour la plupart des années sauf en 2010 et 2012.

Pour des valeurs inférieures à 600 mg/L, l'acceptabilité par le consommateur est bonne, au-dessus de 1 200 g/L, l'eau devient désagréable. Pour des raisons de saveur, l'OMS recommande une valeur limite de 1 000 mg/L dans l'eau destinée à la consommation humaine. (Rodier, 2009).

Effet année est significatif pour **% saturation**, donc il y a des différences significatives entre les années d'étude. Ces différences sont présentées dans le graphique suivant.

L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique en oxydant des composés minéraux ou organiques, soit par des phénomènes biochimiques (Rodier, 2009).

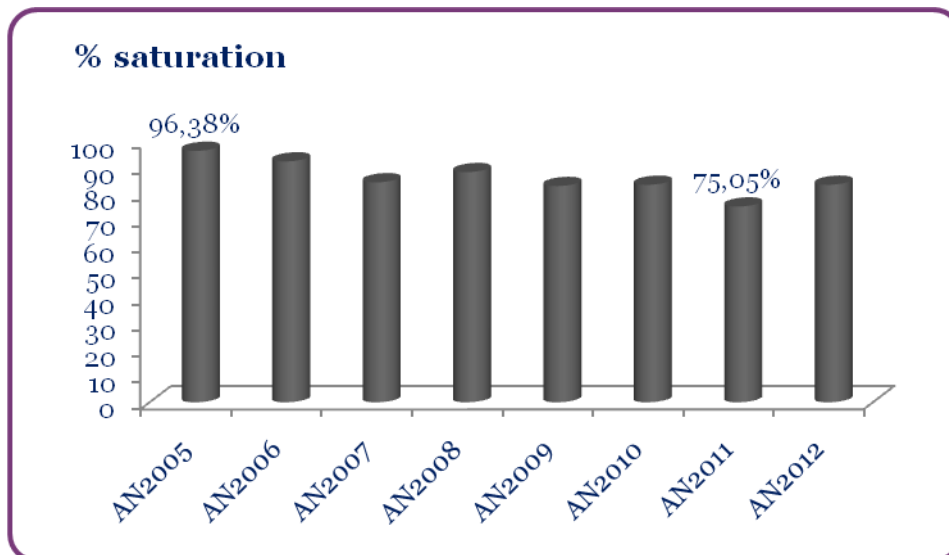


Figure 16. Variabilité annuelle de % saturation eaux du barrage de Foum El Khanga.

La variabilité annuelle des % **saturation** eaux du barrage de Foum El Khanga oscillent entre 75,05% et 96,38%, montre que. La valeur maximale de % **saturation** est de 96,38% enregistrée au 2005 et la valeur Minimale est 75,05% observée à l'année 2011. Les valeurs % **saturation** (oxygène dissous) dans les bons états. Un taux de **saturation** oscille de 70 à 90, on peut conclure que la qualité des eaux superficielles sont bonnes (ABH c-s-m, 2005). La quantité d'oxygène dissous dans les eaux naturelles varie en fonction de la température, la salinité et de la turbulence des eaux. La concentration d'oxygène dissout est soumise à des variations saisonnières (Chocat et al, 1997).

La concentration en ion **sulfate** des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé.

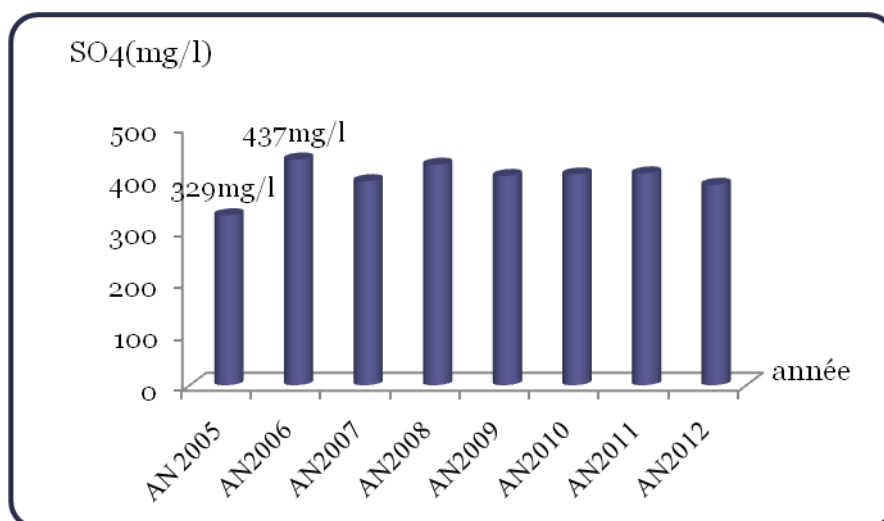


Figure 17. Variabilité annuelle des sulfates des eaux du barrage de Foum El Khanga.

Les teneurs en **sulfates** des eaux du barrage Foug El Khanga passent de 329 mg/l, valeur enregistrée en 2005, à 437 mg/l, valeur signalée en 2006. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion), l'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/L. Les directives du Conseil des communautés européennes et la réglementation française retiennent cette dernière valeur de 250 mg/L (SO_4), alors que les normes algériennes fixe une valeur maximale de 400mg/L. L'organisme est susceptible cependant de supporter des doses plus élevées, sans inconvénient majeur autre qu'une action laxative temporaire.

Les teneurs en sulfates peuvent être dues aux activités agricoles (Barry, 1989). Pour l'irrigation, des teneurs en sulfates supérieures à 200mg/l sont considérées comme excessives (El Blidi et al ,2006).

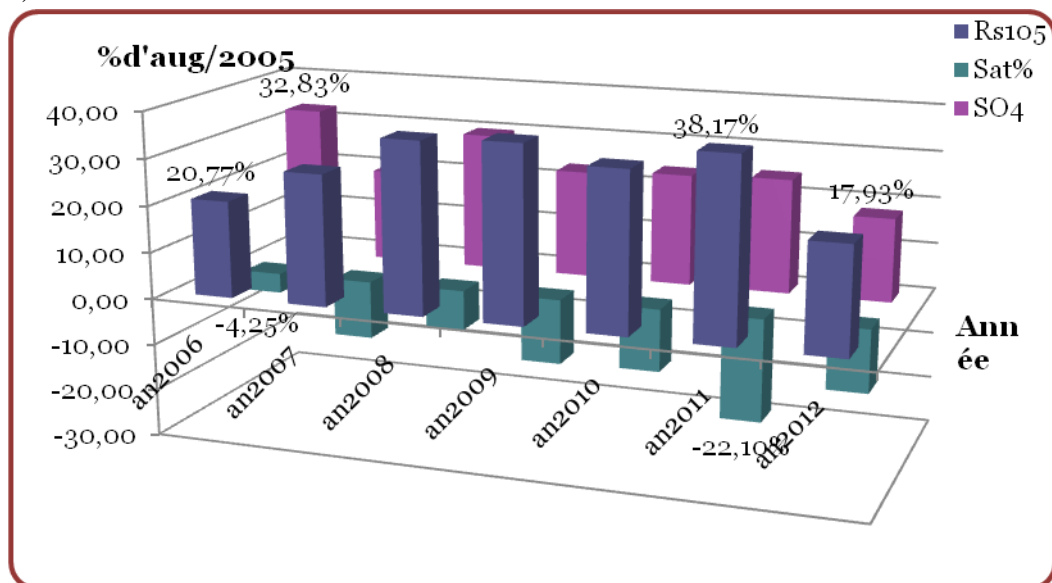


Figure 18. Le pourcentage d'augmentation des résidus secs, du taux de saturation et de sulfates des eaux du barrage Foug El khanga par rapport à l'année de base 2005

D'après la figure (18), nous constatons que pour les deux paramètres résidus secs et sulfate, toutes les années représentent des valeurs plus élevées que l'année de base 2005. Ces augmentations peuvent arriver à 32,83 % en 2006 et 38,17 % en 2011 respectivement pour les sulfates et les résidus secs. Les augmentations les plus faibles pour ces deux paramètres, on note une valeur de 20,77% en 2006 pour les résidus secs et 17,93% en 2012 pour les sulfates. Alors que pour le paramètre taux de saturation, nous remarquons des diminutions par rapport à l'année 2005, la plus grande diminution est de 22,10 %, enregistrée en 2011 et celle la plus faible est de 4,25% marquée en 2006.

La teneur en sel est l'un des principaux soucis d'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration en sel dans l'eau ou dans les sels affectera négativement le rendement des récoltes et provoquera une dégradation des sols. Selon les normes Algérienne la valeur maximale de sulfates est 400 mg/l. Ces teneurs peuvent être dues aux activités agricoles (emploi de manière excessive des insecticides à base de sulfates ou d'acide sulfurique ainsi que des engrais aux sulfates d'ammonium) (Barry, 1989). Pour l'irrigation, des teneurs excessives en sulfates, supérieures à 200 mg/l, peuvent être acceptables (El Blidi

et al ,2006). La diminution des teneurs en sulfates, peut être due aux attaques bactériennes qui le réduit en sulfure d'hydrogène (H_2S).

1-2. Effet moyen des saisons :

Parmi les paramètres analysés seul les chlorures et la température présente un effet saison significatif, donc il y a des différences significatives entre les différentes valeurs des saisons. Ces différences sont présentées dans le graphique suivant pour les chlorures.

Les teneurs **en chlorures** des eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations provoquées dans les zones arides par un lessivage superficiel en cas de fortes pluies (Rodier, 2009).

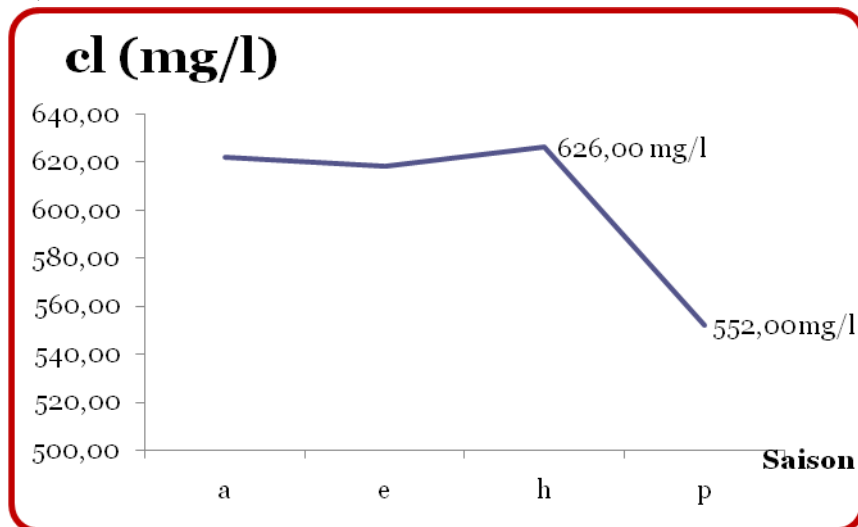


Figure 19. La variabilité saisonnière des chlorures des eaux du barrage Foug El khanga La variabilité saisonnière des chlorures des eaux du barrage de Foug El Khanga oscille entre 552 mg/l et 626 mg/l. La valeur maximale est de 626 mg/l enregistrée en hiver et la valeur Minimale est 552 mg/l marquée en printemps.

Selon les normes algériennes la valeur maximale de chlorures est 600 mg/l. La majeure partie des chlorures viendrait de la dissolution des produits chlorés due aux produits détergents qui ce trouvent dans les eaux usées déversées dans l'oued, car une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées (Merabet, 2010). Un léger abaissement des teneurs en chlorures pendant la saison humide par rapport à la saison sèche résultant de la dilution par les précipitations.

Pour **la température**, les différences entre les saisons sont significatives. Ces différences sont présentées dans le graphique suivant.

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. L'OMS ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une température élevée (supérieure à 20 °C) favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs (Rodier, 2009).

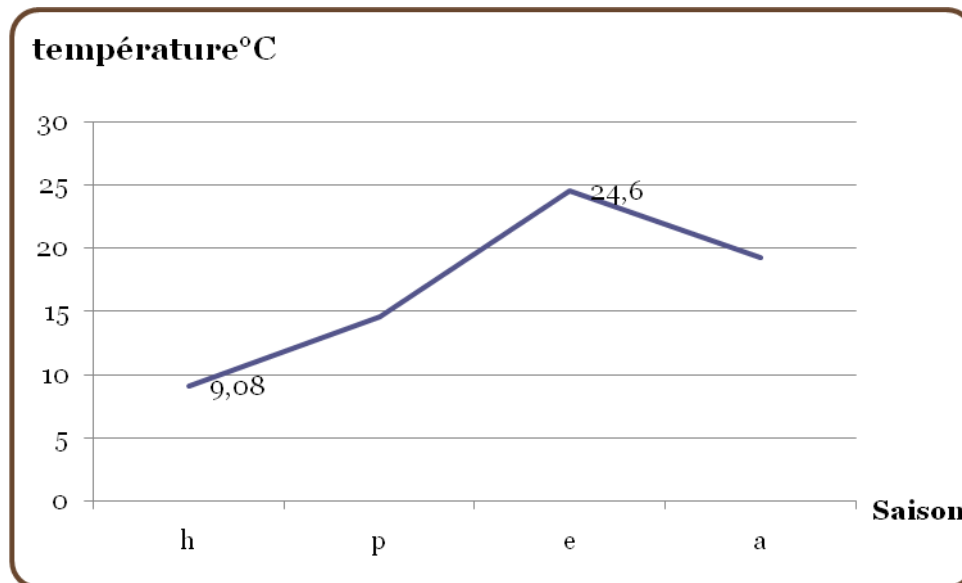


Figure 20. La variabilité saisonnière de la température des eaux du barrage Foug El khanga

Les valeurs de la température des eaux du barrage de Foug El Khanga passent de 9,08°C, valeur enregistrée en hiver, à 24,6°C, signalée en été. Cette dernière température est inférieure à la valeur maximale (25°C) fixée par les normes algériennes.

2- Liaisons inter- caractères

L'étude des corrélations entre les différentes paires de caractères est menée pour identifier les caractères qui évoluent dans le même sens et ceux qui s'opposent, Dans le premier cas l'amélioration de l'un induit implicitement l'amélioration de l'autre, alors que dans le second cas l'amélioration de l'un entraîne des changements négatifs chez le caractère lié. Les liaisons qui sont intéressantes sont celles les fortement corrélées.

La conductivité est positivement corrélée au calcium ($r_{Ce/Ca}=0,672^{***}$), au chlorures ($r_{Ce/Cl}=0,818^{***}$) et au sulfate ($r_{Ce/SO4}=0,570^{**}$). Ces corrélations indiquent que la conductivité est plus élevée à mesure que le calcium, les chlorures et les sulfates sont importants.

Le nitrite est lié positivement à la matière en suspension ($r_{NO2/MES}=0,671^{***}$), les nitrates sont négativement corrélés au chlorures ($r_{NO3/Cl}=-0,553^{**}$) cela implique que toute augmentation en nitrate induit forcément une diminution en chlorures. Les résidus secs sont positivement corrélée au calcium ($r_{Rs/Ca}=0,627^{***}$), au chlorures ($r_{Rs/Cl}=0,745^{***}$) et à la conductivité ($r_{Rs/Ce}=0,943^{***}$). Les années ayant un poids élevé en résidus secs, se caractérisent des teneurs élevées en calcium et en chlore et possèdent une forte conductivité

Les sulfates sont positivement corrélés à la conductivité électrique ($r_{SO4/Ce}=0,570^{**}$). Le Ph est positivement corrélé à la matière organique ($r_{Ph/MOA}=0,602^{**}$). Le phosphore est positivement corrélé au sodium ($r_{PO4/Na}=0,543^{**}$).

3- Caractérisation variétale

La mesure des paramètres physico-chimiques est tentée dans le but de trouver des liaisons avec les années étudiées. La recherche de liaisons est étudiée grâce à l'analyse en composantes principales des paramètres ainsi que des individus. Les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales des données mesurées expliquent 56,6% (respectivement 37,6 et 19,0% pour les axes 1et 2 dans cet ordre). L'axe 1 intègre l'information apportée par les variables chlore, résidus secs, conductivité électrique, calcium, sulfate et magnésium, formant le groupe 1, d'une part et les paramètres nitrate et taux de saturation, formant le groupe 2, d'autre part. (fig. 21)

Le groupe 1, qu'est positivement corrélé à l'axe 1 de l'ACP, s'oppose le long de cet axe au groupe 2, qui lui est négativement corrélé (fig. 21). Cela indique la présence des corrélations négatives entre paramètres du premier groupe induit implicitement l'augmentation des autres paramètres du même groupe et la diminution des valeurs des variables du deuxième groupe.

L'axe 2 de l'analyse en composantes principales intègre l'information apportée par les paramètres suivants : les matières en suspension, les ortho phosphates, le pouvoir hydrogène et la demande chimique d'oxygène, qui lui sont positivement corrélés (fig.21).

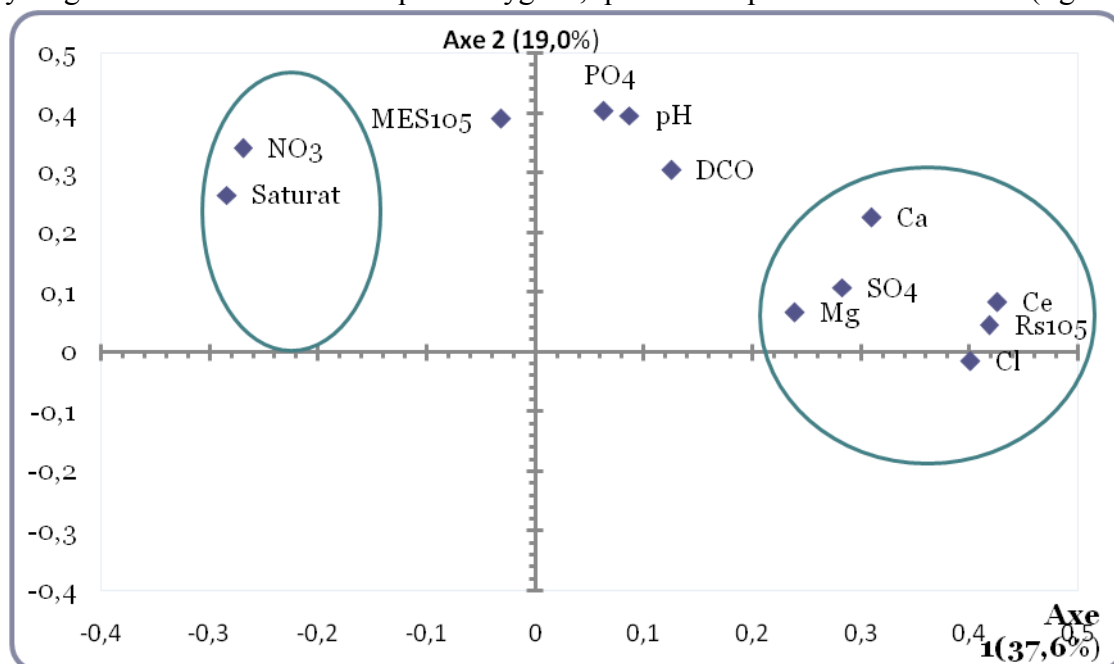


Figure 21. Cercle de corrélations entre les variables et les axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales des individus est représentée par la figure (22). L'axe 1 de l'analyse en composantes principales intègre l'information apportée par les années 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2012, cet ensemble est négativement corrélé à l'axe 1. Alors que l'axe 2 de l'ACP intègre l'information apportée par l'année 2007, celle-ci est positivement corrélée à cet axe.

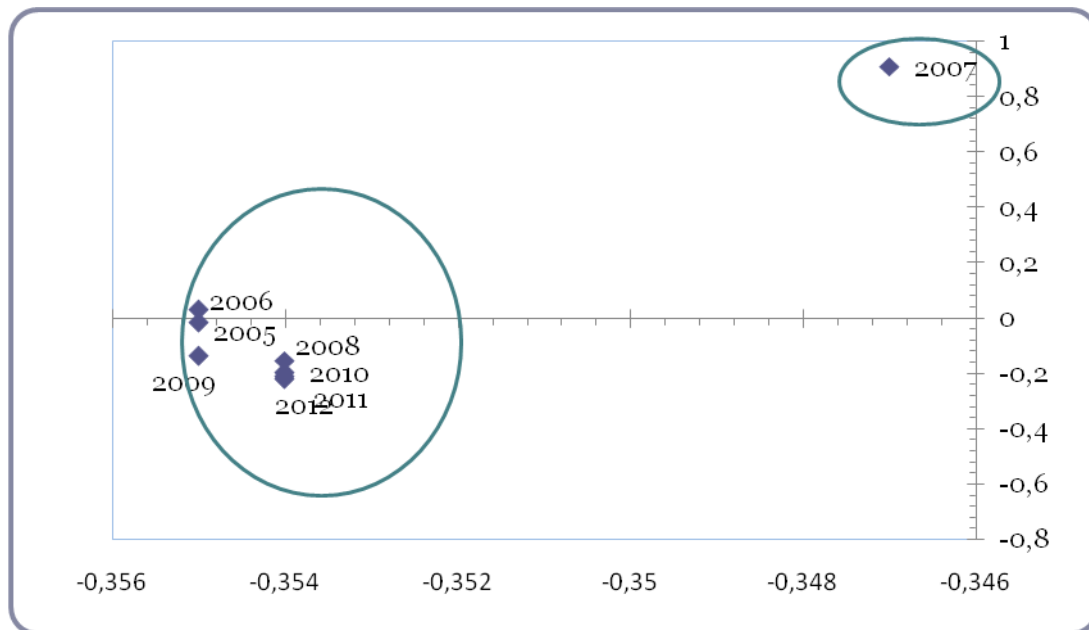


Figure 22. Représentation des années sur le plan formé par les axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales

Les années 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2012 se distinguent par des valeurs moyennes relativement élevées en ce qui concerne les paramètres nitrate et taux de saturation d'une part, et des valeurs moyennes relativement faibles en ce qui concerne les variables chlore, résidus secs, conductivité électrique, calcium, sulfate et magnésium, d'autre part. L'année 2007 caractérise par des valeurs élevées en ce qui concerne les matières en suspension, les ortho phosphates, le pouvoir hydrogène et la demande chimique d'oxygène.

4. Eaux du barrage de Foug El Khanga sur Oued Cherf en vue de potabilité

4-1. Selon les années

Comme les cours d'eau sont les premières victimes des déversements d'effluents pollués d'origine domestique et industrielle ainsi que de la contamination par des pollutions diffuses, les pays développés ont été conduits voici déjà plusieurs décennies à définir des objectifs de qualité pour les eaux de surface et de les classer (Ramade, 2000). A partir de classifications multi usages d'appréciation globale de la qualité des eaux (d'après l'Agence de l'eau), les eaux de surface sont classées, en fonction de leur degré de pollution, en cinq catégories principales:

Classe 1A: eaux d'excellente qualité considérées comme exemptes de pollution, aptes à satisfaire tous les usages possibles, même les plus exigeants.

Classe 1B : eaux de bonne qualité quoique légèrement moindre que celles de la classe précédente. Elles peuvent néanmoins satisfaire tous les usages et ne requièrent qu'un traitement simple pour l'approvisionnement en eau potable d'un réseau d'adduction urbain.

Troisième classe (02) qui se caractérise par des eaux de qualité passable, suffisante pour l'irrigation et les usages industriels possibles mais des traitements sévères sont requis pour

la potabilisation. L'utilisation est tolérable pour abreuver les animaux domestiques. Les poissons y vivent normalement mais leur reproduction peut être perturbée. La baignade est interdite mais les loisirs liés à l'eau sont possibles lorsqu'ils ne nécessitent que des contacts exceptionnels avec elle.

Quatrième classe (03) qui se caractérise par une eau de qualité médiocre juste apte au refroidissement d'installations thermiques et à la navigation. L'usage est tolérable pour l'irrigation de cultures mais l'utilisation est impossible pour l'élevage, la baignade et à fortiori, les réseaux d'adduction d'eau potable. La vie piscicole peut subsister dans ces eaux, mais devient aléatoire en période de faibles débits ou fortes températures par exemple.

Cinquième classe (04) qui se caractérise par une eau de qualité très polluée inutilisable qu'après un traitement dans une station d'épuration.

Tableau 4. Les moyennes des variables mesurées chez les huit années d'étude

paramètre	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Ph	7,8	7,93	7,93	7,91	7,86	7,83	7,83	7,78
O ₂ d (%)	96	92	84	88	83	83	75	83
MES ₁₀₅	129	194	803	78	93	44	22	25
DBO ₅	3,36	6,02	7,05	5,81	5,37	4,15	2,58	2,17
DCO	67	105	75	134	135	79	71	49
NH ₄	0	0,1	1,8	0,1	0,1	0	0,2	16,4
NO ₃	20,5	26,8	14,6	9,5	3,9	2,6	1,5	5,2
NO ₂	0,11	0,11	0,13	0,092	0,1	0,05	0,04	0,1
PO ₄	0,1	0,12	0,29	0,21	0,17	0,11	0,12	0,04
Turbidité	2,3	13,4	1,9	2,8	3,9	1,5	1,4	2,5
MOA	10,4	13,6	14,3	14,2	14,8	11,4	12,4	13,8
Ce à 20 ⁰	2228	2725	2847	3062,5	3001	2803	3052,5	2644
T	16	16,6	18	17,1	17,8	16,9	15,8	16,9
Fe	0,05	0,26	0,04	0,1	0,08	0,1	0,3	0,2
Mn	0,07	0,14	0,03	0,26	0,07	0,07	0,06	0,04
Cu	0,03	0,03	0,003	0,005	0	0,007	0,013	0,006
Zn	0,02	0,02	0,006	0,002	0,003	0,023	37,95	0,0054

Les moyennes sont calculées à partir des données, apportées de l'ANRH, mesurées chaque mois pendant les huit années. Ces moyennes sont à comparer avec les valeurs des paramètres de classification de la grille standard Multi usage

Tableau 5. Classification des huit années de prélèvements des eaux du barrage de Foug El Khanga en utilisant la grille standard Multi usage d'appréciation globale de la qualité d'eau (D'après l'agence des eaux). cité par Ramade (2000).

	1A	1B	02	03	04
pH	6,5	6,5 à 8,5	6 à 9	5,5 à 9,5	
O₂ dissous(%)	>90	70 à 90	50 à 70	<50	0
MES105	A1 ,A2	A3, A4,A5,A6, A7,A8			
	≤30	≤ 30	≤ 30	30 à 70	A1,2A,A3, A4,A5
DBO5	≤3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	>25
DCO	A7,A 8	A1,A 6	A2,A3,A4,A5		
	≤20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
NH₄	≤0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	>8
	A1,A6	A2,A4,A5,A7			A 8
NO₃	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80
	A5,A6,A7	A1,A3,A4,A8	A2		
NO₂	<0,1	0,1 à 0,3	0.3 à 1	1 à 2	>2
	A4,A6,A7	A1,A2,A3,A5, A8			
PO₄	< 0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	>2
	A1,A2	A3,A4			
Turbidité	A5,A6,A7, A8				
	2	2 à35	35 à70	70 à 105	>105
	A1,A3,A4,A5, A6,A7,A8	A2			
M O acide	3	3 à 5	5 à 8	8 à 10	>10
					Toutes les années
CE à 20⁰	≤400	400 à 750	750 à1500	1500 à 3000	>3000
				A1,A2,A3,A5, A6,A8	A7,A4

D'après le tableau (5) nous pouvons constater que :

-On classe les eaux du **2005** comme **hors catégorie** : forte pollution, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour deux paramètres qui sont **MES105** et **MO**

acide. Elles sont considérées comme inaptes à tout usage à l'exception de la navigation fluviale et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement.

- les eaux du **2006** sont classées **hors catégorie** : forte pollution, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour trios paramètres qui sont **MES105, MO acide et DCO**. Elles sont considérées comme inaptes à tout usage à l'exception de la navigation fluviale et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement

- les eaux du **2007** sont classées **hors catégorie** : forte pollution, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour un paramètre qui **MO acide**. Elles sont considérées comme inaptes à tout usage à l'exception de la navigation fluviale et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement

- les eaux du **2008** sont classées **hors catégorie** : forte pollution, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour quatre paramètres qui sont **MO acide, CE, DCO et MES105**. Elles sont considérées comme inaptes à tout usage à l'exception de la navigation fluviale et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement.

- les eaux du **2009** sont classées **hors catégorie** : forte pollution, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour trios paramètres qui sont **MES105, MO acide et DCO**. Elles sont considérées comme inaptes à tout usage à l'exception de la navigation fluviale et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement.

- les eaux du **2010** sont classées **hors catégorie** : forte pollution, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour un paramètre qui **MO acide**.

- les eaux du **2011** sont classées **hors catégorie** : forte pollution, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour deux paramètres qui sont **MO acide et CE**.

- les eaux du **2012** sont classées **hors catégorie** : forte pollution, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour deux paramètres qui sont **MO acide et .NH₄**.

D'une façon générale les eaux du barrage Foug El Khanga se classent au cinquième classe, c'est-à-dire, ce des eaux très polluées inaptes à tout usage à l'exception de la navigation fluviale et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement, nécessitent l'installation d'une station d'épuration avant leurs utilisations.

Selon l'agence nationale des ressources hydriques Algérienne, nous pouvons classer des eaux du barrage comme suit

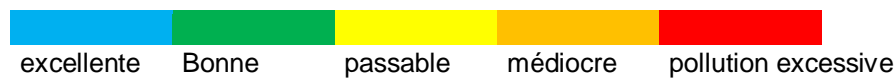
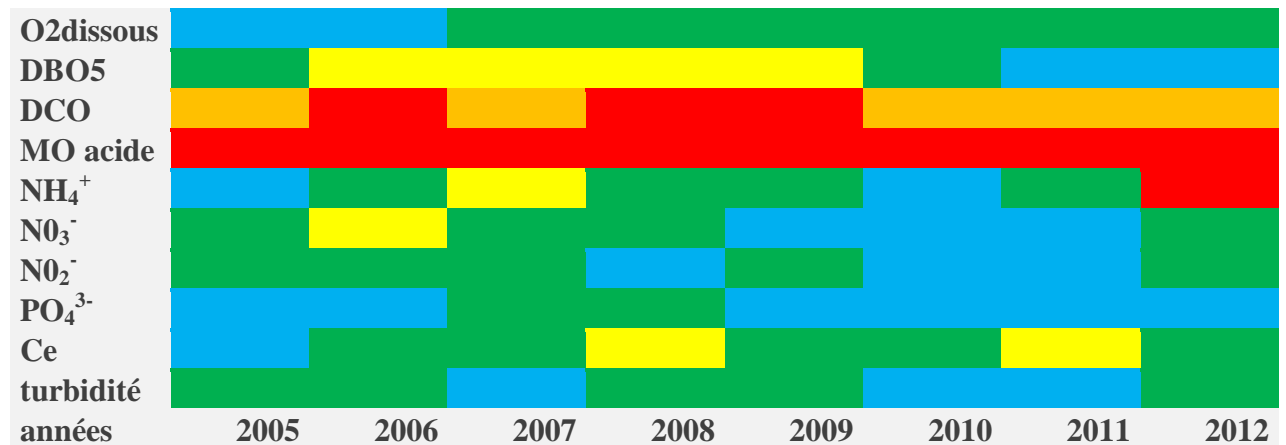


Figure 23. Classification des eaux du barrage Foug El Khanga selon l'agence nationale des ressources hydriques.

Les eaux du barrage Foug El Khanga pour toutes les de 2005 jusqu'au 2012 sont excessivement polluées. La pollution est d'origine urbaine, industrielle et agricole.

4-2. Selon les saisons

D'après le tableau (6) on peut constater que :

Pour toutes les saisons, les eaux du barrage se classent en **hors catégorie (cinquième classe: forte pollution)**, eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 03 pour les quatre paramètres qui sont : MO acide, DCO, Ce et MES105. Elles sont considérées comme inaptes à tout usage à l'exception de la navigation fluviale et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement.

Tableau 6. Classification des quatre saisons des eaux du barrage de Foug El Khanga en utilisant la grille standard Multi usage d'appréciation globale de la qualité d'eau (D'après l'agence des eaux) cité par Ramade, (2000).

Paramètre	S1	S2	S3	S4	1A	1B	02	03	04
Ph	7,89	7,86	7,87	7,83	6,5	6,5 à 8,5	6 à 9	5,5 à 9,5	
						S1.S2.S3.S4			
O ₂ dissous	86,6	83,3	89,09	84,1	>90	60 à 90	50 à 70	<50	O
						S1.S2.S3.S4			
MES105	311,63	166	102	116	≤30	≤ 30	≤ 30	30 à 70	
									S1.S2.S3.S4
DBO5	4,45	4,33	4,41	5,82	<3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	>25
						S1.S2.S3	S4		
DCO	97,14	84,3	87,35	89,4	<20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
									S1.S2.S3.S4
NH ₄ ⁺	9,14	0,08	0,03	0,14	<0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	>8
						S2.S3.S4			S1
NO ₃	10,03	12,5	10,67	9,03	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	> 80
						S1.S2.S3.S4			
NO ₂	0,1	0,1	0,11	0,07	<0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 1	1 à 2	>2
						S4	S1.S2.S3		
PO ₄	0,2	0,17	0,1	0,14	< 0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	>2
						S2.S3.S4	S1		
Turbidité	7,45	2,59	2,05	2,12	2	35	70	105	> 105
						S1.S2.S3.S4			
MO acide	13,4	13,1	13,32	12,9	3	5	8	10	>10
									S1.S2.S3.S4
Ce	2778	2776	2845	2794	≤400	400 à 750	750 à 1500	1500 à 2000	>2000
									S1.S2.S3.S4

S1..... Hiver, S2..... printemps, S3..... été, S4..... automne.

5. Eaux du barrage de Foug El Khanga sur Oued Cherf en vue de l'utilisation agricole

En zone aride et semi-aride, l'approvisionnement en eau d'irrigation constitue l'un des facteurs déterminants de l'expansion de la production agricole tant dans le sens de l'intensification des cultures, que de l'extension des surfaces irriguées. Pour beaucoup de pays, les eaux superficielles constituent la principale source d'eau d'irrigation; dans les endroits où cette ressource est rare ou inexistante, on fait appel aux eaux souterraines. Cependant, la réussite de toute mise en valeur agricole dépendra donc de l'emploi rationnel et du contrôle périodique des ressources en eau disponibles, ces dernières peuvent poser le problème de salinisation qui peut être apprécié par la conductivité électrique (Ce) et celui de l'alcalinisation des sols qui concerne surtout le sodium (Achite et al, 2001).

Pour apprécier la valeur agricole d'une solution traduite par la bonne approximation du pouvoir alcalinisant des eaux d'irrigation sur le sol, Richard en (1954) (Laboratoire de

salinité du département de l'agriculture aux U.S.A.) a mis en œuvre un digramme basé sur la conductivité en (μs) et la relation d'adsorption du sodium par le SAR. Cet indice mesure la relation relative du sodium par rapport au calcium et magnésium, il est donné par l'expression suivante:

$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / \sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2}$$

Tableau 7. Les valeurs moyennes annuelles du SAR et de la conductivité électrique.

	Mg ⁺² (méq/l)	Ca ⁺² (méq/l)	Na ⁺ méq/l	SAR	Ce $\mu\text{s}/\text{cm}$
A1	4,12	6,88	11,57	6,32	2228,25
A2	4,46	8,39	14,93	8,34	2724,75
A3	5,07	8,1	15,53	8,58	2846,75
A4	4,57	8,28	17,83	9,97	3062,5
A5	4,74	8,37	17,45	9,65	3000,75
A6	5,07	8,28	17,94	9,84	2803
A7	4,75	8,45	17,6	9,71	3052,5
A8	4,22	7,3	13,21	7,75	2644,25

A partir du tableau 7, on peut constater que le SAR varie entre 6,32 et 9,97 et la conductivité varie entre 2228,25 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 3062,5 $\mu\text{s}/\text{cm}$, et pour apprécier le risque de la salinité des eaux du barrage de Foug El Khanga sur Oued Cherrf, il faut connaître la relation entre le SAR et l'indice de salinité qui est présenté dans le diagramme de Richards.

D'après la figure 24, on peut classer les eaux du barrage de Foug El Khanga en trois classes :

- **Classe C₃S₂** : ce sont des eaux médiocres, utilisables seulement pour l'irrigation de cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés avec une capacité d'échange cationique élevée et des sol organiques de bonne perméabilité, avec une salinité qui doit être contrôlée.

- **Classe C₄S₁** : ce sont des eaux de qualité médiocre à mauvaise, à exclure sur les plantes sensibles et les sols lourds, elles doivent être utilisées avec beaucoup de précaution dans les sols légers et bien drainés avec des apports du gypse et/ou lessivage.

- **Classe C₄S₂** : indique des eaux de mauvaise qualité, fortement minéralisées, ne sont pas utilisable en irrigation mais elles peuvent être utilisée sous des circonstances spéciales; le sol doit être perméable et le drainage doit être adéquat. Elles doivent être appliquées en excès pour fournir un lessivage considérable avec des espèces bien tolérantes aux sels.

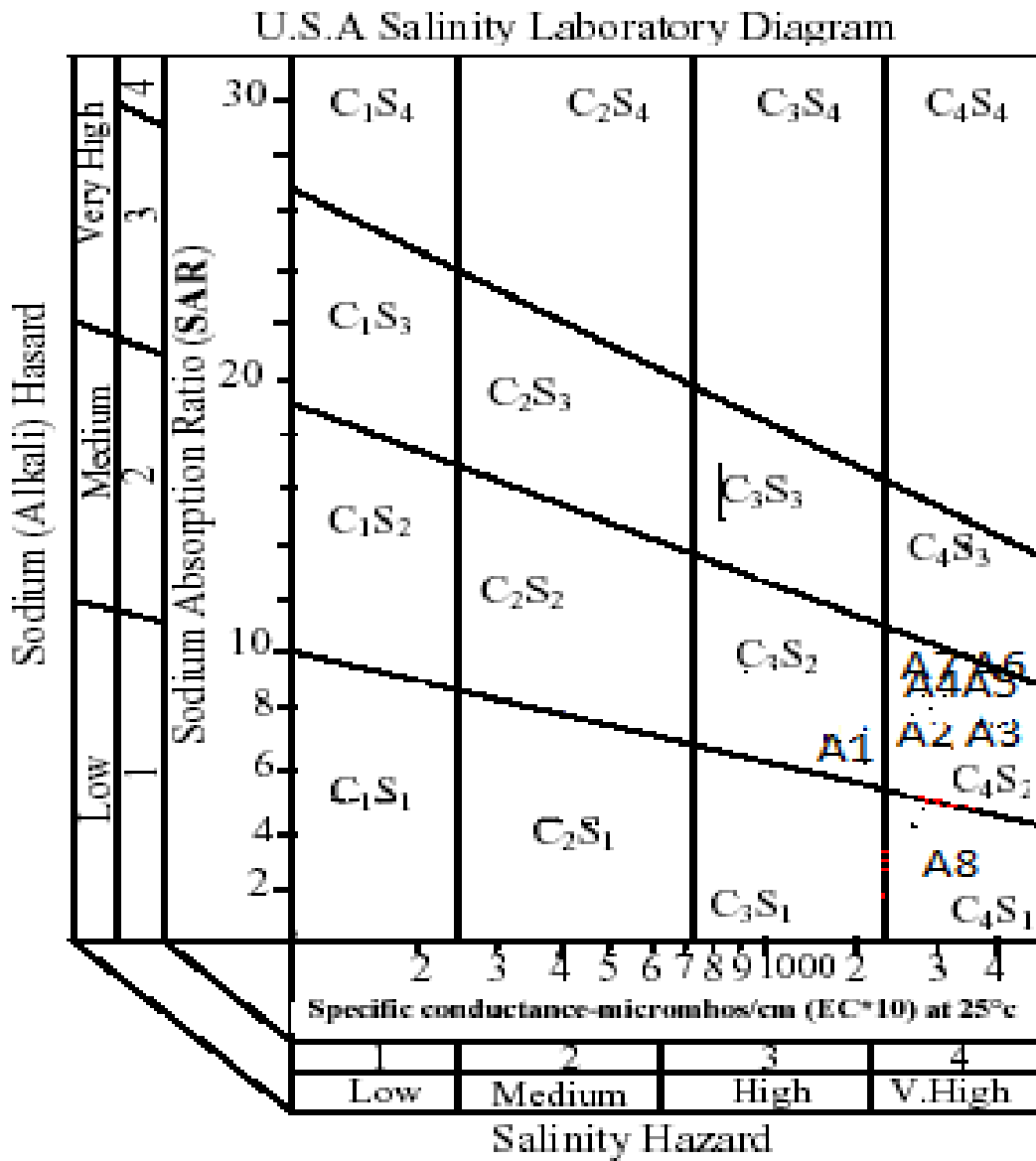


Figure 24. Représentation des eaux de barrage Foug El khanga sur le diagramme de Richards

conclusion

Conclusion

Le barrage de Foum El Khanga sur Oued Cherf se situe dans une région semi-aride caractérisée par un régime climatique très irrégulier, qui se traduit essentiellement par une forte évaporation et un apport d'eau précipité très limité, souvent orageux et violent. Ce climat engendre une irrégularité de l'écoulement de surface.

La qualité des eaux barrage de Foum El Khanga, pendant la période d'étude (2005 – 2012), peut être soumise au développement industriel et urbain et à l'utilisation massive de produits chimiques comme les pesticides, les engrais, les qualités naturelles de l'eau sont dégradées et l'écosystème aquatique perturbé, on parle de pollution de l'eau. Il existe plusieurs sortes de pollutions, très différentes les unes des autres par leur origine et par leurs conséquences. Une pollution organique a été historiquement la plus grave et la plus fréquente c'est une pollution due au rejet d'eaux d'égouts ou d'eaux riches en déchets provenant des industries.

Cette étude a été réalisée dans le but d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux barrage de Foum El Khanga selon les années (huit années) et en fonction des saisons (quatre saisons).

Au cours de notre étude réalisée de 2005 jusqu'à 2012, nos résultats ont montré que les concentrations en éléments suivants: **DCO, MO acide, sulfate, CE, L'oxygène dissous et les chlorures, MES**) sont souvent élevées par rapport aux normes requises, indiquant ainsi une pollution chimique et organique du cours d'eau.

Les résultats de l'analyse physico-chimique montrent que des eaux barrage de Foum El Khanga sont inaptes à la consommation et à l'irrigation, soit pour les années d'étude soit pour les saisons.

Pour éviter le déficit en eau d'ici à l'an 2025, il faut mobiliser le maximum des ressources superficielle et souterraine, cherchant de nouvelles ressources, lutter contre les pertes et améliorer la qualité des eaux disponibles.

Nous recommandons la nécessité de l'installation d'une station d'épuration afin de limiter la pollution progressive croissante des eaux de ce barrage.

L'augmentation des besoins en l'eau, des habitants de la région, dans les grandes catégories (industrie, agriculture, etc.) demande une gestion rationnelle de ce trésor par :

- L'aménagement de sous-bassin versant de ce barrage ;
- L'implantation d'une station d'épuration pour réduire de quantité de matières organiques ;
- La surélévation des barrages ;
- Le traitement des rejets industriels et urbains avant de rejeter dans le milieu naturel

Références

A

Abdelbaki C. (2010). Apport des systèmes d'information géologique dans l'environnement de la qualité des eaux souterraines, cas de la plaine de Meghia, wilaya de Tlemcen, Algérie. Recueil du séminaire. Les enjeux de la qualité dans le secteur de l'eau et de l'assainissement en Algérie, apport des techniques nucléaires. Tipaza.

ABH-C-S-M (2005). Agence de bassin hydrique Constantinois-Seybouse-Mellegue. Qualité des eaux superficielles dans le bassin hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue 1998-2003. 48 p.

ABH-C-S-M (2005). Agence de bassin hydrique Constantinois-Seybouse-Mellegue. Les cahiers de l'agence. Le bassin de la Medjerda-Mellegue. 28 p.

Achour S. (2001). Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles, thèse de doctorat d'état en sciences hydrauliques, Université de Tizi-Ouzou, 231 p.

Addad D. (2007). Qualité d'eau du barrage de Foug El Khanga sur oued cherf et sources de la pollution. Mémoire Magister. Univ. Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, 60 p

Amor Abda W. (2009). Etude physico-chimique et bactériologique des eaux d'un lac artificiel : cas du barrage de Zit-Emba (wilaya de Skikda). Mémoire de magister. Université 8 mai 1945 Guelma. 83 p.

Angelier E. (2001). Ecologie des eaux courantes. Tec & doc. Paris. P 11.

Angelier E. (2003). Ecologie des eaux courantes. Technique et documentation. Lavoisier, Paris. 199 P.

ANRH. (2012). Agence nationale de la ressource hydraulique

Athamnia DJ. (2002). Etude de la salinité et de l'envasement de barrage de Foug El Khanga sur Oued Cherf (SEDRATA – Souk Ahras) Mémoire Magister Univ Tebessa

B

Barry G.S. (1989). suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface rivière Nahr Ibrahim, Liban. Revue de science de l'eau. Volume : 20, 4 : 341-352.

Beauchamp J. (2004). Interprétez votre analyse d'eau, eau de rivières de Bretagne Lanveur 56100 Lorient doc net <http://assoc.orange.fr/erb/potable.htm>. p 4.

Beaudry, T. et Tardât H. (1984). Chimie des eaux. Les griffons. 1^{ière} édition, INC. Canada.

Beaux J.F. (1998). L'environnement ed Natahon Wathan . p 153.

Bliefert P. (2001). Chimie de l'environnement: air, eau, sol, déchets. De Boect, p 287

Bousnoubra H., Kherici N., Rousset C., Dib, A. & Sayad M. 2004. Mobilisation et gestion des ressources en eaux superficielles et souterraines dans l'extrême Nord-Est Algérien Fac Sci Unv Annaba, colloque international terre et eau Annaba 2004 pp 149-152.

Bremond R, et Vuichard R. (1973). Les paramètres de la qualité des eaux. La documentation française, paris, 173 p.

C

Celier J.L. & Faby J.A. 2002. La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Office national de l'eau SNIDE doc tec FNDAE doc net <http://www.fndae.fr/documentation/PDF/fndaehs12bis.pdf> p 98.

Chocat B. (1997). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, ED. Eurydis 92, France.

C.N.E.S 2000. Conseil National Economique et Social Avant-projet de rapport, l'eau en Algérie : le grand défi de demain p 100.

D

Debieche T.H. 2002. Evolution de la qualité des eaux (Salinité, Azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, thèse doctorat Sci de la terre Hydrogéologie et l'environnement. p 195.

Débordes A. (2001). Qualité dépollution et traitement des eaux de nappes qualité et gestion de l'eau, Fac, SCI, Amiens p 65.

Dégerment. (1989). Mémento technique de l'eau, 9^{ème} ED. Lavoisier, paris, tome 1,575-581.

Derwich E., Benaabidate L., Zain A., Sadki O.,Belghity D. (2010). Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec oued Fes. Larhyss journal 08 : 101-112.

Désiré D., Pierre A., Joseph K., Sylvère N. K. (2008). Coagulation and locculation of laterite suspensions with low levels of aluminium chloride and polyacrylamids. Chemical Engineering and Processing 47 (2008) 1509–1519

Dupont A. (1981). hydraulique urbaine : hydrologie-captage et traitement des eaux, ED. Ayrolles, tome I.

E

Edeline M. F. (1992). Epuration physico-chimique des eaux, 2^{ème} édition, ED. CEBEDOC, France.

El Blidi S., Fekhaoui M., Serghini A., et El Abidi A. (2006). Rizières de la plaine du Gharb (Maroc) : qualité des eaux superficielles et profondes. Bulletin de l'institut scientifique, rabat, section de la vie. 28 : 55-60.

F

FAO. (2003). L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau régional pour le proche orient et l'Afrique du nord. Caire Egypte. 68 p.

Faurie C., Ferra C. (2003). Ecologie approche scientifique et pratique. 5^{ème} édition. Tec & doc, paris. P 195-303.

G

Gacem Y. & Iddou Ack. (2005). Pollution et moyens de traitement des nappes d'eau souterraine . Uni Saida de l'eau pour le développement durable dans le bassin méditerranéen Alger pp 353-361.

Gastony G. (1985). Principes et méthodes de l'hydrogéologie ed DUNOD Université p 236.

Graxlaude G. (1999). L'eau tome i milieu naturel et maitrise Edition INRA 75338 paris cedex 07.p204

H

Hakmi A. (2002). Traitement des eaux analyse de l'eau de source Bousfer Oran. Mémoire de magister. Université des sciences et de la technologie Oran. 71 p.

Houhamdi M, Mebarki C., Abbaci S. 2002. Qualité microbiologique et physicochimique des eaux des puits et de sources de la région d'Oum El Bouaghi, Colloque International terre et eau. Annaba pp 354-357

K

Khelif S. (2010). Etude de l'effet des effluents urbains sur le sol cultive en zone semi-aride. Mémoire de magister. Université hadj Lakhdar, Batna. 67p.

Kahoul M., Benarbia W., Alioua A. & Semadi F. (2003). Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées déversant dans deux plages de l'agglomération d'Annaba Rezgui Rachid (ex saint cloud) et Rizi Amor (ex: Chappuis) pp 533-536.

L

Lazergui A; Boughedaoui M. (1987). Etude de la Substitution de l'asp6 par la Silice activée et la Bentonite Dans le traitement des eaux du Barrage Ghrib, Mémoire D'ingénieur en Genie de L'environnement, E.N.P, Alger.

Loroux N. (1991). L'homme et son environnement collection les soins infirmiers les ED En A.P Alger p. 109.

M

Marcoen J. M. (1983). Cours d'hydrochimie, faculté des sciences agronomiques de l'Etat de Gembloux, Belgique.

Merzoug .S.D. (2009). Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda). Mémoire Magistre. Université 08 mai 1945 de Guelma. 115p.

Moffat A.S. (1998). Global nitrogen overload problem grows critical Science. 279: 988-989.

Monique H. (1991). Les eaux naturelles et les eaux de consommation saint Laurent.

N

N'guessan Y. M (2008). Dynamique des éléments traces dans les eaux de surfaces des Bassins versants agricoles de Gascogne. Thèse de doctorat. Université de Toulouse l'institut national polytechnique. 149 p.

O

O.M.S. (2004). Organisation mondial de la santé. Guidelines for drinking-water quality, vol. 1, Recommendations, 3rd ED. world Health Organization, Geneva.

P

Potenlon J. et Zysman k. (1998): guide des analyses de l'eau potable, ED. «La lettre du cadre territoriale ». S.E.R.T.dossier d'expert, France.

R

Ramade F. (1993). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. science international, Paris. P 61-822 p.

Ramade F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions, ed edisciences international Paris 690 p.

Ramade F. (2002). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2eme édition. Dunod. Paris. P 240.

Rejsek F. (2002). Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. Scérén TEC &DOC. CRDP aquitaine. 358 p.

Rodier J. (1996). Analyse de l'eau, eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. Chimie physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats 8^{ème} ED DUNOD Paris, France pp 44-1071.

Rodier J., Bernard L., Nicole M., et coll. (2009). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 9^{ème} édition. DUNOD Paris, 1383p.

Rouyer J.L. (2005). Quelles énergies pour le pompage de l'eau, Electricité de France. Congrès International : de l'eau pour le développement durable dans le bassin méditerranéen Alger p 518.

S

Sadani M. (2005). Impact des ressources de pollution sur la qualité des ressources en eau en milieu aride: Cas du bassin versant du lac de barrage Mansour Eddahbi Thèse Doctorat Univ cadiayyad Marrakech Maroc. p 175.

Samake H. (2002). Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S.des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de docteur en pharmacie. Université de Bamako. 77p.

Savary P. (2001). Guide des analyses de la qualité de l'eau Ed Dossier d'experts technique .pp 25-

Sayad L. (2008). Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'écosystème lacustre lac des oiseaux (wilaya de taraf). Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 125 p.

T

Tarits, C., Benoit, M. Corolf, M., Rechauld, J.P., Rold, J., Thonon, P. Tisseau, C. & Wirtz B. (2002). Géologie de l'environnement Ed DUNOD p 198.

Tardât-henry M; Beaudry J. (1984). Chimie des eaux, Ed. Le griffon d'argile, INC, Québec.

V

Vila J.M. (1973). La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens , Thèse doctorat Es-Sc Nat Pris VI p 665

Annexes

L'annexe 1 : les normes des paramètres la qualité d'eau

Tableau 1. Paramètres organoleptiques

Paramètres organoleptiques			
N°	Paramètres	Unités	Valeurs
1	Couleur	mg/l p _v /Co	15
2	Turbidité	FTU	2
3	Odeur	Taux de dilution	2 à 12 C° 2 à 12 C° 3 à 25 C°
4	Saveur	Taux de dilution	2 à 12 C° 3 à 25 C° 3 à 25 C°

(Source : Rejsek, 2002).

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques

Paramètres physico-chimiques			
N°	Paramètres	Unités	Valeurs
5	T°	C°	25
6	PH	Unité PH	6.5-9
7	Conductivité	µs/cm à 20°C	400
8	Chlorures	mg/l	200
9	Sulfate	//	250
10	Mg ⁺²	//	50
11	Na ⁺	//	150
12	K ⁺	//	12
13	Al ⁺³	//	0.2
14	Dureté total	F°	> 15 pour l'eau adoucie
	Alcalinité	F°	> 2,5 pour l'eau adoucie
15	Résidus sec	mg/l à 180°C	1500
16	Oxygène dissous	% saturation	> 75%
17	CO ₂ libre	mg/l	Pas agressif

(Source : Rejsek, 2002 et OMS, 2004)

Tableau 3. Paramètres indésirables

Paramètres physico-chimiques			
N°	Paramètres	Unités	Valeurs
18	Nitrate	mg/l	50
19	Nitrite	mg/l	0.1
20	Ammonium	mg/l	0.5
21	Azote kjeldahl	mg/l	1
22	Fer	µg/l	200
23	Mn	µg/l	50
24	Cu	mg/l	1
25	P	mg/l de P ₂ O ₅	5
26	Zn	mg/l	5
27	MES	mg/l	Absence

(Source : Rejsek, 2002 et OMS, 2004).

Tableau 4. Paramètres concernant les substances toxiques:

Paramètres toxiques			
N°	Paramètres	Unités	Valeurs
28	Arsenic	µg/l	50
29	Cd	µg/l	5
30	Chrome	µg/l	50
31	Mercure	µg/l	1
32	Nickel	µg/l	50
33	Plomb	µg/l	50
34	HPA (hydrocarbures polycycliques aromatique) *total	µg/l	0.2

(Source : Rejsek, 2002 et OMS, 2004).

Tableau 5. Paramètres microbiologique

Paramètres microbiologiques			
N°	Paramètres	Unités	Valeurs
35	Coliformes totaux	Dans 100ml	0 dans 95% d'échantillons
36	Coliformes Thermo tolérantes	Dans 100ml	0
37	Streptocoque Fécaux	Dans 100ml	0
38	Clostridium sulfito-réducteurs	Dans 20ml	0
39	Germes totaux pour les eaux conditionnées	Dans 1ml	20 à 37°C 100 à 22°C

(Source : Rejsek, 2002).

Tableau 6: pesticides et apparentés :

Pesticides			
N°	Paramètres	Unités	Valeurs
40	Insecticides organochlorés, organophosphorés, herbicides, fongicides, ...	µg/l	0.1 0.03 0.01
	a) Par substance individualisée, sauf *aldrine et dieldrine * hexa chlorobenzène		
	b) Pour le total des substances mesurées	µg/l	0.5

(Source : Rejsek, 2002).

Tableau 7 : valeurs guides de l'agence nationale des ressources hydrauliques (norme Algérienne).

Paramètres physico-chimiques				
N°	Paramètres	Unités	Bonne valeurs	Mauvais Valeurs
1	PH	Unité PH	6.5 - 8	5 à 9
2	O2	%	90 - 50	30 à 10
3	NH4	mg/l	0 - 0.01	0.1 - 3
4	NO2	mg/l	0 - 0.01	0.1 - 3
5	NO3	mg/l	0 - 10	20 - 40
6	PO4	mg/l	0 - 0.01	0.1 – 3
7	DB05	mg/l	5	10 – 15
8	DCO	mg/l	20	40 – 50
9	M.O (matière organique)	mg/l	5	10 – 15
10	R.S (résidus sec)	mg/l	300 - 1000	1200 - 1600

(Source : l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H, 2005)

Annexe -2- La pluviométrie de la période étalée sur 10 ans (1996/2006)

Année	Sep	oct	Nov	dec	jan	Fév	Mar	avr	Mai	juin	jui	aou	Tot	Moy
96/97	19,5	11,4	7,9	27	47,3	8,3	20,5	18,5	19,8	21,7	15,05	8,6	225,55	18,80
97/98	64,6	76	125,4	45,4	8,8	29,3	37,7	37	57	12	0	26,5	519,70	43,31
98/99	80	11,7	97,5	28	34,7	10,7	49,5	13,5	15	12,4	1,5	3	357,50	29,79
99/00	50,5	7,7	28,1	42,2	7,8	3,4	11,7	21,3	89,3	24,3	0	19,3	305,60	25,47
00/01	12,1	37,2	6,2	28,6	8,6	0,4	13,6	37,2	34,2	0	0	0	178,10	14,84
01/02	44,1	36,6	26,6	6,7	25,1	35,7	16,7	36,8	8	24,2	25,1	30,5	316,10	26,34
02/03	3,3	12,8	95,7	59	176,4	42,1	14,8	114,1	28,3	15,8	0	0	562,30	46,86
03/04	14,7	63,2	12,3	161,1	40,5	12,2	61,3	25,4	102,7	104,1	0	15,7	613,20	51,10
04/05	18,9	12,4	157,6	140,1	33,1	24,3	10,4	11,9	0,6	2	0	0,4	411,70	34,31
05/06	18,3	24,2	4,5	58,1	56,6	36,2	26,9	15,4	37,5	0	0	10,3	288,00	24,00
Total	945,90	783,30	1173,71	1254,10	1172,80	934,40	1044,60	1011,90	1145,43	523,55	251,55	312,00		
Moy	29,56	24,48	36,68	39,19	36,65	29,20	32,64	31,62	35,79	16,36	7,86	9,75		

Annexe -3- Les moyennes de températures de la période étalée sur 10 ans(1975/1976 à 2005/06)

année	sep	oct	nov	dec	Jan	fév	mar	avr	mai	juin	jui	aou	tot	moy
96/97	19,3	17,8	12,6	9,8	8,9	9,4	9,3	11,4	19,3	24,5	25,3	24,8	192,40	16,03
97/98	20,7	17,2	11,8	8,8	7,5	8,5	9,6	13,5	15,9	23,3	25,9	24,7	187,40	15,62
98/99	22,2	15,3	10,7	7,1	7,2	5,8	10,5	13,3	20,6	24,2	25,1	28,7	190,70	15,89
99/00	23,7	19,8	11,4	8,3	5,4	8,7	11,5	14,4	19,9	22	26,6	26,6	198,30	16,53
00/01	22,2	16,2	13,1	9,8	8,5	7,6	14	12,1	17	22,7	26,7	26,4	196,30	16,36
01/02	21,7	20,3	11,9	7,3	6,7	8,9	11,3	13,6	18,1	24,2	25,4	24,8	194,20	16,18
02/03	21,1	17,8	12,5	9,4	7,3	6,5	10,1	13,9	18	25,2	28,5	28	198,30	16,53
03/04	21,3	18,8	12,6	7,5	7,6	9,8	10,7	12,2	15,4	21,5	26,1	26,8	190,30	15,86
04/05	21,5	19,7	10,6	8,5	5,6	5,2	10,7	13,7	19,1	23,1	26,1	24	187,80	15,65
05/06	20,6	17,6	12	6,5	4,6	6,3	10,8	15,1	19,5	24	26,2	24,2	187,40	15,62
Total	670,80	534,00	340,20	219,60	186,80	217,10	311,70	379,40	510,20	726,30	843,90	828,30		
Moy	20,96	16,69	10,63	6,86	5,84	6,78	9,74	11,86	15,94	22,70	26,37	25,88		

Annexe 4. Corrélations entre les différentes paires de caractères mesurées sur les eaux du barrage de foug el khanga

	ALC	Ca	Cl	Cond	DCO	HCO3		
K MES105								
Ca	0,348							
Cl	-0,053	0,490						
Cond	0,130	0,672	0,818					
DCO	0,043	0,352	0,286	0,353				
HCO3	0,372	-0,281	-0,496	-0,466	0,084			
K	-0,088	0,117	0,158	0,111	-0,052	-0,120		
MES105	0,165	0,026	-0,068	-0,002	-0,067	0,118		
Mg	0,099	0,365	0,373	0,378	-0,032	-0,123		
MOAcide	0,221	0,384	0,464	0,402	0,496	-0,134		
Na	-0,133	0,018	0,200	0,216	0,304	-0,146		
NH4	0,029	0,076	0,026	-0,048	-0,220	-0,022		
NO2	0,165	-0,102	-0,279	-0,150	0,091	0,071		
NO3	0,340	-0,061	-0,553	-0,417	-0,026	0,205		
Ph	0,357	0,355	0,274	0,254	0,336	0,165		
PO4	0,116	0,154	0,167	0,218	0,335	0,074		
Rs105	0,118	0,641	0,745	0,943	0,270	-0,426		
saturat	-0,068	-0,195	-0,485	-0,435	0,199	0,319		
SO4	0,231	0,499	0,424	0,570	0,189	-0,425		
T	-0,116	0,085	0,091	0,118	-0,024	-0,423		
Turb	0,201	0,058	-0,002	-0,191	0,248	0,178		
	Mg	MOAcide	Na	NH4	NO2	NO3	Ph	PO4
MOAcide	0,054							
Na	-0,053	0,062						
NH4	0,138	0,015	-0,036					

NO2	-0,058	0,161	-0,096	-0,060				
NO3	-0,200	-0,045	-0,112	-0,104	0,550			
Ph	0,149	0,602	-0,114	-0,242	0,168	0,213		
PO4	0,081	0,269	0,543	-0,120	0,323	0,095	0,237	
Rs105	0,331	0,335	0,162	0,054	-0,244	-0,497	0,152	0,202
saturat	-0,428	0,026	0,139	-0,262	0,430	0,499	0,168	0,127
SO4	0,424	0,129	0,132	0,231	-0,023	0,014	0,104	0,030
T	0,216	0,097	0,058	-0,230	0,090	-0,001	-0,060	-0,252
Turb	-0,308	0,272	0,003	-0,068	0,068	0,300	0,322	0,032
105 urat								
saturat	-0,458							
SO4	0,515	-0,343						
T	0,064	0,101	0,199					
b	-0,270	0,259	-0,092	-0,237				

Annexe 5. Corrélations entre les variables mesurées et les axes principaux de l'analyse en composantes principales

	CP1	CP2
Ca	0,31	0,225
Cl	0,401	-0,015
Cond	0,426	0,084
DCO	0,126	0,305
MES105	-0,031	0,391
Mg	0,239	0,066
NO3	-0,269	0,341
Ph	0,087	0,396
PO4	0,063	0,404
Rs105	0,418	0,045
saturat	-0,284	0,263
SO4	0,283	0,108

Annexe 6. Coordonnées des individus sur les axes principaux de l'analyse en composantes principales.

	CP1	CP2
2005	-0,355	-0,015
2006	-0,355	0,032
2007	-0,347	0,91
2008	-0,354	-0,151
2009	-0,355	-0,135
2010	-0,354	-0,196
2011	-0,354	-0,218
2012	-0,354	-0,209

Annexe 7: Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation.

Paramètre	Unités	Normes
Température	°C	30
pH	Unité pH	6.5 – 8.5
Conductivité	µs/cm	3000
DBO ₅	mg/l	30
DCO	mg/l	40
MES	mg/l	70
Phosphates	mg/l	1
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	1
Azote totale	mg/l	50
Ammonium	mg/l	2

Annexe8: Normes de l'agence de l'eau Algérienne.

Classe de qualité	Unité	excellente	Bonne	passable	médiocre	Pollution excessive
DBO ₅	Mg/l	<3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	25
DCO	Mg/l	<20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	80
MO	Mg/l	3	5	8	10	10
PO ₃ ⁻	Mg/l	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	2
NO ₂ ⁻	Mg/l	<0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 1	1 à 2	2
N0 ₃ ⁻	Mg/l	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	80
NH ₄ ⁺	Mg/l	<0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	8
O2dissous	%	90	70 à 90	50 à 70	<50	0
Ce	µs/cm	<2500	2500 à 3000	3000 à 3500	4000	4000
turbidité	NTU	2	2 à 35	35 à 70	70 à 105	105