

**FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES APPLIQUEES
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL**

**MEMOIRE PREPARER POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME
DE MASTER EN HYDRAULIQUE**

**OPTION
*Hydrotechnique***

THEME

***Contribution a la Cartographie de la qualité phisico-
chimique de Sahel Soummam. Wilaya de Bouira.***

Présentée par : BELABBAS Sabrina

Encadré par : DJAFER KHODJA Hakim

Co- Encadré par : BALOUL Djouhra

Soutenu le 23/09/2017

Devant le jury:

Président : Khaldi.R

Examineur : ABED.M

Invité : NOUEL . M.

ملخص

بهدف إجراء دراسة نموذجية لتقييم ووضع خرائط خاصة بنوعية الماء للأنظمة المائية لسهل الصومام ,قمنا بأخذ عينات من سبعة و خمسين موضع,موزعة على كافة أرجاء المنطقة,و قمنا بتحليل سبعة عشرة متغير فيزيوكيميائي أظهرت النتائج بان المعطيات أدت إلى التعرف على عدة متغيرات منها (الكدورة ,التلوث) راجحة للحكم على نوعية الماء للمواقع التي أخضعت للدراسة

الكلمات المفتاحية:

نوعية الماء,تلوث الماء,مرشد بيولوجي,علم الخرائط,المناطق الرطبة

RESUME :

Bans le but de dresser une typologie, d'évaluer et de cartographier la qualité de l'eau des hydrosystemes de Sahel Soumma, de la Wilaya de Bouira, nous avons échantillonné cinquante Sept sites, repartis dans toute la région et analysé Dix Sept variables physico-chimiques.

Les résultats montrent que les données identifient differents variables (turbidité , pollution...etc) Comme prépondérant pour juger la qualité de l'eau des sites étudiés.

Mots clés :

Qualité de l'eau, pollution de l'eau, bioindicateur, cartographie, zone humide.

ABSTRACT :

With the aim of elaborating a typology, estimating and mapping up the quality of the water of the hydrosystems of “Sahel Soummam” country of Bouira, we sampled fifty seven sites, spread all over the region and analyzed seventeen physico-chemical variables.

The results show that the data identify different variables (turbidity and pollution...etc) as dominating factors to judge the quality of the water of the studied sites.

Keywords :

Water quality ; water pollution ; bioindicator ; cartography wetlands.

REMERCIEMENTS

À l'issu de cette étude, Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

Ma reconnaissance va plus particulièrement à :

Mon promoteur M^{onsieur} H.Djafer Khoudja pour sa contribution à l'élaboration de ce mémoire.

Ma co-promotrice M^{em} Balloul pour ses orientations et son soutien.

M^{onsieur} M.Z.A.Noual pour ses directives et ses conseils.

À toute l'équipe de l'ONA .

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail

S.BELABBAS

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

- *A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard;*
- *A mes frères : Khaled. Marouane et Hocine;*
- *A mes sœurs : Lila et Sihem ;*
- *A toute la famille BELABBAS;*
- *A toute la famille Bouderbala;*
- *A mon amie préférée Mimi*
- *A mon adorable Chamso*
- *A mes amis de l'ONA et en particuliers : Sara. Kahina. Hassiba*

Belabbas sabrina

Liste des figures

Figure N° :	Page
<i>Figure N°1</i> Couche d'information	09
<i>Figure N°2</i> Séparation des espaces	09
<i>Figure N°3</i> Principaux domaines d'utilisation des SIG	12
<i>Figure N°4</i> : Délimitation du bassin versant	16
<i>Figure N°5</i> : Coupe transversale d'un bassin versant.....	17
<i>Figure N°6</i> : Les trois types de bassins versants	17
<i>Figure N°6</i> pollution affecter les milieux aquatiques	29
<i>Figure N°7</i> : sources de pollution des eaux.....	31
<i>Figure N°8</i> : Plan de situation de la région d'étud.....	36
<i>Figure N°9</i> : Couche des Principaux oueds	43
<i>Figure N°10</i> : variation de la conductivité et de la teneur en TDS entre les sites étudiés.....	48
<i>Figure N°11</i> : variation de pH,TH , TH calcique, TH Magnésium et de TAC entre les sites étudiés.....	50
<i>Figure N°12</i> : variation de la teneur en Sulfate, en chlorure, en Nitrates, en Nitrites et en Phosphates entre les sites étudiés.....	52
<i>Figure N°13</i> : variation de la Turbidité et MES entre les sites étudiés.....	54
<i>Figure N°14</i> : variation de la teneur de la DBO5 et DCO entre les sites étudiés	56
<i>Figure N°15</i> : carte représente la qualité des cours d'eau de Sahel Soummam	58
<i>Figure N°16</i> : carte représentative de la qualité de cours d'eau qui traverse la commune d'Ain Laloui.....	59

Liste des tableaux

N° du tableau :	page
<i>Tableau IV.1</i> : Caractéristiques morphologiques des sites d'étude :.....	41
<i>Tableau V.2</i> : Plage de mesure en mg/l	42
<i>Tableau VI.3</i> : liste des abréviations.....	43
<i>Tableau VI.5</i> : coefficient de biodégradabilité	55

Sommaire

Introduction	1
CHAPITRE I	
I. Système d'information géographique :	3
I.1 Genèse des Systèmes d'Information Géographique (SIG) :	3
I.2 Qu'est ce que l'information géographique ?	4
I.3 Les cartes papier :	4
I.3.1 Avantages et inconvénients des cartes papier :	4
1.3.1.1 Avantages :	4
1.3.1.2 Inconvénients :	5
I.4 Les SIG comme technologie d'intégration :	5
I.5 Les composantes d'un SIG :	6
I.5.1 Matériel :	6
I.5.2 Logiciel :	6
I.5.3 Données :	6
I.5.4 Personnes :	6
I.5.5 Méthodes :	6
I.6 Les sous-systèmes d'un SIG :	7
I.6.1 L'entrée des données :	7
I.6.2 Le stockage et gestion des données :	7
I.6.3 La manipulation et l'analyse des données :	7
I.6.4 Le sous-système graphique :	7
I.7 Représentation du monde dans les SIG :	8
I.7.1 Simplification de la complexité du monde réel :	8
I.7.2 Exploration d'emplacements spécifiques	8
I.8 Les domaines d'applications des SIG :	9
I.9 Question et stratégie de mise en œuvre :	10
I.9.1 Matériel :	10
I.9.2 Logiciel :	1
I.9.3 Données :	10

I.9.4 Applications :	11
I.9.5 Mapinfo :	11
I.10 Données cartographiées au GPS :	11
I.10.1 Principaux domaines d'utilisation des SIG :	12

CHAPITRE II

II. Les zones humides et les hydrosystèmes :	13
II.1 Les zones humides :	13
II.1.1 Qu'est-ce qu'une zone humide ?	13
II.1.2 Pourquoi conserver les zones humides ?	13
II.1.3 Valeurs des zones humides :	14
II.1.4 Les zones humides en Algérie :	1
II.2 Notions d'écosystème :	14
II.2.1 Qu'est-ce qu'un écosystème ?	14
II.2.2 L'importance d'un écosystème aquatique sain :	15
II.3 Les hydrosystèmes :	15
II.4 Caractéristiques géomorphologique de bassin versant :	16
II.4.1 Définition du bassin versant	16
II.4.2 Morphométrie :	18
II.4.2.1. La surface :	18
II.4.2.2 Le périmètre :	18
II.4.2.3 La forme :	18
II.5. Le réseau d'écoulement :	18
II.6 Importance de l'eau en Algérie :	19
II.6.1 Préambule :	19
II.6.2 Ressources hydriques en Algérie du Nord :	19

CHAPITRE III

III. Qualité de l'eau :	20
III.1 Que veut-on dire par qualité de l'eau ?	20
III.1.1 Etymologie :	20
III.1.2 Typologie :	2
III.2 Les principaux facteurs qui influent sur la qualité de l'eau :	20
III.2.1 les précipitations et les eaux qui s'écoulent par ruissellement sur les terres adjacentes :	20
III.2.2. Le type de sol et les formations géologiques :	21

III.2.3 Des processus biologiques, physiques et chimiques dans l'eau ;.....	21
III.2.4 Des activités humaines dans la région.....	21
III.3 Comment détermine-t-on la qualité de l'eau ?	21
III.4 La qualité des cours d'eau :.....	22
III.4.1 Les paramètres physico-chimiques :.....	22
III.4.2 Les paramètres biologiques :	22
III.5 Substances nuisant à la qualité de l'eau :.....	22
III.5.1 Les substances non rémanentes (dégradables) :	22
III.5.2 Les substances rémanentes (dégradation lente) :.....	22
III.6 Les paramètres d'évaluation de la qualité de l'eau :.....	23
III.6.1 Les paramètres organoleptiques :	23
III.6.2 Les paramètres physico-chimiques :.....	23
III.6.3 Les substances indésirables :.....	23
III.6.4 Les substances toxiques :.....	23
III.6.5 Les paramètres microbiologiques :.....	23
III.6.6 Les pesticides et produits apparentés :.....	24
III.7 Signification et les limites de quelques paramètres physico-chimiques et biologiques :	24
III.8 Les polluants :.....	26
III.9 Les difficultés d'estimer l'état de pollution d'un cours d'eau :.....	30
III.10 Les origines de la pollution de l'eau :.....	32
III.10.1 Les pollutions naturelles :.....	32
III.10.2 Les pollutions agricoles :	33
III.10.3 Les pollutions industrielles :.....	33
III.10.4 L'eutrophisation est une forme de pollution :.....	34
CHAPITRE IV	
IV. Présentation des sites d'étude :.....	35
IV.1 Choix et description des sites d'étude :.....	35
IV.2 Données naturelles des sites :.....	35
IV.2.1 Situation géographique des sites :	35
IV.2.2 Situation démographique et superficie :.....	36
IV.2.3 Le relief :.....	36
IV.2.4 Cadre géologique et hydrogéologique :.....	38
IV.2.4.1. Géologie locale :.....	38

IV.2.4.2. Hydrogéologie.....	39
IV.2.5 Situation climatique	40
IV.6 Caractéristiques du bassin versant :	40
IV.6.1 Paramètres géométriques des sites d'étude	40
CHAPITRE V	
V. Matériel et méthodes d'analyses :.....	44
Introduction	44
V.1 Les mesures effectuées sur terrain :.....	44
V.2 Les mesures effectuées au niveau de laboratoire :.....	46
CHAPITRE VI	
VI. Résultats et discussions :.....	57
VI.1 Le mode graphique :	58
VI.1.1 Conductivité, TDS :	58
VI.1.2 pH, TH, Calcium, Magnésium et TAC :	60
VI.1.3 Sulfates (SO_4^{2-}): Chlorure (Cl^-), Nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-), Orthophosphates (P-PO_4^{2-}) et (NH_4^{3+}):	62
VI.1.4 Turbidité et MES:.....	64
VI.1.5 DBO ₅ et DCO :.....	65
VI.2 Le mode Cartographie :.....	68
CONCLUSION	71
Références bibliographiques.....	72
Annexes.....	75

Introduction générale

La terre est appelée « la planète bleu » car l'eau recouvre 71% de sa surface, l'eau douce n'en recouvre qu'une partie infime, tel que 70% de l'eau douce est retenues sous forme de neige ou de glaciers sur les montagnes, 29.7% sont des eaux souterraines, contenues dans des nappes aquifères, 0.5% forme des eaux de surface.

En Algérie Les écoulements en eau représentent 12,4 milliards de m³ y sont caractérisés par une irrégularité saisonnière et interannuelle importante et par une violence et une rapidité des crues.

La Wilaya de Bouira, située dans la région Nord Centre de l'Algérie, de par son climat et son relief, est riche en hydrosystèmes mais ces ressources en eau, à moins d'une utilisation rationnelle, risquent d'être perdues à jamais pour les générations à venir.

Dans ce sens, nous avons essayé d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau des hydrosystèmes de « Sahel Soummam » de la Wilaya de Bouira, pour pouvoir déterminer les situations actuelles des cours d'eaux présentées et cibler toutes influence sur le changement de ces caractéristiques d'une région a une autre, dans le but de contribuer a l'amélioration de ses sources naturelles pour les rendent utilisables dans différents domaines.

En intégrant dans notre étude l'outil SIG pour mieux maîtriser la gestion des données, les Systèmes d'Information Géographique sont une préoccupation qui revient fréquemment dans les interrogations reçues par les services de documentation spécialisés ou les services des universités. C'est un thème récurrent également dans les médias. C'est aussi un sujet au cœur des processus de modernisation des administrations publiques et un thème d'actualité en raison des différents débats en cours sur l'accès pour tous aux données publiques gérées dans les bases de données.

Ce mémoire est structuré selon le plan suivant : après une brève introduction, nous abordons dans le premier chapitre, les Systèmes l'Information Géographique et ses domaines d'application. Le second chapitre présente les notions de base sur les zones humides. Le troisième chapitre souligne de l'eau et décrit la qualité de l'eau. Le quatrième chapitre décrit les sites d'échantillonnés alors que le cinquième chapitre cite le matériel et les méthodes utilisés et le dernier chapitre présente les résultats et la discussion.

I. Système d'information géographique :

I.1 Genèse des Systèmes d'Information Géographique (SIG) :

La première application informatique à la cartographie remonte aux années 60, à l'époque des cartes perforées. Ce sont les canadiens qui, les premiers, ont ressenti la nécessité de gérer de manière automatique les informations, essentiellement agricoles et géologiques, disponibles sur leur vaste territoire. Deux ans plus tard, le gouvernement canadien a donné son accord au développement de ce qui sera appelé plus tard le Système d'Information Géographique du Canada (Canada Geographic Information System CGIS). IBM Canada été chargé de développer les logiciels et de fournir le matériel nécessaire en collaboration avec les services de l'agriculture et de la forêt de l'Etat.

La période 1960-1980 a été une période de recherche ou d'incubation des SIG et à partir des années 80 a débuté la phase de développement. La recherche développement des SIG est laissée aux soins des sociétés privées qui exploitent les résultats des universitaires. Les premières applications SIG prêtes à l'emploi, équivalent cartographique des Systèmes de Gestion des Bases des Données - SGBD, ou SIG-outils apparaissent sur un marché largement dominé par les grandes administrations. Enfin, depuis la fin des années 80, on peut considérer que les SIG sont entrés dans l'ère de la commercialisation. En plus des logiciels, les périphériques, tables à digitaliser, scanners, imprimantes en couleur, se sont démocratisés et permettent maintenant de maîtriser l'intégralité de la chaîne graphique pour un coût raisonnable [1].

A l'heure actuelle, il y a plusieurs, concepts d'information géographique. Dans l'espace francophone, on a en effet préféré se démarquer du terme anglo-saxon GIS (Geographic Information System) en proposant ses propres appellations, relativement équivalentes, pour des raisons techniques ou commerciales :

- ✓ Système d'Information et d'Aide à la Décision (SIAD),
- ✓ Système d'Aide à la Décision spatiale (SADS),
- ✓ Système de géomanagement,
- ✓ Système d'Information sur le Territoire (SIT) [1].
- ✓ Système d'Information Environnementale à Référence Spatiale (SIERS),
- ✓ Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS),

I.2 Qu'est ce que l'information géographique ?

Elle concerne l'information sur les lieux de la surface terrestre, la connaissance de la localisation d'événements et la connaissance de ce qui est à un emplacement donné. Les sources d'information géographique sont les cartes, le cadastre, les photographies aériennes, les tableaux des données statistiques liés aux découpages administratifs etc ... Plus généralement, tout type de données qui peuvent être lié à un emplacement tels que adresse, code postal, nom de place ou de ville, des coordonnées géographiques (par exemple. La latitude, la longitude, etc.), sont des informations géographiques.

L'information géographique est importante pour les différents acteurs de la société, tels que les hommes politiques qui souhaitent avoir une analyse des données sociales de la population, les militaires qui veulent déployer leurs équipements, un livreur qui s'intéresse à l'itinéraire le plus court pour livrer les meubles aux clients, un commerçant qui veut savoir où il doit placer son prochain magasin pour assurer un bon niveau de vente, un pompier qui veut savoir où se placer pour éteindre le feu provenant d'une direction donnée [1].

I.3 Les cartes papier :

Les cartes papier sont les supports traditionnels de l'information géographique. Jusqu'à récemment, les cartes étaient la seule manière de stocker et représenter des informations sur l'espace géographique. Les plus communes sont celles dont l'objectif principal est de décrire les caractéristiques physiques des paysages : **cours d'eau**, relief, routes, forêts et zones urbaines. Ce sont des cartes topographiques.

D'autres types de cartes sont nécessaires pour représenter des informations spécifiques sur l'espace. Ces informations ne sont pas toujours physiquement visibles : densité de population, nature du sol, géologie, climat, aire d'influence d'un marché, flux d'informations, propagation dans l'espace d'une maladie. Ce sont des cartes thématiques.

I.3.1 Avantages et inconvénients des cartes papier :

1.3.1.1 Avantages :

- ✓ Les cartes fournissent une vue synoptique de l'espace (spatialisation des phénomènes);
- ✓ Les cartes révèlent la structure spatiale des phénomènes et la position relative des objets dans l'espace (voisinage, proximité/éloignement, type de contact latéral);
- ✓ Les cartes sont un outil de prévision et d'aide à la décision (urbanisme, gestion des risques);

1.3.1.2 Inconvénients :

- ✓ La production des cartes est un processus long et coûteux qui rallongent leur mise à jour;
- ✓ La lisibilité des cartes exige en général de simplifier l'information originale et de représenter celle-ci par des symboles (d'où une perte d'information);
- ✓ Les cartes sont des documents fixes : la sélection et l'extraction des informations qu'elles contiennent sont des opérations difficiles.
- ✓ L'analyse quantitative est presque impossible pour effectuer des mesures de distance/surface, des dénombrements, etc., ainsi que la comparaison des cartes par croisement d'information

I.4 Les SIG comme technologie d'intégration :

La démocratisation de l'informatique, le développement des techniques numériques de collecte, de gestion et de dissémination des données, combinés avec l'application de nouveaux besoins en information pour l'aménagement du territoire, la protection de l'environnement ont contribué à l'émergence des SIG. Le concept de SIG a évolué en incorporant progressivement un certain nombre de technologies en une totalité dont les potentialités sont plus importantes que la somme de ses parties :

- ✓ Conception assistée par ordinateur (CAO);
- ✓ Système de gestion de base de données (SGBD);
- ✓ Télédétection et traitement d'images;
- ✓ Méthodes d'analyse spatiale et géostatistique;

Les systèmes d'information géographiques ont plus contribué à intégrer ces nouvelles technologies qu'à en créer de nouvelles. En général, les SIG fournissent un ensemble d'outils pour la saisie, la gestion et l'analyse et la manipulation des données, ainsi que la présentation des résultats sous forme graphique ou de rapport.

La capacité d'intégrer, de gérer et d'analyser des données spatiales pour fournir des informations synthétiques sur les territoires afin de contribuer à résoudre leurs problématiques est la caractéristique distinctive des systèmes d'information géographiques.

Les SIG permettent d'exécuter certaines opérations spatiales complexes qui seraient difficiles [2].

I.5 Les composantes d'un SIG :

Un SIG combine une série de composantes pour faire fonctionner le système. Un SIG

intègre cinq composantes clés, suivant leurs qualités, ces composantes sont essentielles pour le bon fonctionnement d'un SIG.

I.5.1 Matériel :

Le matériel est le système informatique sur lequel un SIG fonctionne. Aujourd'hui, les SIG fonctionnent sur un large éventail de types de matériel, des serveurs centralisés aux ordinateurs personnels (PC) utilisés en autonomie ou selon des configurations en réseau.

I.5.2 Logiciel :

Les SIG fournissent les fonctions et les outils requis pour stocker, analyser, et afficher les informations géographiques. Un examen des sous-systèmes clés de logiciel de SIG est fourni dessous.

I.5.3 Données :

Les données sont peut-être la composante la plus importante d'un SIG. Un SIG peut intégrer les données spatiales avec d'autres ressources en données existantes, souvent stockées dans un SGBD. L'intégration des données spatiales et des données attributaires est une fonctionnalité clé d'un SIG.

I.5.4 Personnes :

Les SIG sont de valeur limitée sans les personnes qui dirigent le système et élaborent des plans pour l'appliquer à des problèmes réels. Les utilisateurs de SIG vont du technicien qui conçoit et maintient le système à ceux qui l'utilisent pour les aider à effectuer leur travail quotidien (par exemple le gestionnaire et le thématicien). La claire identification des rôles de chacun des acteurs est souvent signe de bonne mise en œuvre d'un SIG ;

1.5.5 Méthodes :

Le succès de la mise en application d'un SIG est fonction de la bonne conception du plan de sa mise en œuvre selon des méthodes et des pratiques propres à chaque organisation. Comme dans toutes les organisations intégrant des technologies nouvelles, celles-ci ne peuvent être efficaces que si elles sont correctement associées dans la stratégie globale de l'entreprise. Cela exige non seulement des investissements suffisants en matériels et logiciels, mais également dans la formation et ou la reconversion et la motivation du personnel amené à utiliser ces nouveaux outils.

Le simple achat d'un ordinateur avec un logiciel SIG et l'engagement de quelques personnes enthousiastes est loin d'être suffisant pour assurer le succès de l'installation d'un SIG dans une organisation [3].

I.6 Les sous-systèmes d'un SIG :

Un SIG est composé schématiquement de quatre principaux sous-systèmes. Ce sont:

I.6.1 L'entrée des données :

Le sous-système d'entrée des données permet à l'utilisateur de saisir, collecter, et transformer les données spatiales et thématiques sous forme numérique. L'entrée de données est généralement dérivée de la numérisation de cartes papier, de photographies aériennes, d'images satellites, et de rapports ou de documents d'enquête, etc.

I.6.2 Le stockage et gestion des données :

Le sous-système de stockage et de gestion des données permet de structurer les données spatiales et des attributaires, dans une forme qui leur permettent d'être rapidement mobilisées par l'utilisateur pour diverses opérations. Il implique généralement l'utilisation d'un système de gestion de base de données (SGBD) pour maintenir les données attributaires.

I.6.3 La manipulation et l'analyse des données :

Le sous-système d'analyse et de manipulation des données permet à l'utilisateur de définir et d'exécuter un traitement spatial sur les données pour produire des informations dérivées. Ce sous-système est généralement considéré comme le cœur du SIG, et le distingue généralement des autres systèmes d'information et des systèmes de conception assistés par ordinateur (CAO).

I.6.4 Le sous-système graphique :

Le sous-système graphique permet à l'utilisateur de produire des documents graphiques tels que les cartes, rapports et graphiques qui représentent des produits dérivés de l'information originale. Il est important de comprendre que le SIG n'est pas une nouvelle invention.

En fait, le traitement de l'information géographique à une histoire riche dans une série de disciplines différentes [4].

I.7 Représentation du monde dans les SIG : (le concept de couche)

I.7.1 Simplification de la complexité du monde réel :

Le SIG stocke les informations sur le monde en une série de couches thématiques (ou couvertures). Cette approche simple mais extrêmement puissante et universelle permet d'organiser la complexité du monde réel en une représentation simple pour faciliter la compréhension des relations entre les objets géographiques. Toutes les couches peuvent être alors considérées comme des variables géographiques. Une fois que ces cartes ont été enregistrées soigneusement dans un système commun de géoréférencement, les informations

stockées dans les différentes couches peuvent être comparées et analysées conjointement. Ainsi, la densité de population peut-être comparée aux bassins d'emploi ou bien, les points de rejet des eaux usées aux zones de ressource en eau.

I.7.2 Exploration d'emplacements spécifiques :

Des lieux ou zones spécifiques peuvent être séparés des espaces environnants comme dans le diagramme ci-dessous, en coupant simplement toutes les couches de l'emplacement désiré de la carte plus grande. Que ce soit pour un lieu spécifique ou la région entière, les SIG offrent les moyens de rechercher des configurations spatiales particulières Si par exemple, nous voulions considérer les effets sur le sol de l'élargissement d'une route, nous pourrions créer une nouvelle couche prenant en compte les nouvelles dimensions de la route et la combiner avec la couche représentant l'utilisation des terres [5].

Toutes les analyses n'exigeront pas d'utiliser l'ensemble des couches simultanément. Selon les problématiques, seules quelques couches sont suffisantes pour considérer certaines relations spatiales spécifiques. En outre, les informations de deux couches où davantage peuvent être combinées et ensuite transformées en nouvelle couche pour des analyses ultérieures. Cette procédure consistant en la combinaison et la transformation des informations des différentes couches est parfois appelée « algèbre cartographique » (puisqu'il implique l'ajout et soustraction d'informations) [5].

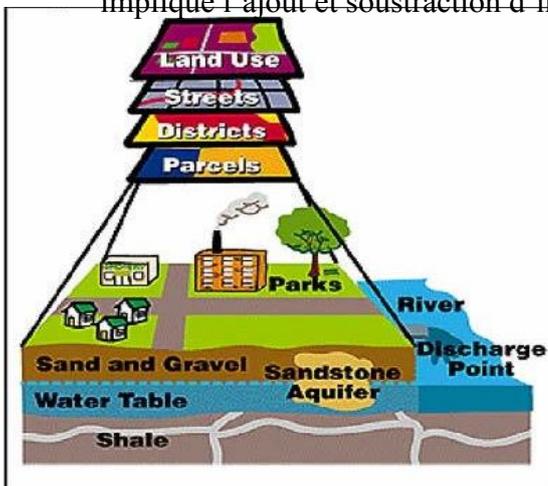


Figure N°1 : Couche d'information [5].

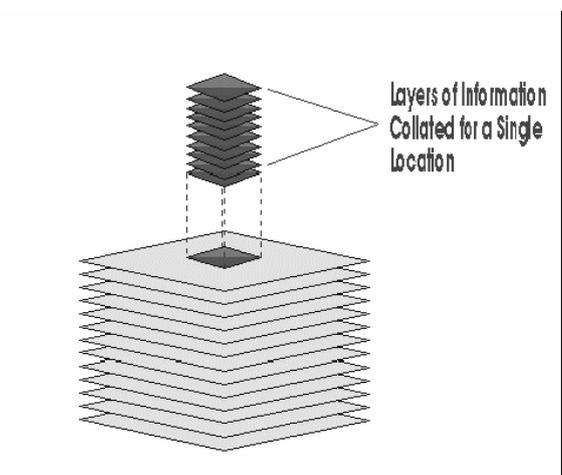


Figure N°2 : Séparation des espaces [5].

I.8 Les domaines d'applications des SIG :

Le SIG est utilisé dans plusieurs types d'organisation tels les administrations nationales et locales, les agences d'environnement, les compagnies pétrolières, les banques, les universités, etc. La mise en œuvre d'un SIG, l'importance des moyens en termes

d'équipement, les ressources humaines, les données et les objectifs peuvent varier considérablement d'une application à une autre.

Néanmoins, quatre domaines d'applications peuvent être distingués, du plus simple au plus complexe de la façon suivante:

- ✓ Cartographie;
- ✓ Gestion;
- ✓ Analyse;
- ✓ Modélisation.

Les besoins en information géographique et des outils pour des traiter sont en constante augmentation. Plus que la production rapide de cartes complexes et le traitement des données spatiales, l'existence d'outils capables de fournir des fonctions efficaces pour l'analyse et la simulation est importante. Un SIG doit être considéré comme un outil permettant de modéliser de façon spécifique le monde réel et d'expérimenter de multiples scénarios concernant la gestion et l'évolution de l'espace géographique [6].

I.9 Question et stratégie de mise en œuvre :

Le SIG est un système complexe qui peut révolutionner la manière dont les organisations gèrent leurs informations et leurs applications. Néanmoins la mise en œuvre d'un SIG implique beaucoup plus le choix de matériels et de logiciels. Il y a cinq groupes de questions importantes à considérer.

I.9.1 Matériel :

Les types d'appareils, nombre de terminaux, besoins de mise en réseau, scanner et imprimante doivent être considérés comme un tout pour une mise en œuvre réussie d'un SIG. Les choix dépendront du budget disponible, du nombre et de l'emplacement des utilisateurs potentiels et du type de SIG à installer.

I.9.2 Logiciel :

Le système d'exploitation nécessaire, les bases de données, les SIG et autres logiciels connexes doivent également être choisis. Le choix le plus approprié dépend de l'organisation, des besoins, du nombre et du type d'utilisateurs, du type d'applications impliquées et du budget à sa disposition. La mise en œuvre d'un SIG peut s'étendre d'un système basé sur PC pour une utilisation individuelle, à des postes de travail basés sur une unité centrale servant toute une organisation.

Le premier offre un degré élevé de flexibilité dans sa mise en œuvre, néanmoins

l'effort impliqué pour l'obtention d'un SIG est généralement important. Le second est généralement beaucoup plus convivial et peut être opérationnel très rapidement, néanmoins le choix des fonctions et des interfaces est limité.

De plus en plus, les SIG offrent une interface à base d'un menu mais avec l'option d'utiliser un macro-langage pour créer des fonctions plus élaborées et développer des applications spécifiques.

I.9.3 Données :

La précision, les sources, la propriété, les droits d'auteur, le secret, la sécurité, les normes et les formats de données sont des questions importantes à considérer. Les technologies SIG permettent l'intégration des données hétérogènes. Le plus grand soin doit ainsi être apporté à l'acquisition et l'entrée des données afin de maintenir un ensemble de données exactes et fiables.

Cela est d'une importance particulière puisque l'acquisition et la conversion des données représentent généralement le coût principal de la mise en œuvre d'un SIG.

I.9.4 Applications :

Il est important de considérer si la technologie SIG est la plus appropriée pour une application particulière. Tous les types d'applications ne peuvent pas profiter des fonctionnalités du SIG. Les applications qui ont recours à l'analyse spatiale demandent des accès fréquents aux données et impliquent des mises à jour constantes. Elles satisfont donc les exigences d'un certain nombre d'utilisateurs et doivent automatiser autant que possible les tâches répétitives.

Toutefois, une application qui est seulement appropriée pour un nombre limité de personnes, implique une utilisation limitée et son applicabilité pour un plus grand nombre est moins certaine.

I.9.5 Mapinfo :

Dans notre étude, nous avons choisi d'utiliser le **Mapinfo**, c'est l'un des logiciels du SIG, les sujets abordés lors des travaux pratiques sont:

- ✓ Ouverture d'un projet;
- ✓ Ouverture d'une vue;
- ✓ Concept des couches (ajoute des vues, couches...);
- ✓ Édition de la légende;

- ✓ Ouverture d'une table;
- ✓ Liaison d'une table à une autre;

-
- ✓ Cartographie (faire une carte) [7].

I.10 Données cartographiées au GPS :

Les systèmes GPS et DGPS ont apportés un grand progrès pour la localisation précise et « automatique » de données de terrain.

Les cartes de rendement, acquises dans le cadre de l'agriculture de précision, sont par exemple localisées point à point grâce a ce système [8].

I.10.1 Principaux domaines d'utilisation des SIG :

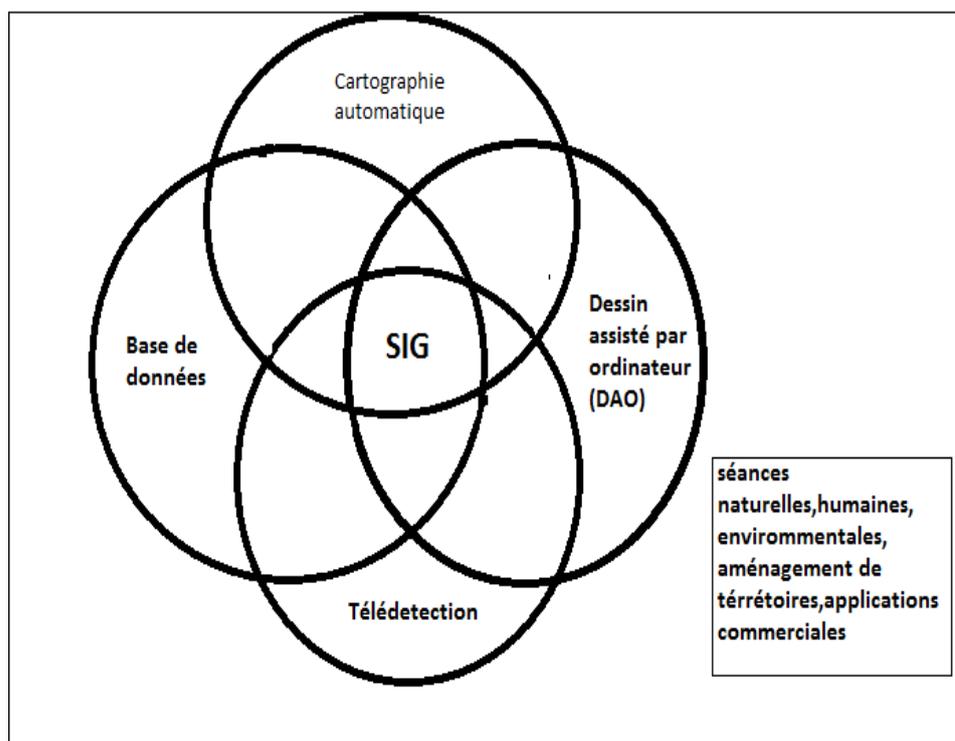


Figure N°3 : Principaux domaines d'utilisation des SIG [8].

II. Les zones humides et les hydrosystèmes :

II.1 Les zones humides :

II.1.1 Qu'est-ce qu'une zone humide ?

Une zone humide est une région où l'eau est le principal facteur qui contrôle le milieu naturel et la vie animale et végétale associée. Elle apparaît là où la nappe phréatique arrive près de la surface ou affleure ou encore, là où des eaux peu profondes recouvrent les terres.

La convention de **Ramsar** a adopté une optique large pour déterminer quelles zones humides peuvent être placées sous son égide. Aux termes de la Convention, les zones humides sont : des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres. Peuvent être incluse des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à 6 mètres à marée basse, entourées par la zone humide .

La Convention s'applique donc à des types d'habitats très variés : rivières et lacs, lagunes côtières, mangroves, tourbières et même récifs coralliens. Il existe aussi des zones humides artificielles telles que les bassins de pisciculture ou d'élevage de crevettes, les étangs agricoles, les terres agricoles irriguées, les étendues de terres salées, les réservoirs, les gravières, les terrains d'épandage et les canaux [29].

II.1.2 Pourquoi conserver les zones humides ?

Les zones humides sont parmi les milieux naturels les plus productifs du monde. La diversité biologique, elles fournissent l'eau et les produits primaires dont dépendent, pour leur survie, des espèces innombrables de plantes et d'animaux. On y trouve des concentrations élevées d'oiseaux, de mammifères, de reptiles, d'amphibiens, de poissons et d'invertébrés. Plus de 40% des 20 000 espèces de poissons du monde vivent dans les eaux douces. Les zones humides sont également des entrepôts importants de matériel phytogénétique. Le riz, plante commune des zones humides, est l'aliment de base de plus de la moitié de l'humanité.

Les interactions entre les éléments physiques, biologiques et chimiques tels que les sols, l'eau, les plantes et les animaux, permettent aux zones humides de remplir de nombreuses fonctions vitales, notamment : stockage de l'eau, protection contre les tempêtes et maîtrise des crues; stabilisation du littoral et maîtrise de l'érosion ; renouvellement de la nappe phréatique (le mouvement de l'eau de la zone humide vers la nappe phréatique) ;

restitution des eaux souterraines (mouvement de l'eau restituée par la nappe phréatique sous forme d'eau de surface dans une zone humide) ; épuration de l'eau par la rétention des éléments nutritifs, des sédiments et des polluants; et stabilisation des conditions climatiques locales, en particulier du régime des précipitations et de la température.

II.1.3 Valeurs des zones humides :

Les zones humides rendent des services économiques très importants, par exemple: alimentation en eau (quantité et qualité) ; pêcheries (plus des deux tiers des poissons pêchés dans le monde dépendent du bon état des zones humides côtières et intérieures) ; agriculture, grâce au renouvellement des nappes phréatiques et à la rétention des matières nutritives dans les plaines d'inondation ; production de bois d'œuvre ; ressources énergétiques telles que la tourbe et la litière ; flore et faune sauvages ; transports; activités récréatives et tourisme [30]

II.1.4 Les zones humides en Algérie :

L'Algérie, depuis la signature du décret N° 82.439 du 11 décembre 1982 portant adhésion de l'Algérie à la convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats de la sauvagine, signée à Ramsar (Iran) le 2 février 1971, a inscrit, le 4 novembre 1983, deux sites sur la liste Ramsar, les lacs Tonga et Oubeïra, avant de rajouter, en mars 1999, le lac des Oiseaux. En l'an 2001, la direction générale des forêts a réussi le pari audacieux d'inscrire en une seule année 10 nouveaux sites, passant de 3 à 13 zones humides d'importance internationale.

En Avril 2003, 13 zones humide sont inscrire sur la liste de Ramsar, en Décembre 2004, 16 sites sont rajouter à la liste et en Décembre 2009 Ramsar à rajouter 05 zones humides, parmi ces zones « **La vallée de l'oued Soummam Kabylie 12,453 ha 36°42'N 005°00'E** » [31].

II.2 Notions d'écosystème :

II.2.1 Qu'est-ce qu'un écosystème ?

Un écosystème est une unité d'organisation biologique définie par les interactions qui existent entre les organismes présents et le milieu physique. Autrement dit, c'est une communauté où tous les éléments dépendent les uns des autres et dont on pourrait dire qu'il est plus complexe que la simple somme de ses parties.

Un écosystème peut occuper plus ou moins de place à l'intérieur d'un territoire donné : il peut s'agir d'un estuaire aussi bien que d'un parc national.

Selon l'importance et l'objet du travail de recherche, on établit les limites à l'intérieur desquelles seront étudiées les interactions qui nous intéressent.

Un écosystème ne correspond pas forcément aux limites d'un territoire délimité par

l'homme puisqu'il s'agit d'un réseau complexe à l'intérieur duquel interagissent des éléments aussi bien humains que zoologiques, botaniques ou purement physiques.

Un écosystème ne fonctionne pas isolément : il s'inscrit dans un vaste contexte environnemental, social et économique [9].

II.2.2 L'importance d'un écosystème aquatique sain :

Pourquoi l'état des écosystèmes aquatiques revêt-il une importance pour l'être humain ? Puisque tous les êtres vivants font partie d'une même chaîne, un écosystème en déséquilibre aura nécessairement de graves répercussions sur l'être humain. Notre santé et un grand nombre de nos activités sont fonction de l'état des écosystèmes aquatiques. L'eau que l'on boit provient principalement de lacs ou de cours d'eau. Si le système d'un lac ou d'un cours d'eau est insalubre, l'eau qui s'y trouve sera peut être impropre à la consommation ou aux fins de l'industrie, de l'agriculture ou des loisirs, et ce, même après son traitement. La piètre santé des écosystèmes aquatiques réduit les usages que l'on fait de ces systèmes. Voici quelques exemples :

- Des pêcheries commerciales dans les eaux intérieures et le long des côtes ont été fermées en raison de la contamination des poissons ou des mollusques et crustacés ou de la disparition d'une espèce importante du système.
- La fréquence des fermetures de plages en régions urbaines s'est appréciablement accrue en raison de la contamination des eaux par les fèces d'animaux et les déchets d'origine médicale.
- Les problèmes liés à la navigation de plaisance (nautisme) ont augmenté en raison de la multiplication rapide des plantes poussant dans le fond des cours d'eau [10].

II.3 Les hydrosystèmes :

Ensemble des éléments d'eau courante, d'eaux stagnantes, semi-aquatiques, terrestres, tant superficielles que souterrains et leurs interactions. Ce concept s'applique surtout pour les cours d'eau d'une certaine importance susceptibles de développer une plaine alluviale comprenant une mosaïque d'éléments suffisamment grands pour assurer le développement de communautés vivantes différenciées.

Le terme d'« hydrosystème », utilisé à l'origine par les géomorphologues, garde encore une connotation de dynamique fluviale, mais renvoie aujourd'hui à un concept plus vaste et très employé par les géographes. Cette notion a en effet connu une évolution thématique depuis son apparition dans les années 60, puisqu'elle englobe désormais de nombreuses approches et ouvre le champ de la pluridisciplinarité. L'échelle spatiale des hydrosystèmes se diversifie et l'échelle temporelle prend de plus en plus d'importance,

notamment dans l'étude des réponses des hydrosystèmes face aux perturbations naturelle et anthropique. Les différents articles qui composent ce numéro permettent d'illustrer ces tendances, en abordant les hydrosystèmes sous des angles variés et à différentes échelles spatio-temporelles [11].

II.4 Caractéristiques géomorphologique de bassin versant :

II.4.1 Définition du bassin versant

Surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un lac. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte considérée à partir d'un exutoire, limitée par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux précipitées qui s'écoulent en surface et en souterrain vers cette sortie. Aussi dans un bassin versant, il y a continuité : longitudinale, de l'amont vers l'aval (ruisseaux, rivières, fleuves), latérale, des crêtes vers le fond de la vallée, verticale, des eaux superficielles vers des eaux souterraines et vice versa. Les limites sont la ligne de partage des eaux superficielles (Environnement Canada 2004) [12] .

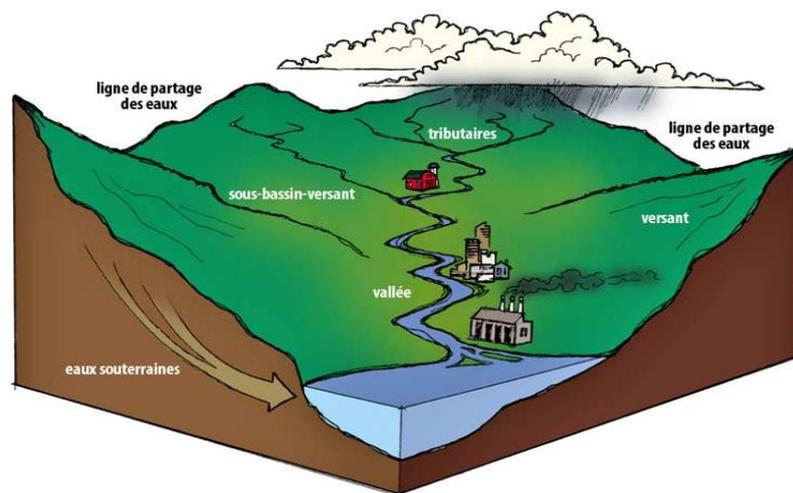


Figure N°4 : Délimitation du bassin versant

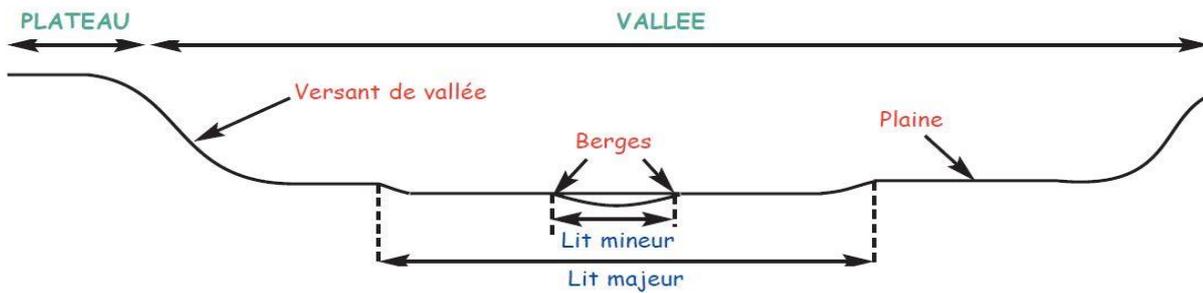


Figure N°5 : Coupe transversale d'un bassin versant

Ce sont les rivières qui, par le processus de l'érosion, vont décomposer le bassin versant en plusieurs parties : les plateaux, les vallées et les plaines où l'on distingue les lits mineur et majeur des cours d'eau.

Lit mineur : Il est représenté par l'espace fluvial formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sables et/ou galets, recouverts par les eaux coulant à pleins bords avant débordement. Un cours d'eau s'écoule habituellement dans son lit mineur (basses eaux et débit moyen annuel).

Lit majeur : C'est l'espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue historique répertoriée.

La délimitation d'un bassin versant est difficile à mettre en œuvre. En effet, il faut tenir compte des écoulements de surface mais également des écoulements souterrains.

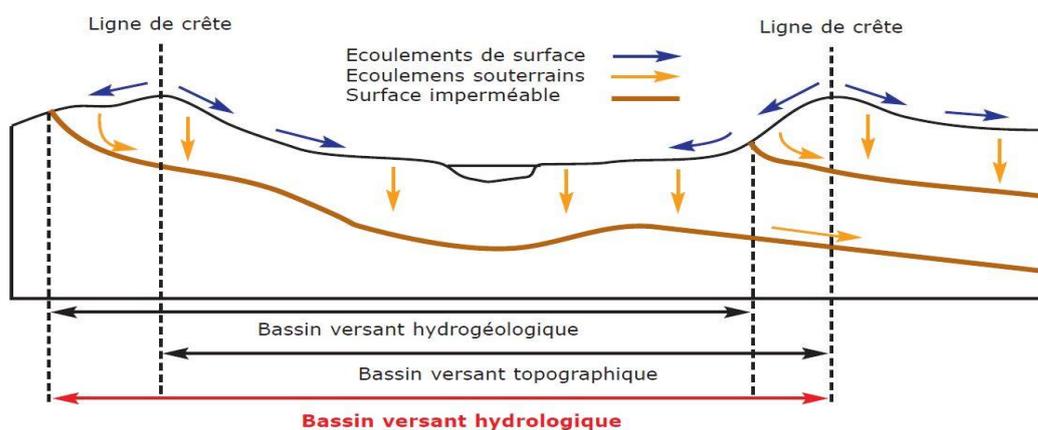


Figure N°6 : Les trois types de bassins versants

Bassin versant topographique : il est limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente. Cependant, selon la géologie du terrain, il se peut que des eaux, qui en surface semblent rejoindre un bassin versant voisin, s'infiltrerent et reviennent alimenter le bassin versant initial (présence d'une couche imperméable). On parle alors d'un **bassin versant hydrogéologique** dont les limites sont les structures géologiques imperméables.

Bassin versant hydrologique (bassin versant réel) est donc la somme de ces deux bassins versants (topographique + hydrogéologique).

Rivière : d'une manière générale, chaque cours d'eau (la rivière principale et ses affluents) va collecter les eaux de pluies tombées sur le territoire du bassin versant. Lorsque les pluies sont abondantes et/ou durables, les volumes d'eau arrivant dans la rivière sont plus importants ce qui entraîne l'augmentation de son **débit**, l'accélération de la vitesse d'écoulement et/ou l'augmentation de la hauteur de la lame d'eau au point considéré.

II.4.2 Morphométrie :

Les différents paramètres sont calculés à partir des cartes topographiques de Bouira (N° NJ_31_IV_6 Est et NJ_31_IV_6 Ouest).

II.4.2.1. La surface :

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau. La surface du bassin versant peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou par un logiciel (exemple : AutoCAD) sur la carte topographique.

II.4.2.2 Le périmètre :

Le périmètre correspond à la limite extérieure du bassin. Il est mesuré par le curvimètre ou par un logiciel (exemple : **Mapinfo**) sur la carte topographique.

II.4.2.3 La forme :

La forme est un élément essentiel du bassin versant. On distingue :

- Bassin versant de forme allongée
- Bassin versant de forme ramassée

Même si ces deux bassins sont placés dans les mêmes conditions météorologiques mais ils ne réagissent pas de la même façon.

II.5. Le réseau d'écoulement :

Le réseau hydrographique (réseau d'écoulement) se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels. Permanents ou temporaires. Qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin. Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes.

II.6 Importance de l'eau en Algérie :

II.6.1 Préambule :

L'Algérie est un des pays du Nord du bassin méditerranéen qui souffre de la pénurie d'eau. Les écoulements en eau y sont caractérisés par une irrégularité saisonnière et interannuelle importante et par une violence et une rapidité des crues. En effet, la connaissance des conditions climatiques joue un rôle important dans les études de planification économique; elle permet de mieux maîtriser les apports non contrôlés qui engendrent le bon fonctionnement du système de prévision et de gestion des ressources hydriques à court, moyen et long termes.

Le développement durable consiste entre autres à mettre au point des systèmes d'information, de gestion des risques et de prévision des catastrophes naturelles et à mettre en place des systèmes de détection précoce et de contrôle, ainsi que des plans d'intervention en cas d'urgence dans les zones prédéterminées .

II.6.2 Ressources hydriques en Algérie du Nord :

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace (sachant que près de 60% de la population algérienne sont concentrés dans la frange septentrionale du territoire qui ne représente que le dixième de la surface totale du pays), d'importants efforts sont nécessaires en matière d'urbanisation intégrée et de gestion rigoureuse dans l'exploitation des réserves, les ressources en eau sont réparties comme suit :

- **100 milliards** de m³ de précipitations totales dans le nord de l'Algérie, dont 85 % s'évapore et 15 % constitue l'écoulement superficiel;
- 12,4 milliards de m³ d'écoulement superficiels;
- 1,8 milliard de m³ d'eaux souterraines mobilisables dans le nord et sont exploités à près de 90 %;
- 6 milliards de m³ mobilisables en tenant compte des sites favorables techniquement (hydrologie, topographie, géologie, etc.);
- 4,8 milliards de m³ mobilisables actuellement et 2 milliards de m³ mobilisés pour une centaine de barrages.

III. Qualité de l'eau :

III.1 Que veut-on dire par qualité de l'eau ?

On détermine la qualité de l'eau d'après sa concentration de composés chimiques et de particules minérales et organiques. La qualité de l'eau dans les cours d'eau et les lacs varie avec la saison et l'endroit, même en l'absence de pollution. Aucun paramètre ne permet de déterminer à lui seul la qualité de l'eau. Ainsi, on peut se servir d'eau potable pour l'irrigation, mais l'eau destinée à l'irrigation ne respecte pas nécessairement les normes applicables à l'eau potable.

III.1.1 Etymologie :

Emprunt au latin philosophique *qualitas*, formé sur *qualis*, "quel", "manière d'être, attribut propre de l'Être et en particulier l'aspect sensible et non mesurable des choses" [13].

Dans ce sens, le concept de qualité implique bien une relativité à des critères, notamment d'usage, et une gradation de valeurs, ce qui s'appliquera parfaitement à l'eau.

Aptitude de l'eau, déterminée par ses caractéristiques physiques, chimiques, biotiques ou organoleptiques, à servir à un usage défini ou à permettre le fonctionnement d'un milieu aquatique donné [14].

III.1.2 Typologie :

Différentes variétés de qualité de l'eau se réfèrent respectivement aux principaux types d'usage dont dépendent les critères d'évaluation :

- Potabilité (alimentation humaine, eau de boisson)
- Aptitude à l'irrigation
- Aptitude au refroidissement
- Aptitude aux baignades
- Qualités thérapeutiques (eaux thermo-minérales)

III.2 Les principaux facteurs qui influent sur la qualité de l'eau :

Beaucoup de facteurs modifient la qualité de l'eau tel que :

III.2.1 les précipitations et les eaux qui s'écoulent par ruissellement sur les terres adjacentes :

Les substances en suspension dans l'air altèrent la composition de l'eau de pluie. La poussière, les gaz volcaniques et les gaz naturellement présents dans l'atmosphère comme le dioxyde de carbone, l'oxygène et l'azote se dissolvent ou restent pris dans les gouttes de pluie. Quand l'air contient d'autres substances comme du dioxyde de soufre, des produits chimiques toxiques ou du plomb, ces substances s'ajoutent à la pluie qui tombe sur le sol.

III.2.2. Le type de sol et les formations géologiques :

L'eau de pluie ruisselle sur la terre et s'infiltré dans le roc où elle dissout et absorbe d'autres composés. Ainsi, un sol riche en substances solubles comme la chaux augmentera la concentration de carbonate de calcium dans l'eau. En coulant sur des roches métallifères comme du minerai, l'eau accumulera également des métaux.

III.2.3 Des processus biologiques, physiques et chimiques dans l'eau ;

Même l'eau des rivières et des lacs les plus sains n'est pas complètement pure. N'importe quelle eau (même l'eau distillée) contient de nombreuses substances que l'on retrouve partout dans la nature, surtout des bicarbonates, des sulfates, du sodium, des chlorures, du calcium, du magnésium et du potassium. Ces substances parviennent jusqu'aux eaux de surface et souterraines.

III.2.4 Des activités humaines dans la région

Il faut également tenir compte des eaux de ruissellement des zones urbaines qui ont elles aussi un effet sur la qualité de l'eau. En effet, celles-ci emportent les débris qui jonchent les rues jusqu'à un cours d'eau ou une autre masse d'eau et détérioreront la qualité de l'eau en augmentant la concentration de diverses substances comme les éléments nutritifs (phosphore et azote), les sédiments, les déchets animaux (coliformes fécaux et agents pathogènes), les dérivés du pétrole et le sel utilisé pour déglacer les routes.

III.3 Comment détermine-t-on la qualité de l'eau ?

Pour identifier les substances présentes dans un cours d'eau ou un lac, on prélève des échantillons d'eau, d'organismes vivants, de sédiments en suspension et de sédiments de fond. On analyse ensuite les échantillons au laboratoire à l'aide de méthodes et d'instruments spécialisés. Certaines mesures, comme celles de la température, de l'oxygène dissous, de la turbidité et de la conductivité, peuvent être effectuées sur le terrain au moyen de matériel portatif. Les instruments d'analyse utilisés aujourd'hui dans les laboratoires, comme les « spectrophotomètres d'émission à plasma » (pour doser les métaux) et les « chromatographes en phase gazeuse couplés à un spectrophotomètre de masse » (pour doser les pesticides, les BPC, les dioxines et d'autres composés organiques), appartiennent au domaine de la haute technologie; ils ressemblent peu aux éprouvettes et aux brûleurs à gaz utilisés dans les laboratoires dans les années 50.

Maintenant, l'analyse des échantillons d'eau et de sédiments permet de déceler plus de substances qu'il y a dix ans, en partie parce que ces substances sont plus nombreuses dans l'eau, mais aussi en raison du perfectionnement des instruments d'analyse, grâce auquel les

limites de détection ont été abaissées. Les instruments modernes peuvent déceler jusqu'à une partie par billion de certaines substances, ce qui équivaut à détecter un millième de cuillerée à thé de sel dissous dans l'eau d'une piscine olympique [16].

III.4 La qualité des cours d'eau :

Les paramètres pris en compte pour qualifier la qualité des cours d'eau sont :

III.4.1 Les paramètres physico-chimiques :

Température, salinité, oxygène dissous, matières en suspension, matières oxydables (demande chimique en oxygène, demande biochimique en oxygène, carbone organique dissous...), formes de l'azote (organique, ammonium, nitrites, nitrates) et du phosphore (phosphore total, orthophosphates), anions et cations majeurs dits naturels, éléments toxiques minéraux (métaux) et organiques.

III.4.2 Les paramètres biologiques :

Indices biologiques de pollution basés sur les invertébrés benthiques. Aujourd'hui, les rivières de mauvaise qualité sur tout leur cours sont rares ; certaines comportent des tronçons très dégradés, toutefois en diminution.

III.5 Substances nuisant à la qualité de l'eau :

III.5.1 Les substances non rémanentes (dégradables) :

Les déchets domestiques ; les engrais, et certains déchets industriels ; ces composés peuvent être décomposés en substances simples, non polluantes, telles que le dioxyde de carbone et l'azote, par des réactions chimiques ou par de simples bactéries naturelles. Lorsque le niveau de pollution est élevé, ce processus peut avoir pour résultat de faibles niveaux d'oxygène et l'eutrophisation. Toutefois, ces dommages sont réversibles.

III.5.2 Les substances rémanentes (dégradation lente) :

- certains pesticides (ex. le DDT et la dieldrine) ;
- certains produits de lixiviation provenant de lieux d'enfouissement (municipaux, industriels) le pétrole et les produits pétroliers ;
- les matériaux radioactifs, tels que le strontium 90, le césium 137, le radium 226 et l'uranium
- les métaux tels que le plomb, le mercure et le cadmium [17].

III.6 Les paramètres d'évaluation de la qualité de l'eau :

Les paramètres permettant de caractériser la qualité d'une eau peuvent être classés en 6 groupes :

III.6.1 Les paramètres organoleptiques :

Ce sont les paramètres qui mesurent les qualités sensibles de l'eau (odeur, couleur,

saveur...). Ils n'ont pas de critères sanitaires directs, étant donné que l'eau peut être trouble et consommable.

III.6.2 Les paramètres physico-chimiques :

Ils sont en relation avec la structure naturelle des eaux. On y retrouve des caractéristiques que l'eau brute a pu acquérir dans son parcours naturel. Température, conductivité (paramètre en rapport direct avec la dureté et la teneur globale en minéraux dissous), pH (ce dernier doit être supérieur à 6,5 et inférieur à 8.5 unités) sont pris en compte, mais également teneur en oxygène dissous, carbone organique dissous, valeur de la turbidité, des MES (matières en suspension).

III.6.3 Les substances indésirables :

Ce sont des substances tolérées à très faible quantité (métaux lourds, matières azotées, phosphatées par exemple). En effet, le fluor est indispensable à la santé en faible quantité. Quant aux nitrates, leur seuil est fixé à 50 mg/litre. Au-delà, ils peuvent provoquer la mort chez les nourrissons.

III.6.4 Les substances toxiques :

Les normes retenues par ce groupe tiennent compte de la marge d'incertitude adoptée en toxicologie. Les teneurs tolérées sont en très petite quantité (chrome et plomb par exemple). Ce dernier est très faible (50 microns/litre), compte-tenu du fait que cela pourrait provoquer, en grandes quantités, des troubles neurologiques

III.6.5 Les paramètres microbiologiques :

L'eau doit être exempte de bactéries et de virus pathogènes, comme les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les salmonelles. La présence dans l'eau de ces bactéries indique une contamination d'origine fécale et donc la possibilité que des germes pathogènes dangereux soient présents dans l'eau. En revanche, la présence, en petites quantités, de germes banals est admise.

III.6.6 Les pesticides et produits apparentés :

Les pesticides sont des produits dont les propriétés chimiques contribuent à la protection des végétaux. Ils sont destinés à détruire, limiter ou repousser les éléments indésirables à la croissance des plantes, insectes, parasites et autres plantes. Les «pesticides», étymologiquement «tueurs de fléaux» sont aussi appelés, dans la réglementation nationale et européenne «produits phytosanitaires».

Les pesticides sont utilisés dans l'agriculture et dans les métiers du bois pour leurs propriétés toxiques. L'action des pesticides est multiforme. Elle peut être directe – par destruction de l'élément nuisible ou indirecte, par réduction des capacités de reproduction des

insectes par exemple, ou en pénétrant d'abord la plante-hôte, qui élimine ensuite les bactéries nuisibles. Ces pesticides à action indirecte sont dits aussi «systémiques» [18].

III.7 Signification et les limites de quelques paramètres physico-chimiques et biologiques :

III.7.1 Chlore (Cl) :

L'eau du robinet contient en principe entre 0,05 et 0,15 mg / l de chlore. Une eau de piscine en contient 1mg / l. La limite au-delà de laquelle l'OMS estime qu'il y a un risque pour la santé est de 5mg / l. Aux États-Unis l'eau contient normalement 1 à 2 mg/l de chlore pour une limite fixée à 4 mg/l.

III.7.2 Chlorures (Cl⁻) :

Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer (± 19 g/l). Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3 mg/l. La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Les chlorures participent à la conductibilité électrique des cours d'eau [19].

III.7.3 Oxygène dissous (O₂) :

On trouve dans l'eau de l'oxygène dissous provenant : de la diffusion de l'oxygène en surface, de l'aération : mouvement de l'eau et de la photosynthèse : 3/4 de l'oxygène disponible sur terre est produit par le phytoplancton des océans. Cette production dépend de la lumière disponible, de la température, de la présence de matières organiques dégradables. La solubilité relativement faible de l'oxygène dans l'eau dépend de la température (5mg/l à 0°C et 7mg/l à 35°C). Une concentration de 3 à 6 mg/l constitue la limite inférieure en dessous de laquelle la vie de la flore et de la faune est mise en péril. La valeur de saturation de l'oxygène dissous pour les eaux destinées à la consommation humaine doit être supérieure ou égale à 75% [20].

III.7.4 Phosphore :

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tout être vivant. Il entre notamment dans les cycles énergétiques cellulaires. Comme l'azote, le phosphore est inclus dans un cycle naturel où les apports et les pertes sont limités. Le phosphore est assimilable par les êtres vivants sous forme oxydée (phosphates, hydrogénophosphates...) ou sous forme organique. Dans la nature, il provient essentiellement de la décomposition des cellules mortes qui sont minéralisées par les micro-organismes pour donner des phosphates rapidement assimilés.

Sa présence dans l'eau n'a pas de conséquence sanitaire. Par contre, elle favorise la croissance des algues dès lors que l'eau est exposée à la lumière : phénomène de

l'eutrophisation. Les organismes tels les cyanobactéries se développent de façon très rapide participant à l'eutrophisation et provoquant parfois un phénomène appelé "bloom algal ou fleur d'eau" extrêmement néfaste à l'équilibre du milieu.

La concentration maximale admissible en phosphore dans les eaux destinées à la consommation humaine est fixée à 5 mg/l.

Origine :

- ✓ Érosion des sols agricoles enrichis en phosphore (P sous forme particulaire)
- ✓ Rejets d'assainissement, d'usines, de piscicultures (P dissous ou phosphate)

Impact :

L'azote ainsi que le phosphore, sont utilisés par les algues et le phytoplancton pour leur croissance et peuvent être à l'origine de phénomènes d'eutrophisation (croissance excessive des algues entraînant une forte consommation d'oxygène et la mort des poissons). Le phosphore constitue généralement le facteur limitant de l'eutrophisation en eau douce [21].

III.7.5 TA et TAC :

Le Titre Alcalimétrique (TA) permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau. L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution étalon d'acide fort en présence d'un indicateur coloré de pH : la phénolphthaléine qui vire du rouge à l'incolore à un pH de 8.2.

Le TA dose la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates qui sont alors entièrement transformés en bicarbonate à un pH de 8.2 (le Titre Alcalimétrique Complet correspond à la totalité des bicarbonates et des carbonates). Il s'exprime généralement en degré français (°F) [22].

III.7.6 Demande Biologique en Oxygène (DBO) :

Consommation en oxygène des micro-organismes présents leur permettant d'assimiler les substances organiques présentes. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées.

III.7.7 Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

Consommation en oxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques biodégradables et non biodégradables de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées [23].

III.7.8 Les Bioindicateurs :

Si le terme de bioindicateur ou d'indicateur biologique a été largement employé dans les études visant à surveiller la contamination d'un milieu aquatique, sa définition reste ambiguë car il y a lieu de ne pas confondre :

Les espèces indicatrices de pollution qui sont prédominantes dans un milieu contaminé

parce qu'elles sont plus résistantes et capables de s'adapter au stress causé par la présence d'un contaminant. C'est le cas par exemple de certains vers polychètes très abondants dans des zones très chargées organiquement par des rejets d'eaux usées : *Nereis Diversicolor*, *Scolecopsis Pinnata* ou encore *Capitella Capitata*

Les espèces indicatrices de la qualité des eaux qui disparaissent dans les milieux pollués parce que leur faible capacité d'adaptation les rend particulièrement sensibles à un contaminant. C'est le cas des oursins, de la phanérogame *Posidonia oceanica* ou encore de l'algue *Cystoseira stricta*, caractéristique des zones rocheuses, agitées et bien aérées, et le gastéropode *Hydrobia ventrosa* qui supporte de grands écarts de salinité (entre 6 et 30 pour mille) est aussi bien indicateur de perturbation haline que de pollution organique [24].

III.8 Les polluants :

Un polluant est un élément introduit dans un écosystème et contribuant à dégrader sa qualité, à perturber son fonctionnement ou à contraindre ses usages.

III.8.1 Les matières en suspension :

Sont des matières insolubles, fines, minérales ou organiques, biodégradables ou non. Leur principal effet est de troubler l'eau : c'est la turbidité. La turbidité est un élément important de la qualité de l'eau, tant pour la vie aquatique (car elle réduit la transparence, empêche la pénétration de la lumière, ce qui a pour effet de freiner la photosynthèse, élément important de la croissance des plantes) que pour la production d'eau potable (car elle réduit l'efficacité des traitements de potabilisation de l'eau). Les MES conduisent aussi à des fermentations contribuant aux carences en oxygène, et ont des effets mécaniques sur les poissons par colmatage des branchies.

Dans le milieu naturel, elles proviennent des effets de l'érosion et des débris d'origine organique. Les eaux résiduaires urbaines et industrielles contribuent également à l'élévation des matières en suspension, notamment les rejets en provenance des industries agroalimentaires et de la chimie.

III.8.2 Les matières organiques :

Un composé organique est caractéristique de toute matière vivante ou issue d'une matière qui a été vivante, et/ou contient du carbone un végétal, un excrément, mais aussi des hydrocarbures et des substances issues de la chimie (pesticides, solvants) sont des matières organiques. La plupart des matières organiques ne deviennent polluantes que lorsqu'elles sont en excès dans le milieu notamment dans le milieu aquatique, on distingue, d'une part, les matières organiques biodégradables qui se décomposent dans le milieu naturel. C'est le cas des polluants d'origine humaine les plus classiques (excréments humains ou animaux, résidus

des activités agricoles...) qui peuvent générer divers problèmes (odeurs, consommation d'oxygène) et surtout être associées à des micropolluants bactériens.

III.8.3 Les nutriments :

Les nutriments sont des matières nutritives. Il s'agit principalement de l'azote et du phosphore. L'azote et le phosphore sont ce qu'on appelle en agronomie deux facteurs limitants : la capacité de développement des plantes (terrestres et aquatiques) dépend de la quantité d'azote et de phosphore qu'elles vont absorber. S'il y a beaucoup d'azote et peu de phosphore, le phosphore sera limitant, empêchera le développement des plantes. A l'inverse, s'il y a beaucoup de phosphore et peu d'azote, l'azote sera limitant. Quand il y a les deux, les plantes se développent. L'azote et le phosphore sont à la base des engrais agricoles.

III.8.4 L'azote :

A la faculté de changer très facilement de forme chimique, en s'associant à des molécules d'oxygène ou d'hydrogène. L'azote et l'hydrogène forment l'ammoniac (NH_4^+ un atome d'azote, 4 atomes d'hydrogène, le terme « + » signifiant que la molécule ainsi constituée est chargée positivement). L'azote, en consommant de l'oxygène, forme des nitrites (NO_2^-) ou des nitrates (NO_3^-). Ces éléments contribuent à des situations d'anoxie des milieux aquatiques et peuvent favoriser une eutrophisation des écosystèmes. L'agriculture et la chimie industrielle apportent les plus grosses contributions à ce type de pollution.

III.8.5 L'excès de phosphore :

Comme l'azote, entraîne une prolifération d'algues grandes consommatrices d'oxygène, ce qui peut conduire à asphyxier les milieux aquatiques (eutrophisation). Le phosphore a pour principale origine l'agriculture et les rejets domestiques. Mais l'industrie en rejette également du fait de la présence de phosphore dans certains réactifs de laboratoire et dans les eaux de rinçage après utilisation d'une lessive.

III.8.6 Les métaux :

Sont naturellement présents dans les roches et les sols. La présence de gisements métallifères (Massif central) contribue à la contamination métallique des eaux.

Néanmoins, l'essentiel provient des apports d'origine industrielle, qu'il s'agisse des exploitations minières, des activités industrielles anciennes, ou des activités actuelles. Les éléments métalliques surveillés sont le fer, le chrome, le zinc, le nickel, qui sont utiles au monde vivant en très faible quantité, et les métaux lourds, dont on ne connaît aucune utilité pour l'homme, et qui ont la propriété de s'accumuler dans la chaîne alimentaire :mercure, cadmium, plomb, arsenic, etc.

III.8.7 Les autres micropolluants organiques :

Ce sont surtout des substances chimiques. On distingue principalement les hydrocarbures et les solvants. Les hydrocarbures, peu biodégradables, s'accumulent et enrobent les plantes, les berges, stoppant leurs échanges vitaux et interdisant le développement de la faune et la flore. Lorsqu'ils forment un film de surface, ils s'opposent à l'oxygénation naturelle de l'eau. Les principaux hydrocarbures sont les HAP(hydrocarbures Aromatiques Polycycliques).

Paramètres mesurés	Symboles	Impacts	Principaux secteurs d'activité concernés
Mécaniques			
Matières en suspension	MES	- réduction de l'activité photosynthétique - colmatage des lits de rivières et frayères - colmatage des branchies des poissons	Agro-alimentaire, bois/papier, textile, industries extractives
Température	°C	- risque de prolifération d'amibes	Activités nucléaires, agro-alimentaire, textile
Organique			
Oxygène dissous	O ₂	- réduction de l'activité photosynthétique	Agro-alimentaire, bois/papier, textile, chimie, traitement de surfaces
Demande biochimique en oxygène,	DBO ₅	- consommation d'oxygène dissous au	
Demande chimique en oxygène,	DCO	détriment de la faune ou de la flore	
Matières oxydables	MO		
Azote			
Azote organique	N org	- perturbation de la production d'eau potable	Agro-alimentaire, chimie
Ammoniacque	NH ₄ ⁻	- toxiques pour les poissons	
Nitrites	NO ₂ ⁻	- eutrophisation des écosystèmes aquatiques	
Nitrates	NO ₃ ⁻		
Phosphore			
Phosphore total	P	- augmentation des risques d'eutrophisation	Traitement de surfaces, industrie des détergents, textile
Phosphates	PO ₄ ⁻	(asphyxie de la rivière par prolifération d'algues)	
Toxiques			
Cyanures,	CN ⁻	- inhibiteurs de la vie aquatique	Traitement de surfaces
Métaux lourds (cadmium, mercure, chrome, plomb,...),	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn (Métox)	- compromettent la fabrication d'eau potable si les normes sont dépassées	
Solvants et divers : phénols, fluor, solvants chlorés	Cl ⁻ , F	- risque de toxicité immédiate et/ou détournée par accumulation dans les chaînes alimentaires	Traitement de surfaces, chimie, industrie des métaux
Micro-polluants			
Micro-polluants organiques : organo-halogénés (chloroforme) et pesticides (atrazine,...)	AOX	- risques d'effets mutagènes et cancérogènes	Verrerie, industrie des métaux

Figure N°7: Pollution affecter les mi lieux aquatiques[25]

III.9 Les difficultés d'estimer l'état de pollution d'un cours d'eau :

Déterminer l'état de pollution d'un cours d'eau et son évolution est difficile :

La qualité de l'eau d'une rivière est variable dans le temps. Par exemple, à l'échelle d'une journée, des phénomènes naturels comme la photosynthèse influent sur la teneur en oxygène dissous ; par ailleurs, les rejets varient de façon aléatoire ou cyclique (selon les rythmes des activités humaines). Le débit du cours d'eau peut être très variable et avoir une influence sur la qualité. La qualité de l'eau est également variable dans l'espace, en toute rigueur on ne peut formuler une appréciation qu'aux points où cette qualité est mesurée. Les représentations linéaires ne sont possibles que par extrapolation.

La pollution est multiforme : une bonne connaissance de la qualité de l'eau nécessite la détermination d'un grand nombre d'éléments. Pour des raisons de coûts, les fréquences de 6 à 12 mesures par an se limitent aux paramètres fondamentaux [25].

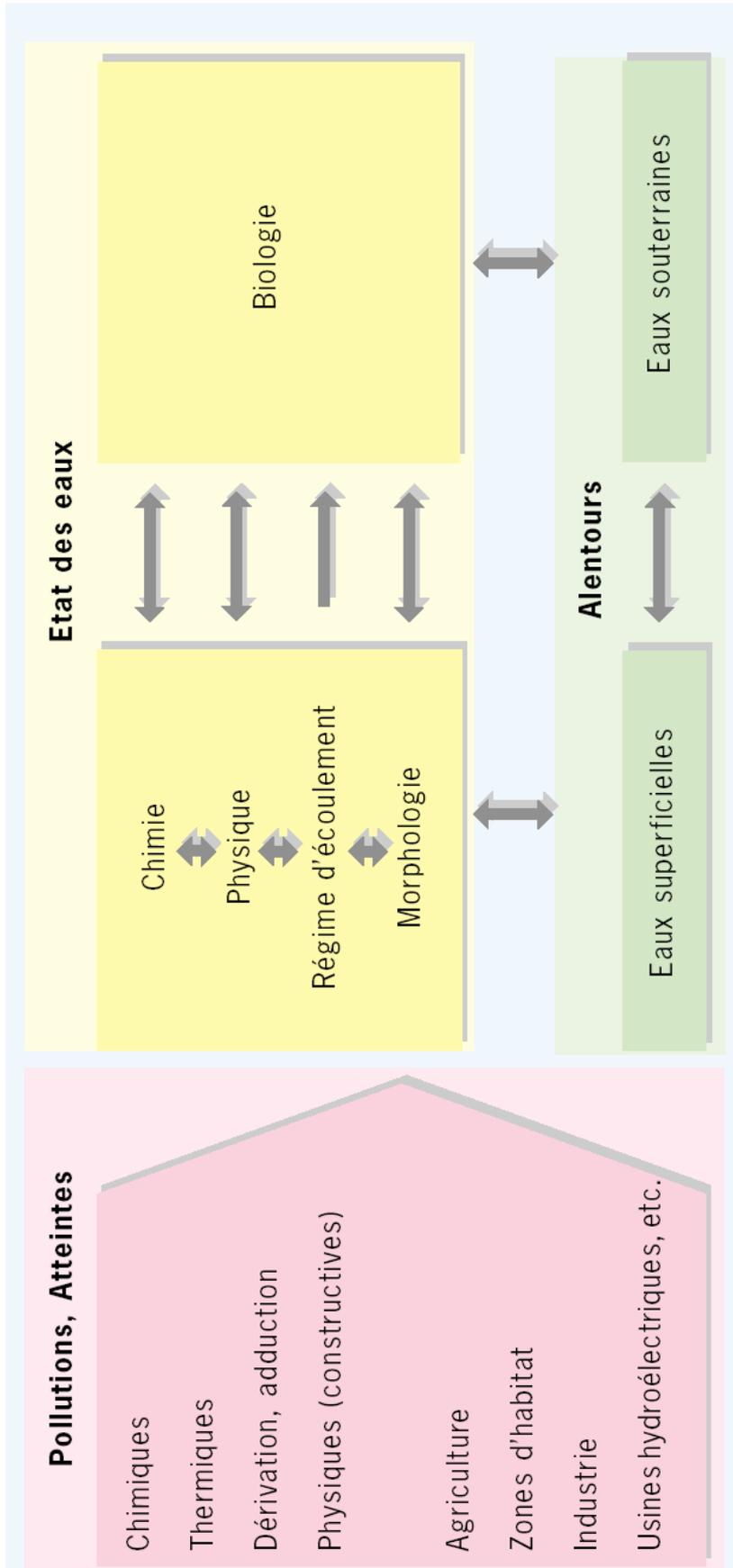


Fig de

III.10 Les origines de la pollution de l'eau :

III.10.1 Les pollutions naturelles :

On entend par pollution d'origine naturelle toute pollution modifiant de manière indésirable, les différentes propriétés de l'eau, ceci de façon naturelle et non pas humaine. On divise les polluants en quatre catégories : agents physiques, agents chimiques organiques, agents chimiques inorganiques et agents biologiques.

III.10.1.1 Agents physiques :

Comprend les matières inertes insolubles de toutes dimensions pouvant rester en suspension dans l'eau. Elles sont sans activité chimique ou biologique. Que ce soit du sable, du limon ou de l'argile, ces matières est en grande partie le fait de l'érosion. La pluie, la neige, la glace amène une désagrégation des roches compactes, des dépôts meubles ou des sols. L'eau devient alors un véhicule privilégié pour ces substances. De toute évidence, le déboisement accélère ce processus et contribue à réduire la limpidité de l'eau. De plus, une partie de cette matière se dépose sur le fond des cours d'eau et forme une couche inerte qui nuit à l'activité biologique naturelle.

III.10.1.2 Agents chimiques organiques :

Le ruissellement dans les zones végétales entraîne toutes sortes de matières organiques dans les cours d'eau et dans les lacs. Par exemple, les substances humiques peuvent se retrouver en grande partie dans certaines eaux. Provenant de la dégradation des matières végétales, elles confèrent une coloration plus ou moins forte à l'eau et la rendent esthétiquement rebutante au consommateur. C'est souvent le cas des cours d'eau cheminant au travers des boisés, où tombent des parcelles de bois, d'écorce, ou des feuilles. Cette pollution organique colorante engendre souvent l'apparition de macromolécules acides comme l'acide humique ou fulvique, ce qui fait diminuer dangereusement, le pH c'est alors un cas bien réel de modification chimique due à des agents organiques d'origine naturelle.

III.10.1.3 Agents chimiques inorganiques :

Les polluants chimiques inorganiques apparaissent dans les eaux superficielles le sol et les formations géologiques sont lessivées par les précipitations. Ce lessivage provoque une solubilisation des sels constituants de la lithosphère et la présence d'ions plus ou moins toxiques dans les eaux de drainage. La nature géologique du terrain conditionne les types d'ions qui s'y trouvent. La quantité et la qualité de la précipitation déterminent l'intensité du phénomène. Le facteur humain agira ici comme catalyseur important.

III.10.1.4 Agents biologiques :

Les cours d'eau contiennent une multitude d'organismes de toutes tailles formant des chaînes alimentaires spécifiques. L'apport naturel d'éléments organiques ou inorganiques peut modifier ces équilibres de façon temporaire ou permanente en favorisant ou en inhibant la croissance de certains organismes. De plus, des organismes étrangers peuvent être injectés dans le milieu aquatique. Il s'agit de voir si ceux-ci nuisent aux êtres humains.

III.10.2 Les pollutions agricoles :

L'aggravation constante de la pollution agricole due à l'utilisation d'engrais et de produits de traitements des végétaux rend l'eau impropre à la consommation dans de nombreuses régions. Les causes des différentes formes de pollution agricole. Les engrais, les produits phytosanitaires, herbicides et pesticides, les déjections animales qui accompagnent les élevages intensifs, les accumulations de métaux (Cu, Zn) provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevage et des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections animales ou pour favoriser leur croissance [26] .

III.10.3 Les pollutions industrielles :

L'industrialisation des villes ainsi que l'accroissement et la concentration des populations génère une pollution inégalée des cours d'eau à partir du XVIIIe siècle. Auxiliaire indispensable des transports par terre et par mer, des arts mécaniques, miniers, métallurgiques et textiles, la machine à vapeur est l'initiatrice de cette révolution complète.

Les agglomérations humaines ont alors une influence très marquée sur l'état d'insalubrité des cours d'eau, principalement dans les districts houillers. L'autre cause est l'accroissement de la consommation d'eau pour les usages économiques et industriels. La question de la distribution d'eau dans les villes se trouve ainsi liée beaucoup plus intimement qu'autrefois à celle de la protection des sources et des rivières.

Partout où le combustible minéral est abondant et à bas prix, l'eau est recherchée comme agent de dissolution, de lavage, etc. à cause de son état de pureté, par des manufactures qui se sont groupées dans le voisinage des sources ou des ruisseaux, en amont des villes. Là au contraire où le combustible fait défaut, l'eau est recherchée par l'industrie comme moteur. Mais dans les deux cas, les usines en prenant possession des rivières pour leur approvisionnement, y rejettent leurs résidus et leurs eaux sales ce qui augmente les paramètres de pollution et aussi les taux de nitrates, nitrites, phosphates et l'Azote.

III.10.4 L'eutrophisation est une forme de pollution :

L'eutrophisation est le phénomène de vieillissement naturel des lacs, en d'autres mots, leur l'enrichissement, soit naturel ou artificiel, en éléments nutritifs.

L'eutrophisation se produit naturellement avec l'apport graduel d'éléments nutritifs et de sédiments par l'érosion et les précipitations, ce qui entraîne le vieillissement progressif du lac. L'être humain accélère ce phénomène en rejetant des éléments nutritifs, notamment le phosphore, dans les cours d'eau et les lacs dans leurs effluents municipaux et industriels et en utilisant mal les terres, causant ainsi une érosion accrue du sol. Éventuellement, le lac présentera des concentrations élevées d'éléments nutritifs et une croissance dense d'algues et de plantes aquatiques. Celles-ci meurent et se décomposent en entraînant une réduction de l'oxygène dissous dans l'eau. Ce processus est souvent responsable de la mortalité massive de poissons et des changements d'espèces de poissons vivant dans le lac. L'eutrophisation finit par remplir le lac de sédiments et de matières végétales [27].

IV. Présentation des sites d'étude :

IV.1 Choix et description des sites d'étude :

La première étape de notre travail consiste à échantillonné dix-sept sites respectivement dans la partie sud-Est de la Wilaya de Bouira tel que : Bordj Okhris, El Hachimia, Oued El Berdi, Dirah, Sour El Ghezlène, Hadjra Zuargua, Ain Bessam, Ain Laloui, Ain Lahjer, Ain Turk, Bouira, El Esnam, Ath Mansour, Bechloul, Adjiba, M'chedellah et Chorfa.

La deuxième étape de cette étude consiste à la collecte de toutes les données géographiques et géologiques existantes à partir des études antérieure et des travaux de terrains ont été réalisés (fonçage de huit (8) puits et établissement du levé géologique du site au 1/2000°).

IV.2 Données naturelles des sites :

IV.2.1 Situation géographique des sites :

Les régions d'étude relève de la wilaya de Bouira qui est située dans la partie centrale du Nord de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par les wilayat de Boumerdes et de Tizi-Ouzo. Au sud par celle de M'Sila. A l'ouest par celle de Blida et de Médéa et à l'est par celles de Bejaïa et Bordj Bou Arridj, issue du découpage administratif institué par ordonnance n° 74/69 du 02 juillet 1974, relative à la refonte de l'organisation territoriale des Wilayate avec 12 Daira et 45 communes .

Un plan de situation (*Figure N°9*) permet de repérer les sites d'étude dans la wilaya de Bouira.

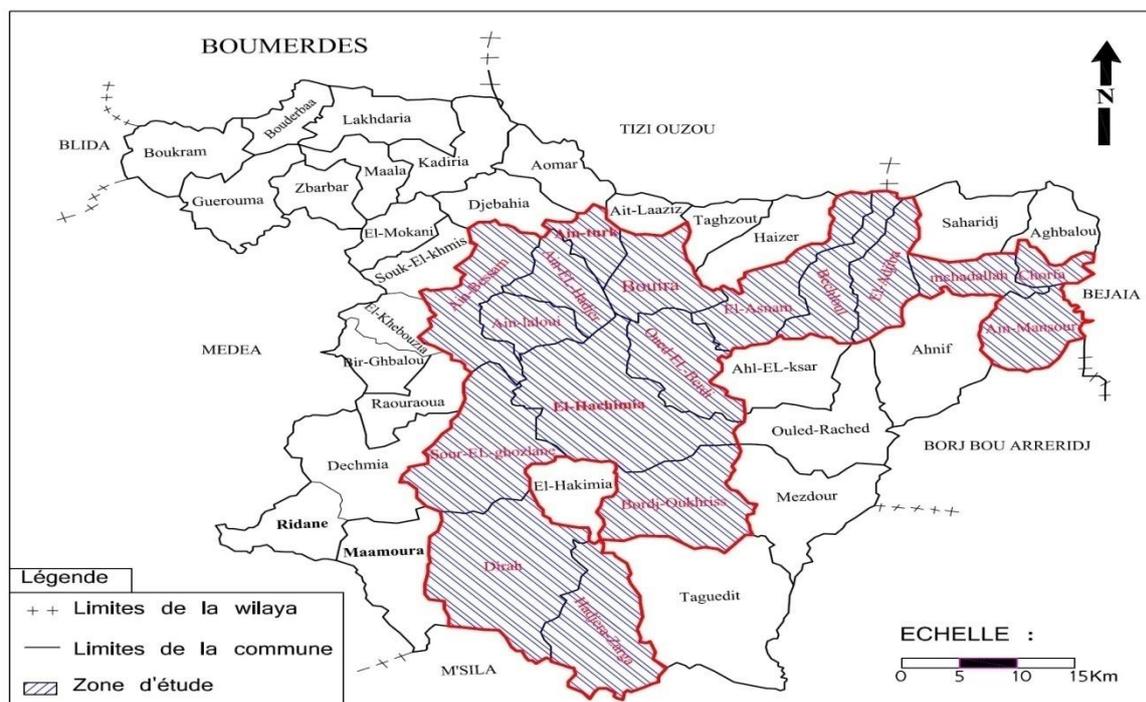


Figure N°9 : Plan de situation de la région d'étude

IV.2.2 Situation démographique et superficielle :

La wilaya compte une population de **795434** habitants (recensement 2016) avec une superficie totale de **4454 km²**.

IV.2.3 Le relief :

Le territoire de la Wilaya de Bouira est caractérisé par 05 grands espaces géographiques:

- ✓ La dépression centrale;
- ✓ La terminaison orientale de l'Atlas Blidéen ;
- ✓ Le versant du Djurdjura;
- ✓ La chaîne des Bibans et les hauts reliefs du sud;
- ✓ La dépression Sud Bibanique.

*Dépression centrale:

Espace, composé par :

- La vallée de l'Oued Sahel, de l'Oued Dhous et de la plaine d'El Esnam,

-
- Le plateau de Taghzout, El Madjen;
 - La plaine des Arribs, Ain Laloui;
 - Le Plateau d'El Hachimia , Ath Mansour.

***Terminaison orientale de l'Atlas Blidéen:**

Constitué d'un ensemble de collines de formations à dominance marneuse très sensible à l'érosion, on y trouve :

- Un important potentiel hydro-agricole;
- D'importantes agglomérations : Lakhdaria , Kadiria et Aomar;
- De grands axes de communications (RN5, voie ferrée et Autoroutier Est – Ouest);
- Le barrage de Koudiet Acerdoune.

***Versant du Djurdjura :**

Il se rapporte surtout aux parties centrales et occidentales du massif du Djurdjura.

***Chaîne des Bibans et les hauts reliefs du sud :**

Cette région essentiellement forestière est interrompue à l'Ouest par la dépression de Sour-El Ghozlane.

Ces reliefs sont prolongés vers le Sud par trois importants massifs et composés par :

- Le massif de Djebel Dirah, culminant à 1810 m;
- Le Djebel Ketef à 1434 m;
- Le Djebel Ben Abdellah à 1314 m;
- Le Djebel Taguedite;
- Le Djebel Afroun qui culmine à 1547 m.

***Dépression Sud Bibanique :**

Elle se rapporte à la terminaison septentrionale de la plaine du Hodna et aux basses collines s'étendant entre Maâmora et l'extrémité Sud-Est de Bouira. Cet espace est constitué principalement de terres de parcours.

IV.2.4 Cadre géologique et hydrogéologique :

IV.2.4.1. Géologie locale :

La zone d'étude renferme des séries autochtones, des séries allochtones et enfin des formations récentes post-nappes.

❖ Les séries autochtones ou parautochtones :

a) L'Albien : Il est représenté par une série d'argiles schisteuses ocre et des grès quartzifères de type flysch. Localement, il affleure au nord-ouest et au sud-est de la zone d'étude.

b) L'Albien supérieur : Comprenant de la base au sommet :

- Argiles et calcaires marneux,
- Calcaires à cassure noire,
- Alternance de calcaire et de marne grise.

Il affleure en petits liserés dans la partie ouest de la zone d'étude.

c) Le Cénomani : Il est constitué essentiellement de marnes grises et calcaires marneux. Il affleure largement au nord et surtout à l'ouest et au sud de la zone d'étude.

❖ Les séries allochtones :

a) Le Trias : On le rencontre en petits affleurements dans toute la plaine. Il est constitué par des argiles blanches ou jaunes, des dolomies et des gypses. Localement, il forme de petites semelles à l'est, au sud et à l'ouest de la zone d'étude.

b) Le Turono-Sénonien : Nous distinguons dans cet ensemble de bas en haut :

- Marnes grises, calcaires argileux du Turonien. Ils affleurent en petites fenêtres dans la partie nord du bassin versant.
- Flysch argilo-schisteux olivâtre du Coniacien. Il s'agit de petits affleurements de part et d'autres de l'oued Lekhal à l'est immédiat de la zone d'étude.
- Marnes grises à bancs de calcaires du Maëstrichtien- Campanien. Ces formations affleurent largement sur le pourtour du bassin versant notamment au sud de la zone.

c) Le Paléogène : Il se rencontre en petits affleurements au Sud de la zone d'étude. Il comprend :

- L'Yprésien-Thanétien : ce sont des calcaires à patine blanche avec des silex à la base. Il affleure au sud-ouest du bassin versant.

-
- Le Lutétien : ce sont des marnes à bancs de calcaire lumachellique jaune roux. Il apparaît en klippe dans la partie nord du bassin versant.
 - L'Oligocène (faciès numidien) : c'est essentiellement des argiles et grès. Il affleure au nord-ouest de la zone d'étude.

❖ Les formations récentes post-nappes :

a) Le Miocène : on le rencontre en petits affleurements sur les deux rives de l'oued Lekhal et oued d'hous.

b) Le Quaternaire ancien : il est représenté par des dépôts continentaux. Ils sont constitués de graviers et de galets mélangés de sables et d'argiles. Ces dépôts sont les plus répandus dans la zone sud-ouest de la plaine vers l'oued Krarifes.

c) Les alluvions récentes : ce sont des dépôts argileux-sableux mélangés parfois de graviers et disposés en minces bandes des deux côtés des oueds.

En résumé : la zone concernée par l'étude est essentiellement présente des formations argileuses (terrain à vocation agricole), attribuée aux formations post-nappes, cernée au loin (hors de la zone d'étude) par les séries allochtones correspondant à des nappes de charriage (unités tectoniques citées au dessus). Plus loin encore (à l'ouest) cette série argileuse devient moins importante par la présence des séries autochtones. Il s'agit des affleurements en fenêtres tectoniques de l'Albien de la chaîne des Bibans. De part la morphologie et la nature des terrains traversés, aucune manifestation d'instabilité (faille, plissement, ...) n'a été relevée.

IV.2.4.2. Hydrogéologie

Les principales réserves d'eaux souterraines de la région sont contenues dans la nappe alluviale des oueds et leurs affluents. Le terrain réservoir est constitué par un remplissage alluvionnaire quaternaire (sables, graviers, limons et argiles). Cet aquifère est capté par des puits paysans destinés à l'irrigation (se concentrent généralement le long des oueds). La recharge de la nappe se fait essentiellement par l'infiltration directe des pluies mais aussi par les oueds, notamment en situation de basses eaux.

IV.2.5 Situation climatique

Le climat de la région est méditerranéen typique avec un été sec et chaud et un hiver froid et pluvieux.

IV.2.5.1. La température

Les températures varient entre 20 et 40 °C de mai à septembre et de 2 à 12 °C de janvier à mars.

IV.2.5.2. Les Vents

Les vents prédominants sont d'Ouest en Est.

IV.2.5.3. Humidité relative

Il est noté que l'humidité relative est un élément climatique très important dans le cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et le couvert végétal. Elles varient entre 54 et 253 mm au cours de l'année.

IV.2.5.4. La pluviométrie

Les pluies sont concentrées sur une partie de l'année (d'octobre à mars). La période humide débute du mois de novembre jusqu'à mois d'avril. La période sèche s'étale du mois de juin au mois de d'août. La précipitation moyenne annuelle est de 660 mm/an au nord et de 400 mm/an dans la partie sud.

IV.6 Caractéristiques du bassin versant :

IV.6.1 Paramètres géométriques des sites d'étude :

Les paramètres géométriques des sites d'étude sont déterminés par la technique de digitalisation (sur la carte topographique) sous le logiciel MapInfo. Les résultats sont portés sur le tableau suivant.

Tableau. IV.1 : Caractéristiques morphologiques des sites d'étude :

Site	Superficie km²	Périmètre km	altitude maximale Hmax m. NGA	altitude minimale Hmin m. NGA
Bordj Okhris	108,2	49,53	3,972973	36,07856
El hachimia	173,94	69,32	3 ,815722	36,219502
Oued Elberdi	78,22	46,11	3,919296	36,288177
Dirah	168,75	62,63	3,754799	35,999229
Sour El Ghèzlene	123,175	56	3,929290	36,888171
Hadjra Zuargua	107,75	54,96	3,849185	35,954629

Ain Bessam	87,389	60,44	3,969181	35, 469521
Ain Laloui	41,1904	29,36	3, 854918	35, 499562
Ain Lahjer	50,79	35,61	3,849185	35,954629
Ain Turk	30,16	27,62	3,822994	36,392757
Bouira	66,02	39,41	3,896538	36,378889
El Esnam	79,87	60,68	4,009077	36,321566
Ath Mansour	61,02	35,14	4,129073	36, 156632
Bechloul	61,87	52,19	4,239012	36, 663345
Adjiba	58,4	40,13	4,259043	36,421564
M'chedellah	39,2	35,02	4,309056	36,521521
Chorfa	21,22	24,02	4,324392	36,359244

IV.6.2 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est défini comme étant l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. C'est l'une des caractéristiques les plus importantes du bassin. La wilaya de Bouira renferme d'importantes ressources en eau. Elle est traversée par des bassins versants importants dont l'apport moyen annuel est de l'ordre de 561 millions de m³ constitué par :

- Bassin versant d'Isser : 135 millions de m³/an;
- Bassin versant Sahel Soummam : 380 millions m³/an;
- Bassin versant du Hodna : 35 millions m³/an;
- Bassin versant Humus : 11 millions m³/an.

*Barrages :

- Barrage koudiet asserdoune commune de Maala capacité 640 000 000 m³;
- Barrage tilesdit commune de Bechloul capacité 167 000 000 m³;

-
- Barrage lakhal commune d'Ain bessem capacité 30 000 000 m³;
 - Retenus collinaires : 30.

***Agriculture :**

- Surface terre agricole : 2935,45 km²
- Surface massif forestier : 1122,5 km²

Le réseau hydrographique de notre région d'étude « bassin versant Sahel Soummam : 380 millions m³/an » est représenté par six oueds principaux ainsi que ses affluents qui sont :

1. Oued Lakhhal
2. Oued Djenane
3. Oued Okhris
4. Oued Azrou Mokhtar
5. Oued Sahel
6. Oued ElMerhir

La figure suivante (*Figure N°10*) représente les principaux oueds qui traversent les sites d'étude.

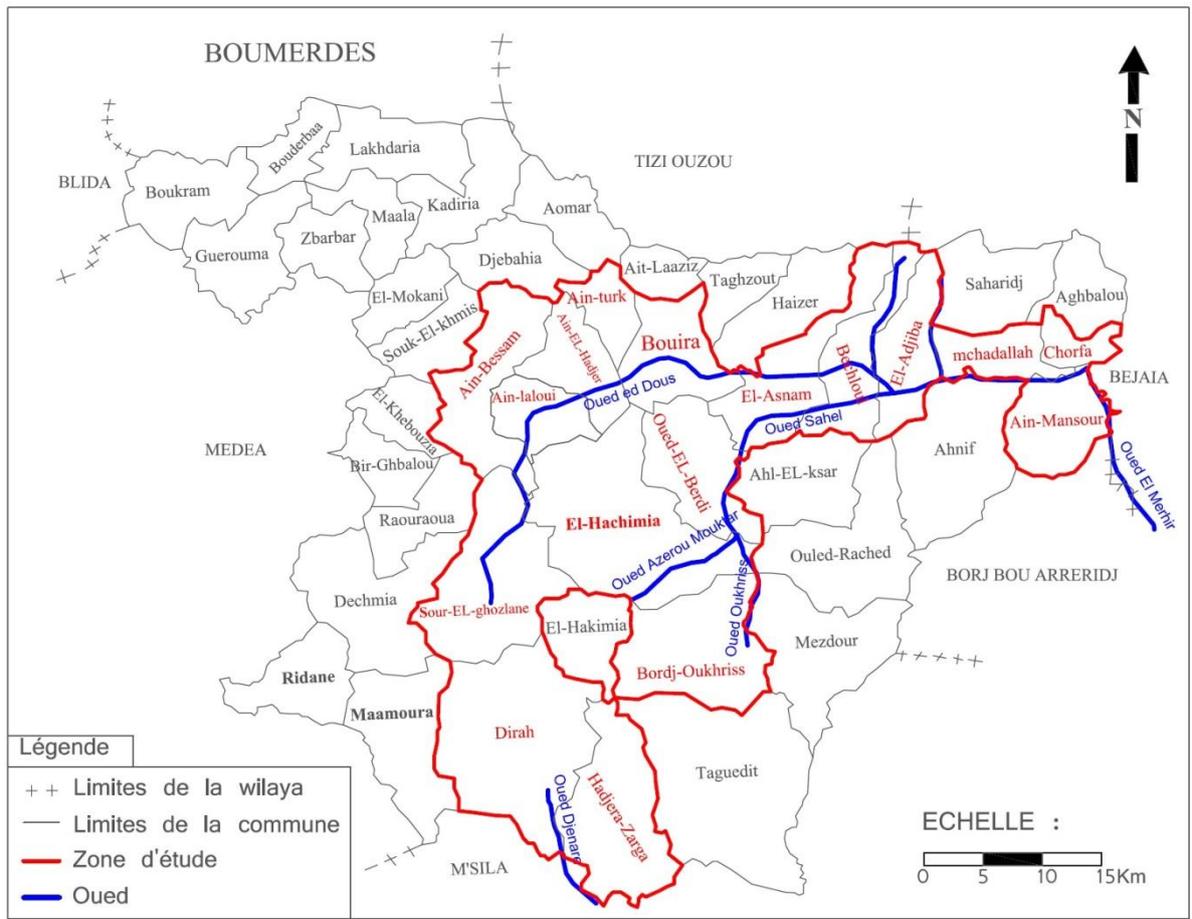


Figure N°10 : Couche des Principaux oueds

V. Matériel et méthodes d'analyses :

Introduction :

Pour une évaluation représentative de la pollution des cours d'eau étudiés, nous avons procédé au prélèvement des échantillons avec une fréquence de deux à trois fois dans le même endroit pour les deux périodes estivale et hivernale.

Certaines mesures, comme celles de la température, de pH, de l'oxygène dissous, de la turbidité et de la conductivité sont effectuées sur le terrain au moyen de matériel portatif.

Nous avons effectués des prélèvements ponctuels manuellement au niveau des oueds à l'aide d'un Becher oscillant de 1000 ml avec canne de prélèvement (canne télescopique 1.25 à 2.5 m).

Les échantillons **Composites** (mélange des échantillons ponctuels avec V=200ml, et une profondeur variée), recueillis dans des bouteilles étiquetés et conservés au froid (**voir Annexe N°01**) et transporter dans des glacières sur lesquels nous effectuerons des analyses physico-chimique.

Notre travail d'analyse de l'eau s'est déroulé au sein du Laboratoire de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Bouira qui affilié à l'Office nationale de l'assainissement pour les périodes allant de Décembre-Février et Juin-Aout.

V.1 Les mesures effectuées sur terrain :

*Matériels :

- ✓ Un multiparamètre qui mesure la conductivité, le PH et la température.
- ✓ Un oxymètre portatif.
- ✓ Une pipete de l'eau distillée.

*Méthode d'analyses :

V-1-1 Détermination de la conductivité :

Définition et Objectif :

La conductivité électrique d'une eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. L'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

La conductivité donne une idée sur la salinité de l'eau. Elle varie en fonction de la température, et dépend de la concentration et de la nature des substances dissoutes (plus la concentration ionique des sels dissous est grande, plus la conductivité est grande). [32]

V-1-2 Détermination de la température T°C :

Définition et Objectif :

La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable surtout en présence d'effluents industriels, elle peut influencer sur la solubilité des gaz dans l'eau (la solubilité diminue avec l'augmentation de la température), le PH, la conductibilité électrique, la teneur en oxygène dissous (plus l'eau est chaude, plus la concentration de la saturation de l'oxygène diminue), les vitesses de réaction chimiques et biochimiques et la vitesse de sédimentation des particules (V_s augmente avec l'augmentation de la température), Les résultats s'expriment en degrés Celsius ($^{\circ}C$). [33]

V-1-3 Détermination du pH :

Définition et Objectif :

Le pH est l'un des paramètres chimiques qui sert au contrôle de l'alcalinité des eaux superficielles (les variations importantes du pH sont souvent la conséquence de rejets industriels). Son rôle est capital pour la croissance des microorganismes. Nous avons utilisés deux méthodes pour mesurer le pH:

✓ Mesure rapide au papier indicateur :

- Prendre un papier indicateur à l'unité (c'est-à-dire couvrant la plus grande partie de l'échelle des pH).
- Prélever une goutte de solution à analyser et la déposer sur le papier.
- Lire le pH en comparant la couleur prise par le papier avec l'échelle des références.

✓ Mesure électrochimique par le multiparamètre.

*Mode opératoire

- Choisir l'endroit à analyser.
- Allumer le multiparamètre de mesure.
- Rincer la sonde avec l'eau distillée. Essuyer les traces d'humidité à l'aide d'un linge non pelucheux.
- Introduire la sonde du multiparamètre dans le cours d'eau.
- Une fois l'icône s'arrête de clignoter prendre la valeur indiquée de notre conductivité, PH et température.

V-1-4 Mesure de l'Oxygène : la teneur en oxygène dans l'eau superficielle est mesurée immédiatement sur site avec un oxymètre portable.

***Mode opératoire**

- Choisir le même endroit.
- Allumer l'oxymètre.
- Rincez la sonde avec l'eau distillée. Essuyez les traces d'humidité à l'aide d'un linge non pelucheux.
- Introduire la sonde de l'oxymètre dans l'échantillon à analyser.
- Une fois l'icône arrête de clignoter on prend la valeur indiquée de notre oxymètre.

Les résultats s'expriment en (mg O₂/l).

V.2 Les mesures effectuées au niveau de laboratoire :

***Matériels :**

- ✓ Un Becher oscillant de 1000 ml.
- ✓ Des bouteilles en plastique (PET), avec une étiquette (date de sortie).
- ✓ Un spectrophotomètre HACH 2010
- ✓ Un incubateur DBO

***Méthode d'analyses : Méthode Spectrophotométrie**

Cette méthode repose sur l'absorption moléculaire, quand un faisceau lumineux traverse une solution colorée, une fraction de la lumière incidente est absorbée, cette absorption dépend de la concentration du composé coloré.

Elle est basée sur la loi de Lambert-Beer: $\log I_0 / I = \epsilon lc$

I_0 : intensité de du faisceau lumineux monochromatique.

I : intensité de du faisceau lumineux émergent.

l : épaisseur de la solution (cm).

ϵ : coefficient d'extinction moléculaire, sa valeur est fonction de la température, de la nature de colorant, de la longueur d'onde, de la lumière incidente.

$\log I_0 / I$: densité optique.

Notre analyse s'effectue à l'aide de Photomètre de type HACH DR 2010 avec une gamme de longueurs d'onde de 540 -720 nm.

Donc chaque paramètre avec une gélule ou réactif spécifique et aussi longueur d'onde bien choisi.

Les paramètres concernés sont DCO, N-NH₃⁺; NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻ et la turbidité.

V-2-1 Détermination de la Turbidité

***Définition et Objectif :**

Elle nous informe sur la présence plus ou moins importante des matières en suspension d'origine minérale ou organique, la diminution de la valeur de la turbidité de l'eau indique que l'élimination des matières en suspension est élevée. [4]

***Domaine de mesure:** 1–100 FAU 550 nm cuve de 50 mm

***Mode opératoire :**

- Transvaser l'échantillon dans la cuve.
- Placer la cuve dans le compartiment du spectrophotomètre, sélectionner la méthode avec l'AutoSelector « méthode n°77 ».
- Faire la lecture sur le spectrophotomètre.

V-2-2 Détermination des Nitrates NO₃⁻ :

***Domaine de mesure :**

01 – 25,0 mg/l NO₃-N ; 4,4 – 110,7 mg/l NO₃ (cuve de 10 mm)

0,5 – 12,5 mg/l NO₃-N ; 2,2 – 55,3 mg/l NO₃ (cuve de 20 mm)

0,10 – 5,00 mg/l NO₃-N ; 0,4 – 22,1 mg/l NO₃ (cuve de 50 mm)

***Mode opératoire :**

- Pipeter 4,0 ml de **NO₃-1** dans un tube vide (tubes vides, art. 250621) et sécher.
- Ajouter 0,50 ml d'échantillon à la pipette, **ne pas mélanger**.
- Ajouter 0,50 ml de **NO₃-2** à la pipette, fermer avec le bouchon fileté et mélanger.
Attention, le tube devient brûlant.
- Temps de réaction 10 minutes.
- Transvaser la solution dans la cuve souhaitée.
- Sélectionner la méthode avec l'AutoSelector.
- Placer la cuve dans le compartiment.
- Faire la lecture

Important : Pour la mesure dans la cuve de **50 mm**, le volume de l'échantillon et le volume des réactifs doivent chacun être doublés. Ou bien, on peut utiliser la cuve semi-micro.

V-2-3 Détermination des Orthophosphates PO₄³⁻ :

Domaine de mesure : 0,5 – 25,0 mg/l de PO₄-P:

***Mode opératoire :**

-
- Vérifier le pH de l'échantillon. Domaine nécessaire: pH 0 –10 Si nécessaire, ajuster le pH en ajoutant goutte à goutte de l'acide sulfurique dilué
 - Pipeter 1,0 ml d'échantillon dans un tube à essai, fermer avec le bouchon fileté et mélanger
 - Ajouter 5 gouttes de P-2K, fermer avec le bouchon fileté et mélanger.
 - Ajouter 1 dose de P-3K avec le capuchon doseur bleu, fermer avec le bouchon fileté.
 - Agiter vigoureusement le tube pour dissoudre la substance solide.
 - Temps de réaction 5 minutes
 - Placer le tube dans le compartiment, faire coïncider le trait du tube sur celui du photomètre.
 - Faire la lecture.

V-2-4 Détermination des Nitrites NO₂⁻ :

*Domaine de mesure :1,0 – 90,0 mg/l de NO₂-N

* Mode opératoire :

- Vérifier le pH de l'échantillon. Domaine nécessaire: pH 1–12. Si nécessaire, ajuster le pH en ajoutant goutte à goutte de l'acide sulfurique dilué.
- Ajouter 2 microcuillères bleues arasées de **NO₂-1K** dans un tube à essai.
- Ajouter 8,0 ml d'échantillon à la pipette dans un tube, fermer avec le bouchon fileté.
- Agiter vigoureusement le tube pour dissoudre la substance solide.
- Temps de réaction 20 minutes, **puis mesurer immédiatement. Ne pas secouer ni agiter** le tube avant la mesure.
- Placer le tube dans le compartiment, faire coïncider le trait du tube sur celui du photomètre.
- Faire la lecture.

V-2-5 Détermination de l'Azote Ammoniacal N NH₃ :

*Domaine de mesure : 0,5 – 16 mg/l de NH₄-N

*Mode opératoire :

- Vérifier le pH de l'échantillon (Domaine nécessaire: pH 4 –13). Si nécessaire, ajuster le pH en ajoutant goutte à goutte de l'hydroxyde sodium en solution ou de l'acide sulfurique dilué.

-
- Pipeter 0,50 ml d'échantillon dans un tube à essai, fermer avec le bouchon, fileté et mélanger.
 - Ajouter 1 dose de NH₄-1K avec le capuchon doseur bleu, fermer avec le bouchon, fileté.
 - Agiter vigoureusement le tube pour dissoudre la substance solide.
 - Temps de réaction 15 minutes.
 - Placer le tube dans le compartiment, faire coïncider le trait du tube sur celui du photomètre.
 - Faire la lecture.

Important:

Des concentrations très élevées d'ammonium dans l'échantillon produisent des solutions de couleur turquoise (la solution à mesurer doit être jaune-verte à verte) et des résultats trop faibles; dans ce cas, l'échantillon doit être dilué.

V-2-6 Détermination de la demande chimique en oxygène DCO :

Domaine de mesure : 25 à 1500 mg/l DCO (Eau brute)

*Mode opératoire :

- En agitant, mettre le sédiment en suspension dans le tube (Réactif selon le domaine de mesure)
- Pipeter **prudemment** 3,0 ml d'échantillon dans un tube à essai, fermer hermétiquement avec le bouchon fileté et mélanger vigoureusement. **Attention, le tube devient brûlant.**
- Chauffer le tube à essai pendant 2 heures à 148 °C dans le thermoréacteur.
- Retirer le tube du thermoréacteur, le laisser refroidir dans un support d'éprouvettes.
- Au bout de 10 min environ de refroidissement, agiter de nouveau le tube.
- Replacer le tube dans le support et laisser refroidir jusqu'à température ambiante (très important).
- Placer le tube dans le compartiment, faire coïncider le trait du tube sur celui du photomètre.
- Faire la lecture

V-2-7 Détermination des matières en suspension MES : [32]

Objectif : Consiste à mesurer le poids des matières flottantes en suspension, dans le but d'indiquer le degré de pollution d'un effluent.

1ère Méthode : par filtration sur fibre de verre

*Principe :

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

*Matériel spécial :

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (1bar max).
- Disques filtrants en fibres de verre.

*Mode opératoire :

- Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105°) jusqu'à masse constante, puis le peser après passage au dessiccateur.
- Mettre les filtres sur la rampe de filtration.
- Mettre en service la pompe à vide.
- Verser l'échantillon (V) sur le filtre.
- Rincer la fiole avec de l'eau distillée.
- Laisser essorer le filtre, sécher à 105 °C pendant 2h.
- Laisser refroidir au dessiccateur et peser.

*Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg / l) est donnée par l'expression

$$MES = (P_1 - P_0) * 1000 / V$$

Po = masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

P1 = masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V= volume d'eau utilisé (ml).

2ieme Méthode : par centrifugation

Principe : L'eau est centrifugée à 4000 tr/min pendant 10 minutes. Le culot est recueilli, séché à 105° C et pesé. Il est ensuite calciné à 525°C et pesé de nouveau.

*Matériel spécial :

Centrifugeuse avec 4 tubes de 100 ml, 8 tubes de 50 ml et 16 tubes de 20 ml et une vitesse maximum de 4000tr/min.

*Mode opératoire :

- Prendre un volume d'échantillon V, l'introduire dans la centrifugeuse pendant 10 min à 4000tr/min.
- La centrifugeuse doit être équilibrée.

- Recueillir le culot de centrifugation dans une capsule en porcelaine préalablement séchée à 105°C et pesée. (**P₀**)
- Rincer le godet de la centrifugeuse deux fois avec environ 20 ml d'eau distillée et recueillir les eaux de rinçage dans la capsule.
- Sécher la capsule dans l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant (02h).
- Laisser refroidir dans le dessiccateur et peser la capsule. (**P₁**)

$$MES = (P_1 - P_0) * 1000 / V$$

- Mettre la capsule au four pendant 02h à 525°C ± 5°C.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser la capsule.

$$MVS = (P_1 - P_2) * 1000 / V$$

P₀ = masse de la capsule avant utilisation (mg).

P₁ = masse de la capsule après séchage à 105°C (mg).

P₂ = masse de la capsule après calcination à 525°C (mg).

V = volume d'eau utilisé (ml).

V-2-8 Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO :

*Méthode utilisée [méthode manométrique OxiTop IS12] : [34]

- Mettre en marche l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à 20°C ± 1°C.
- Rincer le flacon de DBO avec l'échantillon et remplir minutieusement à l'aide des fioles jaugées appropriées (**dans notre cas le volume d'eau brute = 164 ml**)
- Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon.
- Insérer le godet à soude dans le goulot du flacon.
- Mettre 02 à 03 pastilles de soude dans le godet avec une pince.
- (Attention : les pastilles de soude ne doivent jamais être en contact avec l'échantillon).
- Fermer hermétiquement le flacon avec l'OxiTop.
- Commencer la mesure : presser simultanément les touches M et S pendant 02 secondes, l'afficheur indique 00.
- Mettre les flacons avec OxiTop dans l'incubateur pendant 05 jours.
- Pendant 05 jours l'échantillon est agité en continu. L'OxiTop enregistre automatiquement une valeur toutes les 24h pendant 05 jours.
 - Pour connaître la valeur actuelle presser la touche M.

- Après 05 jours lire les valeurs mémorisées : presser la touche S.
- Convertir les valeurs affichées (digits) en valeur DBO avec la table suivante
(Digits* facteur = DBO₅ en mg/l)

Tableau V.2 : Plage de mesure en mg/l

Volume de l'échantillon (ml)	Plage de mesure (mg/l)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50
22.7	0-4000	100

V-2-9 Détermination de TA et TAC :

Définition et Objectif :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

Indépendamment des difficultés qu'il peut y avoir pour l'opérateur à apprécier le virage de l'indicateur, l'emploi de la méthode titrimétrique doit être évité en présence de substances telles que les acides humiques, les phosphates, les citrates, les tartrates, etc. qui, tamponnant les ions hydrogène dans les zones de pH 4,5 et 8,3, retardent le virage. la méthode potentiométrique est recommandée dans le cas d'eaux troubles et colorées, et en présence de matières en suspension.

- le titre alcali métrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques.

- le titre alcali métrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

Mode opératoire : « Méthode titrimétrique »

* Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

* Réactifs

- Acide chlorhydrique ou sulfurique 0,02 N.

- Solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0,5 % (voir acidité).

- Solution de méthylorange à 0,5 % (voir acidité).

- Eau permutée exempte d'anhydride carbonique libre (par ébullition de 15 min).

• Mode opératoire

* Détermination du TA :

- ✓ Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une capsule de porcelaine blanche de 12 cm de diamètre environ.
- ✓ Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine.
- ✓ Une coloration rose doit alors se développer.
- ✓ Dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3.
- ✓ Verser ensuite doucement l'acide dans la capsule à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH 8,3).

Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.

* Détermination du TAC :

- ✓ Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration.
- ✓ Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4,3).
- ✓ S'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé (pH 4).
- ✓ Soit V' le nombre de millilitres d'acide 0,02 N versés depuis le début du dosage.
- ✓ Retrancher de ce volume 0,5 ml, quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur, qui est un peu plus faible que le pH de neutralisation exacte de

l'hydrogénocarbonate.

V-2-10 Détermination de TH, Calcium, Magnésium:

Définition et Objectif :

La dureté totale ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. La dureté totale est surtout proportionnelle aux concentrations en calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les concentrations en fer, aluminium, manganèse et strontium. Le titre hydrotimétrique s'exprime en degré français (°F). Un °F correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/l de CaCO₃. Un °F équivaut à 4 mg de calcium par litre. Un meq de calcium correspond à 5°F.

*Méthode

-Dosage par liqueur complexométrique (ou liqueur hydrotimétrique).

*principe

La mesure est un dosage volumétrique par un réactif titrant complexant, l'EDTA (sel tétrasodique de l'acide éthylène diamine tétra-acétique). La méthode peut être mise en défaut lorsque les eaux sont riches en cuivre et/ou en fer dissous.

L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions calcium puis magnésium pour former des composés solubles, les chélates. La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré (Indicateur Net), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution.

Mode opératoire :

- ✓ Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole de 50 ml.
- ✓ Les verser dans un erlenmeyer adapté puis ajouter 20 gouttes de solution tampon K10 (solution NH₄⁺/NH₃) permettant la complexation totale des ions calcium et magnésium à pH = 10.
- ✓ En cas de perturbation (cas des eaux riches en cuivre et/ou fer dissous), ajouter une ½
- ✓ jauge d'ascorbate de sodium et une ½ jauge de cyanure de potassium. Ajouter 6 à 8 gouttes d'Indicateur Net :

*si la solution est bleue: **TH = 0** . L'eau est adoucie ou non-dure.

*si la solution est violette: doser le mélange par la liqueur hydrotimétrique (solution d'EDTA N/25). Ajouter jusqu'au virage du violet au bleu:

Soit V (ml) volume de coulée d'où: **TH = V (ml) x 4 °F**

*Kit TH-test :

- ✓ Verser l'eau à analyser dans le tube à essai jusqu'au repère.

-
- ✓ Ajouter 2 gouttes de réactif K; agiter.
 - ✓ Ajouter 5 gouttes de réactif TH test 1 (NET); agiter

*Si la couleur est bleue, le TH = 0: l'eau n'est pas dure.

*Si la couleur est violette, l'eau a une certaine dureté : ajouter goutte à goutte le réactif TH test 2 (complexo). Compter le nombre de gouttes ajoutées jusqu'à obtenir une coloration bleue.

La dureté ou TH en °F est égale à deux fois le nombre de gouttes de réactif TH test 2 versées.

V-2-11 Détermination de Chlorure :

Définition et Objectif :

La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Les chlorures participent à la conductibilité électrique des cours d'eau .

Le dosage des chlorures s'effectue sur des échantillons d'eau, après détermination du TA et du TAC.

*Mode opératoire :

Sur un échantillon d'eau de 50 ml, ajouter 5 gouttes de chromate de potassium: le mélange se colore en jaune.

La solution est dosée par une solution de nitrate d'argent N/25: le nitrate d'argent précipite les chlorures alcalins et alcalino-terreux sous forme de chlorure d'argent.

La fin de la réaction est repérée par l'apparition de la teinte rouge brique du chromate d'argent.

D'où: **Chlorures = V (ml) x 4 °F**

V (ml) volume versé de solution de nitrate d'argent N/25. **[36]**

V-2-11 Détermination de Sulfates SO₄²⁻ :

Définition et Objectif :

Les sulfates contenus dans les eaux souterraines sont fournis par la dissolution du gypse. Le gypse est un sulfate de calcium hydraté qui est faiblement soluble (7 g/l dans les conditions normales. Les nappes captives en terrains calcaires sont moyennement à très sulfatées (30 à 200 mg/l, parfois supérieures à 250 mg/l). Leur présence est liée à la nature des terrains traversés. Ils sont abondamment répandus dans le sol, dans la plupart des eaux et des plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Solubles dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux superficielles et souterraines.

*Mode opératoire :

-
- ✓ Filtrer les solutions à analyser trouble
 - ✓ Vérifier le pH de l'échantillon nécessaire pH : 2-10 si nécessaire, ajouter le pH en ajoutant goutte à goutte le sodium hydroxyde en solution ou de l'acide chlorhydrique dilués.
 - ✓ Pipeter 5 ml d'échantillon dans un tube à essai, fermer avec le bouchon fileté et mélanger
 - ✓ Ajouter 1 micro cuiller verte arasée de SO_4^{2-} , fermer avec le bouchon fileté.
 - ✓ Agiter vigoureusement le tube pour dissoudre la substance solide
 - ✓ Temps de réaction 2 minutes puis mesurer immédiatement.
 - ✓ Placer le tube dans le compartiment, faire coïncider le trait du tube sur celui du spectrophotomètre.

VI. Résultats et discussions :

Notre méthode d'échantillonnage consiste à analyser le cours d'eau qui traverse la commune en trois points : en Amont, en Aval et au milieu, donc nous avons prélevés cinquante et un échantillons.

La commune d'El Esmam et Bechloul ont deux oueds principaux tel que : oued D'hous et oued Sahel donc nous avons analysés cinquante sept points en totalités.

Les résultats d'analyse de l'eau sont représentés par mode graphique « histogrammes » et par mode cartographique.

Pour faciliter la présentation des sites étudiés nous avons proposés les abréviations des communes comme suit :

Tableau VI.3 : liste des abréviations

POINT DE PRE	ABREV	POINT DE PRE	ABREV	POINT DE PRE	ABREV
Hadjra Zuargua Amont	HZA/Am	Ain El Hjar Aval	AHJ/Av	El Hachimia Milieu	HAC/ml
Hadjra Zuargua Milieu	HZA/ml	Ain Turk Amont	ATR/Am	El Hachimia Aval	HAC/Av
Hadjra Zuargua Aval	HZA/Av	Ain Turk Milieu	ATR/ml	Oued El Berdi Amont	OBR/Am
Dirah Amont	DIR/Am	Ain Turk Aval	ATR/Av	Oued El Berdi Milieu	OBR/ml
Dirah Milieu	DIR/ml	Bouira Amont	BOU/Am	Oued El Berdi Aval	OBR/Av
Dirah Aval	DIR/Av	Bouira Milieu	BOU/ml	El Adjiba Amont	ADJ/Am
Sour El Ghézlène Amont	SEG/Am	Bouira Aval	BOU/Av	El Adjiba Milieu	ADJ/ml
Sour El Ghézlène Milieu	SEG/ml	El Esmam Amont	ESN/Am	El Adjiba Aval	ADJ/Av
Sour El Ghézlène Aval	SEG/Av	El Esmam Milieu	ESN/ml	M'Chedellah Amont	MCH/Am
Ain Bessem Amont	ABS/Am	El Esmam Aval	ESN/Av	M'Chedellah Milieu	MCH/ml
Ain Bessem Milieu	ABS/ml	Bechloul Amont	BCH/Am	M'Chedellah Aval	MCH/Av
Ain Bessem Aval	ABS/Av	Bechloul Milieu	BCH/ml	Chorfa Amont	CHO/Am
Ain Laloui Amont	ALA/Am	Bechloul Aval	BCH/Av	Chorfa Milieu	CHO/ml
Ain Laloui Milieu	ALA/ml	Bordj Okhris Amont	BOK/Am	Chorfa Aval	CHO/Av
Ain Laloui Aval	ALA/Av	Bordj Okhris Milieu	BOK/ml	Ath Mansour Amont	ATM/Am
Ain El Hjar Amont	AHJ/Am	Bordj Okhris Aval	BOK/Av	Ath Mansour Milieu	ATM/ml
Ain El Hjar Milieu	AHJ/ml	El Hachimia Amont	HAC/Am	Ath Mansour Aval	ATM/Av

VI.1 Le mode graphique :

Dans cette représentation nous avons découpés nos oueds en trois tronçons comme

suit :

Le premier tronçon : il commence d'Oued Djenane qui traverse la commune de Hadjra Zuargua jusqu'au Oued D'hous qui traverse la commune de Bechloul .

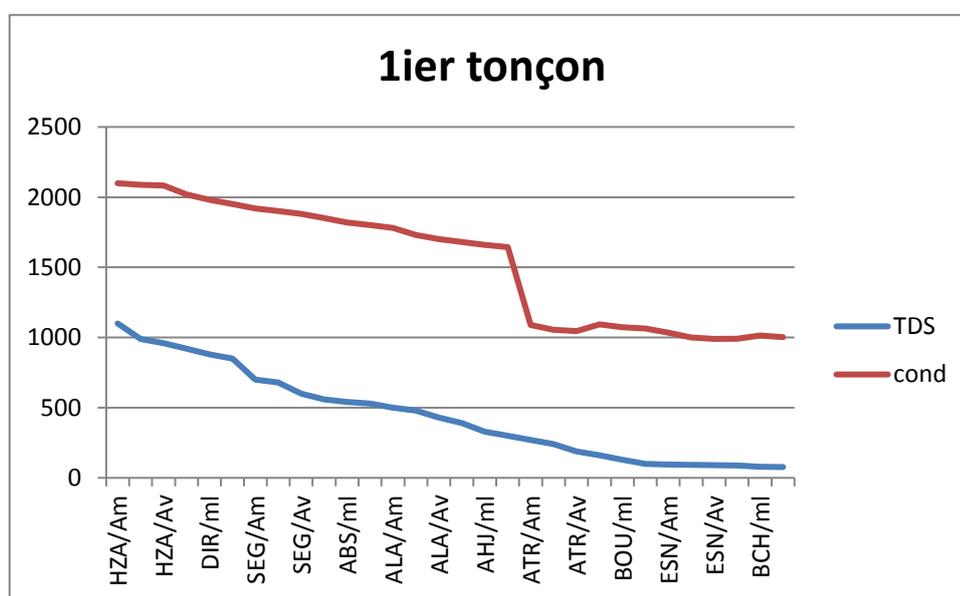
Le deuxième tronçon : C'est la continuité d'Oued Okhriss qui traverse la commune de Bordj Okhriss Jusqu'à l'aval d'Oued Sahel qui traverse la commune de Bechloul.

Le troisième tronçon : représent la jonction des deux oueds Sahel Et Oued D'hous dans la commune d'El Adjiba jusqu'à son aval qui est Oued ElMerhir qui traverse la commune d'Ath Mansour.

VI.1.1 Conductivité, TDS :

D'après le système d'évaluation de la qualité de l'eau, nous avons les classes des normes de la conductivité suivantes :

- ✓ 50 à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$: qualité excellente ;
- ✓ 400 à 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$: bonne qualité ;
- ✓ 750 à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: qualité médiocre mais eau utilisable ;
- ✓ 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: minéralisation excessive.



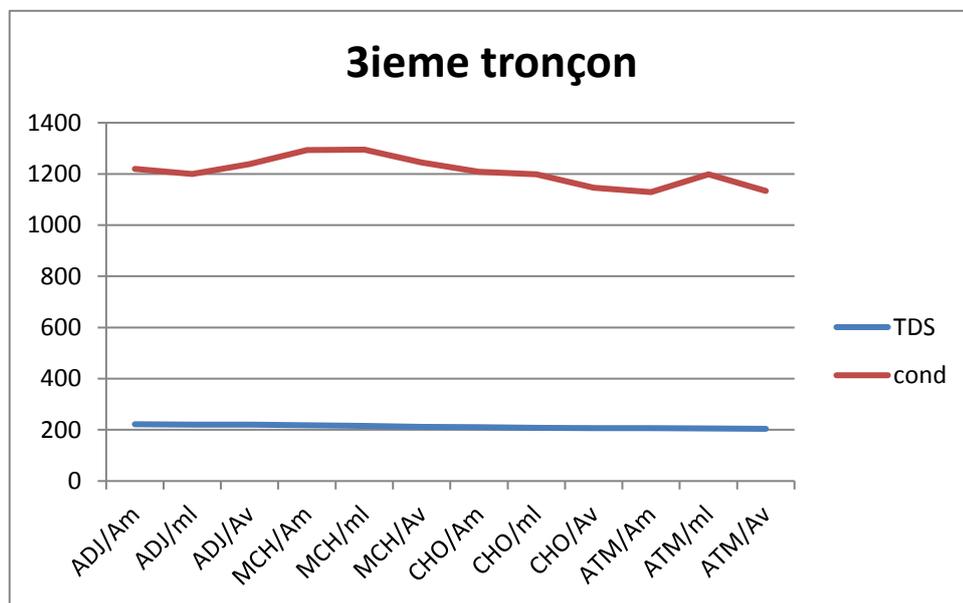
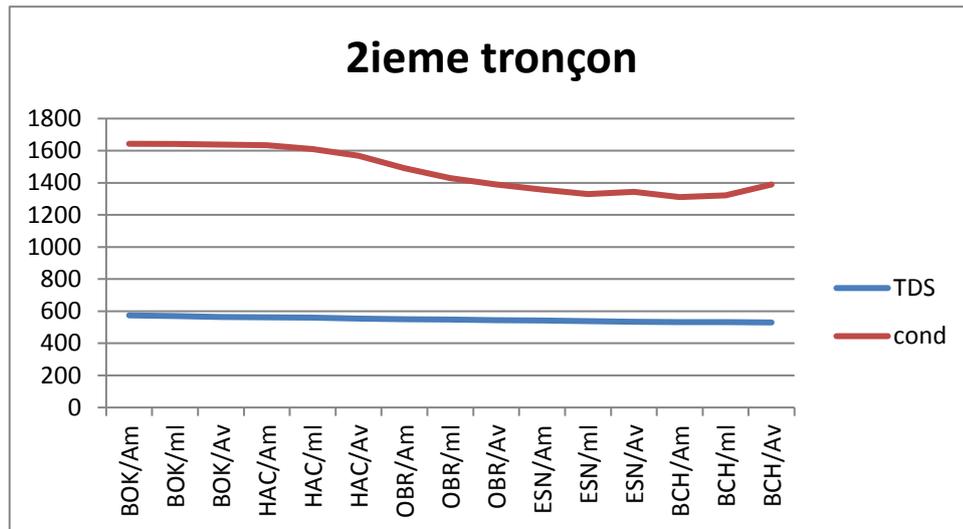


Figure N°11 : variation de la conductivité et de la teneur en TDS entre les sites étudiés

VI.1.1.1 Interprétation des résultants:

* La conductivité variée de 2099 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 990 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre les sites étudiés avec une moyenne de 1449,86 $\mu\text{S}/\text{cm}$,

* Le TDS varié de 1100 ppm à 77 ppm entre les sites étudiés avec une moyenne de 426.47 ppm.

*les résultats montrent que les valeurs de TDS et la conductivité diminuent le long des oueds, cette diminution s'explique la consommation des sels minéraux par la flore.

VI.1.2 pH, TH, Calcium, Magnésium et TAC :

Interprétation de la valeur du titre hydrotimétrique de l'eau :

- ✓ Valeur comprise entre 0 et 10°F : eau très douce
- ✓ Valeur comprise entre 10 et 20°F : eau douce
- ✓ Valeur comprise entre 20 et 30°F : eau moyennement dure
- ✓ Valeur comprise entre 30 et 40°F : eau dure
- ✓ Valeur supérieure à 40°F : eau très dure

La limite inférieure du titre hydrotimétrique pour les eaux destinées à la consommation humaine et n'ayant pas subies de traitement thermique est fixée à 15°F.

Une eau trop douce peut présenter des inconvénients pour la santé suite à la dissolution de métaux des canalisations tels que le fer ou le plomb, qui seront alors ingérés par notre organisme. Ces eaux présentent également un risque de corrosion pour les canalisations (absence de formation de la couche carbonatée de protection).

Pour le Magnésium la concentration maximale admissible dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 50 mg/l.

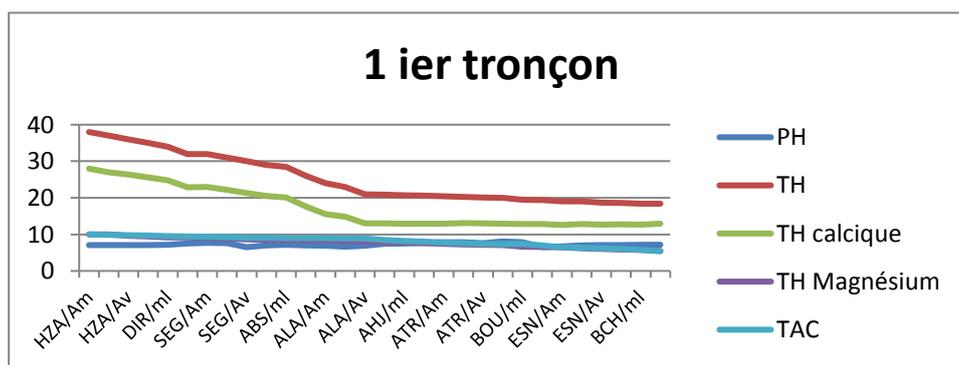
Le TAC correspond à la teneur de l'eau en carbonates et hydrogencarbonates (CO_3^{2-} et HCO_3^- et l'hydroxyde OH^-). Il est équivalent à l'alcalinité.

Le TAC s'exprime en degrés français (°F) :

- ✓ 1° F = 3.4 mg/l OH^- (hydroxyde)
- ✓ 1° F = 6.0 mg/l CO_3^{2-} (carbonate)
- ✓ 1° F = 12.2 mg/l HCO_3^- (bicarbonate)

Le niveau guide dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 50 °F.

L'acidité ou la basicité d'une eau : Une eau est dite neutre à pH 7, des eaux ayant des pH inférieurs à 7 sont dites acides et un pH supérieurs à 7 sont dites basiques.



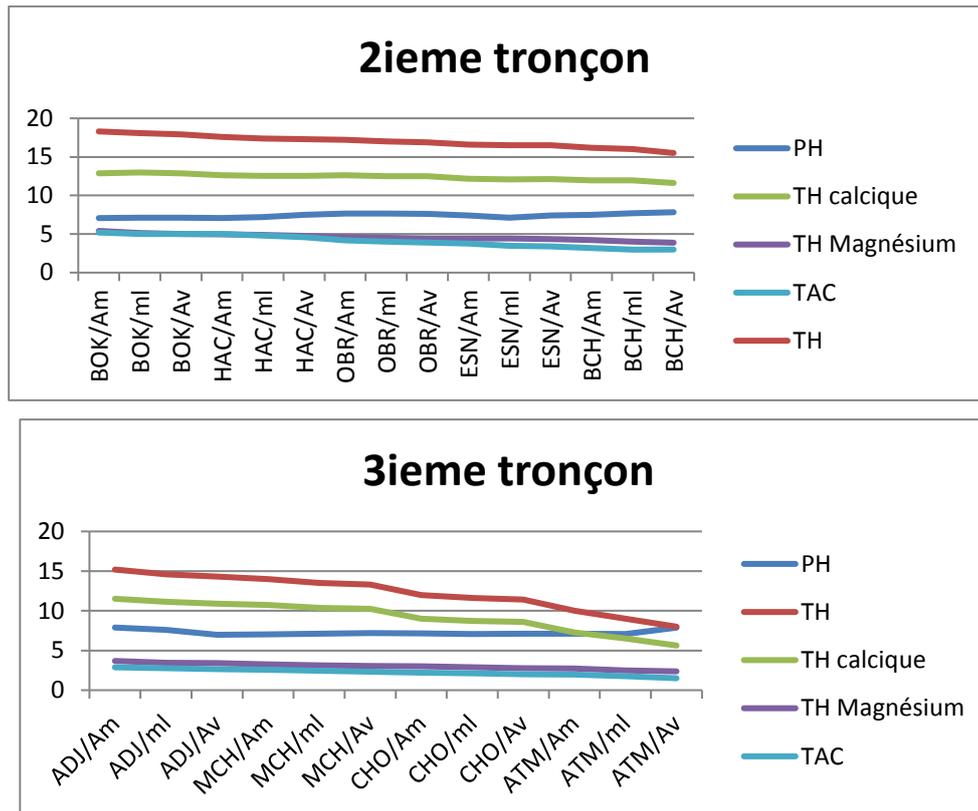


Figure N°12 : variation de pH, TH , TH calcique, TH Magnésium et de TAC entre les sites étudiés

VI.1.2.1 Interprétation des résultants:

* Le pH varié de 8.08 à 6.5 entre les sites étudiés avec une moyenne de 7.28, il est plus au moins stable et compris dans la plage de la neutralisation [6.5-8.5].

* Le TH varié de 38 °F à 8°F entre les sites étudiés avec une moyenne de 20.22 °F.

* Le TH calcique varié de 28 °F à 5.63 °F entre les sites étudiés avec une moyenne de 14.25 °F.

* Le TH Magnésium varié de 10 °F à 2.37 °F entre les sites étudiés avec une moyenne de 5.96 °F.

* Le TAC varié de 10 °F à 1.5 °F entre les sites étudiés avec une moyenne de 5.86 °F.

*La dureté, TH Magnésium, TH calcique et TAC diminuent le long des oueds, cette diminution s'explique la consommation continue des nutriments par les plantes.

VI.1.3 Sulfates (SO_4^{2-}): Chlorure (Cl^-), Nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-), Orthophosphates ($P-PO_4^{2-}$) et (NH_4^{3+}):

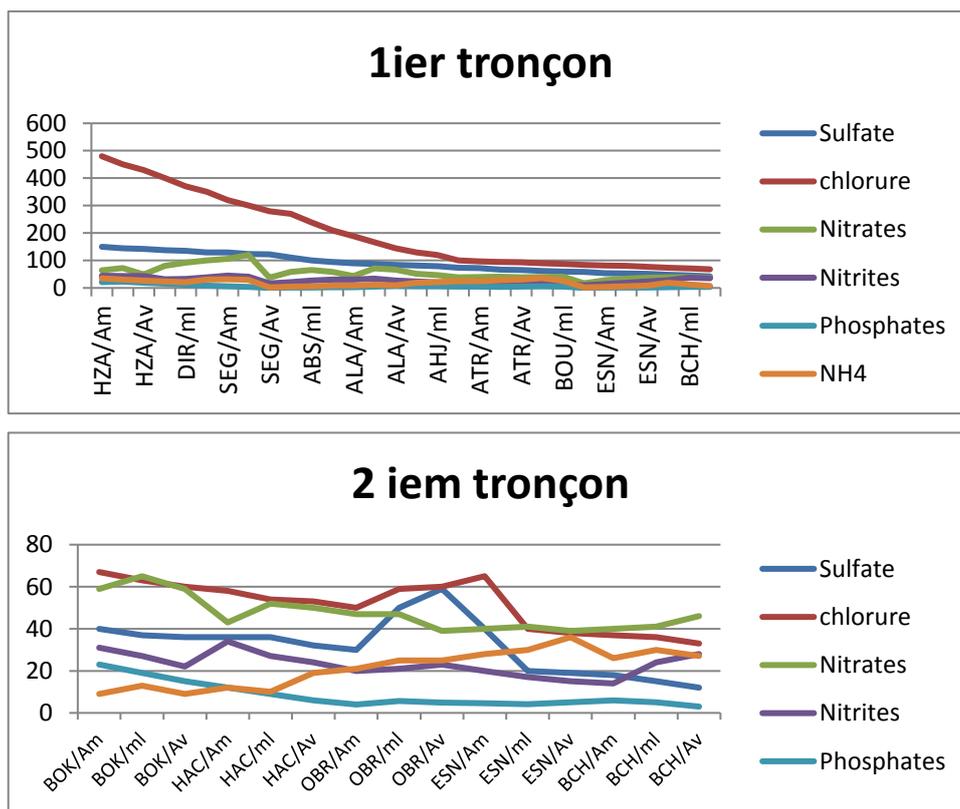
La concentration des chlorures dans l'eau de pluie est approximativement de 3 mg/l. Le Niveau guide de la concentration en chlorures des eaux destinées à la consommation humaine est de 25 mg/l. La concentration maximale admissible des chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 200 mg/l.

Les concentrations des sulfates supérieures à 250 mg/l peuvent provoquer des diarrhées chez l'enfant. Devant des concentrations importantes de sulfates dans l'eau, il convient de rechercher s'il n'y a pas des rejets industriels, les eaux de surface ne contiennent pas plus de 10 milligrammes par litre.

La concentration guide de nitrate dans les eaux destinées à la consommation humaine : 0,1 mg/l,

La concentration maximale admissible dans les eaux destinées à la consommation humaine : 1 mg/l

Concentration supérieure à 1 mg/l : signe de pollution, il convient de réaliser une analyse microbiologique si elle n'a pas déjà été pratiquée.



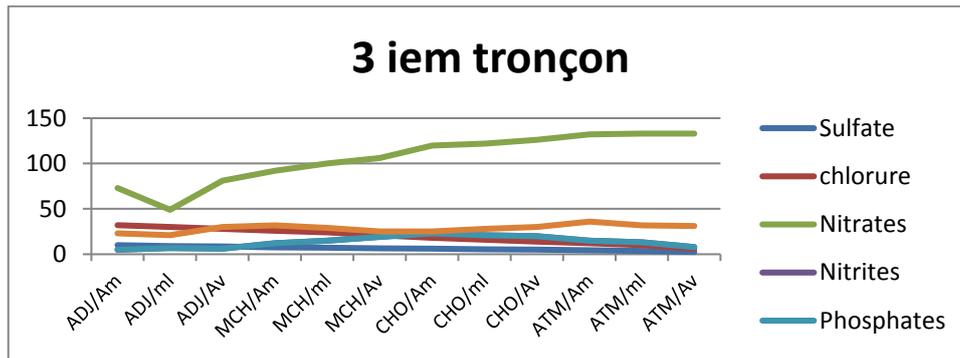


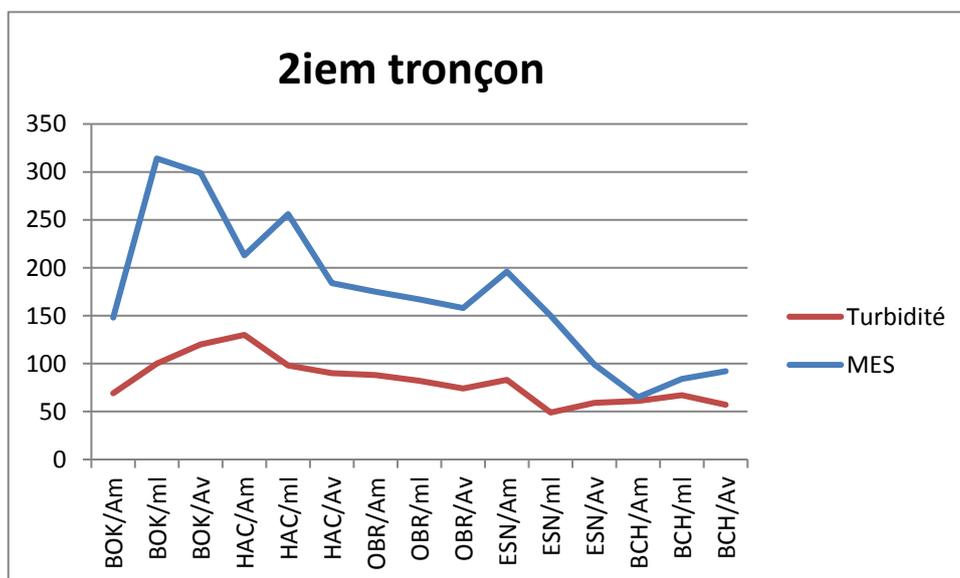
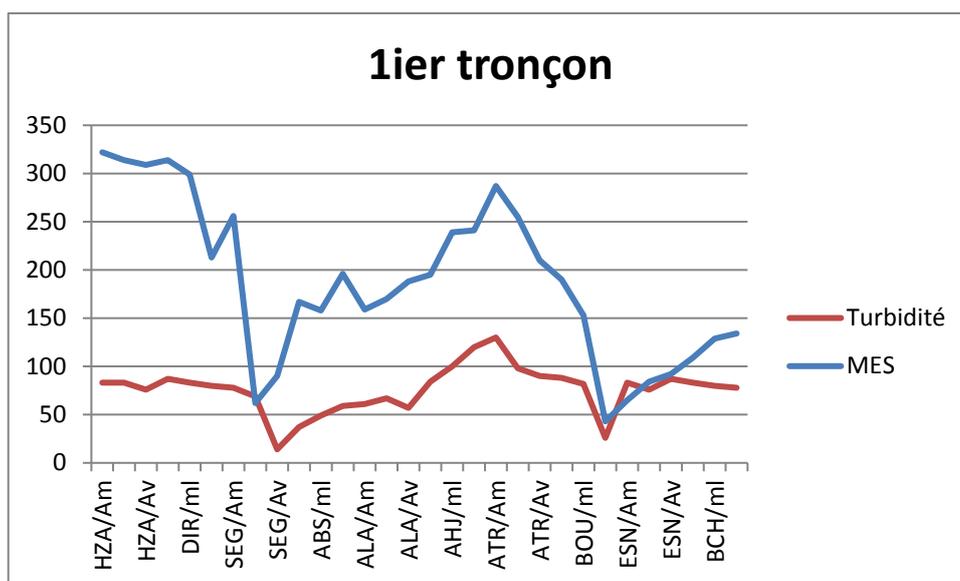
Figure N°13: variation de la teneur en Sulfate, en chlorure, en Nitrates, en Nitrites et en Phosphates entre les sites étudiés

VI.1.3.1 Interprétation des résultats:

- * Le Sulfate varié de 150 à 2.5 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 57.04 mg/l.
- * Le Chlorure varié de 480 à 6 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 122.05 mg/l.
- * l'élévation de Sulfate et Chlorure est due probablement à un rejet industriel en amont, la diminution de ces paramètres le long de cours d'eau est expliquée par le phénomène de décantation.
- * les deux pics enregistrés dans le deuxième tronçon sont due au rejet industriel de la zone d'activité d'Oued El Berdi.
- * Les Nitrates varié de 133 à 17 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 63.74 mg/l.
- * Les Nitrites varié de 45 à 9.5 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 26.71 mg/l.
- * L'Orthophosphate varié de 23 à 0.1 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 8.35 mg/l.
- * L'acide ammoniacal varié de 36 à 2 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 21.23 mg/l.
- * la fluctuation enregistrée au niveau des valeurs de paramètres de Nitrates, Nitrites, Orthophosphate et celle de l'acide ammoniacal est expliquée par les divers phénomènes biologiques présentés dans le cours d'eau « ammonification, dénitrification, nitrification et déphosphatation ».

VI.1.4 Turbidité et MES:

Elle caractérise la capacité de l'eau à diffuser la lumière du fait de la présence de matières colloïdales. Les colloïdes ou matières colloïdales sont des particules de très faibles dimensions pour lesquelles la gravité terrestre est insuffisante pour les faire décanter naturellement (dans un temps respectable) car elle est mise en concurrence avec des forces d'origine électrostatique du fait de la présence de charges électriques à la surface de ces particules. Les colloïdes issus de l'abrasion naturelle des parois rencontrées par l'eau dans son cycle sont généralement chargés négativement.



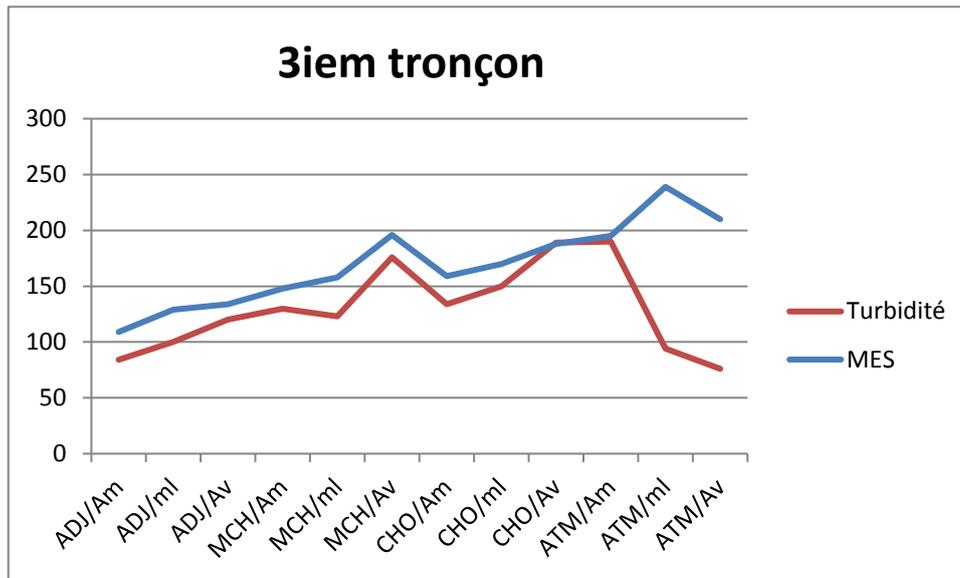


Figure N°14 : variation de la Turbidité et MES entre les sites étudiés

VI.1.4.1 Interprétation des résultants:

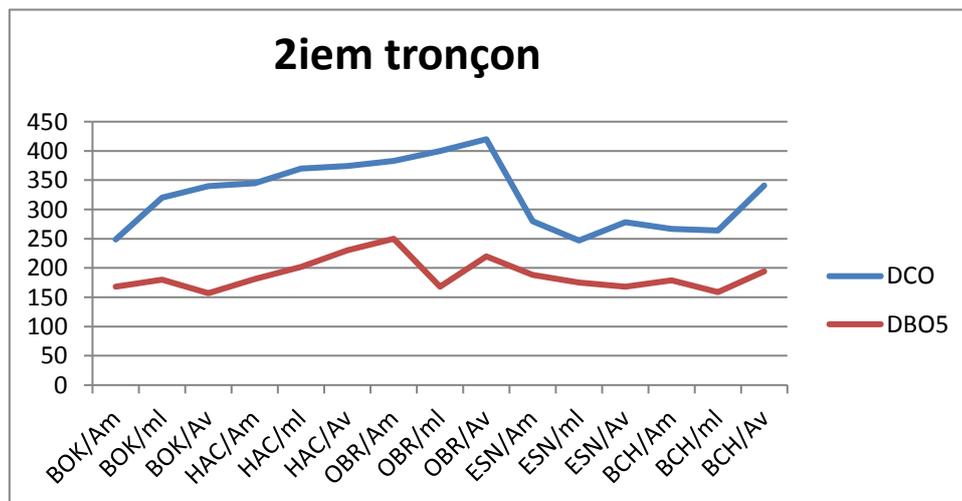
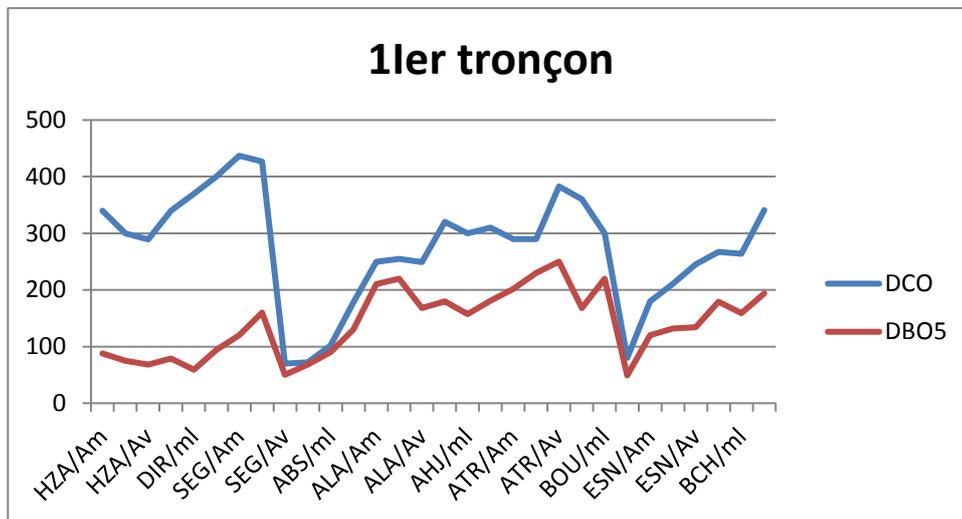
- * Le Turbidité varié de 190 à 14 NTU entre les sites étudiés avec une moyenne de 88.3 NTU.
- * Les MES varié de 322 à 43 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 176.68 mg/l.
- * Toutes les fluctuations enregistrées au niveau des cours d'eau sont dues aux différents phénomènes biologiques naturels ainsi que les divers rejets.
- * On remarquant une nette diminution des valeurs de turbidité et MES au niveau des deux points de prélèvement se situant juste après les stations d'épuration de Bouira et de SEG, cela est due a la dilution de l'eau des Oueds par l'eau épurées rejetées par les deux dites STEP « 1^{ier} Tronçon ».

VI.1.5 DBO₅ et DCO :

- * Le rapport (DCO/DBO_5) exprime le degré de biodégradabilité de l'eau. L'élévation de ce rapport nous indique un accroissement des matières organiques non biodégradables.

Tableau VI.5: coefficient de biodégradabilité [35]

R : rapport (DCO/DBO ₅)	Mode de traitement
R=1	Pollution totalement biodégradable
1<R<1.5	Epuration biologique très possible
1.5<R<3.2	Traitement biologique associe à un traitement physico-chimique.
R>3.2	Traitement biologique impossible.



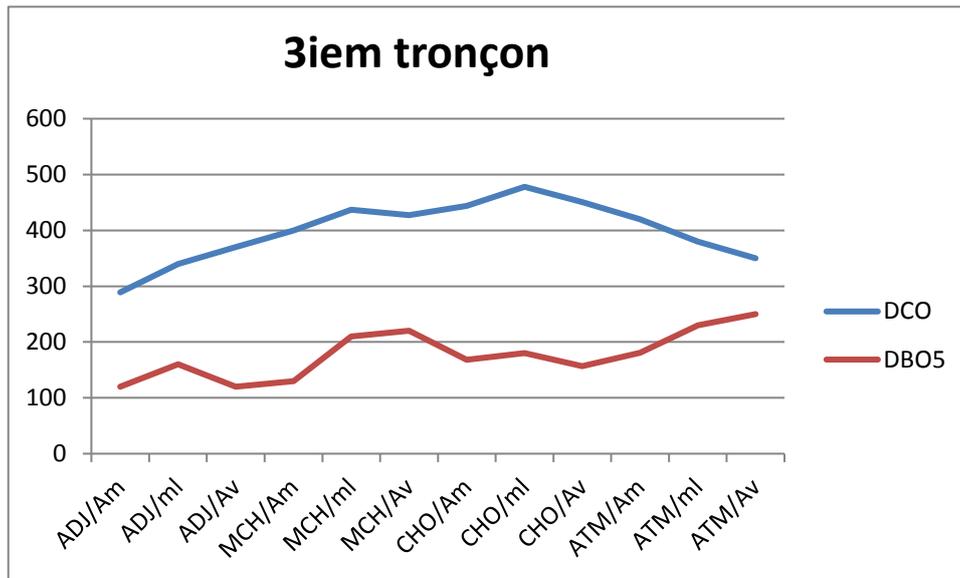


Figure N°15 : variation de la teneur de la DBO5 et DCO entre les sites étudiés

VI.1.3.1 Interprétation des résultats:

* La DBO₅ varié de 250 à 49 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 161,04 mg/l.

* La DCO varié de 478 à 70 mg/l entre les sites étudiés avec une moyenne de 313,75 mg/l.

* D'après les résultats enregistrés au niveau des sites étudiés, l'épuration biologique naturelle est très possible sur environ 45% des sites ($1 < \text{DCO}/\text{DBO}_5 < 1.5$), Environ 45 % d'autres sites leurs traitement biologique naturel doit être associé à un traitement physico-chimique ($1.5 < \text{DCO}/\text{DBO}_5 < 3.2$), par contre les sites ou le traitement biologique naturel est impossible a effectué représente 10% parmi les sites étudiier ($\text{DCO}/\text{DBO}_5 > 3.2$), cela est justifié par la présence des rejets industriels.

*On remarquant une nette diminution aussi des valeurs de **DCO et DBO₅** au niveau des deux points de prélèvement se situant juste après les stations d'épuration de Bouira et de SEG, cela est due au rejet des eaux épurées des deux dites STEP dans l'Oued « 1^{er} Tronçon ».

VI.2 Le mode Cartographie :

Nous avons sélectionné les 17 descripteurs que nous avons mesurés. Ces descripteurs représentent fidèlement la qualité de l'eau.

- ✓ La conductivité, qui donne la salinité et la minéralisation de l'eau.
- ✓ TH, sulfates et TAC qui montrent la dureté de l'eau.
- ✓ Nitrates, Nitrites et les phosphates, ainsi que DBO₅ et DCO qui donnent le degré de la pollution des sites.
- ✓ La turbidité et les MES qui représente la clarté de l'eau.

Par la suite, nous avons utilisé le **Mapinfo** et suivre les travaux pratiques suivants:

- ✓ Ouverture et nomination du projet;
- ✓ Ouverture d'une vue;
- ✓ Sélectionner la zone d'étude ;
- ✓ ajoute les vues, couches et les données nécessaires ;
- ✓ Édition de la légende;
- ✓ Ouverture d'une table;
- ✓ établir la cartographie de la qualité physico-chimiques des cours d'eaux de Sahel Soummam -Wilaya de Bouira-.

Les figures 15 et 16 montrent l'intégration des valeurs de paramètres mesurés sur le cours d'eau qui lui correspond ainsi que les points de prélèvements des échantillons le long des trois tronçons.

Exemple : si en clic sur le point N°14 il affiche dans la table les 17 descripteurs dans le milieu de cours d'eau de la commune d'Ain Laloui.

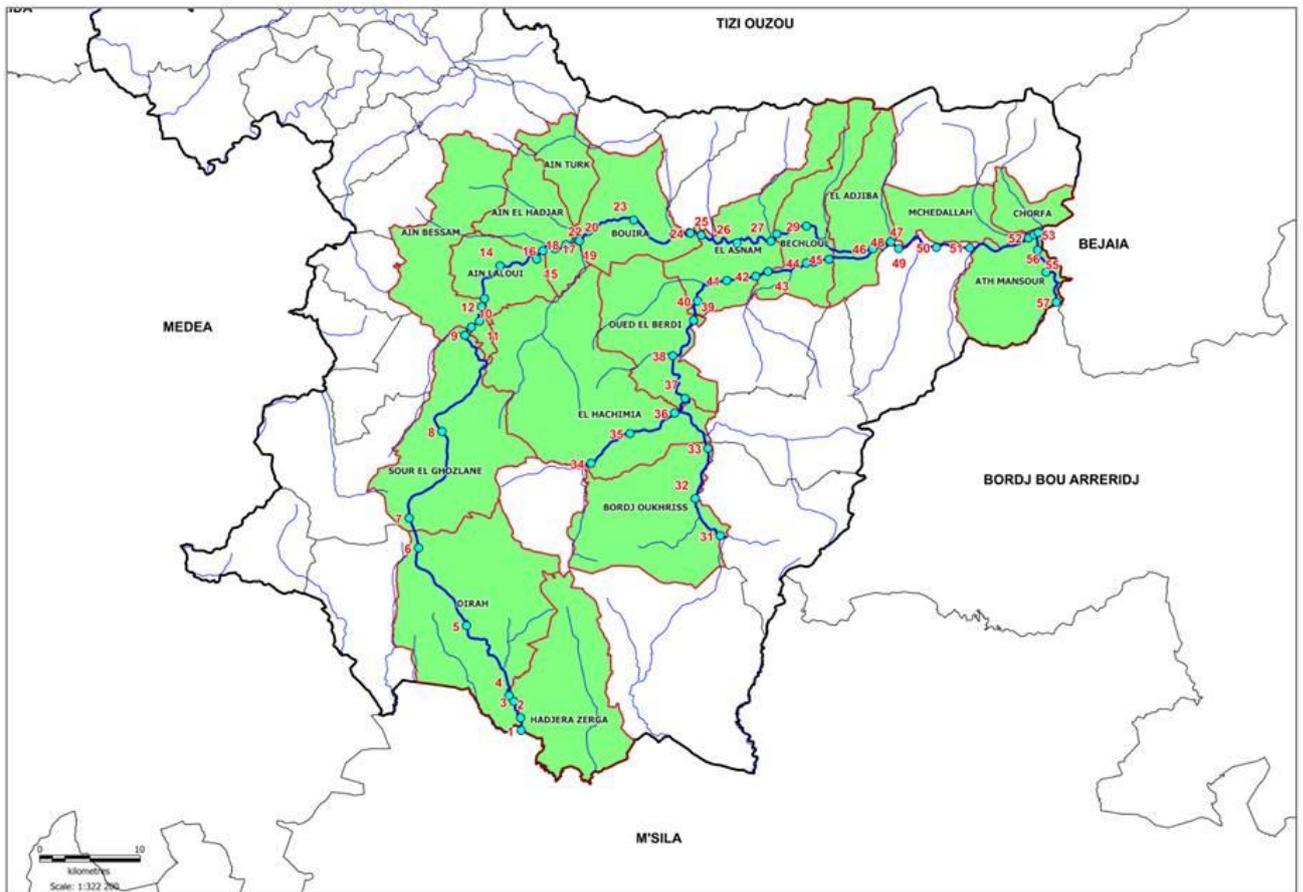


Figure N°16 : carte représente la qualité des cours d'eau de Sahel Soummam

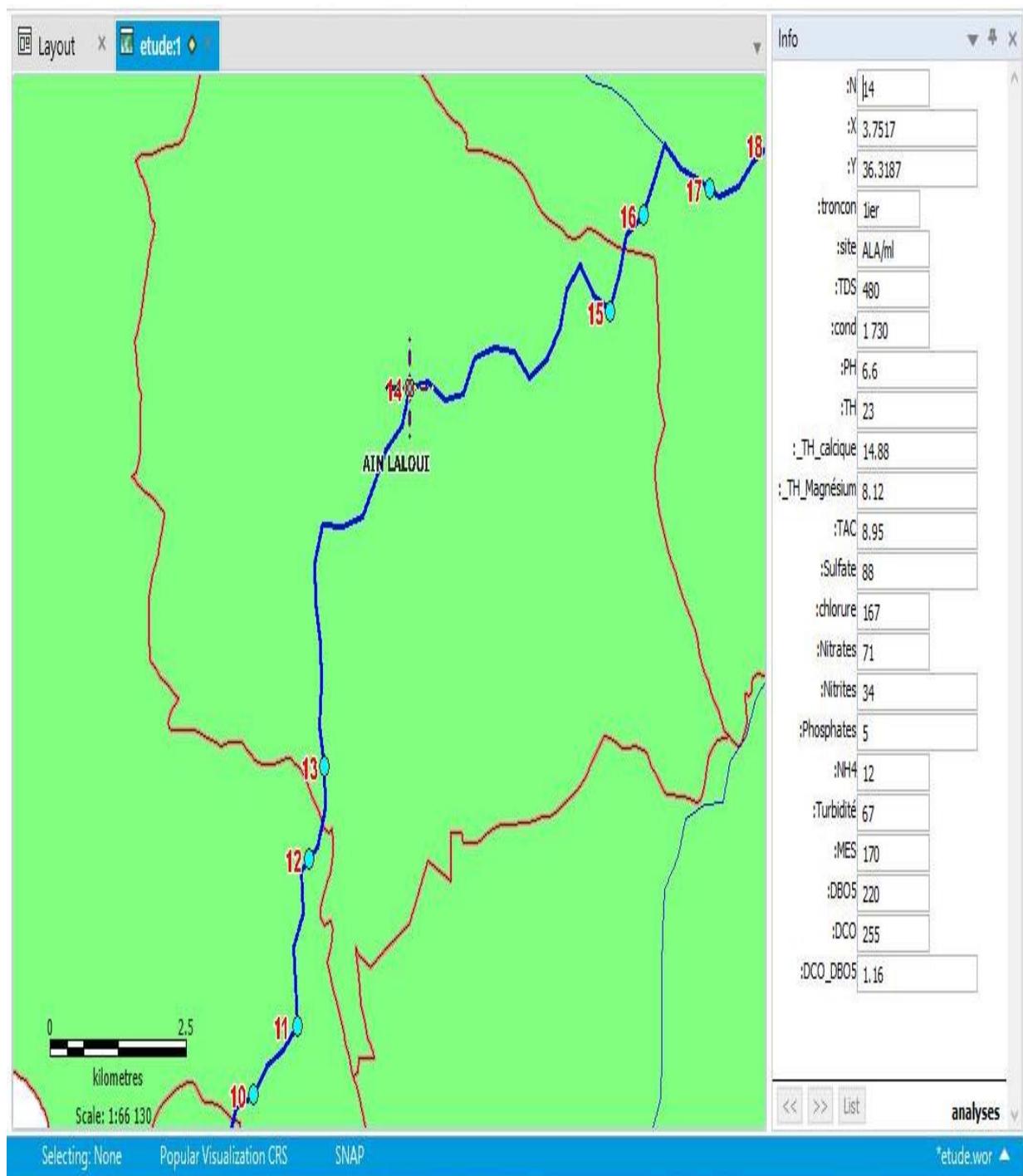


Figure N°17 : carte représentative de la qualité de cours d'eau qui traverse la commune d'Ain Laloui

Conclusion générale

Les eaux superficielles de l'Algérie recèlent une grande diversité d'hydrosystèmes. Ces milieux remplissent de nombreuses fonctions d'importance écologique et socio-économique.

Notre travail donne un instantané de la qualité de l'eau de Sahel Soummam dans la Wilaya de Bouira.

Nos données indiquent clairement que la qualité de l'eau des Oueds se diffère d'un site à un autre, sous l'influence de :

*Rejets des eaux usées non traitées des agglomérations adjacentes qui contiennent une forte densité dont le milieu récepteur est le cours d'eau, comme le cas de la commune d'Ain Bessam et M'Chedellah qui augmentent la pollution organique et chimique dans le milieu.

*l'existence des zones d'activités industrielles dans quelques communes comme celle d'Oued Elberdi, augmente les paramètres de pollution et rendent la biodégradation de cette pollution inexécutable.

* le cours d'eau de la commune de Bordj Okhris a un taux de phosphates élevé par rapport aux autres sites. Effectivement, ce site est soumis au rejet des eaux usées agricoles.

*la présence des stations d'épuration dans la commune de Bouira et de SEG a une influence positive sur le cours d'eau récepteur, Nos données indiquent une nette diminution des valeurs de turbidité, MES, DCO et DBO₅.

La pollution sous des traits divers joue un rôle prépondérant dans la typologie des hydrosystèmes de la région.

L'établissement d'une cartographie de la qualité physico-chimique des cours d'eaux de Sahel Soummam contribue à l'évolution des recherches dans le système d'information géographique.

Il y a lieu de poursuivre et d'étendre ce travail pour qu'un biomonitoring régulier des hydrosystèmes du pays soit initié. L'élaboration d'indices biotiques est à développer pour que le coût et la fiabilité d'un tel suivi soit respectivement réduit et assurée.

Bibliographie

- [01] **Pornon, H.**, 1995. Les SIG: Mise en oeuvre et applications. Paris: Hermes
- [02] **Rouet, P.**, 1993. Les données dans les SIG. Paris: Hermes.
- [03] **Denègre, J.**, 1996. Les SIG. PUF. QSJ.
- [04] **Claude, C.**, 1992. SIG en mode image. Presse polytechnique et universitaires romandes. Collection gérer l'environnement.
- [05] **Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., Rhind, D.**, 1999. Geographical Information Systems: principles and applications. New York. John Wiley & Sons Inc
- [6] **Laurini, R., Thompson, D.**, 1992. Fundamentals of Spatial Information Systems. Academic Press.
- [7] **Didier, M.**, 1990. Utilisation et valeur de l'information géographique. Service Technique de l'Urbanisme, Economica.
- [8] **Gayte, O.T., Libourel, JP., Cheylan, S.**, 1997. Conception des systèmes d'information sur l'environnement. Lardon. Paris: Hermès.
- [9] **Coudray, J., Bouguerra, M.L.**, 1994. Sources de l'enrichissement en sels nutritifs de l'écosystème récifal à la Réunion: impact des eaux souterraines. Paris: ESTEM.
- [10] **Frontier, S.**, 1998. Ecosystème Structure et fonctionnement, évaluation. Paris: DUNOD
- [11] **Ministere de developement durable 2004**
- [12] **HADDAD.A**, Mémoire de fin d'études d'assainissement, Diagnostic du réseau d'assainissement de la ville de hadjout (W.Tipaza), ENSH 2005.
- [13] **Le Robert**, 1973 ^{lire} éd. France
- [14] **Imbeaux, D.**, 1985. Essai d'hydrogéologie. Paris: DUNOD.
- [15] **Letterman, R.**, 1999. Water Quality and treatment; a Handbook of Community water supplies. American Water Works Association.
- [16] **Barthe, C., Perron, J., Perron, J.M.R.**, 1998. Guide d'interprétation des paramètres

microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable Paris: DUNOD

[16] **REGIS, B.**, 1984 «les réseaux d'assainissement, calculs application et perspective », Paris

[17] **Ministère de l'écologie 2004**

[18] **Cheverry, C.**, 1998, Agriculture intensive et qualité des eaux. INRA Editions.

[19] **OMS**, 1994. Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume recommandations. Organisation mondiale de la Santé, 2^{ème} édition

[20] **Benson, B.B., Krause, D., Jr.**, 1984. The concentration and isotopic fractionation of oxygen dissolved in fresh water and seawater in equilibrium with the atmosphere. *Limnol. Oceanogr.*, 1(3): 620-632.

[21] **OMS**, 2000. Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui.

[22] **Rodier, J.**, 1996. Analyse de l'eau, France: DUNOD

[23] **Hoestland, H.**, 1991. Dynamique de pollutions et qualité de l'eau. Paris: Gauthier-Villars.

[24] **Dhainaut, C., Pruvot C., Empis A., Baudet K.**, 2000. Les peuplements macrozoobenthiques, indicateurs des qualités physico-chimiques et chimiques des sédiments portuaires- Exemple du port de Boulogne-sur-mer. *Bull. Soc. zool. Fr.* 125(1): 49-62.

[25] **Lebourg, A.**, 1996. Etude de l'extraction des métaux en traces de sols pollués en vue de la détermination de leur biodisponibilité. Université des Sciences et Technologie de Lille. Th., 154pp

[26] **Francis, C.W., White, G.H.**, (1987). Leaching of toxic metals from incinerator ashes. *Journal of Water Pollution Control Federation* 59(11): 979-986

[27] **Carel, A.**, 1994. Spécificité de l'eutrophisation des lacs et rivières. *Adour-Garonne*4(5): 20-23

[27] **A.Gaid** 1984 tome 1 OPU Alger

[29] **Fustec, EL.**, 2000. Fonction et valeur des zones humides. Paris: DUNOD

[30] **Ramsar 2000**

[31] Documents de la direction des forêts

[32] CFMA ONA 2010 « Manuel laboratoire »

[33] **François G, Brière**, distribution et collecte des eaux, édition de l'école polytechnique de Montréal 1997,

[34] **NONCLERCO. P.** (Le calcul statique des collecteurs urbains, 3^{ème} partie)

[35] **Pornon, H.**, 1997. SIG: des concepts aux réalisations. Service technologique de

[36] **TARDAT-HENRY M.**, 1992. Chimie des eaux, Canada: Les éditions Le Griffon d'argile.

REFERENCES WEB-GRAPHIQUES:

CIG - Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris: Site, www.cig.ensmp.fr

Environnement Canada. www.on.ec.gc.ca, consultée le 16/05/2004.

Office International de l'Eau. www.oieau.fr. Site consulté le 24/06/2003.

Vrije Universiteit Brussel., 2004. Site: www.vub.ac.be, consulté 29/01/2004.

*Annexe N° 01 : Techniques généralement appropriées pour la conservation des échantillons
« Selon ISO5667-3 :2003» -analyses physico-chimiques :*

Paramètres devant être déterminés à étudier	Nature de récipient ^a	Volume type (ml) et technique de remplissage ^b	Technique de conservation	Durée de conservation maximale recommandée avant l'analyse	Observation
Demande biologique en oxygène (DBO)	P ou V	*1000 *Remplir complètement le récipient pour chasser l'air	Réfrigéré entre 1°C et 5° C	24H	Conserver les échantillons à l'abri de la lumière
	P	1000	Congeler à -20°C	1 mois	En cas de congélation à -20°C : 6 mois (1 mois si <50mg/l) ^c
Azote Kheldjahl	P ou VB	250	Acidifier a PH compris entre 1 et 2 avec H ₂ SO ₄	1 mois	Conserver les échantillons à l'abri de la lumière
	P	250	Congeler à -20°C	1 mois	6 mois pour les 2 techniques ^c
Ammoniac libre et ionisé	P ou VB	500	Acidifier a PH compris entre 1 et 2 avec H ₂ SO ₄ , Réfrigéré entre 1°C et 5° C	21 jours	Filtrer sur site avant stabilisation
	P	500	Congeler à -20°C	1 mois	
nitrates	P ou V	250	Réfrigéré entre 1°C et 5° C	24 H	
	P ou V	250	Acidifier a PH compris entre 1 et 2 avec Hcl	7 jours	
	P	250	Congeler à -20°C	1 mois	
Nitrites	P ou V	200	Réfrigéré entre 1°C et	24 H	Il convient de réaliser de

			5° C		préférence sur site 2 jours ^c
Azote total	P ou V	500	Acidifier a PH compris entre 1 et 2 avec H ₂ SO ₄ ^d	1 mois	
		500	Congeler à -20°C	1 mois	
PH	P ou V	*100 *Remplir complètement le récipient pour chasser l'air	Réfrigéré entre 1°C et 5° C	6 H	Il convient de réaliser l'essai des que possible et de préférence sur site immédiatement après le prélèvement
MES	P ou V	500	Réfrigéré entre 1°C et 5° C	2 jours	
Demande chimique en oxygène(DCO)	P ou V	100	Acidifier a PH compris entre 1 et 2 avec H ₂ SO ₄	1 mois	6 mois ^c
	P	100	Congeler à -20°C	1 mois	

Légende :

- a P : matière plastique (polyéthylène, PTFE, PVC...).
- V : verre.
- VB : verre borosilicaté.
- b indication du volume pour un seul essai.
- c durée de conservation prolongée validées.
- d n'est pas recommandé pour les modes opératoires d'oxydation/ digestion simultanées par le persulfate.

Annexe N° 02 : Protection contre la contamination des échantillons

Il faut prendre les précautions suivantes:

- Ne jamais fumer pendant l'échantillonnage ou lors du transport des échantillons;

-
- Ne jamais échantillonner immédiatement après avoir effectué le plein d'essence d'une voiture.
 - Ne jamais rincer les contenants fournis par les laboratoires, qui contiennent les agents de préservation requis pour les analyses.
 - Préparer les récipients des analyses effectuées par les exploitants (aux sites d'échantillonnage) de façon à ce qu'ils soient exempts de contaminants.
 - Ne pas utiliser du matériel d'échantillonnage en métal si l'analyse porte sur des métaux à l'état de traces.
 - Entreposer le matériel d'échantillonnage dans des endroits propres et bien aérés.
 - Boucher soigneusement et hermétiquement tous les contenants après le prélèvement.
 - Enregistrer adéquatement les échantillons prélevés à l'aide des formulaires appropriés.
 - Emballer soigneusement les échantillons pour éviter les bris ou déversements et utiliser des contenants d'expédition identifiés et adéquats pour le transport des échantillons.
 - S'assurer l'utilisation un service de transport fiable afin de maintenir les échantillons en bon état à l'intérieur des délais analytiques prescrits. (TARDAT-HENRY, 1992).

Annexe N° 03 : Quelques définitions et objectifs

Échantillons composites : résultent du mélange de plusieurs échantillons ponctuels. Représentant les valeurs moyennes des eaux usées au long d'une période de temps spécifique.

Échantillons ponctuels : représentent l'eau au moment du prélèvement. Ces échantillons instantanés sont utilisés pour la détermination des grandeurs qui n'auraient aucun sens dans un échantillon composé tel que le pH, conductivité.

Algues macro et microphytes : Végétaux aquatiques de grande taille (exemple: phanérogames macrophytes) par rapport aux végétaux de petite taille (exemple: phytoplancton microphyte).

Altération (d'un milieu aquatique): Modification de l'état d'un milieu aquatique ou d'un hydrosystème, allant dans le sens d'une dégradation. Les altérations se définissent par leur nature (physique, organique, toxique, bactériologique,...) et leurs effets (eutrophisation, asphyxie, empoisonnement, modification des peuplements,...).

Autoépuration : Ensemble des processus biologiques (dégradation, consommation de la matière organique, photosynthèse, respiration animale et végétale...), chimiques

(oxydoréduction...), physiques (dilution, dispersion, adsorption...) permettant à un écosystème aquatique équilibré de transformer ou d'éliminer les substances (essentiellement organiques) qui lui sont apportées (pollution). On doit distinguer l'auto épuration vraie (élimination de la pollution) de l'auto épuration apparente (transformation, transfert dans l'espace ou dans le temps de la pollution).

Biodégradation : Phénomène généralement lié à l'action de micro-organismes des sols ou des eaux qui permettent la dégradation (minéralisation) - et en règle générale - la neutralisation d'agents polluants dans les milieux terrestres ou aquatiques.

Biodisponibilité : Etat physique (solubilisé ou adsorbé) ou chimique (complexé ou ionisé) dans lequel se trouve un polluant et qui conditionne son écotoxicité. La biodisponibilité joue un rôle très important dans la nocivité réelle d'un élément - métal ou métalloïde contaminant les eaux ou les sols.

Biomasse : Masse totale de matière organique contenue dans un échantillon ou une région.

Biseau salé : Partie d'un aquifère côtier envahi par l'eau salée (généralement marine), comprise entre la base de l'aquifère et une interface de séparation eau douce / eau salée: le coin d'eau salée est sous l'eau douce. L'intrusion d'un biseau salé au delà d'une position naturelle de faible pénétration, est quasi systématiquement la conséquence d'une surexploitation de l'aquifère. Une diminution suffisante des exploitations, dans le cadre d'une gestion concertée par exemple, permet d'envisager un retour à la normale à moyen terme.

Coliformes fécaux : Bactéries d'origine fécale servant d'indicateurs de pollution ou de contamination par des micro-organismes possiblement pathogènes.

Coliformes totaux : Bactéries servant d'indicateurs de pollution ou de contamination microbiologique.

Colonies atypiques : Colonies bactériennes qui n'ont pas la couleur vert métallique lors du dénombrement des coliformes par la méthode de la membrane filtrante et à la croissance des coliformes lorsque leur nombre est supérieur à 200/100 ml.

Concentration d'un polluant qui cause un effet toxique donné chez 50 % des individus exposés après un temps d'exposition normalisé, par exemple 24 heures.

Efflorescence : Pousse et prolifération de phytoplancton (bloom) dans des conditions hydroclimatiques favorables. Elle peut être un des moyens pour la mise en œuvre du SDAGE par exemple sur les thèmes de la gestion des champs d'inondation, de la préservation du fonctionnement physique et écologique des milieux, de l'accès au cours d'eau, ou de la

protection des nappes.

Equitox : est la quantité de toxicité qui, dans 1 m³ d'eau, immobilise, au bout de 24 heures, 50 % des daphnies présentes (micro-crustacés d'eau douce).

Equivalent-Habitant (eq-h) : Cette unité de mesure est employée pour connaître les rejets moyens d'un habitant par jour.

Escherichia coli : Espèce de bactéries faisant partie du groupe coliforme. Leur présence indique une contamination récente par les matières fécales et la possibilité de micro-organismes pathogènes.

Géoréférencement : Rattachement de données à des coordonnées géographiques.

Gravière : Plan d'eau d'origine artificielle créé par extraction de granulats et alimenté essentiellement par la nappe souterraine.

METOX : est calculé par la somme pondérée (exprimée en g/l) de huit métaux et métalloïdes, affectés des coefficients de pondération liés aux différences de toxicité des éléments: mercure 50, arsenic 10, plomb 10, cadmium 10, nickel 5, cuivre 5, chrome 1, zinc 1.

Le plus souvent ces altérations sont anthropiques mais peuvent aussi être d'origine naturelle.

L'emploi du terme alcalin signifie que cette capacité est élevée.

Nitrification : processus biologique par lequel l'azote ammoniacal et l'azote organique sont transformés en nitrite puis en nitrate

Dénitrification : processus biologique par lequel certaines bactéries réduisent les nitrates en azote gazeux.

Aérobic : présence d'oxygène dissous

Anoxie : absence d'oxygène dissous mais présence de substance oxydée (O₂ liée) en particulier de nitrates

Anaérobic : absence totale d'oxygène, à l'état libre (O₂) ou lié (NO₃)

Pesticides : Ce terme regroupe les herbicides, les insecticides, fongicides...

Pollution diffuse : Pollution des eaux due non pas à des rejets ponctuels et identifiables, mais à des rejets issus de toute la surface d'un territoire et transmis aux milieux aquatiques de façon indirecte, par ou à travers le sol, sous l'influence de la force d'entraînement des eaux en provenance des précipitations ou des irrigations.

Pollution dispersée : Ensemble des pollutions provenant de plusieurs ou de nombreux sites ponctuels. Elle est d'autant plus préjudiciable que le nombre de sites concernés est important.

Pollution toxique : Pollution par des substances à risque toxique qui peuvent, en fonction de leur teneur, affecter gravement et durablement les organismes vivants. Ils peuvent conduire à une mort différée voire immédiate, à des troubles de reproduction, ou à un dérèglement significatif des fonctions biologiques (troubles de reproduction,...).

Up-welling : Remontée des eaux profondes vers la surface.

Annexe N° 04 : Résultats d'analyse

tronçon	site	TDS	cond	PH	TH	TH calcique	TH Magnésium	TA C	Sulfate	chlorure	Nitrate	Nitrite	Phosphates	NH4	Turbidité	MES	DBO ₅	DCO	DCO/ DBO ₅
lier	HZA/Am	1100	2099	7,07	38	28	10	10	150	480	64	44	21	35	83	322	88	340	3,86
	HZA/ml	990	2087	7,1	37	27	10	9,88	145	450	73	43	23	30	83	314	75	300	4,00
	HZA/Av	960	2084	7,11	36	26,4	9,6	9,77	142	430	49	43	19	27	76	309	68	289	4,25
	DIR/Am	920	2020	7,09	35	25,6	9,4	9,66	137	400	81	32	15	23	87	314	79	340	4,30
	DIR/ml	880	1980	7,2	34	24,8	9,2	9,55	135	370	92	33	12	21	83	299	59	370	6,27
	DIR/Av	850	1950	7,5	32	22,87	9,13	9,44	130	350	100	39	9	30	80	213	94	400	4,26
	SEG/Am	700	1920	7,65	32	22,98	9,02	9,33	129	320	106	45	6	32	78	256	120	437	3,64
	SEG/ml	680	1900	7,64	31	22,16	8,84	9,22	124	300	120	41	4	29	69	62	160	427	2,67
	SEG/Av	600	1880	6,5	30	21,35	8,65	9,11	123	280	38	17	0,18	2	14	90	50	70	1,40
	ABS/Am	560	1850	7	29	20,55	8,45	9,05	111	270	59	21	1,3	5	37	167	68	72	1,06
	ABS/ml	540	1820	7,13	28,5	20,09	8,41	9,02	100	239	65	27	1,9	6	49	158	90	102	1,13
	ABS/Av	530	1800	6,99	26	17,64	8,36	9	95	210	59	30	2,4	8	59	196	130	178	1,37
	ALA/Am	500	1780	6,92	24	15,58	8,42	8,99	90	189	43	31	3	9	61	159	210	250	1,19
	ALA/ml	480	1730	6,6	23	14,88	8,12	8,95	88	167	71	34	5	12	67	170	220	255	1,16
	ALA/Av	430	1700	6,87	21	13	8	8,9	84	145	67	27	7	10	57	188	168	249	1,48
	AHJ/Am	390	1680	7,42	20,9	13,01	7,89	8,5	82	130	51	24	6	19	84	195	180	320	1,78
AHJ/ml	330	1660	7,5	20,7	12,89	7,81	8,2	79	120	47	20	5,6	21	100	239	157	300	1,91	
AHJ/Av	300	1645	7,69	20,6	12,96	7,64	8	74	100	39	21	4,9	25	120	241	181	310	1,71	

	ATR/A m	270	1089	7,83	20,4	12,95	7,45	7,8	72	97	40	23	4,6	25	130	287	202	290	1,44
	ATR/ml	240	1056	7,89	20,3	13,06	7,24	7,6	67	94	41	20	4,2	28	98	255	230	290	1,26
	ATR/A v	189	1045	7,59	20,1	13,01	7,12	7,4	65	93	39	17	5	30	90	210	250	383	1,53
	BOU/A m	160	1093	8,08	20	12,9	7,1	7,3	62	90	40	15	6	36	88	190	168	360	2,14
	BOU/ml	130	1073	7,83	19,5	12,84	6,66	7,4	60	87	41	14	5	26	82	153	220	300	1,36
	BOU/A v	100	1065	6,57	19,4	12,86	6,54	7	58	84	17	9,5	0,1	2	26	43	49	80	1,63
	ESN/A m	96	1034	6,76	19	12,58	6,43	6,5	54	82	28	14	1	4	83	65	120	180	1,50
	ESN/ml	93	1001	6,98	19	12,83	6,17	6,4	53	80	34	19	1,4	6	76	84	132	211	1,60
	ESN/Av	90	990	7,04	18,7	12,69	6,01	6,2	51	77	38	24	1,9	8	87	92	134	245	1,83
	BCH/A m	88	992	7,1	18,6	12,72	5,88	6	48	74	39	28	2,54	19	83	109	179	267	1,49
	BCH/ml	80	1013	7,19	18,4	12,65	5,75	5,8	46	71	40	38	3,67	13	80	129	159	264	1,66
	BCH/A v	77	1002	7,14	18,4	12,92	5,48	5,4	42	68	37	35	4	7	78	134	194	341	1,76
2ieme	BOK/A m	574	1643	7,07	18,3	12,89	5,41	5,2	40	67	59	31	23	9	69	148	168	249	1,48
	BOK/ml	570	1641	7,1	18,1	12,98	5,12	5	37	63	65	27	19	13	100	314	180	320	1,78
	BOK/A v	564	1638	7,11	17,9	12,88	5,02	5	36	60	59	22	15	9	120	299	157	340	2,17
	HAC/A m	562	1634	7,09	17,6	12,62	4,98	5	36	58	43	34	12	12	130	213	181	345	1,91
	HAC/ml	559	1611	7,2	17,4	12,52	4,88	4,8	36	54	52	27	9	10	98	256	202	370	1,83
	HAC/A v	554	1569	7,5	17,3	12,55	4,75	4,6	32	53	50	24	6	19	90	184	230	374	1,63
	OBR/A	550	1490	7,65	17,2	12,62	4,58	4,2	30	50	47	20	4	21	88	175	250	383	1,53

	m																		
	OBR/ml	548	1430	7,64	17	12,49	4,51	4	50	59	47	21	5,6	25	82	167	168	400	2,38
	OBR/A v	545	1390	7,62	16,9	12,48	4,42	3,88	59	60	39	23	4,9	25	74	158	220	420	1,91
	ESN/A m	542	1357	7,4	16,6	12,18	4,42	3,75	40	65	40	20	4,6	28	83	196	188	280	1,49
	ESN/ml	539	1330	7,13	16,5	12,09	4,41	3,46	20	40	41	17	4,2	30	49	150	175	247	1,41
	ESN/Av	535	1343	7,42	16,5	12,14	4,36	3,4	19	38	39	15	5	36	59	99	168	278	1,65
	BCH/A m	533	1311	7,5	16,2	11,97	4,23	3,2	18	37	40	14	6	26	61	65	179	267	1,49
	BCH/ml	532	1321	7,69	16	11,98	4,02	3	15	36	41	24	5	30	67	84	159	264	1,66
	BCH/A v	530	1390	7,83	15,5	11,62	3,88	2,99	12	33	46	28	3	27	57	92	194	341	1,76
3ieme	ADJ/A m	222	1220	7,89	15,2	11,52	3,68	2,88	10	32	73	38	5	23	84	109	120	289	2,41
	ADJ/ml	220	1200	7,59	14,6	11,15	3,45	2,77	9	30	49	35	7	21	100	129	160	340	2,13
	ADJ/Av	220	1238	6,98	14,3	10,89	3,41	2,66	8,5	28	81	31	6	30	120	134	120	370	3,08
	MCH/A m	218	1293	7,04	14	10,75	3,25	2,55	7,4	26	92	27	12	32	130	148	130	400	3,08
	MCH/ml	215	1295	7,1	13,5	10,38	3,12	2,44	7,2	24	100	22	15	29	123	158	210	437	2,08
	MCH/A v	212	1245	7,19	13,3	10,25	3,05	2,33	6,6	21	106	34	19	25	176	196	220	427	1,94
	CHO/A m	210	1209	7,14	12	8,99	3,01	2,22	6	18	120	17	23	25	134	159	168	444	2,64
	CHO/ml	208	1199	7,07	11,6	8,72	2,88	2,11	5,3	16	122	21	21	28	150	170	180	478	2,66
	CHO/A v	207	1146	7,1	11,4	8,62	2,78	2,01	5	14	126	27	20	30	189	188	157	451	2,87
	ATM/A m	207	1129	7,11	10	7,26	2,74	1,98	4,4	12	132	30	15	36	190	195	181	420	2,32

ATM/m l	205	1198	7,09	9	6,51	2,49	1,78	3,5	10	133	31	13	32	94	239	230	380	1,65
ATM/A v	204	1134	7,86	8	5,63	2,37	1,5	2,5	6	133	34	8	31	76	210	250	350	1,40
moy	423,5	1449,86	7,28	20,22	14,25	5,96	5,86	57,04	122	63,7	26,7	8,35	21,23	89,14	180,32	161,04	313,75	1,95
max	1100	2099,00	8,08	38,00	28,00	10	10	150	480	133	45	23,00	36,00	190	322,00	250,00	478,00	1,91
min	77	990,00	6,50	8,00	5,63	2,37	1,50	2,50	6	17	9,5	0,10	2,00	14,00	43,00	49,00	70,00	1,43