

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mentouri- Constantine

Faculté des Sciences de la terre, Géographie et Aménagement du Territoire

N° d'ordre :

Série :

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du Diplôme de

MAGISTER EN AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

OPTION : GEOMORPHOLOGIE

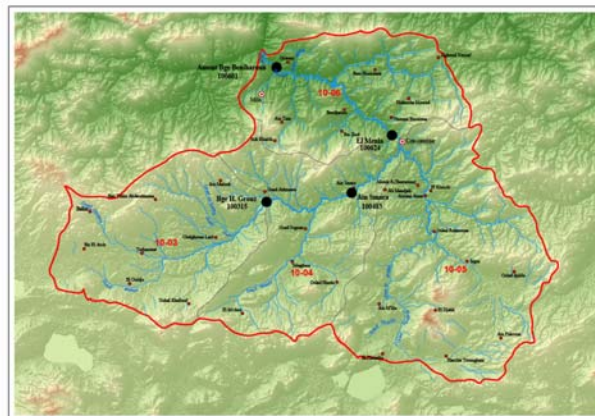
Par

KERDOUD SOUHEILA

Sous la direction de

Mr AMIRECHE Hamza

**LE BASSIN VERSANT DE BENI HAROUN
EAU ET POLLUTION**



Membres du jury :

Mme H. TATAR	Maître de Conférence	Université .Mentouri- Constantine	Président
Mr H. AMIRECHE	Maître de Conférence	Université .Mentouri- Constantine	Promoteur
Mr M.H. ALI KHOUDJA	Professeur	Université .Mentouri- Constantine	Examineur
Mr A. NEMOUCHI	Maître de Conférence	Université .Mentouri- Constantine	Examineur

Remerciements

Nos remerciements à tous ceux qui ont contribué techniquement ou moralement à l'aboutissement de ce travail.

Je remercie tout particulièrement mon encadreur Mr Hamza AMIRECHE, Maître de Conférence au Département des Sciences de la terre, Faculté des Sciences de la terre et d'architecture, Université de Mentouri- Constantine, qui avec compréhension, modestie et compétence m'a permis de mener ce travail à sa fin, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier le Président du jury, Mme Hafiza TATAR, Maître de Conférence à l'Université de Mentouri- Constantine pour l'honneur qu'elle m'a fait en présidant le jury.

Nos remerciements vont également aux examinateurs, Mr Mouhamed El hadi ALI KHOUDJA, Professeur à l'Université de Mentouri- Constantine, Mr Abdelmalek NEMOUCHI, Maître de Conférence, Université de Mentouri- Constantine pour avoir accepté de juger ce travail.

Nos sincères remerciements et notre gratitude à toute l'équipe de l'agence **A.B.H-C.S.M.** à leur tête Mr KHERRAZ Khatim pour leurs aides précieuses, qu'ils soient assurés de notre dévouement sans oublier Leila, Saber, Rafik, et Abdellah.

A Mr EL HADEF EL OKKI, de l'Agence National des Ressources Hydrauliques (**A.N.R.H.**), et Mr BENSID de l'Office Nationale de la Météorologie (**O.N.M.**)

Que nos collègues enseignants et étudiants de l'Université de Mentouri- Constantine trouvent ici, l'occasion pour nous, de leur souhaiter une bonne continuation pour leurs travaux. Je leur dirai merci pour leurs encouragements, qu'ils soient assurés de notre haute considération.

**A mes parents, à ma petite famille,
et spécialement à mon fils Massil Mohamed El Mehdi**

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
--------------------	---

PREMIERE PARTIE

LE CADRE NATUREL DU BASSIN

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE.....	5
---	---

CHAPITRE I : LES CARACTERISTIQUES NATURELLES DU BASSIN

1. PRESENTATION DU BASSIN VERSANT.....	6
2. LE RELIEF.....	8
2.1. Les grands ensembles du relief	
2.1.1. Le versant nord de chaîne numidique	
2.1.2. Les piedmonts sud-tellien	
2.1.3. Les hautes plaines constantinoises	
2.2. Les altitudes	
2.3. Les pentes	
3. LES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES.....	11
3.1. La nappe néritique	
3.2. Les nappes telliennes	
3.2.1. La nappe ultra-tellienne	
3.2.2. La nappe sensu strictoes.	
3.2.3. La nappe peni-tellienne	
3.3. La nappe numedienne	
3.4. Les formations post-nappes	
3.4.1. Le miopliocène	
3.4.2. Les formations quaternaires	
4. LES PRINCIPALES FORMATIONS LITHOLOGIQUES ET LEURS CAPACITES DE PERMEABILITE.....	16
4.1. Les formations perméables	
4.1.1. Les formations calcaires	
4.1.2. Les formations quaternaires	
4.1.3. Les formations gréseuses	
4.2. Les formations imperméables	
5. CONCLUSION.....	19

CHAPITRE II : LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DU BASSIN

1. INTRODUCTION.....	20
2. LES PRECIPITATIONS.....	20
2.1 Equipement du bassin	
2.2 Les variations spatiales des précipitations	
2.3 Les variations temporelles des précipitations	

2.3.1. Les variations interannuelles	
2.3.2. Les variations saisonnières	
2.3.3. Les variations mensuelles	
3. LES TEMPERATURES.....	28
3.1. Equipement de mesure	
4. RELATION PRECIPITATIONS-TEMPERATURE.....	30
5. EVAPO-TRANSPARATION.....	31
6. LE BILAN HYDRIQUE DANS LE BASSIN.....	32
7. CONCLUSION.....	34

CHAPITRE III : LES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU BASSIN

1. INTRODUCTION.....	35
2. PRESENTATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	35
3. ETUDE MORPHOMETRIQUE DU BASSIN.....	40
3.1. Les indices de reliefs (hypsométriques)	
3.2. Les indices de taille et de forme	
3.3. Les indices de l'organisation du réseau hydrographique	
3.3.1. Densité de drainage	
3.3.2. Temps de concentration	
4. ETUDE DES DEBITS.....	44
4.1. L'équipement hydrométrique	
4.2. Critique des données	
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE.....	52

DEUXIEME PARTIE

LA POLLUTION DES EAUX DANS LE BASSIN

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	53
--	-----------

CHAPITRE I : LA POLLUTION URBAINE

I. INTRODUCTION.....	54
2. RESEAU DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE.....	55
3. EVALUATION DE LA QUALITE.....	56
4. METHODOLOGIE DE CLASSIFICATION.....	56

CHAPITRE II : LA POLLUTION INDUSTRIELLE

1. INTRODUCTION.....	68
2. PRESENTATION DU TISSU INDUSTRIEL.....	68
3. L'EAU MATIERE PREMIERE.....	70
3.1. L'eau effluent	
3.2. Caractérisation des effluents	
3.2.1. Industries agroalimentaires	
3.2.2. Tanneries et industries de cuir	
3.2.3. Industries textiles	
3.2.4. Chimie-para chimie-Pétrole	
3.2.5. Les industries minérales	
3.2.6. Sidérurgie et métallurgie	
3.3. Qualité des rejets et traitement des eaux rejetées	
3.4. Evaluation des rejets	
3.4.1. La température	
3.4.2. Le pH	
3.4.3. La demande chimique en oxygène (DCO)	
3.4.4. La demande chimique en oxygène (DBO ₅)	
3.4.5. Les matières en suspension	
3.4.6. L'azote kjeldahl total (NKT)	
3.4.7. Le fer	
3.4.8. Le zinc	
3.4.9. Le Cuivre	
3.4.10. Le cadmium	

CHAPITRE III : LA POLLUTION AGRICOLE

1. INTRODUCTION.....	86
2. L'ASPECT QUANTITATIF.....	86
2.1. Les grands périmètres d'irrigation	
2.2. La petite et Moyenne Hydraulique	
3. L'ASPECT QUALITATIF.....	95
3.1. Les nitrates et les eaux de surface	
3.1.1 Interprétation des analyses	
3.1.2 Les Nitrates et les eaux souterraines	
4. CONCLUSION.....	101
CONCLUSION GENERALE.....	102

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

PREMIERE PARTIE

LE CARDRE NATUREL DU BASSIN

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE.....	5
---	---

Chapitre I : LES CARACTERISTIQUES NATURELLES

1. PRESENTATION PHYSIQUE DE L' AIRE D' ETUDE.....	7
2. LE RELIEF.....	9
2.1. Les grands ensembles du relief.....	9
2.1.1. Le versant nord de la chaîne numidique.....	9
2.1.2. Les piedmonts sud-tellien.....	9
2.1.3. Les hautes plaines constantinoises.....	11
2.2. Les altitudes.....	11
2.3. Les pentes.....	13
3. LES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES.....	15
3.1. La nappe néritique.....	15
3.2. Les nappes telliennes.....	15
3.2.1. La nappe ultra-tellienne.....	15
3.2.2. La nappe sensu stricto.....	16
3.2.3. La nappe peni-tellienne.....	16
3.3. La nappe numidienne.....	17
3.4. Les formations post-nappes.....	17
3.4.1. Le miopliocène.....	17
3.4.2. Les formations quaternaires.....	17
4. CAPACITE DE PERMEABILITE DES FORMATIONS LITHOLOGIQUES.....	18
4.1. Les formations perméables.....	18
4.1.1. Les formations calcaires.....	18
4.1.2. Les formations gréseuses.....	20
4.2. Les formations imperméables.....	20
CONCLUSION.....	21

Chapitre II : LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

1. LES PRECIPITATIONS.....	22
1.1. Les variations interannuelles.....	24
1.2. Les variations saisonnières.....	26
1.3. Les variations mensuelles.....	28
2. LES TEMPERATURES.....	31
3. RELATION PRECIPITATIONS-TEMPERATURE.....	33
4. EVAPO-TRANSPIRATION.....	34
5. LE BILAN HYDRIQUE DANS LE BASSIN.....	34
CONCLUSION.....	36

Chapitre III : LES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES

1. PRESENTATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	37
2. LA MORPHOMETRIE	40
2.1. Les indices de reliefs (indices hypsométriques).....	42
2.2. Les indices de taille et de forme.....	42
2.3. Les indices de l'organisation du réseau hydrographique.....	43
2.3.1 La densité de drainage.....	44
2.3.2. Le temps de concentration.....	45
3. LES DEBITS.....	45
3.1. Variabilité annuelle et inter-annuelle des débits.....	46
3.2. Variabilité saisonnière et mensuelle des débits.....	47
4. LES DEBITS EXTREMES.....	51
4.1. Les débits maximums.....	51
4.2. Les étiages.....	52
CONCLUSION.....	53
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE.....	54

DEUXIEME PARTIE

LA POLLUTION DES EAUX DANS LE BASSIN

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	55
---	----

Chapitre I : LA POLLUTION URBAINE

1. ALIMENTATION EN EAU POTABLE.....	57
2. L'EAU REJETEE.....	58
2.1. L'assainissement et le traitement des eaux rejetées.....	58
2.2. La qualité des eaux.....	58
2.2.1. Le réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface.....	58
2.2.2. Les altérations et leurs paramètres.....	60
2.2.2.1. Les matières organiques et oxydables.....	60
2.2.2.2. Les matières azotées.....	61
2.2.2.3. Les matières phosphorées.....	61
2.2.2.4. La minéralisation.....	61
2.2.2.5. Les particules en suspension.....	61
2.2.3. Méthodologie de classification.....	62
2.2.4. Interprétation des analyses.....	63
2.2.4.1. Par station.....	63
2.2.4.2. Par altération et paramètre.....	66
CONCLUSION.....	85

Chapitre II: LA POLLUTION INDUSTRIELLE

1. LE TISSU INDUSTRIEL	86
2. L'EAU INDUSTRIELLE	88
3. L'EAU EFFLUENT	90
3.1. Caractérisation des effluents	90
3.2. Traitement des eaux industrielles rejetées.....	93
3.3. Evaluation de la qualité des rejets	92
3.3.1. La température.....	94
3.3.2. Le pH.....	95
3.3.3. La demande chimique en oxygène (DCO).....	96

3.3.4. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	97
3.3.5. Les matières en suspension	99
3.3.6. L'azote kjeldahl total (NKT).....	100
3.3.7. Le fer	101
3.3.8. Le zinc.....	102
3.3.9. Le Cuivre	102
3.3.10. Le cadmium.....	103
3.4. L'efficacité des traitements.....	104
CONCLUSION.....	107

Chapitre III : LA POLLUTION AGRICOLE

1. L'ASPECT QUANTITATIF	108
1.1. Les grands périmètres d'irrigation (GPI).....	108
1.2. La petite et moyenne hydraulique.....	111
2. L'ASPECT QUALITATIF	111
2.1. Méthodologie de classification.....	113
2.2. Les nitrates et les eaux de surface.....	113
2.3. Les Nitrates et les eaux souterraines.....	119
CONCLUSION.....	123
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE.....	124
CONCLUSION GENERALE.....	125

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE

Liste des cartes

Carte N°01: Localisation du bassin.	6
Carte N°02: B.V Beni Haroun: Les entités administratives.....	8
Carte N°03: Les altitudes dans le bassin.....	10
Carte N°04: Les pentes dans le bassin.....	12
Carte N°05: La structure.....	14
Carte N°06: Les ensembles lithologiques.....	19
Carte N°07: Les Stations Hydro-pluviométriques.....	23
Carte N°08: Le réseau hydrographique.....	38
Carte N°09: Réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface.....	59
Carte N°10: Qualité des matières Organiques et Oxydables (1994-1998).....	68
Carte N°11: Qualité des matières Organiques et Oxydables (1999-2003).....	69
Carte N°12: Qualité des matières Azotées (1994-1998).....	73
Carte N°13: Qualité des matières Azotées (1999-2003).....	74
Carte N°14: Qualité des matières phosphorées (1999-2003).....	76
Carte N°15: Qualité des matières phosphorées (1999-2003).....	77
Carte N°16: Qualité des matières en suspension (1994-1998).....	79
Carte N°17: Qualité des matières en suspension (1998-2003).....	80
Carte N°18: La minéralisation (1994-1998).....	83
Carte N°19: La minéralisation (1999-2003).....	84
Carte N°20: Implantation des industries.....	87
Carte N°21: Les périmètres et zones d'irrigation dans le bassin de Beni Haroun.....	109
Carte N°22: Les nitrates dans les eaux de surface (1994-1998).....	116
Carte N°23: Les nitrates dans les eaux de surface (1999-2003).....	117
Carte N°24: Localisation des points de surveillance de la qualité des eaux souterraines.....	118
Carte N°25: Les nitrates dans les eaux souterraines (1994-1998).....	121
Carte N°26: Les nitrates dans les eaux souterraines (1999-2003).....	122

Liste des figures

Figure N° 01: Variations interannuelles des précipitations (1990/2003) station de Constantine	26
Figure N° 02: Coefficient de variation des pluies (1990/2003) Station de Constantine.....	30
Figure N° 03: Variations mensuelles des précipitations (1990/2003) Station de Constantine...	30
Figure N° 04: Températures moyennes annuelles (1990/2003) Station de Constantine.....	32
Figure N° 05: Diagramme thermique (1990/2003) Station de Constantine.....	32
Figure N° 06: Diagramme ombrothermique de GUAUSSEN (1990/2003) Station de Constantine.....	33
Figure N° 07: Longueur des principaux oueds.....	39
Figure N° 08: Profil en long de oued Rhumel.....	41
Figure N° 09: Variation annuelle des débits moyens (1990/2001) Station Grarem Gouga.....	47
Figure N° 10: Coefficient de l'hydraulicité (1990/2001) Station Grarem Gouga.....	48
Figure N° 11: Variation des débits mensuels (1990/2001) Station Grarem Gouga.....	49
Figure N° 12: Variations saisonnières des débits (1990/2001) Station Grarem Gouga.....	49
Figure N° 13: Coefficients de variations des débits (1990/2001) Station Grarem Gouga.....	50
Figure N° 14: Coefficients mensuels des débits (1990/2001) Station Grarem Gouga.....	50
Figure N° 15: Variation annuelle des Qmax (1990/2001) Station Grarem Gouga.....	51
Figure N° 16: Variation annuelle des Qmin (1990/2001) Station Grarem Gouga.....	52
Figure N° 17: Les altérations à Station du Barrage de Hammam Grouz.....	64
Figure N° 18: Les altérations à Station de Ain Smara.....	64
Figure N° 19: Les altérations à la Station d'El Menia.....	65
Figure N° 20: Les altérations à Station Amont du Barrage de Beni Haroun.....	66
Figure N° 21: Les matières organiques et oxydables à travers les stations (1994-2003).....	67
Figure N° 22: Les matières Azotées à travers les stations (1994-2003).....	71
Figure N° 23: Les matières Phosphorées à travers les stations (1994-2003).....	75
Figure N° 24: Les matières en suspension à travers les stations (1994-2003).....	78
Figure N° 25: La minéralisation (1994-2003).....	82
Figure N° 26: La température.....	95
Figure N° 27: Le pH.....	96
Figure N° 28: La demande chimique en oxygène (DCO).....	97
Figure N° 29: La demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅).....	98
Figure N° 30: Les matières en suspension (Mes).....	99
Figure N° 31: L'azote kjeldahl total (NKT).....	100
Figure N° 32: Le Fer.....	101
Figure N° 33: Le zinc.....	102
Figure N° 34: Le cuivre.....	103
Figure N° 35: Le cadmium.....	104
Figure N° 36: L'efficacité de traitement des eaux à la station de traitement des eaux du complexe de Ain Smara.....	105
Figure N° 37: L'efficacité de traitement des eaux à la station de traitement des eaux du complexe l'E.N.A.D-SO.DER.....	106
Figure N° 38: La pollution émise par secteur d'activité.....	107
Figure N° 39: Les nitrates dans les eaux superficielles.....	114
Figure N° 40: Les nitrates dans eaux souterraines.....	120

Liste des tableaux

Tableau N° 01: Les sous bassins et leurs superficies.....	7
Tableau N° 02: Les classes des altitudes dans le bassin.....	11
Tableau N° 03: Ecart type et coefficients de variations des pluies annuelles.....	25
Tableau N° 04: Excédent et déficit annuel.....	26
Tableau N° 05: Les précipitations saisonnières.....	27
Tableau N° 06: L'excédent saisonnier.....	27
Tableau N° 07: Le déficit saisonnier.....	27
Tableau N° 08: L'indice de concentration des pluies de fourmier.....	28
Tableau N° 09: L'indice de concentration des pluies de Peguy.....	28
Tableau N° 10: L'écart type et coefficients de variations des pluies mensuelles.....	29
Tableau N° 11: Calcul de l'ETP (Selon Thorntwaite).....	34
Tableau N° 12: Bilan hydrique.....	35
Tableau N° 13: Les indices de reliefs.....	42
Tableau N° 14: Les indices de reliefs (Suite).....	43
Tableau N° 15: Les indices de taille et de forme.....	44
Tableau N° 16: Les indices de l'organisation du réseau hydrographique.....	44
Tableau N° 17: Les caractéristiques des stations hydrométriques.....	46
Tableau N° 18: Besoins, consommations et déficits (agglomérations supérieur à 5000 hab).....	58
Tableau N° 19: Stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles.....	60
Tableau N° 20: Grille de la qualité des eaux superficielles.....	63
Tableau N° 21: Les secteurs industriels.....	88
Tableau N° 22: Besoins et consommations en eau industrielles.....	89
Tableau N° 23: Résultats des analyses.....	91
Tableau N° 24: Valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles.....	94
Tableau N° 25: Analyses des eaux rejetées après traitement.....	105
Tableau N° 26: Classe de qualité des nitrates dans les eaux superficielles.....	113
Tableau N° 27: Classe de qualité des nitrates dans les eaux souterraines.....	113
Tableau N° 28: Teneurs en nitrates dans les eaux superficielles.....	114
Tableau N° 29: Les potentialités en eau souterraines.....	119
Tableau N° 30: Les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines.....	119

« Nul ne connaît la valeur de l'eau jusqu'à ce que le puits tarisse »

(Benjamin Franklin)

INTRODUCTION

Les grands cours d'eau et leurs plaines alluviales ont toujours été et sont d'ailleurs de plus en plus des espaces occupés de façon privilégiée par l'homme.

Ce sont des zones d'activité agricole intense. La richesse des terrains, due à l'alluvionnement et de la proximité de l'eau rend ces secteurs éminents favorables à l'agriculture.

Ils constituent également des zones d'habitat recherchées pour l'établissement, tant de modestes villages que d'importantes métropoles régionales.

Ce sont également des secteurs d'intense activité industrielle dont l'installation est favorisée par la source d'énergie ou de refroidissement que représente le débit d'eau du cours d'eau. Ce sont de puissants réservoirs d'eau potable, d'origine superficielle ou souterraine.

Jusqu'à une époque récente, les cours d'eau étaient le plus souvent considérés comme de simple «gouttières» statiques assurant passivement le transfert de l'amont vers l'aval et leurs plaines alluviales étaient comme de simples supports physiques des activités humaines et des aménagements induits.

Seulement, de nos jours, ces cours d'eau et leurs plaines alluviales sont devenus des milieux dynamiques, évoluant dans l'espace et dans le temps, et à ce titre ils sont non seulement de précieux réservoirs biologiques, mais de véritables entités vivantes.

L'homme intervient sur les oueds depuis des siècles, pour s'en protéger et les utiliser, mais depuis près de deux siècles, l'homme dispose de moyens mécaniques de plus en plus puissants qui lui permettent de modifier profondément le lit des cours d'eau. Nos sociétés, ont cru maîtriser les ressources en eau. L'expérience montre que, trop souvent, ces divers aménagements ont négligé les potentialités naturelles de ces oueds, et ont entraîné des effets pervers multiples : accélération des flux, augmentation de la fréquence des crues, pollution des eaux superficielles, contamination des eaux souterraines, réduction des nappes alluviales, etc. qu'il faut tenter de corriger aux grands frais. Dans certains cas les impacts sont irréversibles et toute correction se révèle impossible (cas de l'envasement des barrages).

L'eau, élément vital, nécessaire à tous les aspects de vie, constitue un élément essentiel de tous les écosystèmes terrestres. Inégalement répartie, elle est aujourd'hui mise en péril par des modes non durables de production et de consommation, par l'absence de prise en compte du long terme et des politiques principalement orientés vers la mobilisation de l'offre de nouvelles ressources.

Au cours des dernières décennies, les problèmes relatifs à la protection et à l'utilisation des ressources en eau se sont accentués dans le monde. Les problèmes d'eau affectent aussi bien les pays en voie de développement, aux ressources économiques limités, que des pays développés.

L'année 1992, étape historique importante, plus de 110 états se réunissent, et adoptent au sommet de Rio de Janeiro le principe d'une stratégie mondiale de développement durable. La recherche d'un meilleur équilibre entre la croissance économique et la préservation de l'environnement est un défi lancé à la planète entière.

La problématique de l'eau est insociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles, sans compromettre par des effets peu ou non réversibles la capacité des générations futures à satisfaire les leurs.

Dix ans après ce sommet de la terre, le troisième sommet à Johannesburg en 2002, marqua une étape décisive dans l'acceptation de la protection et de la gestion des ressources naturelles comme base de développement économique et social. L'accès à l'eau est considéré comme une partie intégrale de l'éradication de la pauvreté, en revanche le manque d'accès à l'eau propre et à l'assainissement est généralement considéré comme une violation des droits de l'homme et un affront à la dignité humaine.

En Algérie, l'évaluation des ressources en eau potable a mis en évidence une situation tendue en matière de ressources en eau, en particulier en période estivale, avec des besoins en eau plus importants et des ressources à l'étiage. Cette évaluation a suscité une mobilisation importante de tout le pays sur le thème de l'eau, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif.

Globalement l'Algérie, reçoit 100 milliers de m³ (*) de pluies. Le tell comprenant les bassins tributaires de la méditerranée (Chélif, Seybouse, Kebir -Rhumel, Sebaou, Isser, Tafna, Macta et Medjerda-Mellegue) reçoit près de 70% des précipitations sur une superficie de 130.000 km² avec une pluviométrie moyenne qui varie de 500 à 600 mm.

(*) Le jeune indépendant : N°692 du jeudi 10 août 2000

Les études menées par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) montrent que la pluviométrie a régressé de près de 20% en Algérie au cours des trois décennies (1960-1980) par rapport aux cinq décennies précédentes (1910-1950).

Les ressources renouvelables en eau sont constituées d'eau de ruissellement pour 16 milliards de m³ et de 2 milliards de m³ d'eau souterraine. La capacité de stockage est de 4.5 milliards de m³ d'eau dans 98 barrages qui devaient être portée à 7.3 milliards de m³ lorsque les barrages en cours de réalisation (11) seront mis en eau.

Ce potentiel déjà faible, est aggravé par un grand nombre de problèmes. D'une part, l'envasement qui atteint ces barrages et retenues collinaires est de plus de 60%, et d'autre part aux réseaux d'adduction d'eau potable aux populations urbaines, suburbaines et rurales non entretenues avec des pertes qui atteignait 40% et enfin 600 milliards de m³ (*) d'eau, soit l'équivalent de 10 barrages sont inutilisables par la pollution urbaine, industrielle et agricole.

Ainsi, notre étude sur l'eau dans le bassin de Beni Haroun, coïncide avec la période de la nouvelle politique de l'eau. Elle accorde un intérêt prioritaire tant à la valorisation des réserves hydrauliques qu'à sa qualité. La protection de cette ressource et de la protection de la santé publique.

Notre tentative s'inscrit parmi les tâches d'actualité. En effet, à la construction de la grande infrastructure, qui est le Grand barrage de Beni Haroun, paradoxalement à sa bienfaisance, en terme d'alimentation en eau, il n'existe aucune synthèse des impacts sur l'ensemble du bassin versant. Pour notre cas, on a choisi un seul paramètre parmi tant d'autres, qui paraît à notre avis important, «la pollution des eaux».

Ce fléau qui affecte déjà bien longtemps la plupart de nos cours d'eaux commence à atteindre des proportions inquiétantes. Avec des potentialités en eau déjà faible, les conséquences déjà à cours terme risque d'être davantage du fait de cette pollution.

Situé au cœur du tell oriental algérien le bassin de Beni Haroun est assez peuplé et industrialisé. D'une culture de riveraineté qui a cédé la place à la collectivité, aussi d'une

(*) Ministère des ressources en eau (2001)

polyculture de subsistance qui a cédé la place à une agriculture moderne, les usages évoluent dans le temps et dans l'espace, et les impacts sur la qualité des cours d'eaux liés aux rejets domestiques, industriels et à l'emploi des engrais et des pesticides sont devenues importants.

Il faut signaler que la pollution de certains barrages en Algérie a été signalée, le barrage Boughrara situé au centre de l'Algérie à titre d'exemple qui recevait les eaux usées de la ville de Oudjda, a connu une pollution terrible en 1999.

La pollution de certaines nappes d'eaux souterraines ont atteint ces dernières années un seuil critique du fait des différentes formes de contaminations.

Cette situation laisse présager que si rien n'est entrepris pour apporter les correctifs nécessaires, la pollution risque d'être à l'avenir, une cause sérieuse de la pénurie d'eaux.

L'étude de l'eau et la pollution dans le bassin de Beni Haroun sera articulée autour de deux parties essentielles.

La première partie fera l'objet d'une étude de reconnaissance des différents facteurs rentrant du régime de l'eau : géologie, lithologie, climat, hydrologie et couvert végétal qui interfèrent dans la genèse de l'écoulement.

La deuxième partie est consacrée à l'étude de la pollution des eaux dans le bassin. A cet effet, nous nous sommes fondés sur des données établies par l'Agence Nationale des ressources hydriques pour une durée de dix années successives (94/95-02/03).

PREMIERE PARTIE

LE CADRE NATUREL DU BASSIN

INTRODUCTION

Préalable et indispensable à toute étude efficace, la connaissance du milieu naturel du bassin doit s'acquérir dans de multiples domaines (topographie, géologie, climatologie, hydrologie et la biogéographie, etc...)

L'étude de cette partie comportera la description synthétique de tous ces domaines précités.

– La connaissance du relief et des grands ensembles géologiques dans le chapitre 1, va nous permettre de faire ressortir les différents ensembles lithologiques, de les classer pour mieux comprendre comment ils conditionnent les modalités d'infiltration.

– La connaissance des données climatiques dans le chapitre 2, où nous nous intéresserons préférentiellement à l'étude des précipitations et des températures, car elles interviennent directement dans le régime et le cycle de l'eau dans le bassin.

– La connaissance du régime hydrologique dans le chapitre 3, où nous aborderons les débits et leurs variabilités spatiale et temporelle à travers une série de données.

– La connaissance des caractères bio-géographiques, agissant sur l'écoulement.

Chapitre I : _____

LES CARACTERISTIQUES NATURELLES

Carte de localisation du bassin

1. PRESENTATION PHYSIQUE DE L'AIRE D'ETUDE

Le bassin de Beni Haroun est situé en grande partie sur le versant méridional du bombement tellien. Il représente à ce titre une zone intermédiaire entre le domaine tellien à très forte influence méditerranéenne au nord et le domaine des hautes plaines à forte influence continentale au sud.

Il couvre une superficie de 5328 km², soit plus 60% de la superficie totale du grand bassin Kebir Rhumel dont il fait partie.

Cette entité hydrographique est composée de quatre (04) sous bassins versant. Tableau N°01. Il est limité naturellement (carte N°01) par :

- Au Nord Ouest et Est le bassin des côtiers Constantinois Est et Centre.
- Au Sud, le bassin des hauts plateaux constantinois.
- A l'Ouest les bassins de l'Algérois- Hodna- Soummam.
- A l'Est le bassin de la Seybouse.

Tableau N°01 : Les sous bassins et leurs superficies

Sous bassin	Superficie (km²)
Rhumel Amont	1217
Rhumel-Seguen	1162
Boumerzoug	1868
Rhumel-Smendou	1081
Total	5328

Administrativement, (Carte N°02), le bassin couvre quatre (04) wilaya : Constantine en sa quasi-totalité, Mila, Sétif et Oum El Bouaghi partiellement. Ces quatre wilayas constituant le bassin, contiennent quarante trois (43) communes.

Le site de drainage principal du bassin comprend par Oued Rhumel et ses affluents et Oued Boumerzoug et ses affluents. Les deux oueds se convergent à la ville de Constantine pour former de nouveau Oued Rhumel qui se jette dans le barrage de Beni Haroun.

B.V Beni Haroun : Les entités administratives

2. LE RELIEF

2.1. Les grands ensembles du relief

Le bassin versant de Beni Haroun est constitué d'un relief compartimenté. Au nord, l'épine dorsale du tell oriental, un ensemble de sommets alignés d'ouest en est appelé « chaîne numidique ». Au sud, les hautes plaines à forte influence continentale, dévoilant chacune des caractères et des problèmes géomorphologiques propres.

Du Nord au sud on peut distinguer les unités suivantes:

2.1.1. Le versant nord de la chaîne numidique

La chaîne numidique par son versant nord représente les limites supérieures du bassin, séparant les hautes plaines au sud du bassin et les plaines côtières. De direction ouest-est, elle est composée d'une suite de massifs à altitudes modestes: djebel Sidi Driss est le point culminant dans le bassin atteint 1364 m. L'altitude décroît chaque fois qu'on se dirige vers l'est.

Cette chaîne jouant le rôle de ligne de partage des eaux, descend vers les hautes plaines, où par endroits elle est relayée par des massifs culminants vers 1300m à 1400m. C'est le cas de djebels Chettaba (1316m), Ouahch (1281m) au Nord –Est du bassin.

De nombreux cours d'eaux naissent sur les pentes de cette chaîne et descendent soit vers le nord, soit vers le sud comme l'oued Smendou. Les grands ensembles comme l'oued Rhumel comme dans notre bassin, descendent des hautes plaines, ils ont pu creusées de profondes vallées aux versants raides, à la traverser des ces massifs, ou ils ont pu tailler d'étroites gorge comme celui de Beni Haroun, à son passage de la chaîne Zouagha.

Dans ces secteurs aux pentes fortes, les processus d'érosion ont selon la nature lithologique des terrains, d'une ampleur plus ou moins grande.

2.1.2. Les piedmonts sud-tellien

Ils correspondent au bassin néogène de Constantine. C'est une grande dépression s'étendant de Mila à l'ouest jusqu'à Zighoud youcef à l'est du bassin. Ils sont limités par les hautes plaines au sud. Il s'agit de basses collines aux formes molles, taillées dans du matériel tendre et un réseau de ravins donne au relief un aspect disséqué.

Les altitudes dans le bassin

Le bassin comporte quelques reliefs calcaires isolés. Ils s'agit des djebels Lakhel (1256m) et Kef En Sour (690m) au Nord Ouest du bassin, Bergli (770m) au Nord. Ils correspondent à des séries charriées vers le sud pendant la phase alpine.

2.1.3. Les hautes plaines constantinoises

Localisées généralement entre l'atlas tellien au nord et l'atlas saharien au sud, elles correspondent au limite sud du bassin.

C'est une couverture de nappes venues du nord, ces terrains d'âge quaternaire à dominance marneuse et dont les altitudes sont plus ou moins importantes de 800 à 900m, où émergent en horsts des massifs calcaires : djebels Feltene (1113m) ; Teioualt (1285m) au sud ; Grouz (1187m) au sud Est ; Oum Settas (1326m) au Sud Ouest Guerioum (1729m), fortas (1477m) au Sud Ouest du bassin. Il s'agit d'un ensemble de massifs calcaires appartenant à une structure d'orientation sud ouest – nord est.

2.2. Les altitudes

Les altitudes dans le bassin de notre étude varient de 200 à 1700 m, carte N°03.

Le tableau ci-dessous, montre les tranches d'altitudes dans le bassin. La figure (Fig. N°01), des fréquences altimétriques apporte plusieurs précisions. La classe maximum de la courbe des fréquences altimétriques, se situe entre 800 et 900 m, avec une superficie de 1461,2 km² de l'aire réceptrice du bassin.

Tableau N°02 : Les classes des altitudes dans le bassin

Classes d'altitudes	Superficie (km ²)
<200	20,81
200-300	69,19
300-400	178,07
400-500	263,23
500-600	253,55
600-700	446,38
700-800	1337,93
800-900	1461,32
900-1000	1145,22
1000-1100	88,55
1100-1200	42,34
1200-1300	18,51
>1400	2,90
Total	5328

Les pentes dans le bassin

2.3. Les pentes

Calculées par le programme MAPINFO, sur la carte établie par S.Touil (2001), les classes des pentes sont les suivantes :

La classe très faible (<3%)

D'une superficie de 2671,20 km², soit 50,14% de la surface totale du bassin, cette classe de pente y très répandue, elle regroupe la partie des hautes plaines au sud du bassin et les bords des oueds, constitués de formations quaternaires. Ces zones à topographie plus ou moins planes représentent le siège de l'érosion linéaire surtout.

La classe moyenne (3-25%)

La superficie de cette classe est de 1722,59 km², soit 32,33% de la superficie totale du bassin. Cette classe désigne les piedmonts montagneux des Djebels Kellel, Bergli, Lakhal et Chettaba au Nord Est du bassin, les piedmonts de Djebels Oum Settas, Felten, elle concerne des zones dans la partie centrale du bassin, et au Sud Est du bassin aux piedmonts du Dj.Guerioun, constituées essentiellement de formations miopliocène exposés au ruissellement à caractère torrentiel.

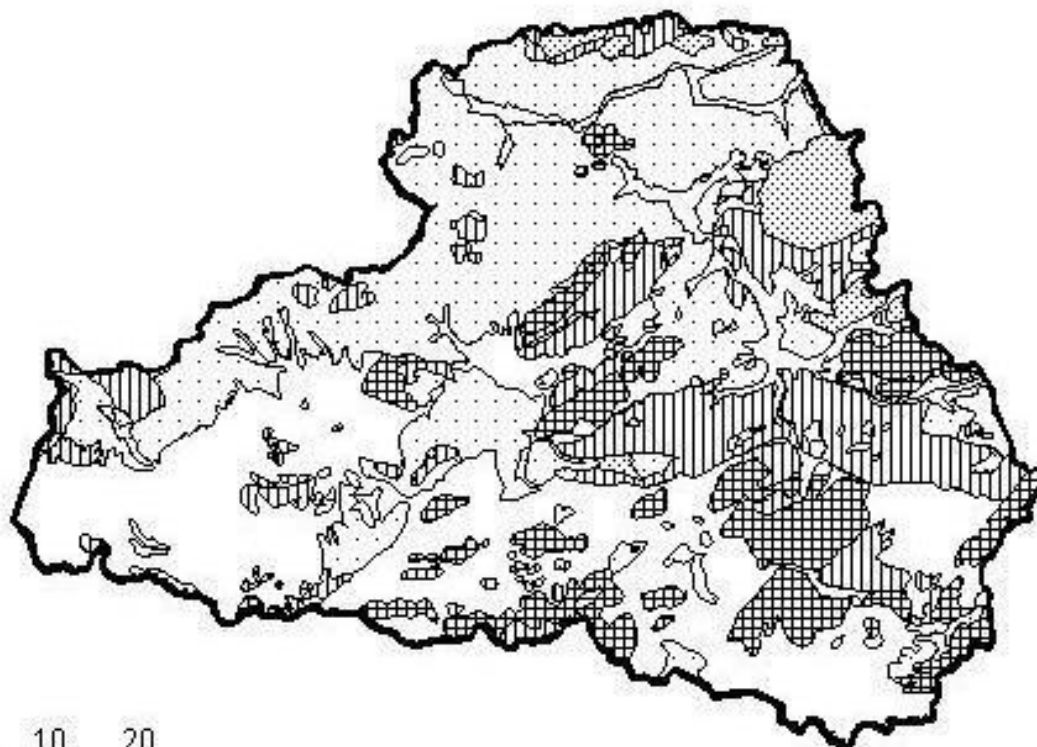
La classe forte (25-35%)

Cette catégorie de pentes désigne les versants montagneux, d'une superficie de 559,85 km², soit 10,5 % de la superficie totale du bassin. Elle apparaît sur les versants de Djebel Chettaba au Nord - Est du bassin, au centre sur les versants de Djebels Felten et Oum Settas, et en grande partie au nord sur le versant Sud de la chaîne numidique.







La classe très forte (>35%)

Cette classe est la moins répandue dans le bassin, d'une superficie de 237,56 km², soit 4,45 % de la superficie totale du bassin. Elle désigne les sommets montagneux des djebels Sidi Driss, Bit Djezia au nord du bassin, Ouahch au nord -est, et les versants des chaînes calcaires des Djebels Oum Settas à l'est du bassin, et Guerioun Nif N'sser au sud du bassin.

Carte N°05 : Le bassin versant de Beni Haroun : structure géologique



Légende

-  Quaternaire
-  Miocène Continental
-  Nappe Numidienne
-  Unités ultra-tellienne, tellienne et pré-tellienne.] Nappes Telliennes
-  Nappe Héritique Constantinoise
-  Tertiaire



Source : Carte géologique 1/200000e

3. LES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES

L'histoire géologique du Bassin de Beni Haroun est particulièrement mouvementée et marquée par un empilement d'unités structurales du Nord au Sud.

La carte géologique (Carte N°05) montre en relief l'existence d'une mosaïque de terrains et de structures plus ou moins complexes dont le résultat se traduit par une grande diversité des ressources souterraines tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

En effet, à l'opposition topographique par laquelle se caractérise le bassin, s'ajoute une opposition structurale qui se traduit par un substratum relativement simple au sud formé de vastes étendues sédimentaires d'où émergent des massifs calcaire isolés, et d'un édifice beaucoup plus complexe au nord constitué de nombreuses séries hétérogènes empilées durant les phases tectoniques successives.

Ainsi, on distingue du nord au sud les nappes suivantes :

3.1. La nappe néritique

La nappe néritique constantinoise constitue l'autochtone relatif. Elle correspond à l'essentiel du relief calcaire au Sud du bassin. Les affleurements importants correspondent aux djebels Oum Settas, le rocher de Constantine, Kellel, le Kheneg, Felten et djebel Grouz, Guerioun et Teioualt. Ils sont dispersés en massifs de taille variable par l'effet de la néotectonique surtout. De bas en haut, ces terrains sont d'âge jurassique supérieur carbonaté. Ils se dévoilent au Kheneg de Tiddis, djebel Teioualt et au djebel Kerkeria jusqu'au sénonien inférieur transgressif détecté sur le rocher de Constantine et djebel Kellel.

3.2. Les nappes telliennes

Les nappes telliennes sont développées sur toute la moitié nord du bassin. Paléogéographiquement et du nord au sud, on peut distinguer : les séries ultra-telliennes, les séries telliennes sensu-stricto et les séries peni-telliennes.

3.2.1. La nappe ultra-tellienne

De haut en bas on trouve : Yprésien-lutétien inférieur, calcaire à silex jusqu'au crétacé inférieur marneux. Ces séries sont peu étendues dans le bassin, de minuscules affleurements de

ces séries apparaissent sur djebel Lakhhal au nord-ouest du bassin et au nord-ouest de djebel el Ouahch, en discordances. Par contre elles prennent un développement notable au centre près de Constantine, ces séries datent au maestrichien paléocène.

3.2.2. La nappe sensu stricto

Les formations de cette nappe sont d'âge Eocène et prennent une grande ampleur au sud du bassin. Elle se situe entre les deux monts de djebel Felten et Oum Settas au sud du bassin.

Ces séries forment un ensemble structural cohérent, définies à partir de deux critères simples :

- Absence d'influences néritiques dominantes.
- Absence de faciès clair ultra-tellien.

Le caractère commun de ces structures est d'être assez systématiquement associées à une semelle triasique. Du bas en haut, ces séries vont du lutétien à priabonien marneux jusqu'au sénonien inférieur. Ces formations marneuses et marno-calcaires, possèdent toutes des discontinuités notables au dessus d'un jurassique carbonaté, marquées par des intercalations conglomératiques épisodiques. Lorsque ces séries ont une faible extension, ces discontinuités peuvent paraître et l'on parle naturellement de phases tectoniques caractéristiques.

3.2.3. La nappe peni-tellienne

Le terme peni-tellien a été créé pour désigner une série allochtone du versant du djebel Zouaoui dans le massif de Chettaba, au Sud Ouest de Constantine.

Ces séries sont à faciès très carbonaté, marneuses, elles ont été longtemps confondues avec les formations carbonatées autochtones des séries néritiques constantinoises. Elles affleurent :

- En fenêtres sous les nappes telliennes s.s : monts d'Ahmed Rachedi, Sidi Merouane et djebel Lakhhal ou l'on observe la série la plus complète au nord-ouest du bassin.
- En superposition anormale sur la nappe néritique constantinoise, en lambeaux charriés : au Kheneg de Tiddis, djebel Grouz, et djebel Chettaba.

3.3. La nappe numidienne

Peu développée dans notre bassin, elle affleure dans la partie Nord – Est sur les monts de Djebel El Ouahch et près de Ain Abid et Sigus au sud du Djebel Oum Settas. Ce terme a été employé pour bien des formations différentes à partir Du moment ou elles étaient gréseuses et apparemment dépourvues de faunes. C'est le cas de beaucoup d'affleurements actuellement rapportés au crétacé inférieur. De bas en haut on rencontre

- Argiles « sous-numidiennes »
- Grès numidiens
- Argiles, marnes « Supra-numédiennes »

3.4. Les formations post-nappes

L'essentiel des affleurements post nappes occupent de vastes espaces des hautes plaines constantinoises, elles concernent :

3.4.1. Le miopliocène

Il affleure sur toute la partie Nord du bassin. Dans la partie Nord-Est, entre Mila et Azzeba, les formations sont argileuses et affleurent dans de mauvaises conditions.

Il s'agit de matériels de remblaiement de dépressions topographiques. Les premiers niveaux paraissent appartenir au miocène supérieur et sont caractérisés par l'abondance d'éléments grossiers détritiques, reflétant assez fidèlement l'environnement montagneux.

Au-dessus, on peut distinguer un groupe de terrains restés horizontaux sur de grandes surfaces: Ce sont des argiles, de marnes gypsifères, de calcaires lacustres, de conglomérats, de grès, et de sables. Tout ce dépôt présente des variations rapides et considérables.

3.4.2. Les formations quaternaires

Elles sont constituées essentiellement de :

- Eboulis développés sur dans la partie nordique des grès numidiens

- Alluvions récentes: limons, graviers et galets constituant les alluvions actuelles (lit majeur des oueds) ou récentes (terrasse gharbienne). Ces formations sont présentes le long des oueds Rhumel, Boumerzoug,...

- Formations de terrasses, formations de pente et quaternaire indéterminé : elles se localisent le long des principaux oueds (niveaux 2 à 5). Ce dernier ne peut que très rarement se distinguer, sur l'oued Boumerzoug

Les formations en pente se localisent surtout dans les zones argileuses ou marneuses. Il s'agit de revêtement limoneux portant des sols bruns, peu ou pas calcaires permettant la culture céréalière avec de bons rendements lorsque l'érosion ne les érafle pas trop.

4. CAPACITE DE PERMEABILITE DES FORMATIONS LITHOLOGIQUES

On s'intéressera ici à décrire les formations lithologiques afin de préciser leur capacité aquifère. Il s'agit de les regrouper en deux grands ensembles compte-tenu à la fois de leur perméabilité (Carte N°05).

4.1. Les formations perméables

4.1.1. Les formations calcaires

Il s'agit des calcaires marneux ou à alternances marneuses. Ces faciès se rapportent à la nappe néritique constantinoise.

Ces séries épaisses sont d'une puissance importante, très fissurées par suite d'une importante évolution karstique, ce qui leur donne une perméabilité très élevée.

Très étendues et de faible épaisseur représentent des nappes phréatiques plus ou moins continues et facilement exploitables, ce qui les rend en relation directe avec le régime hydrologique. Elles sont largement étendues dans le secteur des hautes plaines paradoxalement aux précipitations qui sont très faibles.

Ces nappes proches de la surface du sol sont soumises à l'évapotranspiration dans les effets se traduisant par la salure des eaux, d'un côté et leurs contaminations par des substances provoquées par le lessivage des terrains percolés

Carte N°06 : Les ensembles lithologiques



Source : Carte géologique 1/200000e

4.1.2. Les formations gréseuses

Elles correspondent au grès numidiens, d'âge oligocène, affleurant sur les monts de djebel Ouahch au nord-est du bassin. Ces formations, à des altitudes très élevées, sont de faibles réserves souterraines atténuées la présence d'intercalations argileuses d'une part et par la faiblesse des fissurations des roches. La perméabilité en petit ou l'interstratification n'est pas, cependant, négligeable et favorise l'émergence de sources au pied de djebels, à débit généralement faible.

4.2. Les formations imperméables

Cet ensemble regroupe le reste des formations à dominance argileuse ou marneuse du miopliocène continental et du crétacé-eocène. Elles sont les plus largement représentées. L'ensemble des roches concernées a de faible perméabilité d'interstices ou de fissures, ne déterminant donc pas d'aquifères notables. Cependant, compte tenu de leur caractère lithologique particulier. Cette série mérite l'attention au vu de son extension considérables et de son aspect hydrogéologique assez particulier. Elle est très irrégulière, à la fois dans son épaisseur et dans son faciès.

Ces séries à perméabilité très faible, peuvent représenté des possibilité d'infiltration en raison des niveaux travertineux (calcaires lacustres) dans les secteurs localisées se traduisant par des points d'eau dispersée (la source de Marcho) qui alimente la ville de Mila.

La puissance de ces calcaires lacustres varie entre 50-800m dans la région de Sidi Merouane (D.Delga, 1955), elle atteint environ 70m autour du massif du Kheneg (P.Deleau, 1952).

Les séries marneuses du crétacé-Eocène, ne représentent quant à elles, aucune possibilité d'accumulation en eaux souterraines, les autres formations représentant par des alternances de faciès différents, telle que l'ensemble argilo-gréseux de l'oligo-miocène, les marnes et marno-calcaires du crétacé-Eocène, offrent une certaine capacité d'accumulation, liés aux intercalations perméables, mais leurs ressources sont très restreintes, en raison du développement et l'extension relativement réduites de ces niveaux perméables.

CONCLUSION

Le bassin de Beni Haroun montre une opposition topographique. Aux hautes plaines situées au sud du bassin, à topographie simple, qui donne des limites un peu floues au bassin, succède l'atlas tellien, au Nord, au limite bien nette.

Une opposition géologique s'ajoute à cette opposition topographique, se traduisant par un substratum assez simple au sud formé de vastes étendues sédimentaires d'âge quaternaire, et d'ou émergent des massifs calcaires isolés. Au nord, un relief fortement accidenté, de structure très complexe, constitués de séries hétérogènes empilées au cours de phases tectoniques successives.

Chapitre II : _____

LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

Les caractéristiques les plus originales de toute la région sont réunies dans le bassin de Beni Haroun. Le nord s'avère être une zone humide et pluvieuse et le sud avec un climat semi-aride à aride.

Cette opposition trouve son origine dans de multiples causes :

- Le nord influencé par un climat méditerranéen, le sud par un climat de type continental.
- La répartition des ensembles montagneux, les contrastes renforçant cette disparité géographique

Dans ce chapitre, on s'intéressera à évaluer trois paramètres climatiques jugés importants: les précipitations, les températures et l'évapotranspiration, afin d'expliquer certains facteurs constituant la pollution des eaux.

1. LES PRECIPITATIONS

Les précipitations constituent évidemment, le paramètre climatique essentiel. Leur intensité, leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement, de sa localisation et de sa violence

Dans certaines régions, où le régime des écoulements est fortement lié aux précipitations. La pollution mesurée par milligrammes et par litres est modifiée lors des fortes pluies. En effet, les concentrations de certains polluants diminuent par le phénomène de dilution, d'autres augmentent (comme la pollution par les matières en suspension d'origine érosive).

Equipement du bassin

Le bassin de Beni Haroun dénombre dix sept (17) postes pluviométriques (Carte N°07), seulement sont fonctionnelles à nos jours, elles ont pour caractéristiques d'être :

1. inégalement réparti à travers le bassin, environ 590 km² pour un seul poste pluviométrique
2. Sous-équipée, aggravée par une forte disparité géographiques, le sud du bassin est mieux équipé à comparer avec le nord, zone montagneuse et la plus arrosée est dépourvue de postes pluviométriques.

Les stations Hydro-pluviométriques

3. placer dans des sites qui ne respectent pas toujours les normes scientifiques.
4. Avoir une qualité médiocre des observations, les données sont d'une part lacunaires et d'autre part, elles ne sont pas dépourvues d'erreurs.

Dans le cadre de ce travail, on se contente d'étudier les données de la station de Ain El Bey de Constantine pour plusieurs raisons:

1. le but principal de cette étude est de connaître les caractéristiques du milieu environnant des cours d'eaux choisis dans l'étude de la pollution en deuxième partie de ce travail.
2. la station en question renferme des données récentes et homogènes.

1.1. Les variations interannuelles

L'interprétation de l'histogramme (Fig. N°01) fait sortir, que d'une manière générale les précipitations se caractérisent par leur irrégularité interannuelle.

La moyenne annuelle des pluies précipitées pour la période 1990/2003, est de 533,9 mm.

La période humide la plus longue est de 3/13ans, s'étalant de 1990/1991 à 1992/1993. Les moyennes annuelles dépassent nettement la moyenne de toute la période étudiée. L'année 2002/2003, est l'année la plus abondante en pluie, elle a connu un excédent de 251,9 mm, soit 36,36%. A l'inverse, l'année 1996-1997, a connu un déficit de 194,1mm, soit 36,36% (Tableau N°04), c'est l'année la plus sèche.

Le coefficient de variation (Tableau N°03) varie de 0,05 à 0,10, ceci explique entre autre une variation assez faible dans l'ensemble en comparaison avec la variabilité des précipitations mensuelles ou saisonnières qui seront étudiées subséquemment.

Tableau N° 03 : l'écart type et coefficients de variations des pluies annuelles.

Années	δP	CV
1990-1991	42,09	0,07
1991-1992	39,28	0,07
1992-1993	56,24	0,10
1993-1994	42,11	0,10
1994-1995	60,19	0,10
1995-1996	45,91	0,07
1996-1997	18,39	0,05
1997-1998	29,59	0,05
1998-1999	37,39	0,07
1999-2000	30,30	0,06
2000-2001	33,55	0,08
2001-2002	20,33	0,06
2002-2003	69,70	0,09

Avec : $CV = \frac{\delta P}{\bar{P}}$

CV : Coefficient de variation

\bar{P} : Moyenne mensuelle

δP : Ecart type

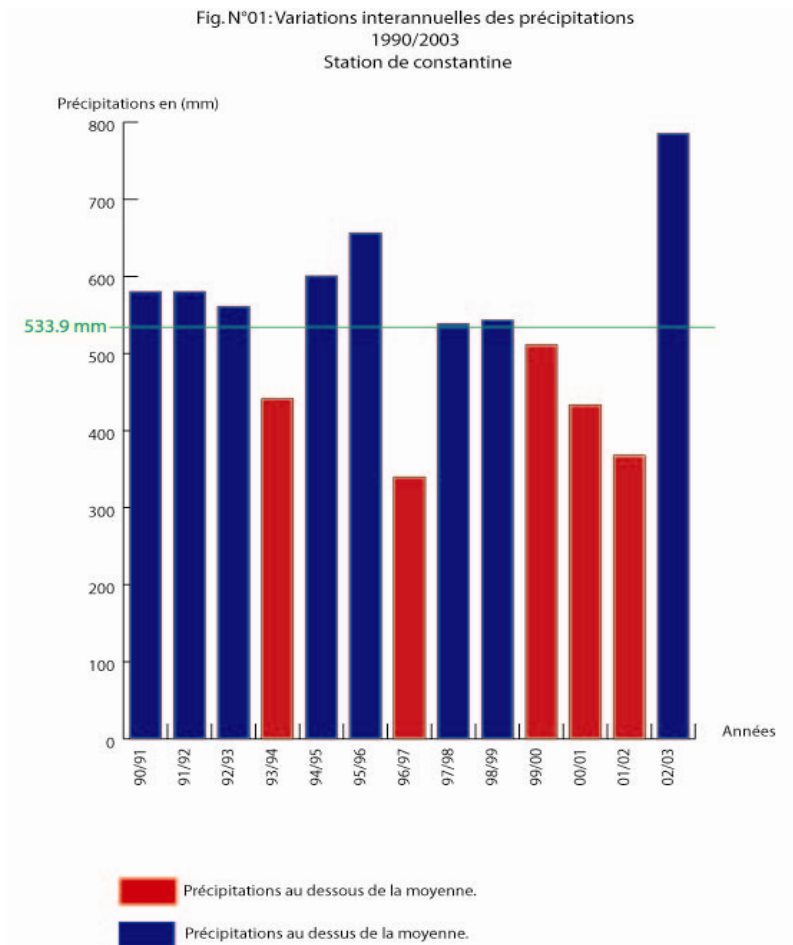


Tableau N°04 : L'excédent et déficit annuel

Moyenne	Excédent				Déficit			
	P (mm)	Année	Mm	%	P (mm)	Année	mm	%
533,90	785,8	02 /03	251,9	36,36	339,8	96/97	194,1	36,36

I.2. Les variations saisonnières

Les précipitations saisonnières pour la période étudiée, se caractérisent par :

- Toutes les saisons de l'année participent aux précipitations annuelles avec des taux variables. L'hiver est la saison la plus pluvieuse, cette saison participe avec 1/3 du total annuel c'est à dire avec 211mm, soit 39,52% de la moyenne annuelle. Par contre, les précipitations estivales enregistrées atteignent près de 34 mm, soit 10,03% de la moyenne annuelle.

Le tableau N°05, des précipitations saisonnières fait apparaître nettement ces variations. Les pourcentages des saisons par rapport à la moyenne annuelle, et les pourcentages des excédents et des déficits à travers les différentes saisons montrent bien ceci (tableau N°06 et N°07). Cette variation va du simple au double. La saison estivale à titre d'exemple a enregistré lors de cette période un excédent pluviométrique de 131,45% de la moyenne annuelle.

L'indice de concentration de pluies mensuelles de fourrier (p^2/P) (tableau N°08), se caractérise par une bonne corrélation entre p^2/p et l'année la plus pluvieuse. L'année 2002-2003 à titre d'exemple, sa moyenne annuelle a atteint 231,2 mm, et un coefficient p^2/p de 29,42, valeur maximum.

Où p : Moyenne mensuelle de la série (1990-2003)

P : Moyenne annuelle de la série (1990-2003)

L'indice de Peguy (IP) (tableau N°09), prend majoritairement des valeurs supérieures à 2, ce qui démontre une concentration importante des pluies dans trois (03) mois successifs. Par contre, on enregistre 4 années (90/91, 92/93, 98/99 et 02/03) se caractérisent par une répartition régulières des pluies.

$$IP = \frac{\sum 3 \text{ mois successifs les plus pluvieux}}{\text{la moyenne mensuelle de l'année la plus pluvieuse}}$$

Tableau N°05 : Les précipitations saisonnières

Automne	%	Hiver	%	Printemps	%	Eté	%	Total	%
142,5	26,69	211	39,52	146,7	27,48	33,7	10,03	533,9	100

Tableau N°06 : L'excédent saisonnier

Automne		Hiver		Printemps		Eté	
Mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
100,6	70,60	180,1	85,36	134,6	91,75	44,3	131,45

Tableau N°07 : Le déficit saisonnier

Automne		Hiver		Printemps		Eté	
mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
91,5	71,26	114,2	54,12	79,7	54,33	31,4	93,18

Tableau N°08 : L'indice de concentration de pluies de fournier

	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
	Nov	Avr	Dec	Dec	Jan	Fev	Mar	Nov	Nov	Dec	Jan	Sep	Jan
p²/P	22,95	31 ,17	66 ,24	36 ,31	77 ,74	49 ,89	10 ,24	22 ,46	33 ,70	17 ,12	35 ,12	17 ,06	68 ,02
%	19,89	23,17	34,35	28,68	35,97	27,56	17,36	20,42	24,91	18,30	28,46	21,54	29,42

Tableau N°09 : L'indice de concentration de pluies de Peguy

	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
	Nov	Mar	Nov	Dec	Jav	Jav	Fev	Oct	Nov	Oct	Dec	Sep	Nov
	Dec	Avr	Dec	Jan	Fev	Fev	Mar	Nov	Dec	Nov	Jan	Oct	Dec
	jan	Mai	jan	Fev	Mar	Mar	Avr	Dec	jan	Dec	Fev	Nov	jan
IP	2,06	2,82	5,30	5,21	3,38	2,90	2,08	2,16	2,80	2,06	3,25	2,21	4,60
%	40,70	48,47	63,86	63,48	52,99	49,19	40,94	41,89	48,29	40,75	52,03	42,43	60,52

1.3. Les variations mensuelles

La figure N°02 traduit clairement les variations mensuelles des précipitations et de leur distribution.

En effet, tout les mois de l'année participent à la moyenne annuelle. Le mois de janvier est le plus pluvieux avec des précipitations qui atteignent une hauteur de 79,4 mm, soit 14,87 % du total pluviométrique. Par contre, le mois de juillet correspond au mois le plus sec de l'année avec des précipitations qui ne dépassent guère les 5,5 mm, soit 1,02 % du total annuel.

L'écart type et les coefficients de variation (Tableau N°10), (Fig. N°02), varient entre 0,58 et 2,43, montrent que les mois les plus secs enregistrent des coefficients supérieurs (Juin et juillet), en revanche les mois humides démontrent des coefficients de variations inférieurs (du mois d'Août à Mai).

Tableau N° 10: l'écart type et coefficients de variations des pluies mensuelles.

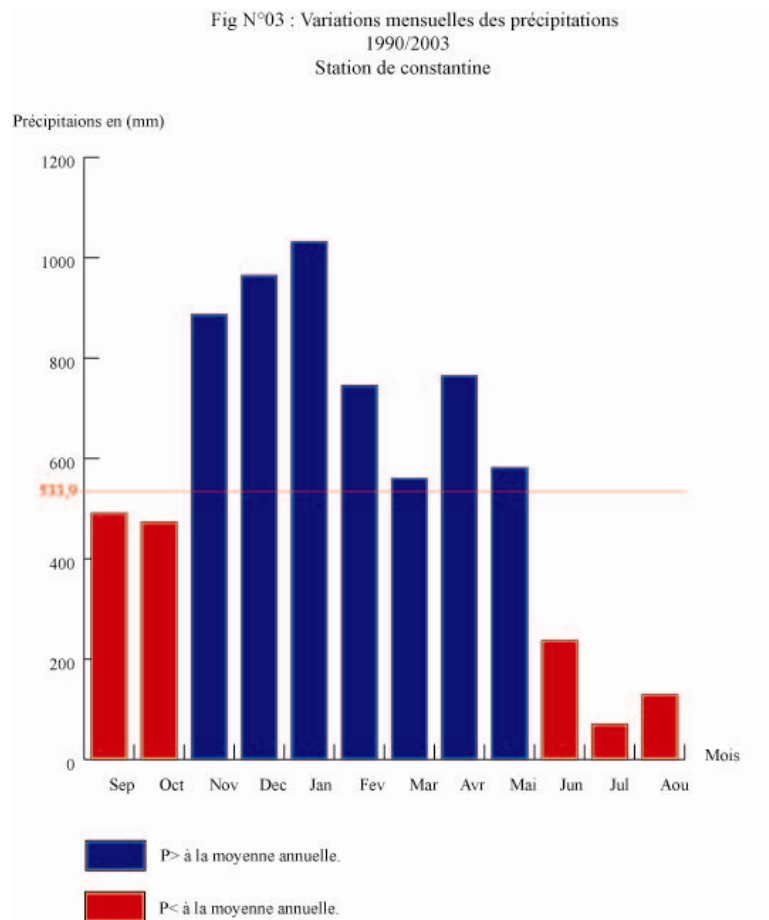
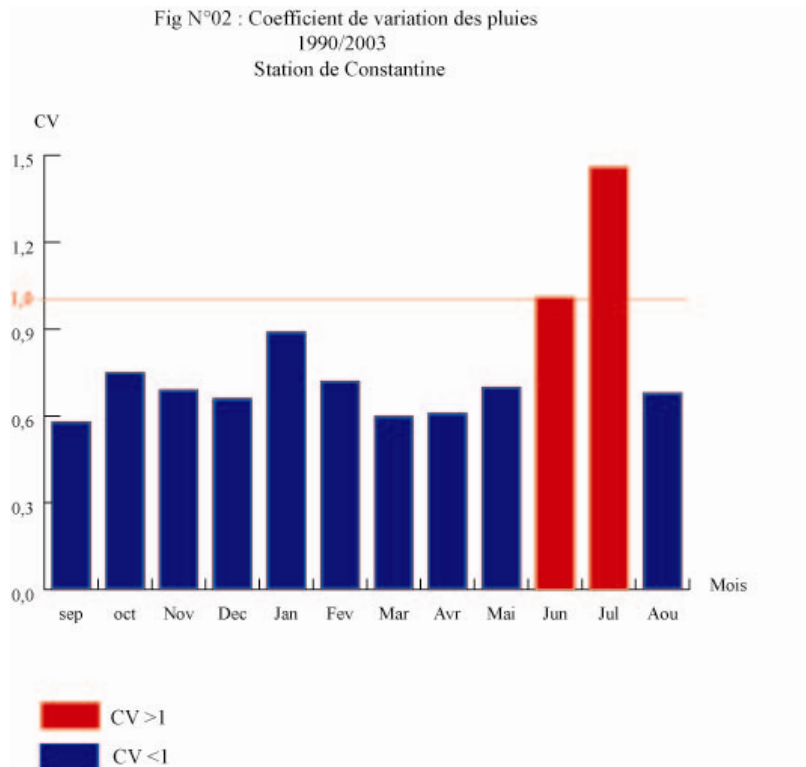
Mois	δP	CV
Sep	21,82	0,58
Oct	27,49	0,75
Nov	47,35	0,69
Dec	49,26	0,66
Jav	70,67	0,89
Fev	41,46	0,72
Mar	25,84	0,60
Avr	36,10	0,61
Mai	31,32	0,70
Jun	117,66	1,01
Jul	7,98	1,46
Aou	6,79	0,68

Avec : $CV = \frac{\delta P}{\bar{P}}$

CV : Coefficient de variation

\bar{P} : Moyenne mensuelle

δP : Ecart type



2. LES TEMPERATURES

Actuellement, si le bassin de Beni Haroun possède un réseau d'observation moyennement dense, en revanche, la carence en matière de mesures thermométriques se fait nettement sentir. L'existence d'une seule station, celle de Constantine, située sur la plateau de Ain El Bey, au centre du bassin, contrôlée par l'Office National de la Météorologie (O.N.M). Cette station dispose de données récentes, homogènes et de longues durées.

A cet effet, pour les analyser, on a pris la même durée (13ans) que pour les précipitations, c'est à dire de 1990 à 2003.

La comparaison des températures à l'échelle spatiale paraît difficile, à cause du problème expliqué plus haut.

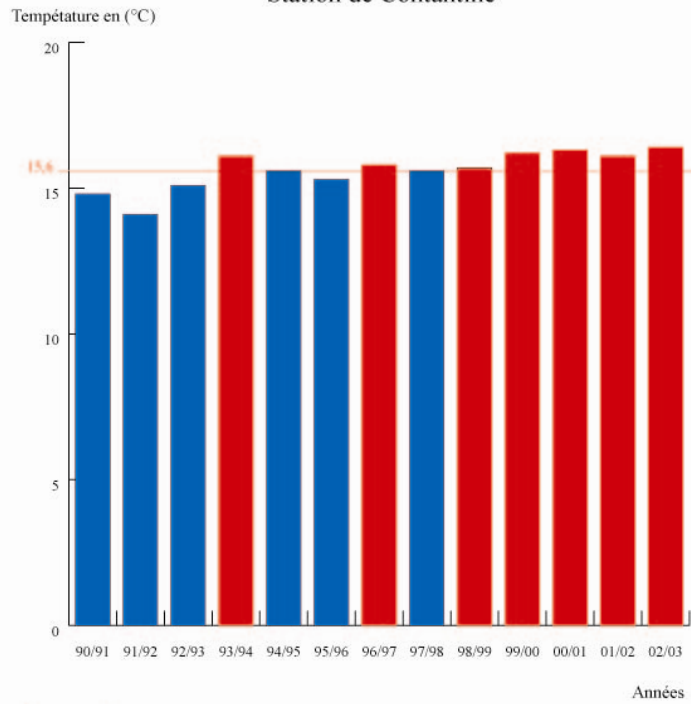
La moyenne annuelle des températures de la période 1990/2003, est de 15,6°C.

Les températures annuelles (Fig. N°04), varient de 14 à 16°C, l'année 1991/1992, a enregistré une température minimale de 14,1°C. Les températures maximales on atteint leurs pics durant l'année 2002 - 2003 avec 16,4°C.

Selon les données à cette station (Fig. N°05), il s'avère que, contrairement aux précipitations, les saisons thermiques sont bien tranchées : la saison chaude s'étend de Mai à octobre, mois pendant lesquels les températures moyennes mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle. Quand à la saison froide, elle s'étend de novembre à avril.

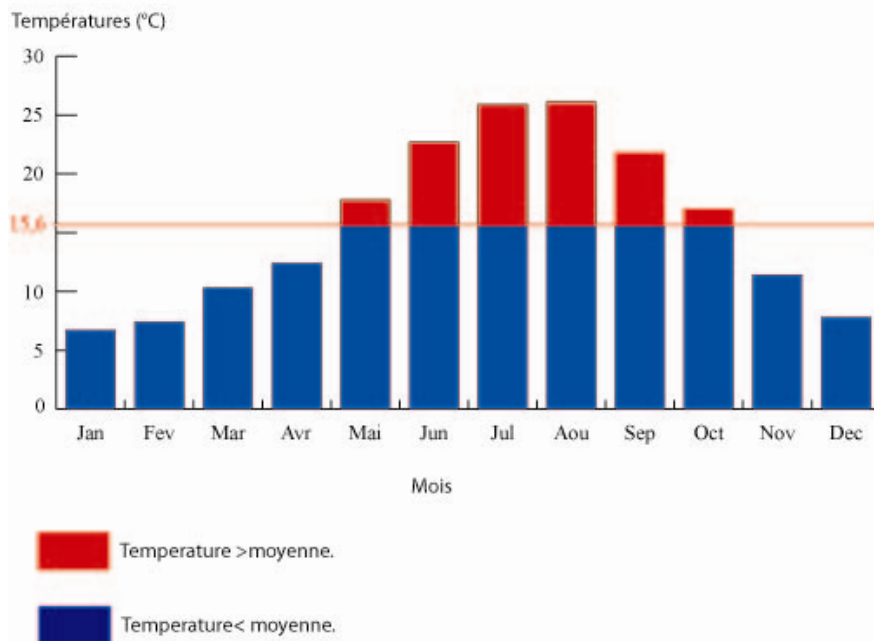
Le maximum des températures est atteint en août et juillet, 25°C, et le minimum en janvier avec près de 7°C.

Fig N°04 :Températures moyennes annuelles
1990/2003
Station de Contantine



15.6 La température moyenne annuelle

Fig N°05 : Diagramme thermique
1990/2003
Station de Constantine



Temperature > moyenne.

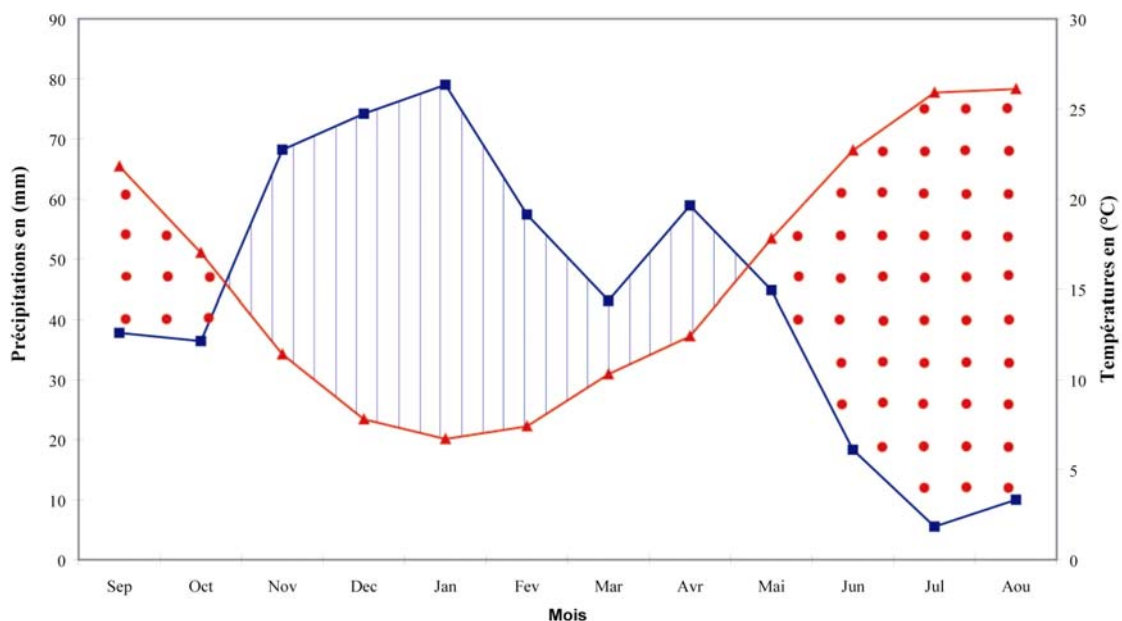
Temperature < moyenne.

3. RELATION PRECIPITATIONS- TEMPERATURES

La combinaison des températures et des précipitations, est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs qui correspondent selon la définition basée sur le comportement de la végétation de H.Guaussen, au mois où le total des précipitations est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle : $P \text{ (mm)} \leq 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$. Le diagramme ombro-thermique de la station de Ain El Bey (Fig. N°6), met en évidence quelques caractéristiques de cette relation:

- La température moyenne minimale enregistrée est de 6,7°C, au mois de janvier.
- La température maximale est l'ordre de 26,1°C, enregistrée au mois d'Août.
- Les mois secs se succèdent (Fig. N°06), de juin à octobre, enregistrent un minimum des précipitations (5,5 mm), cette période coïncide avec le maximum des températures moyennes (25,9°C), au mois de juillet.
- La saison humide s'étend d'octobre à mai. Les précipitations enregistrées atteignent 97mm, au mois de janvier, alors que les températures s'abaissent autour 6,7°C au même mois.

Fig. N°06 : Diagramme ombrothermique de GUAUSSEN
1990/2003
Station de Constantine



4. EVAPO-TRANSPIRATION

L'évapotranspiration désigne l'ensemble des phénomènes qui transforment l'eau en vapeur par des processus spécifiquement physiques.

La transpiration est une évaporation biologique par les plantes qui par leurs racines, vont puiser dans le sol l'eau nécessaire à leur développement.

Les valeurs de l'ETP (Evapotranspiration potentielle), estimées de façon empirique selon la méthode de Thornthwaite (Tableau N°11) évoluent au cours de l'année presque dans le même sens que les autres paramètres. Le potentiel évaporant annuel est de 718,78 mm par rapport à 1,34% du total pluviométrique. En saison froide, l'ETP décroît jusqu'au moment où elle atteint des valeurs inférieures aux précipitations. L'accumulation en eaux souterraines se trouve ainsi favorisée dans les terrains perméables.

Les plus fortes valeurs de l'ETR (Evapotranspiration réelle) ont atteintes durant les mois de juillet et d'août. Au moment où les températures atteignent des valeurs supérieures aux précipitations, à ce moment l'ETR agit en concordance avec l'ETP.

Tableau N°11 : Calcul de l'ETP (Selon thornthwaite)

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Total
t (°C)	21,80	17,00	11,40	7,80	6,70	7,40	10,30	12,40	17,80	22,70	25,90	26,10	/
I	9,29	6,38	3,48	1,96	1,56	1,81	2,99	3,96	6,84	9,88	12,06	12,21	72,41
ETP	99,54	65,90	33,96	18,10	14,07	16,59	28,70	39,05	71,12	106,45	132,47	134,18	63,34
ETR	37,80	36,40	34,89	19,91	17,02	20,24	35,59	45,90	44,80	18,30	5,50	10,00	326,35
K	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84	/
ETP*K	86,60	56,01	34,98	19,91	17,02	20,24	35,59	45,29	73,25	103,25	11,93	112,71	718,97

5. LE BILAN HYDRIQUE DANS LE BASSIN

L'eau a comme propriété particulière d'être renouvelable et en transit permanent. Comme ressource renouvelable, elle suit un cycle naturel, cheminement qui s'accompagne d'un ensemble de transformations. De l'atmosphère, où se transforment les nuages, les précipitations arrivent au

sol où elles favorisent le développement des plantes et alimentent les cours d'eaux après avoir ruisselé ou s'être infiltré. Les cours d'eaux à leur tour aboutissent à la mer ou par évaporation assure le retour d'une partie à l'atmosphère.

Il s'agit d'un mouvement perpétuel, mais non uniforme. Le cycle peut être parcouru rapidement ou lentement. En quelques jours une goutte d'eau évaporée de la méditerranée peut tomber sous forme de pluie et revenir à celle-ci.

Dans le bassin de Beni Haroun les principales phases de ce cycle peuvent être synthétisées, en période moyenne 1990/2003 (Tableau N°12) comme suit :

Pour la période étudiée, les 534mm d'eau qui tombent sous forme de précipitations diverses (pluies, grêles, neige) sur l'ensemble du bassin, plus que la moitié retourne directement dans l'atmosphère (326,36 mm) par évaporation des surfaces d'eau libre, et de l'eau du sol drainée, ou par transpiration de la végétation. Le reste environ 207,65 mm, est drainé par le réseau hydrographique vers la méditerranée. Cet écoulement se compose de presque partie égale, qui après infiltration dans le sol, retourne au cours d'eau par émergence.

Tableau N°12 : Bilan hydrique

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Total
P (mm)	37,8	36,40	68,2	74,2	79,4	57,4	43,1	58,9	44,8	18,3	5,5	10	534
ETP	86,6	56,01	34,98	19,91	17,02	20,24	35,59	45,29	73,25	103,25	113,93	112,71	718,78
P-ETP	-48,8	-19,61	33,22	54,29	62,38	37,16	7,51	13,61	-28,45	-84,95	-108,43	-102,71	/
RU	0	0	33,22	87,51	100	100	100	100	71,55	0	0	0	/
ETR	37,80	36,40	34,89	19,91	17,02	20,24	35,59	45,90	44,80	18,30	5,50	10,00	326,35
Excédent	/	/	/	/	49,89	37,16	7,51	13,61	/	/	/	/	108,17
Écoulement	/	/	/	/	24,94	31,05	19,28	16,44	8,22	/	/	/	99,93

CONCLUSION

Les précipitations dans le bassin de Beni Haroun varient entre 400-800 mm. Elles s'accroît du nord au sud, se caractérise par des variations inter et intra-annuelle, mensuelles et saisonnières et se concentre sur une part assez courte de l'année.

Concernant les températures, l'analyse de différentes moyennes obtenues à la station de Ain El Bey révèle que leur croissance suit une situation inversée de la topographie et diminuent du sud au nord. Les moyennes mensuelles sont pratiquement inférieures à la moyenne annuelle, et cela à partir de Novembre jusqu'à Avril. Dès le mois de Mai jusqu'à Octobre ces moyennes deviennent supérieures à la moyenne annuelle, marquant ainsi une période sèche.

Une forte évapotranspiration, marquent le climat dans le bassin, sa valeur dépasse nettement la moyenne des précipitations.

Chapitre III : _____

LES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES

Le réseau hydrographique ou les cours d'eaux est la partie la plus visible et la plus perceptible dans le domaine de l'eau que nous aborderons ici. Dans le cadre de notre travail. L'étude des régimes des eaux des oueds, est importante, au moment où ils représentent à leurs tours l'exutoire des différents types de pollution (urbaine, industrielle et même agricole).

1. PRESENTATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le bassin de Beni Haroun résulte de la jonction de deux cours d'eaux importants : les oueds Rhumel et Boumerzoug. Ils drainent une superficie de 5328 km² (Carte N°08).

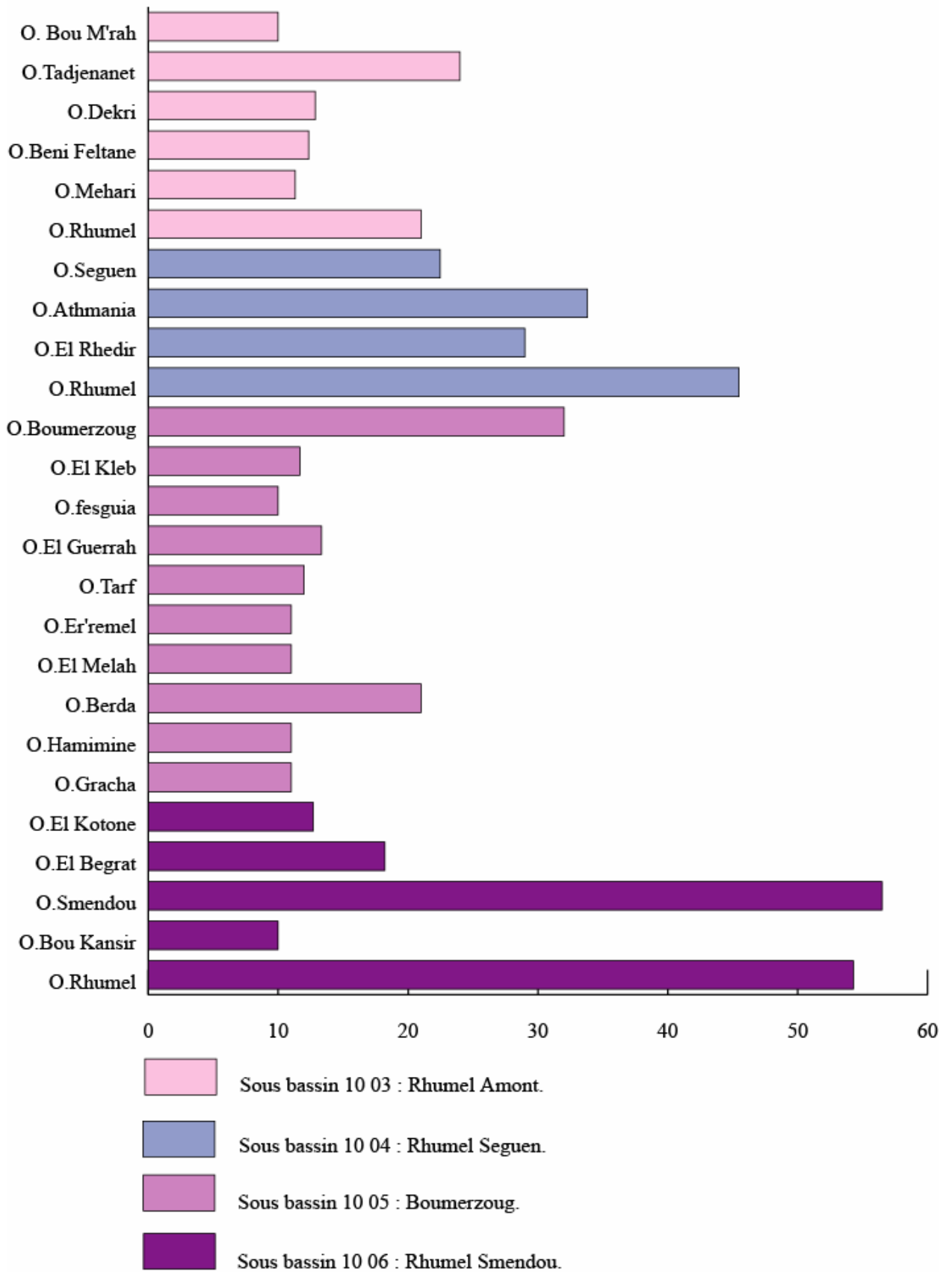
Ces deux cours d'eaux prennent naissance du tell méridional, traversant les hautes plaines Constantinoises, avec une orientation Sud Ouest –Nord Est pour l'Oued Rhumel, et Sud Est – Nord Ouest pour l'Oued Boumerzoug jusqu'à. Ils s'encaissent rapidement dans les gorges calcaires de la ville de Constantine, constituant ainsi la partie supérieure du grand bassin du Kebir Rhumel.

L'examen du profil en long (Fig. N°08), relatif au cours d'eaux principaux du bassin versant de Beni Haroun, c'est-à-dire Oued Rhumel et ses cinq (05) principaux affluents : Oued Seguen, Oued Boumerzoug, Oued Smendou, Oued Bagrat et Oued El Kotone, établi par (S.Touil, 2004), à partir de la carte topographique à l'échelle 1/200.000e, montre une série de rupture de pentes que l'on ne peut expliquer autrement que par des résistances lithologiques à l'érosion. La plus importante de ces ruptures, apparaît au niveau du gorge de Constantine, cette zone a un matériel résistant est profondément entaillée par O. Rhumel.

De manière générale, de l'amont à partir de la source, l'Oued Rhumel, prend une forme convexe. Paradoxalement, après la grande rupture de pente que marque l'Oued Rhumel au rocher de Constantine, le cours d'eau prend une pente plus faible. Les gorges encaissées qui Renforcent la vitesse des eaux, peuvent parfois être l'origine de catastrophes dans le bassin. D'ailleurs, ces zones ont souvent connues les inondations les plus importantes, lors des fortes pluies, ou le cours d'eaux déborde de son lit principal, pour inonder les habitations situées dans la plaine alluviale.

Le réseau hydrographique

Fig. N°07 : Longueur des principaux Oueds



A l'aval de l'Oued Rhumel, les affluents de Smendou, Bagrat et El Kotone, montrent un profil en long en courbes à fortes pentes. Les débits ici sont les plus importants, du à l'accroissement rapides des vitesses d'écoulements, et du cumul hydrologique des affluents venant des massifs montagneux. Les écoulements, souvent à caractère torrentiel, peuvent avoir des conséquences dévastatrices. En effet, les eaux venant de l'amont du bassin et des affluents des versants Est et Ouest de la vallée du Rhumel s'accumulent, et une fois renforcé par ces fortes pentes elles deviennent importantes et fréquentes.

2. LA MORPHOMETRIE

L'utilisation des différents paramètres morphométriques a pour but ici de :

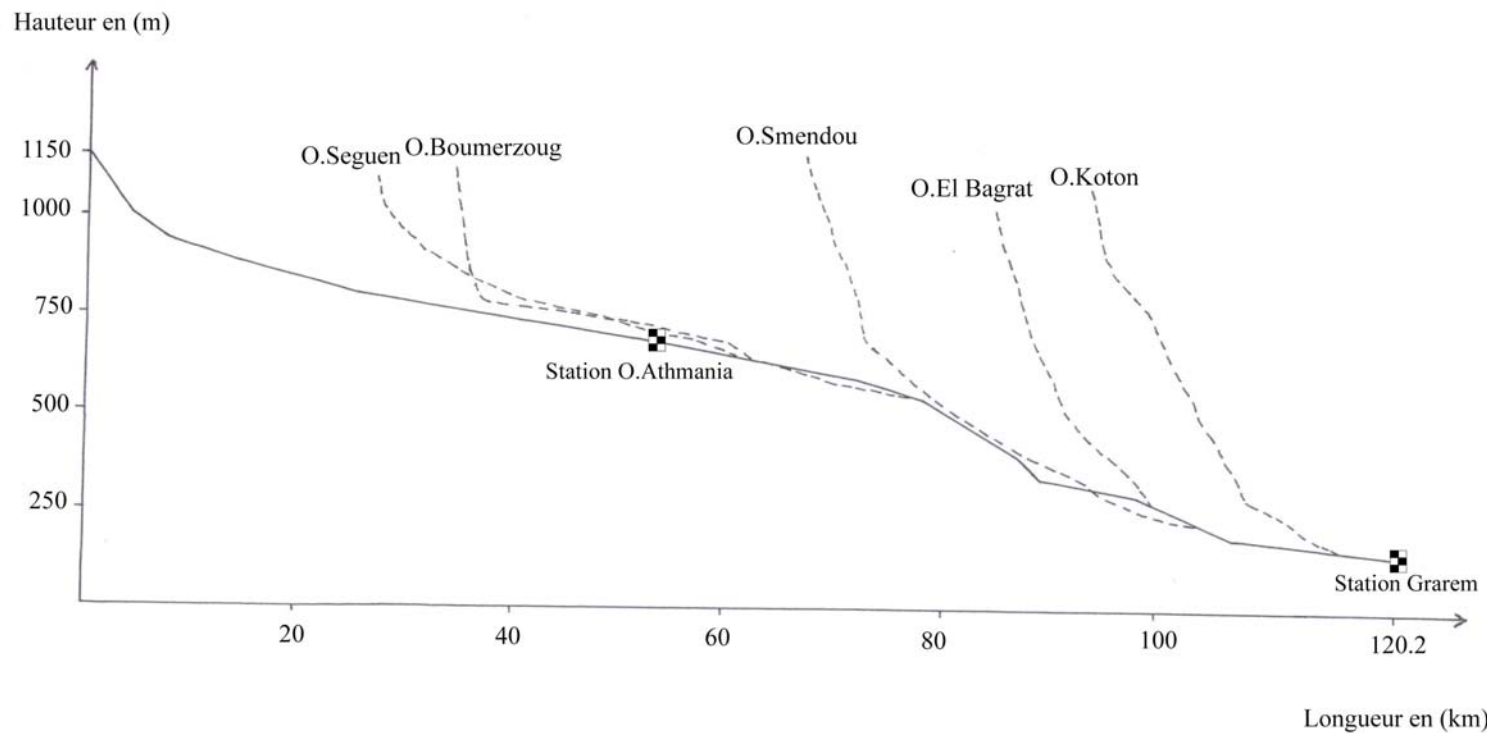
- Quantifier les facteurs caractéristiques du milieu physique du bassin versant.
- Aider à mieux comprendre le comportement morphologique et analyser le fonctionnement hydrologique du bassin versant.
- Aider à établir une classification et une comparaison des sous bassins versants en fonction de leur aptitude vis à vis des processus morphogénétiques actuels

Les paramètres seront déterminés à partir :

- 1- Des indices de reliefs (hypsométrique)
- 2- Des indices morphométriques de la taille et de la forme
- 3- Des indices morphométriques de l'organisation du réseau hydrographique.

Dans notre cas d'étude, l'échelle adoptée correspond au 1/200.000e. Celle-ci ne permet pas d'affiner les mesures des paramètres morphométriques en question et cela malgré l'utilisation des cartes informatisées. A cet effet nous nous limitons à quelques caractéristiques susceptibles d'identifier le bassin et ses sous entités et de comparer ces dernières entre elles, sans pour autant prétendre en tirer des conclusions exhaustives.

Fig. N°08 : Profil en long de Oued Rhumel



Source : S . Touil -2004-

Tableau N°13 : Les indices de reliefs

Paramètres	S	P	Lwp	Lmax	Lp	Lt	Ltotal	Hmax	Hmin
Sous bassins	(km²)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(m)	(m)
Rhumel Amont	1217	162,5	58,93	52	322,6	430,2	752,8	1212	719
Rhumel-Seguen	1162	200,7	53,8	59,7	312,8	511,1	823,9	1285	548
Boumerzoug	1868	217,9	81,1	62,1	534,3	724,7	1259	1729	608
Rhumel-Smendou	1081	170,1	81,74	49	649,2	263,6	912,8	1256	173
Bassin	5328	404,8	161,1	90,3	1818,9	1929,6	3748,5	1729	173

- S : La superficie du B.V (km²) - P : Périmètre du B.V (km) - Lwp : La longueur totale du talweg principal (km)

- Lmax : La longueur maximale du B.V (km) - Lp : La longueur du triangle équivalent (km)

- Hmax : La hauteur maximale dans le B.V (m) -Hmin : La hauteur minimale dans le B.V en mètre

2.1. Les indices de reliefs (indices hypsométriques)

Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, d'infiltration, et d'évaporation. C'est un élément essentiel dans le comportement hydrologique d'un bassin versant. Le but recherché, est la détermination :

- Les classes du relief.
- La hauteur moyenne et médiane.
- La pente moyenne et médiane.

Les résultats figurant dans les tableaux 13 et 14, permettent de déduire ce qui suit :

– La hauteur maximale dans le bassin est de 1729 m. Elle correspond au sommet de Djebel Guerioum à la partie Nord-Est du bassin. La hauteur minimale est de 173 m, ce qui donne une dénivelée simple de 670m.

– La classification de l'O.R.S.T.O.M, appliquée sur tout le bassin, donne une dénivelée spécifique (Ds), de 282,50 m. Elle situe le bassin dans la classe à relief fort.

2..2. Les indices de taille et de forme

La forme et la taille d'un bassin jouent un rôle important dans la propagation et la genèse de l'écoulement superficiel et la généralisation des crues lors des épisodes pluvieux sur les indices morphométriques suivants :

Tableau N°14 : les indices de reliefs (Suite)

paramètres	h	h 95% (m)	h 5% (m)	D (m)	Ig (m/km)	Ds (m)	Io	Ir
Sous bassins								
Rhumel Amont	1413,19	/	/	/	/	/	0,00005	0,023
Rhumel-Seguen	2162,04	/	/	/	/	/	0,00012	0,019
Boumerzoug	2593,68	/	/	/	/	/	0,00017	0,030
Rhumel-Smendou	3293,94	/	/	/	/	/	0,00027	0,022
Total bassin	2131,71	410	1080	670	3,91	<u>285,50</u>	0,00011	0,059

1. L'indice de compacité (Ic), $Ic = \frac{0.28.P}{\sqrt{A}}$

2. L'indice de circularité (Icr), $Icr = \frac{4.\pi.s}{P^2}$

3. L'indice d'élongation (E), $E = \frac{2.\sqrt{\frac{s}{\pi}}}{Lmax}$

4. L'indice de forme (If), $If = \frac{S}{[L max]^2}$

Par les résultats obtenus (Tableau N°15), on peut dire que :

- La forme du bassin est donnée par l'indice de compacité. Cet indice est égal à 1 pour un bassin circulaire, et croît d'autant plus que la compacité diminue.

Dans le bassin de Beni Haroun, il a été évalué à 1,55, une valeur supérieure à 1. La situation est de même pour ses sous ensembles (sous bassins) qui le constituent, ils démontrent des formes plus allongées avec des chiffres supérieurs à 1. Ceci traduit une compacité assez élevée, à l'exception du sous bassin de Oued Rhume – Seguen (10 04), où la valeur est de 1,65.

- Les valeurs des indices de circularité (Icr), d'élongation (E), et de forme (If) confirment les résultats des indices de compacité. Elles s'éloignent à leurs tours de la valeur 1. Le bassin est loin d'être circulaire.

2.3. Les indices de l'organisation du réseau hydrographique

Ces indices ont pour but de déterminer les caractéristiques morphométriques du réseau de drainage. A ce titre, on peut axer l'analyse morphométrique du réseau de drainage seulement sur deux indices jugés importants :

Tableau N°15 : Les indices de taille et de forme

Paramètres / Sous bassins	IC	Icr	Dcr	If	L	I
Rhumel Amont	1,30	0,58	0,76	0,45	61,44	19,81
Rhumel-Seguen	<u>1,65</u>	<u>0,36</u>	<u>0,64</u>	<u>0,33</u>	<u>86,99</u>	<u>13,36</u>
Boumerzoug	1,41	0,49	0,79	0,48	87,63	21,32
Rhumel-Smendou	1,45	0,47	0,76	0,45	69,50	15,56
Bassin Beni Haroun	1,55	0,41	0,91	0,65	171,30	31,10

1. La densité de drainage (permanente, temporaire, et totale) :

$$Dd = \frac{\sum Lx}{S}, Ddt = \frac{\sum Lxt}{St}, Ddp = \frac{\sum Lxp}{Sp}$$

2. Le temps de concentration d'après Giondotti (tc) : $tc \text{ (heures)} = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot Lwp}{0,8\sqrt{h} - h \text{ min}}$

Tableau N°16 : Les indices de l'organisation du réseau hydrographique

Paramètres / Sous bassins	Ddp Km /km ²	Ddt Km /km ²	Dd Km /km ²	tc Heures
Rhumel Amont	0,27	0,35	0,62	18,15
Rhumel-Seguen	0,27	0,44	0,71	14,13
Boumerzoug	0,29	0,39	0,67	15,55
Rhumel-Smendou	<u>0,60</u>	<u>0,24</u>	0,84	13,65
Total bassin	0,34	0,36	0,70	23,91

2.3.1. La densité de drainage

La densité de drainage est définie pour un bassin donné de superficie A, comme la longueur totale des cours d'eau de tous ordres sur la surface drainée. Elle est liée par deux facteurs principaux, la lithologie est l'abondance des précipitations.

Le tableau N°16 résume les résultats obtenus de la densité de drainage globale, permanente et temporaire.

Toutefois, il faut signaler que les valeurs de la densité de drainage du chevelu hydrographique reste approximatives, puisqu'elles ont obtenues par la reproduction des cartes au 1/200.000e sur un programme informatique MAP INFO. La reproduction est plus fidèle si l'échelle de la carte est grand (1/50.000e).

La densité de drainage temporaire est élevée dans tout les sous bassins. Elle varie de 0,35 à 0,44. La situation est inversée en aval du bassin. Le sous bassin Rhumel - Smendou (10-06), la densité de drainage permanente est de 0,60 Km/Km² alors que la temporaire atteint l'ordre de 0,24 Km/Km².

Ainsi, le bassin de Beni Haroun appartient bien à deux grands domaines hydro-climatiques différents. Un écoulement faible à moyen et temporaire, liée à une lithologie perméable et à pluviométrie faible, s'oppose des densités de drainage permanentes, élevées dans la partie Nord du bassin traduisant l'abondance pluviométrique, une perméabilité généralement faible.

2.3.2. Le temps de concentration

Le temps de concentration est un indicateur de temps que mettra la première goutte tombée au point hydrologique le plus éloigné du bassin versant pour arriver à l'exutoire.

Le temps de concentration peut être déterminé en utilisant plusieurs formules empiriques, dans le cas du bassin de Beni Haroun, le temps de concentration est calculé sur la base de la formule de Giandotti.

Les valeurs de temps de concentration dans les quatre sous bassins étudiés varient de 13 à 18 heures. Ils suivent une tendance décroissante du nord au sud du bassin. C'est à dire, plus on s'approche de l'exutoire, plus le temps de concentration diminue.

Sur l'ensemble du bassin, on a obtenu une valeur élevée, c'est à dire 23,91 heures, ceci explique une alimentation lente en écoulement superficiel dans le bassin.

3. LES DEBITS

Le long des Oueds Rhumel et Boumerzoug jusqu'à l'exutoire au barrage de Beni Haroun, on dénombre quatre (04) stations de mesures hydrométriques : Oued Athmania, Ain Smara, Sidi Mebrouk et Grarem, dont les caractéristiques sont les suivantes :

Tableau N°17 : Les caractéristiques des stations hydrométriques dans le bassin

Code station	Nom de la station	Superficie contrôlée (km ²)	X (m)	Y (m)	Z (m)
10 03 01	O.Athmania	1130	822 ,00	322,10	/
10 04 03	Ain Smara	2200	841,94	335,8	602
/	Sidi Mebrouk	1841	852,15	345,90	560
10 06 01	Grarem Gouga	5320	821,55	363,35	/

Source : ANRH -Constantine-

Lors de l'examen des données hydrométriques de chacune des quatre stations hydrométriques précitées on aperçoit un grand manque de séries continues et beaucoup de lacunes. Seule la station de Grarem à l'aval du bassin montre une séries d'observation plus ou moins longue et homogène. A cet effet, il était préférable de la prendre en considération puisqu'elle contrôle la totalité du bassin d'étude.

Les données lacunaires de cette station ont été comblées en se référant à la station d'El Ancer se situant plus en aval, puisqu'elle représente ou les mêmes caractéristiques climatiques.

La méthode choisie est celle du double cumul et dont l'équation est la suivante :

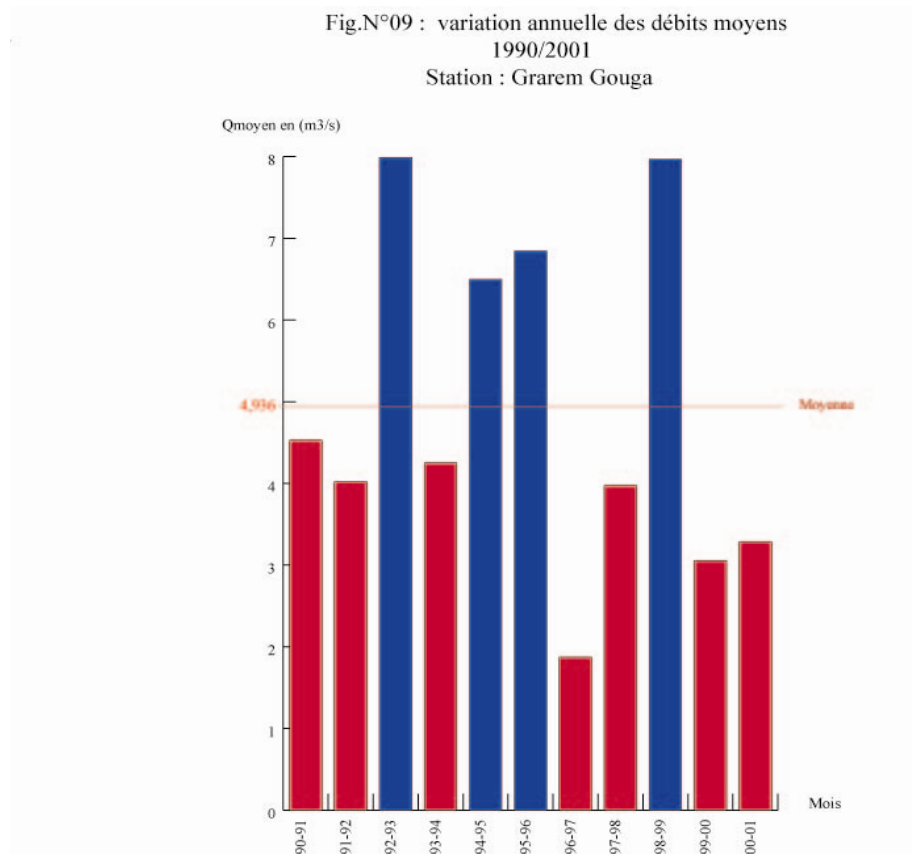
$$Y=a X + b$$

3.1. Variabilité annuelle et inter-annuelle des débits

L'écoulement moyen annuel où l'abondance annuelle est une notion fondamentale en hydrologie. C'est le volume d'eau écoulé en 365 jours à l'issu d'un bassin.

Le débit moyen annuel à la station de Grarem est estimé à 4,95 m³/s pour la période de 1990/2001.

La figure N°09 montre de fortes fluctuations des débits d'une année à une autre. Les années humides sont de l'ordre de 4 années sur 11 ans.



Le débit le plus abondant à cette station est de $7,985 \text{ m}^3/\text{s}$. tandis que, le débit minimal est de $1,873 \text{ m}^3/\text{s}$ observé en année 1996/1997, c'est une année qui a été marquée par un déficit pluviométrique important.

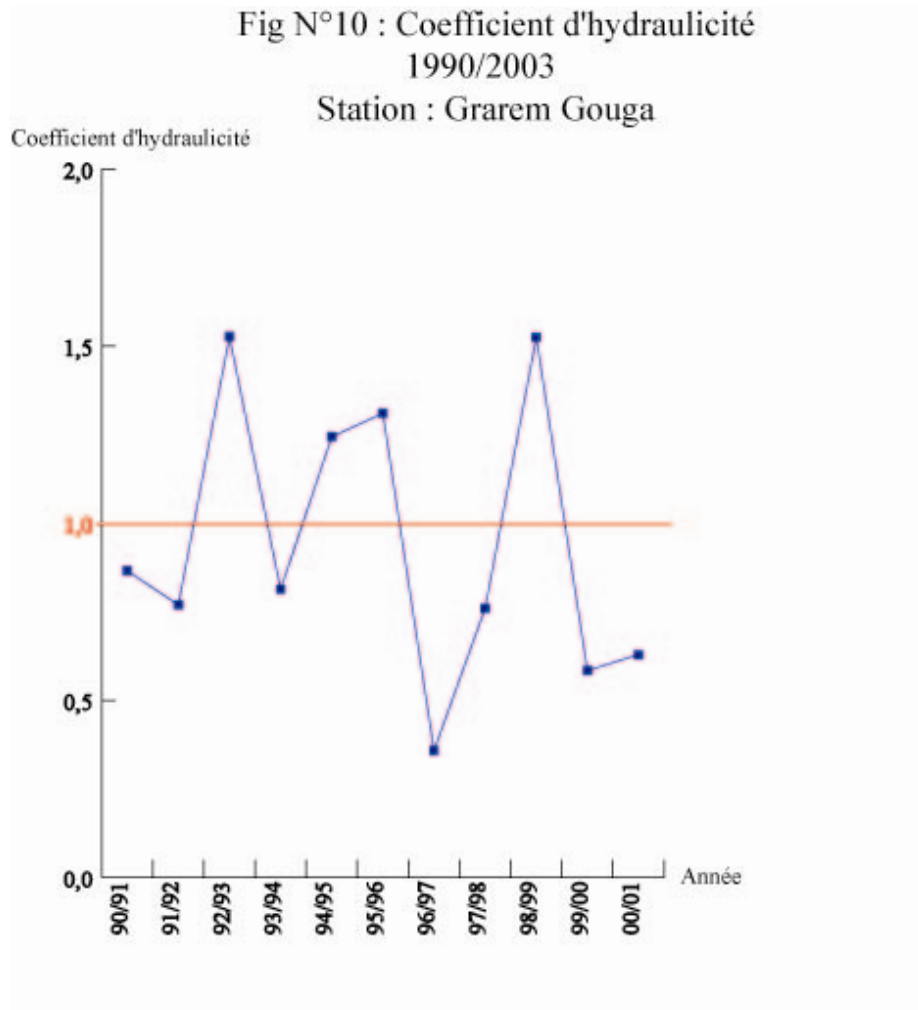
Les valeurs de l'hydraulicité (Fig. N°10), permettant de saisir l'irrégularité inter-annuelle des débits dans le bassin varient de 0,337 à 4,045. Ces valeurs malgré leurs fortes amplitudes sont majoritairement inférieures à l'unité. Sept (07) années hydrologiques sur onze (11) sont déficitaires.

3.2. Variabilité saisonnière et mensuelle des débits

L'analyse des débits mensuels permet de mieux comprendre le régime des cours d'eaux et leur variabilité inter-saisonnière.

La figure N°11 pour une période de 11 ans, traduit fidèlement la variation mensuelle. Le débit maximum enregistré est de $13,49 \text{ m}^3/\text{s}$, au mois de février, le minimum au mois d'août avec une valeur de $0,63 \text{ m}^3/\text{s}$.

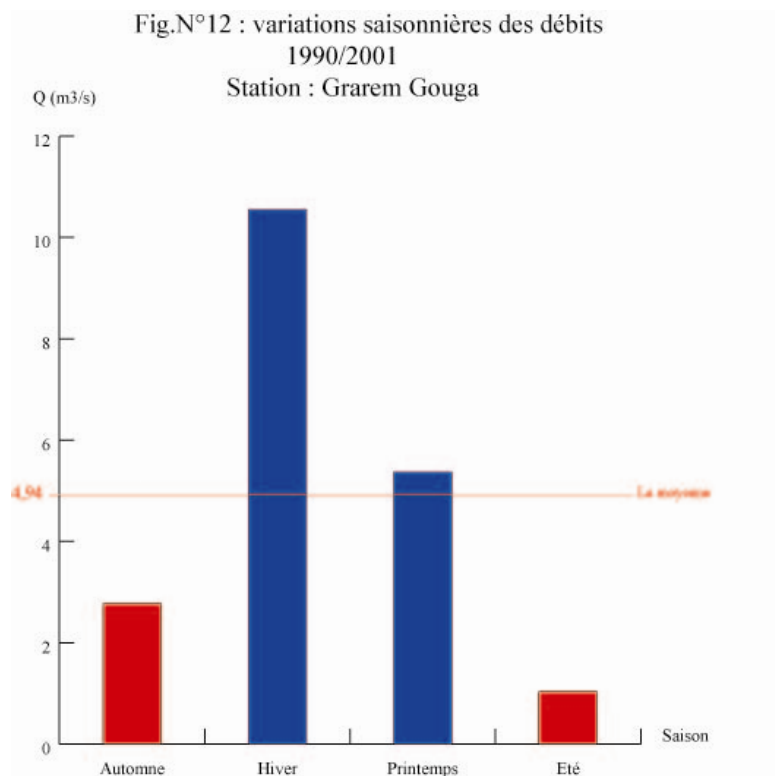
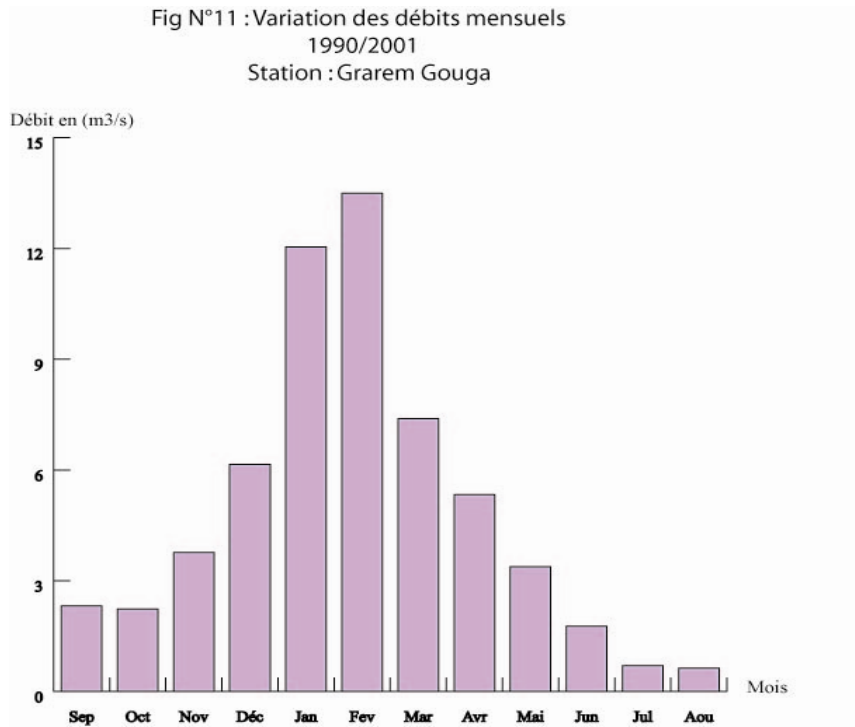
La période des hautes eaux s'étend de décembre jusqu'à avril, et se démarque par 5 mois au-dessus de la moyenne annuel des débits.

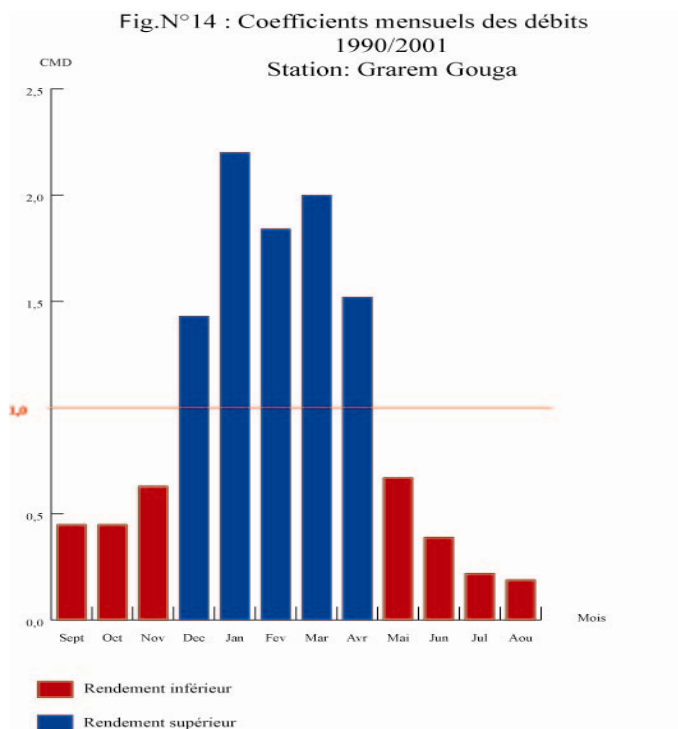
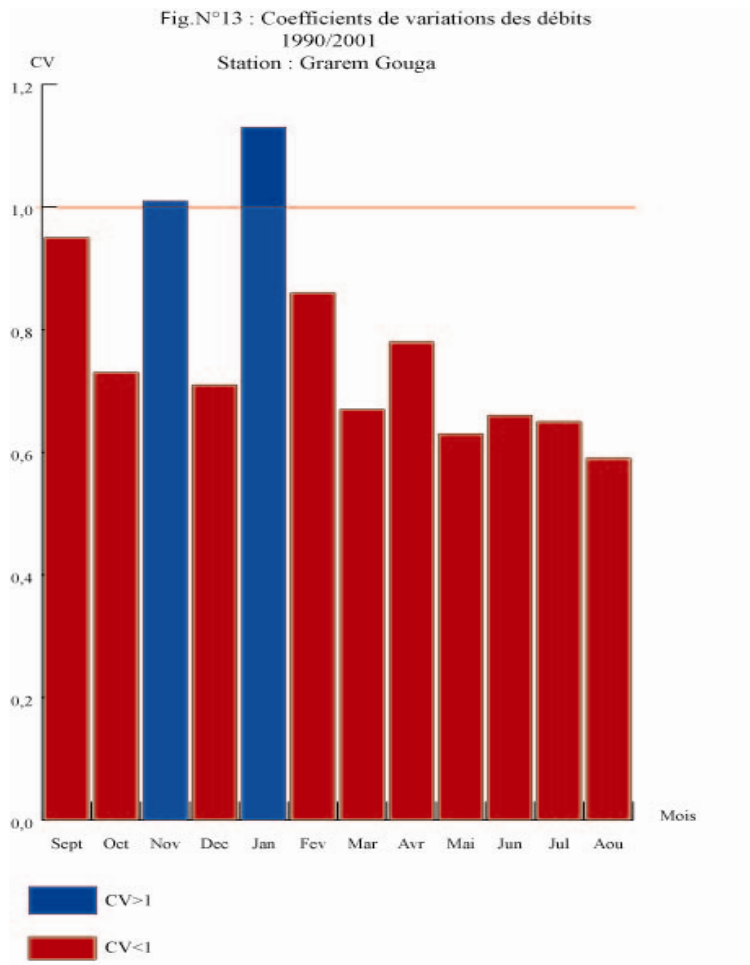


L'hiver (Fig. N°12) est la saison la plus humide, avec un débit saisonnier de $10,56 \text{ m}^3/\text{s}$. En revanche, la saison d'été est la saison la plus sèche avec un débit moyen saisonnier enregistré de $1,03 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les coefficients de variation, oscillent entre 0,51 et 1,50. La figure N°13 montre des fluctuations mensuelles nettes, où deux (02) mois humide seulement se succèdent, mars et avril avec un coefficient supérieur à 1.

Les coefficients mensuels des débits (CMD), (Fig. N°14) montrent à leurs tours des variations mensuelles des débits. Ils varient de 0,13 enregistré au mois d'août et 2,73 enregistré au mois de juin. Cinq (05) mois, de décembre à Avril possèdent un rendement positif.





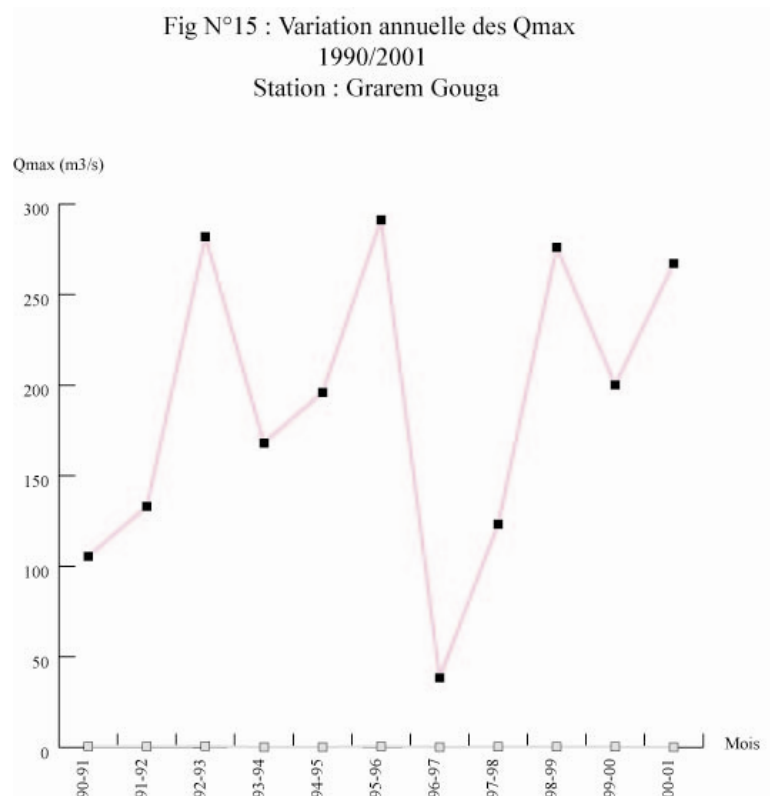
4. LES DEBITS EXTREMES

4.1. Les débits maximums :

Représentées par les débits maximums journaliers (Fig. N°15), les valeurs se caractérisent à leur tour par une distribution annuelle et mensuelle variables.

En effet, les crues se produisent dans les mois les plus froids, et elles sont plus fréquentes à la fin de la période des hautes eaux. Elles se produisent surtout de décembre à Avril.

Durant la période étudiée, les débits maximaux n'ont pas franchit le seuil de $300\text{m}^3/\text{s}$. Le débit maximal mensuel a atteint $1085\text{ m}^3/\text{s}$, au mois de décembre, alors que le débit maximum annuel observé est de $291,200\text{ m}^3/\text{s}$ en année hydrologique 1995/1996, cette dernière fut l'année la plus pluvieuse avec des précipitations annuelle enregistrées de $656,70\text{ mm}$.



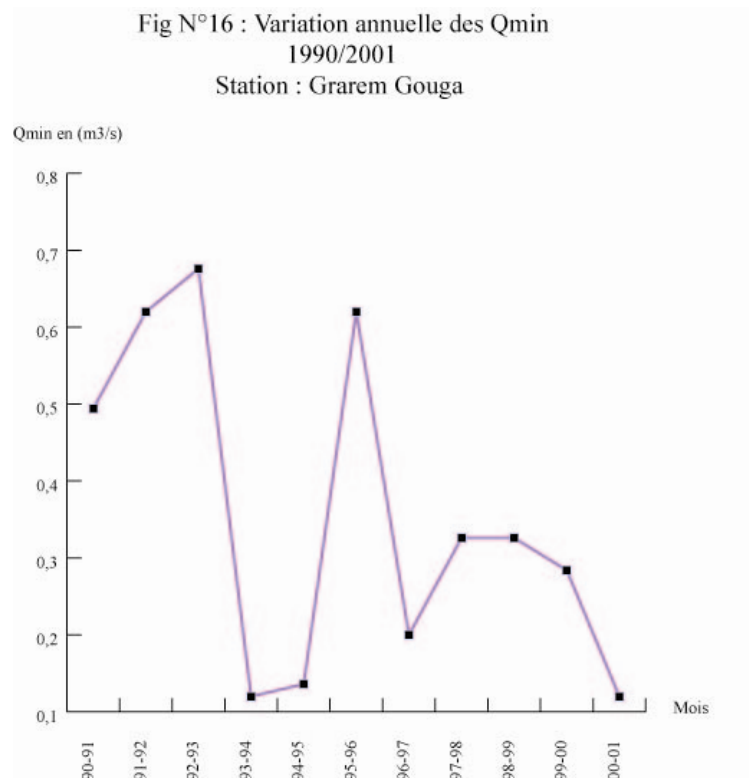
4.2. Les étiages

On appelle étiages, les débits les plus bas observés dans le cycle journalier, ils peuvent se produire à différente époque de l'année. En fin de saison sèche et chaude, ou en hiver lorsque le régime est glaciaire.

Les étiages ont pour cause un déficit d'alimentation pluvial lorsqu'ils se produisent, les cours d'eau ne vivent plus que grâce aux réserves souterraines, ils sont très liés aux caractéristiques du bassin versant et le réseau hydrographique, géologie, et difficile à décrire de manière régionale. Les étiages sont des phénomènes fort irréguliers, d'autre part leur mesure est souvent entachée de fortes incertitudes (difficile de mesurer des débits très faibles).

La figure N°16 des étiages à la station de Grarem, fait constater que les valeurs de débits minimum dans le bassin n'excèdent pas les $1 \text{ m}^3/\text{s}$, variant de $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ et $0,136 \text{ m}^3/\text{s}$, ils se caractérisent à leurs tours par une grande variabilité annuelle.

Le long de la période étudiée, le débit minimum observé est $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ au mois d'Août. C'est d'ailleurs le même débit minimum annuel observé en deux années hydrologiques 93/94 et 00/01.



CONCLUSION

A travers ce chapitre, l'analyse des données nous a permis de saisir l'irrégularité et la variabilité des débits annuelles, saisonnières et surtout mensuelles de l'écoulement.

Cette variabilité liée à son tour aux variations des précipitations décrites au chapitre précédent. Pour cela, on peut dégager ce qui suit :

- l'analyse des variations annuelles a donné sept années déficitaires sur les onze étudiées.
- L'analyse des variations saisonnières et mensuelles des débits nous a permis de distinguer, spécialement à partir des coefficients de variations mensuelles, les nuances des régimes hydrologiques.
- L'étude des formes extrêmes de l'écoulement, axés tout d'abord sur les débits maximums, a mis successivement en lumière le caractère torrentiel des crues dû à la forte intensité des précipitations, et leurs conséquences sur l'érosion hydrique (pollutions sédimentaires), et donc sur la turbidité des oueds.
- Enfin, par opposition, les étiages sont marqués par leurs sévérités et font apparaître des tarissements marqués des oueds en été (mois d'Août).

Conclusion de la première partie

Le bassin de Beni Haroun draine un ensemble de secteurs lithologiquement hétérogène, donnant lieu à des possibilités d'infiltration bien nuancées sur le plan géographique.

Le Sud du bassin, zone des hautes plaines, qui se caractérise par une topographie simple, formée de formations sédimentaires, d'où émerge des massifs calcaires isolés perméable.

L'écoulement lent qui caractérise ces zones est expliqué, d'une part par la médiocrité des précipitations ; l'été offre des précipitations souvent déficitaires toujours inférieur à la moyenne annuelle et d'autres part par l'effet des températures très élevées en été (25°C en Juillet et Août) et (6°C en Janvier).

L'effet de l'évapotranspiration n'est pas à exclure, une valeur de 718,7 mm supérieure aux précipitations qui sont en moyenne de 534 mm pour la période 1990/2001.

Le Nord du bassin, versant Nord de l'atlas Tellien, fortement accidenté, à formations imperméables.

Les précipitations sont plus ou moins abondantes dû à la topographie (zones montagneuses), ce qui agit sur la pérennité de l'écoulement.

S'ajoutant aux facteurs précédemment cités (géologie et lithologie), les caractéristiques morphométriques qui se caractérisent par :

- Une densité de drainage qui dépend de deux facteurs principaux. La lithologie et l'abondance des précipitations. Elle est temporaire au Sud du bassin, relativement perméable et pauvres en précipitations, et permanente aux Nord dû aux reliefs montagneux, une lithologie imperméable et à une topographie à pentes fortes.
- Un long temps de concentration évalué à 23,91 heures sur l'ensemble du bassin.

DEUXIEME PARTIE

LA POLLUTION DES EAUX DANS LE BASSIN

INTRODUCTION

Pollution s'il est un mot couramment employé dès que l'on aborde les problèmes de l'eau c'est bien celui-la, mais encore faut-il s'entendre sur une définition.

Ethymologiquement, polluer signifie profaner, souiller, salir, dégrader et ces termes sans ambiguïtés pourraient sembler suffisamment explicites. L'idée de la responsabilité de l'homme n'y est toutefois que sous-jacente et mérite d'être mise davantage en exergue. De nombreuses définitions ont été proposées :

- La pollution est une dégradation d'un milieu naturel par des substances chimiques, des déchets industriels (définition de Larousse).
- Selon l'UNESCO, la pollution marine est tout rejet à la mer direct ou indirect, de substances ou d'énergie d'origine humaine qui a un effet nuisible sur les organismes vivants, dangereuse pour la santé humaine, empêche l'utilisation de la mer, altère la qualité de l'eau de la mer ou qui réduit les possibilités d'utilisation aux fins de loisirs.
- De même, l'organisme Mondiale de la santé (OMS) définit la pollution comme étant toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse de préjudiciable du point de vue, soit de la santé, de la santé, de la sécurité et du bien public, soit de ses usagés destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique.
- La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme le sous produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les modalités de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources en produits agricoles, en eau, et autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il détient, les possibilités récréatives du milieu ou encore en laidissant la nature. C'est une définition admise par l'agence Américaine pour la protection de l'environnement en 1965.

D'après toutes ces définitions, on peut dire que la pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et par ces activités. Elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre aquatique et compromet les utilisations de l'eau.

Les eaux superficielles ou souterraines sont souvent altérées par l'apport d'eaux résiduairees dont l'origine peut être domestique, industrielle ou agricole.

Cette pollution considérée comme altération compromet gravement de nombreuses réserves d'eaux, puisque, si la quantité de l'eau disponible demeure constante, sa qualité ne cesse de baisser.

L'objet de cette partie est de traiter et analyser certains types de pollutions, qui peuvent avoir une origine domestique, agricole ou industrielle, de comprendre qu'elles sont les phénomènes prépondérants qui affectent la qualité de l'eau (eau de surface, eaux souterraines).

Chapitre I:

LA POLLUTION URBAINE

L'eau, indispensable à la vie quotidienne, a de tout temps été associée aux actes traditionnels de la société, qu'elle soit rurale ou urbaine. Les activités humaines (comme l'organisation des fonctions de la maison, de la ville ou du village) ont été marquées par la permanence de l'eau depuis l'antiquité. Aujourd'hui, elle intervient dans le fonctionnement d'un grand nombre d'installations et d'appareils domestiques : salle de bain, toilettes, lave-linge, chauffage central etc.

Seulement, les rejets des eaux après leur utilisation, entraînent une pollution urbaine de l'eau. Cette dernière est liée, de nos jours, aux grandes concentrations urbaines et celles des commerces. Les flots déversés varient en fonction de la taille de l'agglomération et de ses activités.

1. ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Le bassin de Beni Haroun compte quelque trente deux (32) agglomérations de plus de 5000 habitants. Elles abritent un total de 1,06 millions d'habitants selon le recensement de la population et de l'habitat de 1998. Les plus fortes concentrations urbaines se limitent à Constantine (462.187 habitants), El Khroub (65.344 habitants), Mila (54.557 habitants), Ain M'lila (50.744habitants), Chelghoum Laid (41.417 habitants) et Ain Fakroun (40.701 habitants).

Généralement, ces centres urbains sont branchés au réseau d'alimentation en eau potable avec un taux de raccordement variant de 70 à 98%

Les besoins totaux moyens calculés pour la période étudiée (1999-2003) sont de l'ordre de 143005,6 m³/j soit 52,20 hm³/an. Le taux de croissance varie d'une année à une autre et la dotation théorique fixe est la suivante :

Pour une population > 25000 habitants	_____	90 l/j/hab.
Pour une 25.000> Population> 50.000 habitants	_____	110 l/j/hab.
Pour une 50.000 > Population >100.000 habitants	_____	130 l/j/hab.
Pour une population >100.000 habitants	_____	150 l/j/hab.

**Tableau N° 18 : Besoins, consommations et déficits
(Agglomération supérieur à 5000 hab)**

Année	Besoins Hm ³ /an	Consommations Hm ³ /an	Déficits Hm ³ /an
1999	49,37	34,51	14,86
2000	50,93	36,69	14,24
2001	52,47	35,32	17,14
2002	53,39	32,39	21,00
2003	54,82	32,39	22,43

Source : directions de l'hydraulique

La consommation totale moyenne de la période 1999-2003 estimé à 60% du volume réellement produit est de 93866,8 m³/j soit 34,26 hm³/an. Ceci donne une dotation moyenne de 75 l/j/habitant et à un déficit de 17,94 hm³/an.

2. L'EAU REJETEE

2.1. L'assainissement et le traitement des eaux rejetées

Les centres raccordés au réseau d'alimentation en eau potable le sont également au réseau d'assainissement. Les taux de raccordement variant de 80 à 95% notamment pour les petites agglomérations. Le linéaire total est évalué à près de 1400 km. Le volume rejeté à ce titre, estimé sur la base de 80 % des eaux consommées par ces centres, est de 75093,44 m³/j soit 27,41 hm³/an correspondant à un rejet de 60 l/j/habitant.

Le traitement des eaux rejetées dans le bassin se fait dans deux stations de traitement. La première, située à Chelghoum Laid, est destinée à traiter les eaux rejetées par cette agglomération. La seconde, située à Ibn Ziad, est destinée à épurer les eaux rejetées par la ville de Constantine. Ces dernières fonctionnent partiellement et le débit traité par les stations en question est évalué alors à 23918 m³/j soit un taux de dépollution de 32%.

2.2. La qualité des eaux

2.2.1. Le réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface

Le bassin versant de Beni Haroun comprend quatre (04) stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles (Tableau N°19). Elles sont gérées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). Ce réseau, mis en place a pour but de:

- Gérer et de suivre la qualité des eaux du Barrage destinées à l'approvisionnement en eau potable, et celles des stations existantes au niveau des principaux oueds également.

Réseau de surveillance de la qualité

- Constituer une base de données utile aux gestionnaires de l'eau en vue d'orienter la politique de l'eau.
- Définir les actions à travers des programmes de lutte contre la pollution.

La fréquence des prélèvements effectués est de une opération par mois. Chaque échantillon fait l'objet d'une analyse détaillée à partir d'une trentaine (30) de paramètres (Carte N°09).

Tableau N° 19 : Stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles

Code Station	Nom	Coordonnées Lambert	
		X(m)	Y(m)
10 03 15	Barrage Hammam Grouz	822,000	332,100
10 04 03	Ain Smara	842,050	335,800
10 06 24	El Menia	849,300	348,400
10 06 01	Amont Barrage Beni Haroun	821,550	363,330

2.2.2. Les altérations et leurs paramètres

L'étude des eaux de surface dans le bassin de Beni Haroun dans ce chapitre, nous mène à étudier l'altération. Elle regroupe à son tour plusieurs paramètres de même nature et de même effet. Ceci permet de décrire les types de dégradation de la qualité de l'eau d'origine urbaine pour une année hydrologique donnée. La période choisie s'étale sur dix (10) années, allant de 1994 à 2003.

Lors du traitement des données enregistrées et devant le grand nombre de paramètres mesurés aux quatre (04) stations existantes dans le Bassin d'étude, le choix des paramètres c'est porté sur quelques uns seulement soit les plus caractéristiques:

2.2.2.1. Les matières organiques et oxydables

L'altération regroupe les paramètres suivants :

-Oxygène Dissous (O.D) : Les matières organiques, essentielles à la vie aquatique en tant que nourriture, peuvent devenir un élément perturbateur lorsque leur quantité est trop élevée. En effet, elles vont subir une dégradation par des bactéries et consommer naturellement de

l'oxygène dissous dans l'eau des oueds, privant ainsi les organismes vivants dans les cours d'eaux de cet élément fondamental à la vie.

Parmi les substances qui entraînent une importante consommation d'oxygène, on note en particulier les sous-produits rejetés par l'industrie laitière, le sang rejetée par les abattoirs municipaux et les déchets continus dans les eaux usées domestiques. La valeur de l'oxygène est exprimée en pourcentage (%).

La demande chimique en oxygène (DCO) : La demande chimique en oxygène, est une mesure de la quasi-totalité des matières organiques contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient oxydables ou non. Elles constituent un paramètre important, et un test rapide utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels. La valeur de la demande chimique en oxygène est exprimée en (mg/l).

2.2.2.2. Les matières azotées

L'azote est considéré comme un élément nutritif qui joue un rôle essentiel dans l'équilibre biologique des eaux. Sa définition sera plus détaillée au 3ème chapitre de cette partie.

2.2.2.3. Les matières phosphorées

Les phosphates sont considérés à leur tour comme un des éléments nutritifs jouant un rôle essentiel dans les équilibres biologiques des eaux. Seulement, l'excès des phosphates et lorsque associés à l'azote des nitrates les poussent à devenir un facteur limite de l'eutrophisation. En effet, à l'état soluble et assimilable, le phosphore sera relativement moins disponible que les autres éléments indispensables.

2.2.2.4. La minéralisation

La minéralisation correspond à la quantité des sels contenus dans l'eau. Elle est évaluée à partir des paramètres de conductivité, des chlorures, de sodium,...

Seule la conductivité fera l'objet de notre étude puisqu'elle permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau.

2.2.2.5. Les particules en suspension

On définit la turbidité comme l'inverse de la limpidité ou de la transparence. En limnologie, son origine peut-être très variable : elle dépend de la nature des roches, entraînant

alors des matières minérales ou organiques du sol, les déversements des eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension, ...

Les particules les plus volumineuses, en suspension grossière, peuvent, en outre, absorber et réfléchir une partie de la lumière, les particules très fines colloïdale quant à elles, diffractent la lumière. Les résultats de la turbidité sont exprimés en (μtn), unités de turbidité néphélométriques.

2.2.3. Méthodologie de classification

En partant de la qualité des eaux, extrêmement variable dans le temps et elle même fonction de différents facteurs, il est nécessaire de prendre en compte les situations les plus défavorables. Dans cette étude, la qualité attribuée à un cours d'eau est le résultat d'une estimation dans des points précis. Elle sera généralisée à des tronçons du cours d'eau suivant le sens de l'écoulement. La qualité du cours d'eau est estimée par comparaison des résultats aux bornes de la grille de lecture. Cette estimation repose sur le principe de 90%, c'est à dire:

- pour moins de 10 mesures on prend la valeur la plus mauvaise de l'ensemble pour déterminer la classe.
- Si l'on dispose de plus de 10 mesures, on élimine 10% des valeurs jugées exceptionnelles, et on retient alors la plus mauvaise de celles restantes.

Le résultat du traitement des données est illustré sur une carte qui fait ressortir les classes de qualité. Ces dernières sont représentées par une couleur conventionnelle (OMS 1994).

Classe 1 : de couleur bleue : elle qualifie une eau de bonne qualité, utilisable sans exigence particulière (sauf le recours à la désinfection pour l'alimentation en eau potable).

Classe 2 : de couleur verte : elle qualifie une eau de qualité moyenne qui ne peut répondre aux exigences de l'alimentation en eau potable ou à celle de l'industrie qu'après avoir subi un traitement simple et une désinfection au préalable.

Classe 3 : de couleur jaune : elle désigne une eau polluée, son utilisation comme eau potable nécessite un traitement plus poussé et une désinfection. L'eau brute ici peut être utilisée pour l'irrigation et l'industrie.

Classe 4 : de couleur rouge : elle qualifie une eau très polluée, l'utilisation de cette eau doit être précédée d'un traitement très poussé.

Pour déterminer ces classes, on utilise une grille à double entrée ; (Tableau N°20), d'une part, les classes de la qualité et d'autre part les paramètres des mesures choisis. Les résultats obtenus des paramètres choisis sont comparés à ceux de la grille afin de faire sortir la classe estimée du paramètre ciblé.

Tableau N° 20 : Grille de la qualité des eaux superficielles

Classe paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution Excessive
O ₂ dissous	%	> 90	70-90	50-70	30-50	< 30
DCO	mg/l	< 20	20-30	30-40	40-80	>80
MO	mg/l	<3	3-5	5-8	8-10	>10
Mes	mg/l	<5	5-25	25-38	38-50	>50
Turbidité	µtn	< 2	2-35	35-70	70-105	> 105
NO ₃ ⁻	mg/l	< 2	2-10	10-25	25-50	>50
NO ₂ ⁻	mg/l	< 0,03	0,03-0,1	0,1-0,5	0,5-1	>1
PO ₄ ³⁻	mg/l	< 0,1	0,1-0,5	0,5-1	1-2	>2
Conductivité	µs/cm	<2500	2500-3000	3000-3500	3500-4000	<4000

Source : OMS 1994

2.2.4. Interprétation des analyses

2.2.4.1. Par station

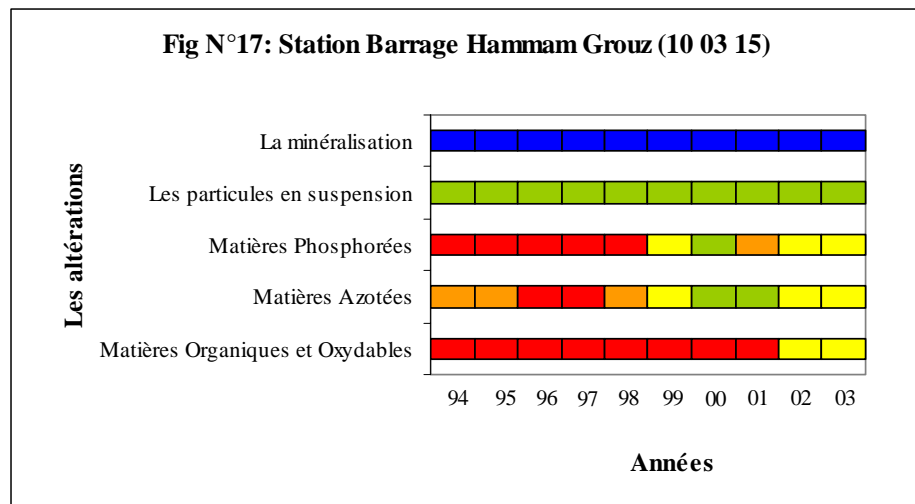
- A la station barrage du Hammam Grouz

La qualité des eaux à cette station, située en amont de notre bassin, vis-à-vis des matières organiques et oxydables est très dégradée (Fig. N°17). Les valeurs observées de 1994 à 2001 dépassent nettement les exigences chiffrées (soit 80% des valeurs). Deux (02) années sur dix (10) seulement ont vu leurs eaux s'améliorer, il s'agit des années 2002 et 2003 où la qualité reste passable.

Les matières azotées montrent une variabilité de la qualité dans le temps. Les eaux étaient excessivement polluées depuis 1994 et n'ont connu une amélioration dans la qualité que durant les deux années 2000 et 2001.

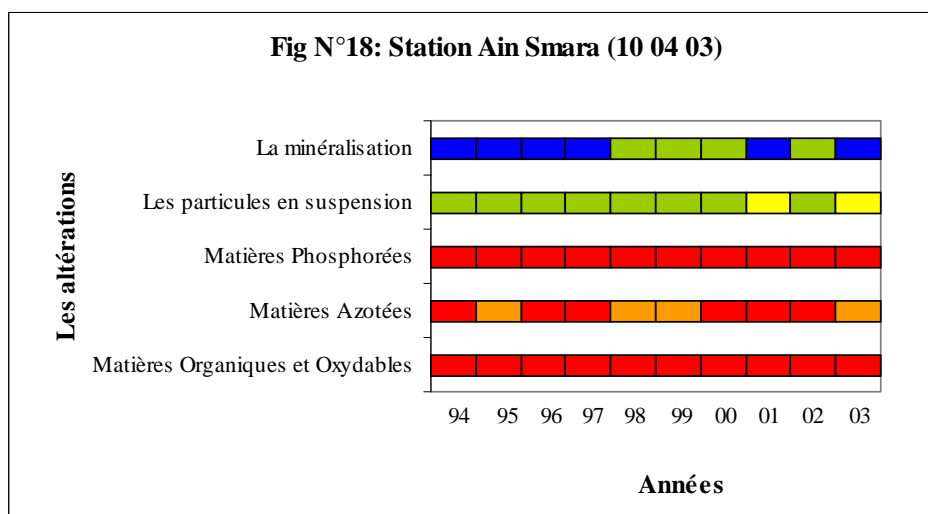
Les matières phosphorées polluent à leurs tours les eaux de manière excessive notamment de 1994 à 1998. L'amélioration de la qualité n'est perceptible qu'à partir de l'année 1999. Malgré cela la qualité reste globalement passable.

Enfin, pour ce qui est de l'altération par les particules en suspension et par la minéralisation, les eaux sont classées comme d'excellente ou de bonne qualité



- A la station de Ain Smara

Les eaux à cette station sont très polluées (Fig. N°18). Les seuils des principales altérations sont largement dépassés, c'est-à-dire ceux : des matières organiques et oxydables, des matières azotées et des matières phosphorées durant toute la période d'analyse. Seule, l'altération par les particules en suspension et la conductivité restent de bonne qualité.

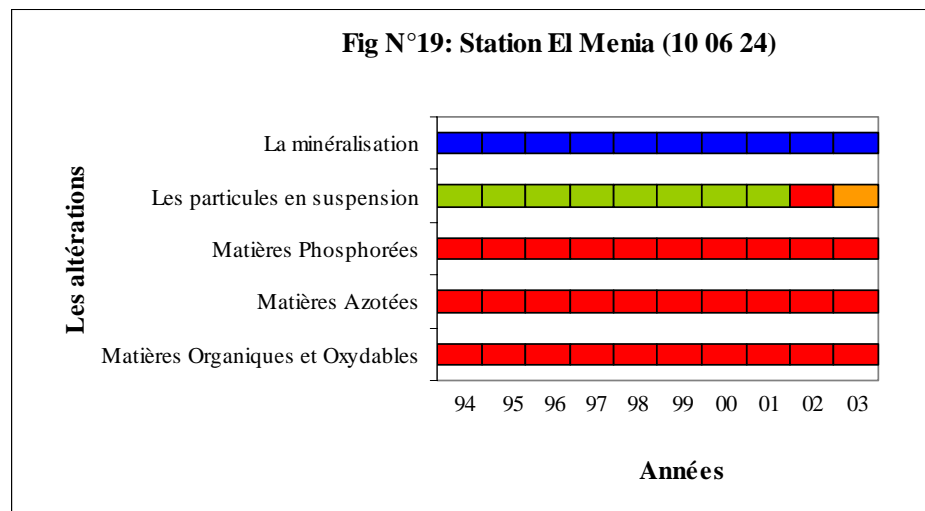


- A la station d'El Menia

La qualité des eaux ici reste semblable à celle décrite précédemment. Des valeurs élevées marquent la période étudiée essentiellement pour les matières organiques, azotées et phosphorées qui classent les eaux à cette station de mauvaise qualité (Fig. N°19).

La qualité des eaux par les particules en suspension (turbidité) est fluctuante. Elle est passée de bonne (de 1994 à 2001), à une qualité médiocre où les valeurs sont arrivées jusqu'à 169 mg/l en 2002 par exemple et à 63,5 mg/l en 2003.

Malgré la dégradation qui marque les eaux en cette station, elles gardent une bonne conductivité en général.

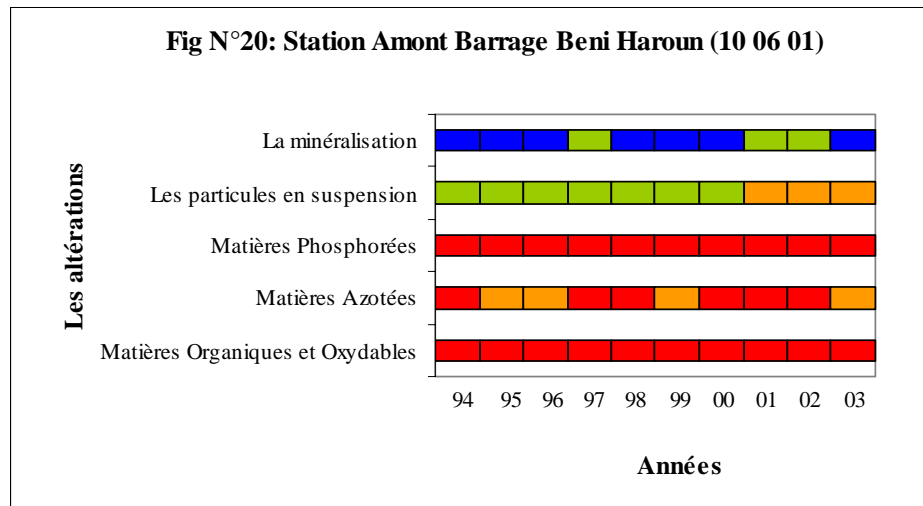


- A la station Amont barrage Beni Haroun

Elle est située en amont du barrage de Beni Haroun où les eaux sont très polluées. Les valeurs en matières organiques, azotées et phosphorées sont très élevées et témoignent de cette dégradation excessive. Les eaux ainsi, sont de très mauvaise qualité (Fig. N° 20).

Pour l'altération par les particules en suspension, les eaux gardent une qualité allant de bonne à passable. La qualité régresse surtout à partir de l'année 2001. Trois années sur dix enregistrent une qualité médiocre à cette station.

Pour la conductivité des eaux, elle reste similaire à celles des stations précédentes. En générale, une bonne qualité est observée durant toute la période étudiée.



2.2.4.2. Par altération et paramètre

- Les matières organiques et oxydables

Dans l'ensemble du bassin, les eaux superficielles sont polluées vis-à-vis à la demande chimique en oxygène. Les valeurs obtenues dépassent réellement les exigences chiffrées.

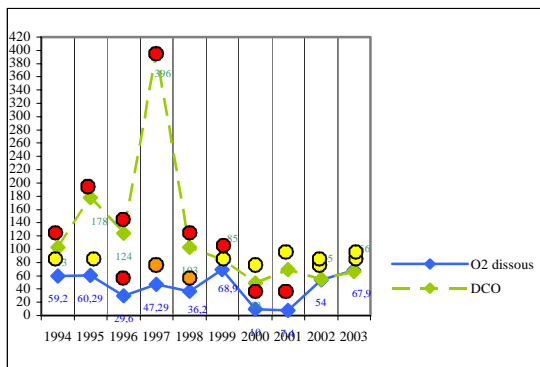
Les eaux n'ont connues une amélioration qu'à la station du Barrage de Hammam Grouz et ce entre 2000 et 2003, malgré cela la qualité reste passable. La valeur minimale enregistrée était de 48 mg/l à cette station en 2000. A partir de cette station les valeurs augmentent pour arrivées jusqu'à 607,9 mg/l à la station de Ain Smara. C'est d'ailleurs, la valeur maximale enregistrée le long de la période étudiée et à travers toutes les stations.

Puis les valeurs régressent pour chuter à 332 mg/l, valeur maximale enregistrée à la station de Constantine et 209 mg/l à la station Amont du Barrage de Beni Haroun. Les eaux étant partiellement épurées par les deux stations d'épuration existantes dans le bassin (Fig. N°21), (Cartes N° 10 et 11).

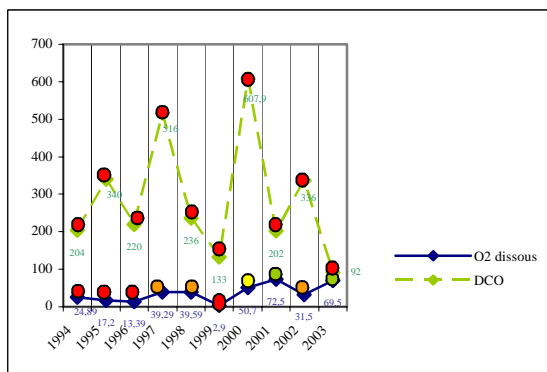
Concernant l'oxygène dissous, les eaux présentent une variabilité dans la qualité à travers les stations étudiées et ce durant toute la période étudiées 1994-2003. Seule les eaux à la station d'El Menia présentent un grand nombre de valeurs minimales (7/10 ans).

La valeur minimale enregistrée a atteint 2,9% observée en 1999 à la station d'Ain Smara.

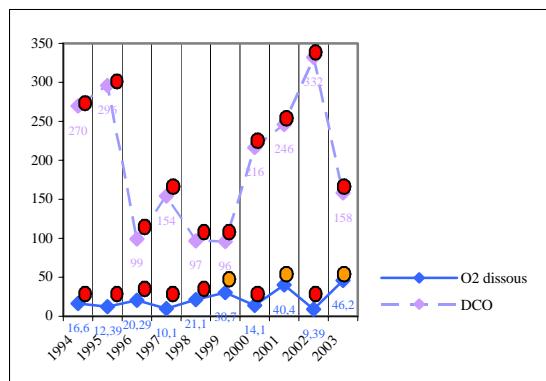
Fig. N°21 : Les matières organiques et oxydables à travers les stations (1994-2003)



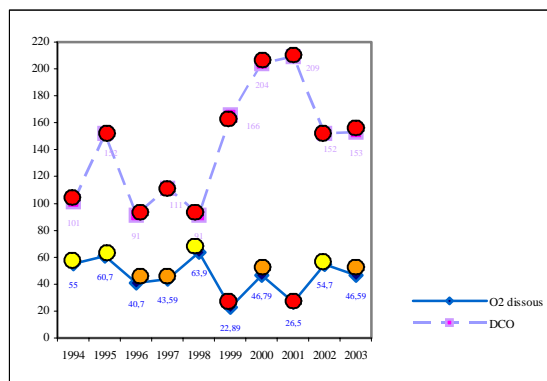
Station Barrage Hammam Grouz



Station Ain Smara



Station El Menia

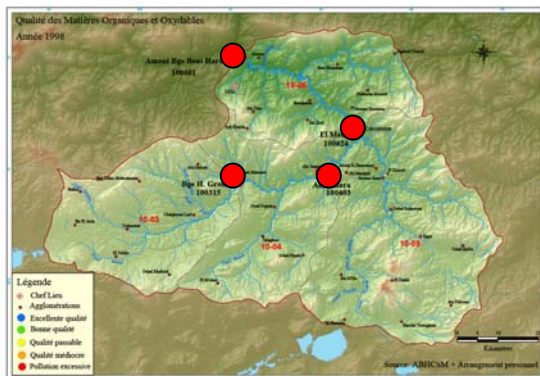
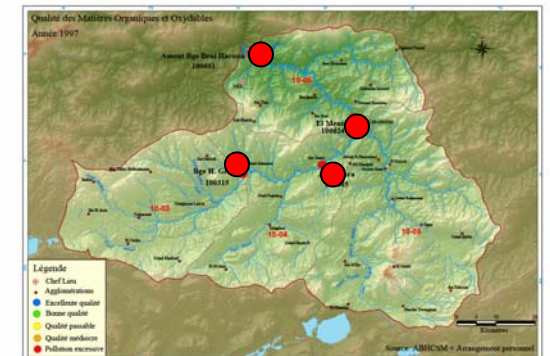
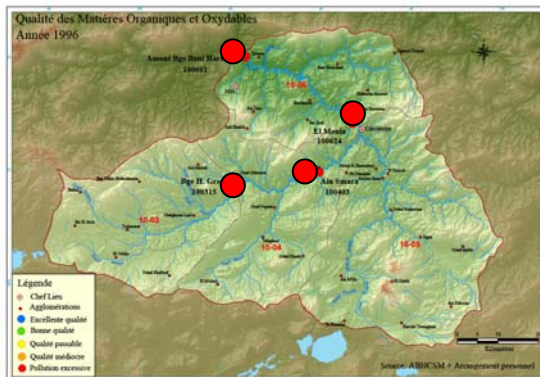
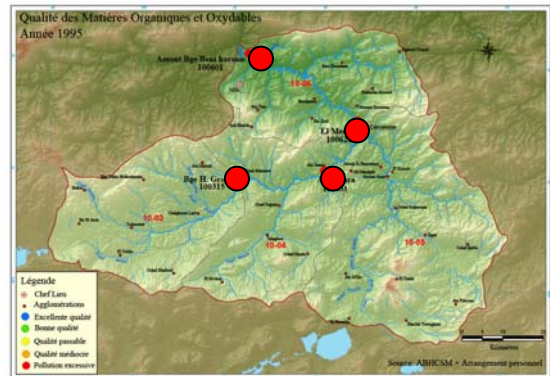
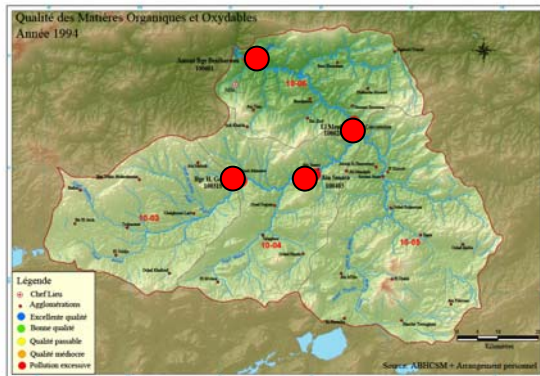


Station Amont du Barrage

de Beni Haroun

Carte N°10 : Qualité des matières organiques et oxydables

(1994-1998)

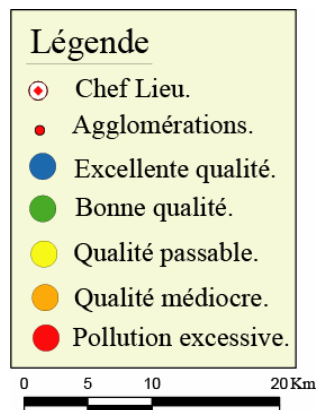
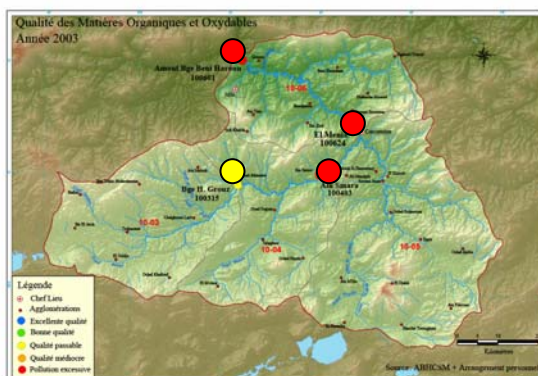
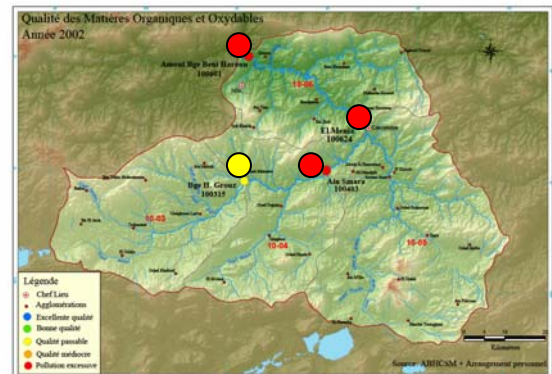
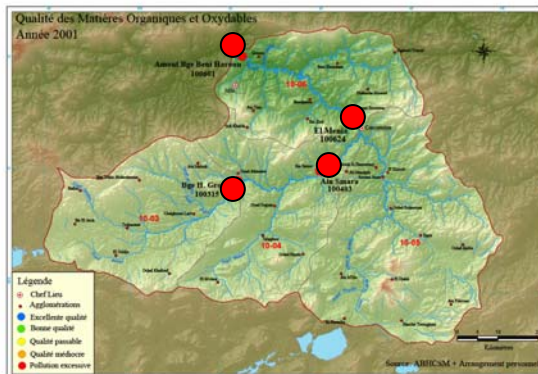
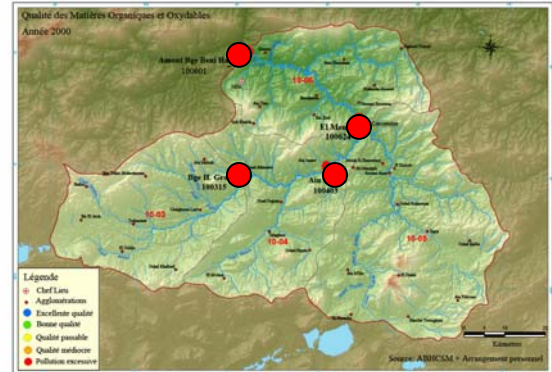
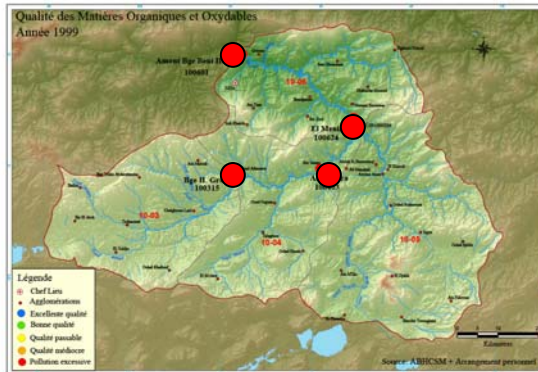


Légende

- Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.

0 5 10 20 Km

**Carte N°11 : Qualité des matières organiques et oxydables
(1999-2003)**



- Les matières azotées

Sur l'ensemble le nombre d'années polluées dont les valeurs dépassent les exigences chiffrées augmentent de l'Amont à la station Barrage Hammam Grouz (5/10) vers l'aval du bassin à la station Amont Barrage Beni Haroun où la totalité des années sont marquées par une pollution excessive (10/10 années) (Cartes N°12 et 13) (Fig. N°22).

Les valeurs maximales de l'ammonium sont arrivés à 13 mg/l en 1996 à la station du barrage de Hammam Grouz et ne cessent d'augmenter pour atteindre 90mg/l à la station d'Ain Smara en 2000 et enfin 92 mg/l à la station Amont du Barrage de Beni Haroun en 2002.

La seule diminution observée reste à la station d'El Menia. La valeur maximale enregistrée était de 54 mg/l en 1997. Elle est due au passage des eaux par deux stations d'épuration existantes dans le bassin. En générale, les valeurs restent élevées dans l'ensemble. Les valeurs minimales enregistrées sont tolérables jusqu'à la station du Barrage de Hammam Grouz, avec 0,08 mg/l en 2001.

Dans le reste des stations, les valeurs minimales enregistrées dépassent toujours les exigences chiffrées. Une valeur minimale de 5 mg/l a été enregistrée à la station d'Ain Smara en 2003, 9,6 mg/l, à la station d'El Menia en 1999 et 3.2 mg/l à la station Amont du Barrage de Beni Haroun en 1995.

Dans l'ensemble les Nitrites présentent des variations à travers les années étudiées et à travers les stations observées dans la qualité.

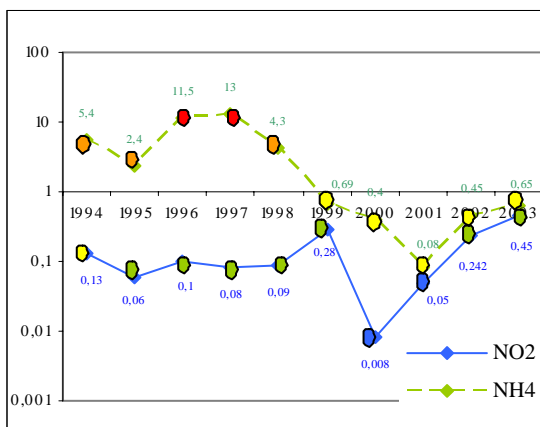
A la station du Barrage de Hammam Grouz, le nombre d'années polluantes a atteint 4/10. Le reste des années (6/10 ans) enregistre une qualité des eaux bonne à excellente même. La valeur minimale est enregistrée en 2000 (0,08 mg/l). Plus on descend vers l'aval, plus la valeur de ce paramètre s'élève et en la qualité de l'eau se dégrade davantage et le nombre d'années polluées augmente.

Quand aux valeurs maximales, à partir de la station de Ain Smara, elles augmentent et passent de 3,51 mg/l en 1999 à la station d'Ain Smara, à 5,65 mg/l à la station d'El Menia en 2001 et à 6,09 mg/l en 1999 à la station Amont du Barrage de Beni Haroun.

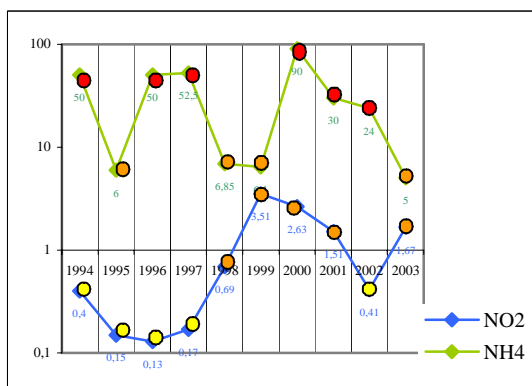
Les valeurs minimales n'ont pas connues une tolérance et restent élevées. Néanmoins, une baisse est observée à la station du Barrage de Hammam Grouz, atteignant de 0,2 mg/l.

Fig. N° 22: Les matières azotées à travers les station (1994-2003)

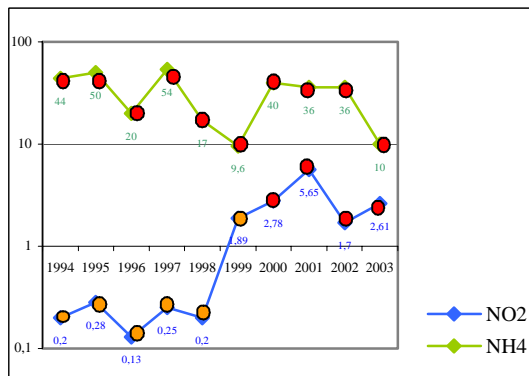
Station du Barrage de Hammam Grouz



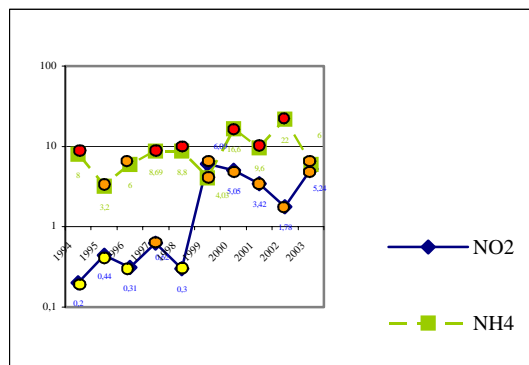
Station de Ain Smara



Station d'El Menia



Station Amont du Barrage de Beni Haroun



- Les matières phosphorées

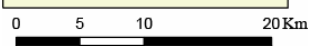
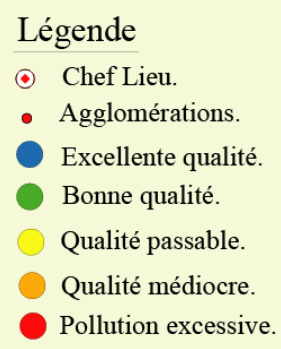
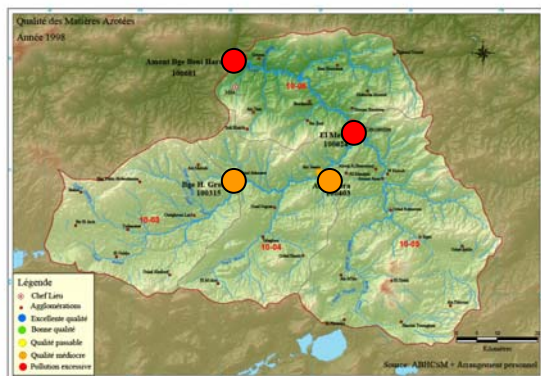
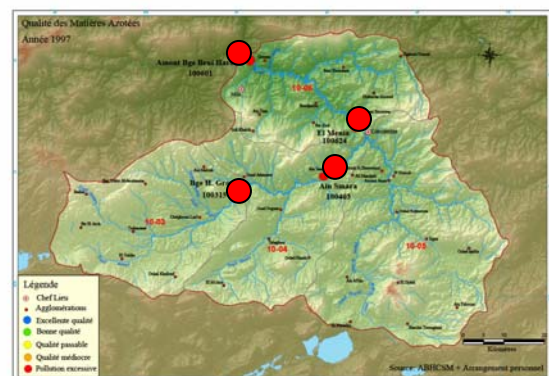
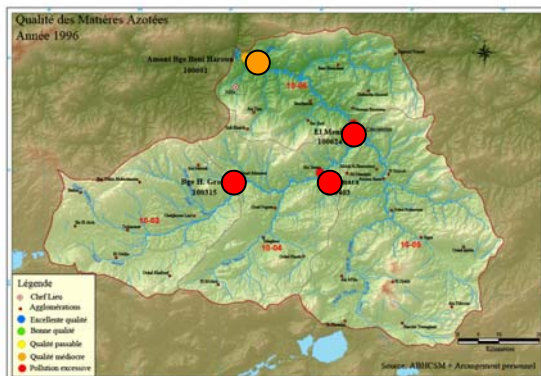
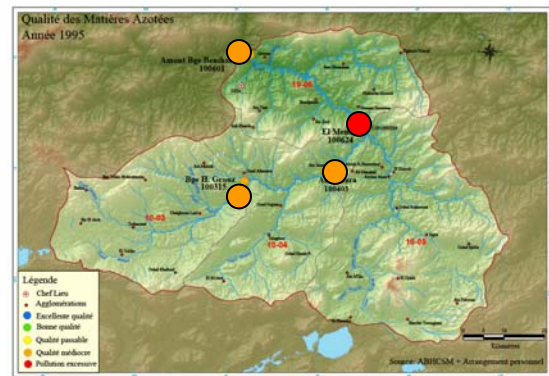
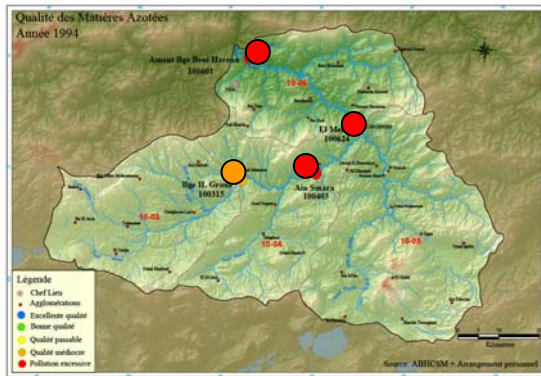
Le phosphore provenant essentiellement des eaux domestiques nuit à la qualité des eaux à travers les quatre stations étudiées. Durant une seule année, ce paramètre enregistre une amélioration notable, à la station Amont du Barrage de Hammam Grouz, avec une valeur minimale de 0,4 mg/l. Majoritairement, les valeurs dépassent les exigences chiffrées. On observe des valeurs maximales arrivant jusqu'à 19,2 mg/l à la station d'Ain Smara en 1998 et de 16,79 mg/l pour la station d'El Menia en 2002, et enfin 14 mg/l à la station Amont du Barrage de Beni Haroun en 2002.

Les valeurs minimales dans ces trois dernières stations restent élevées et dépassent même les exigences chiffrées. On peut noter : 2,9 mg/l à la station d'Ain Smara en 2003, 5 mg/l à la station d'El Menia en 2003 et 3,65 mg/l à la station du Barrage de Beni Haroun en 2003.

Notons que de la station El Menia à la station Beni Haroun, les valeurs des matières phosphorées ont plus ou moins baissé mais restent dans l'ensemble intolérables.

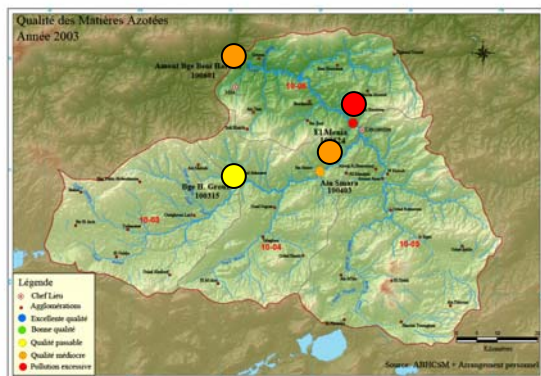
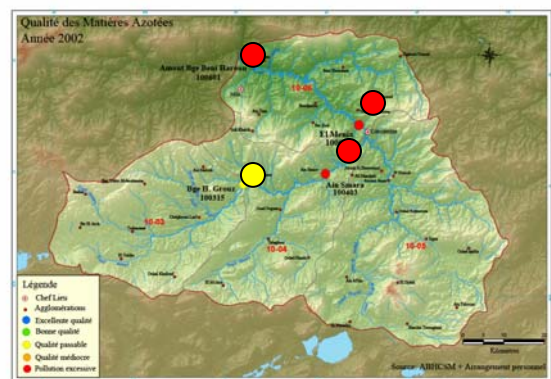
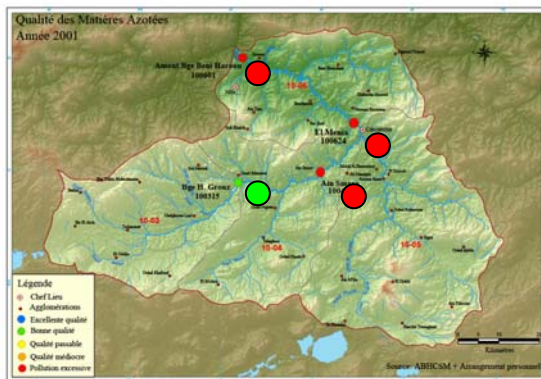
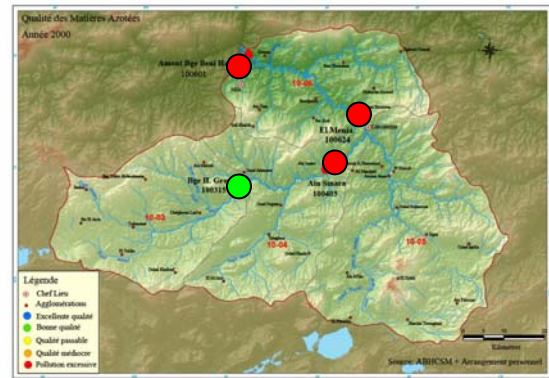
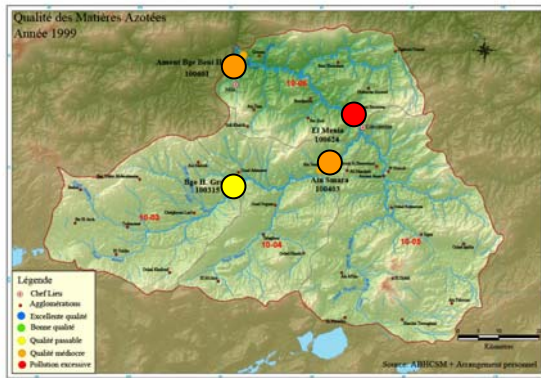
Carte N° 12 : Qualité des matières azotées

(1994-1998)



Carte N° 13 : Qualité des matières azotées

(1999-2003)



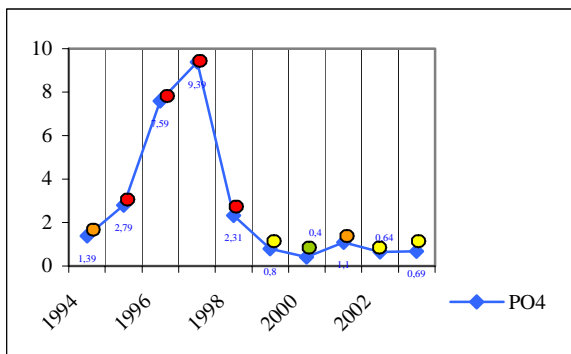
Légende

- Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.

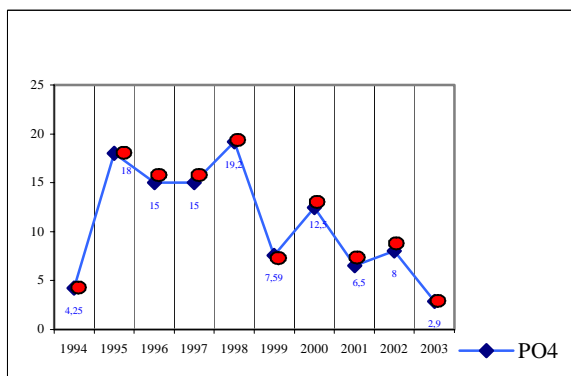
0 5 10 20 Km

Fig. N°23 : Les matières phosphorées à travers les station (1994-2003)

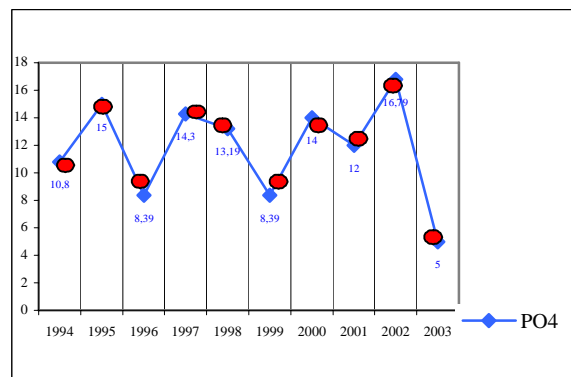
Station du Barrage de Hammam Grouz



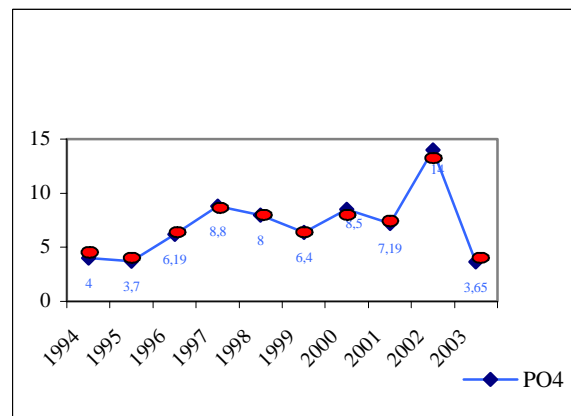
Station de Ain Smara



Station d'El Menia

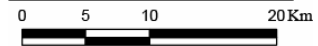
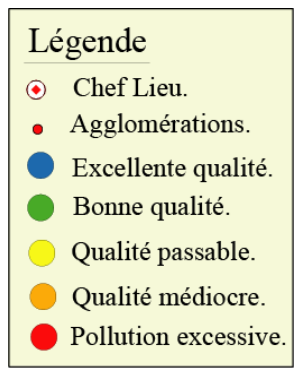
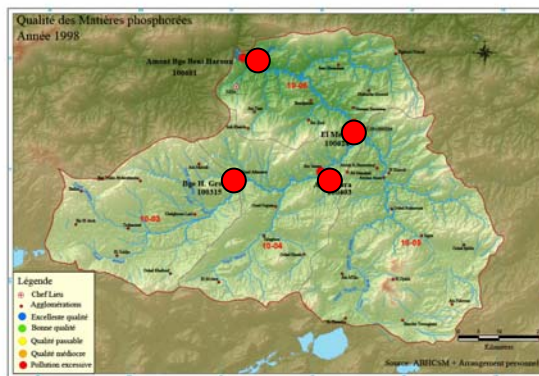
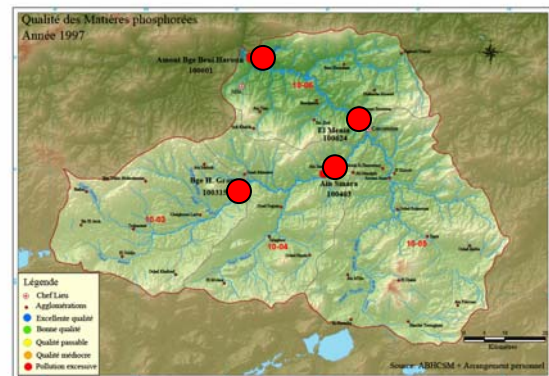
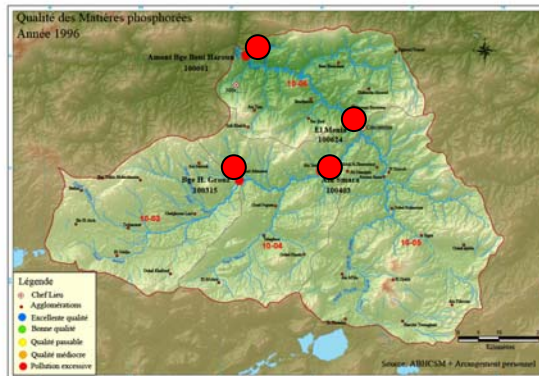
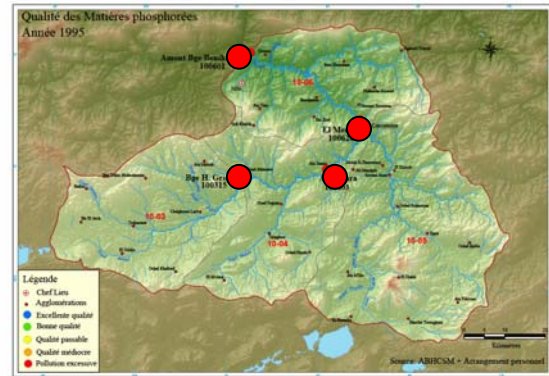
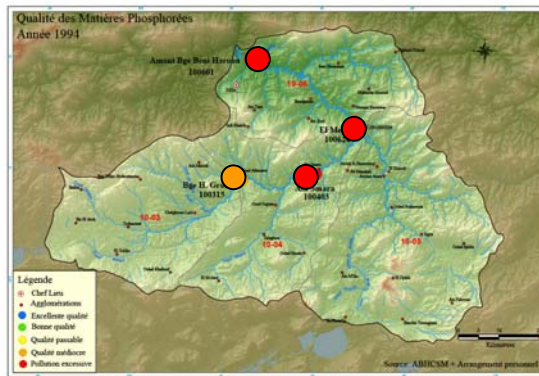


Station Amont du Barrage de Beni Haroun



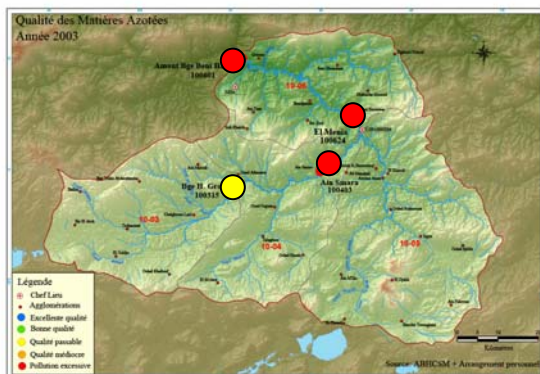
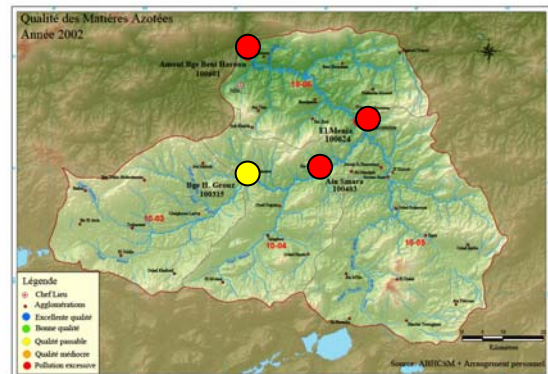
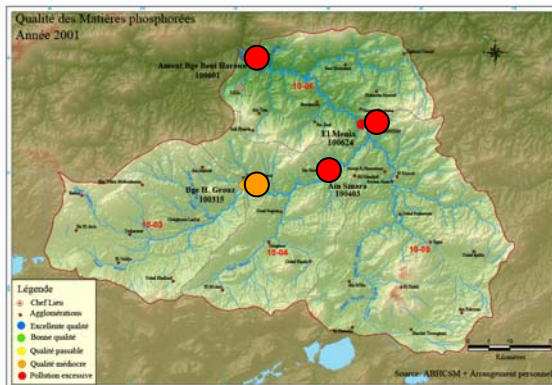
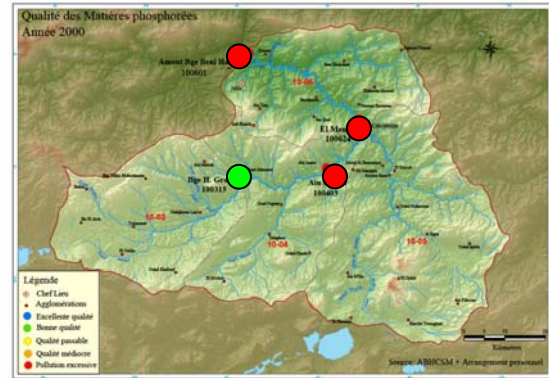
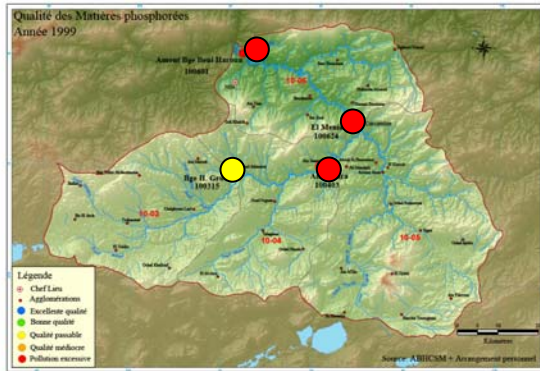
Carte N°14: Qualité des matières phosphorées

(1994-1998)



Carte N°15 : Qualité des matières phosphorées

(1994-1998)



Légende

- ⊙ Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.

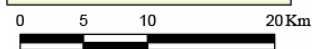
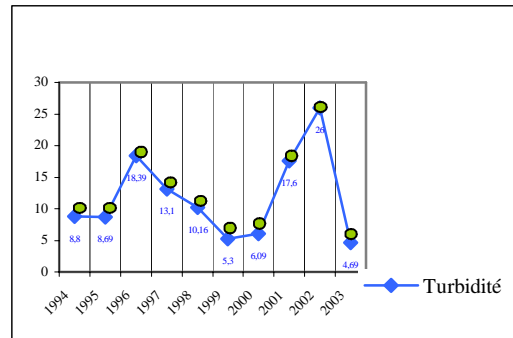
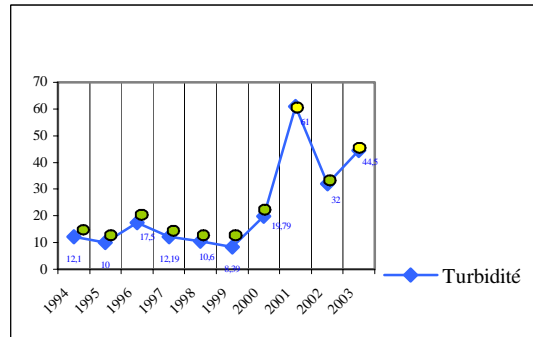


Fig. N°24 : les matières en suspension à travers les stations (1994-2003)

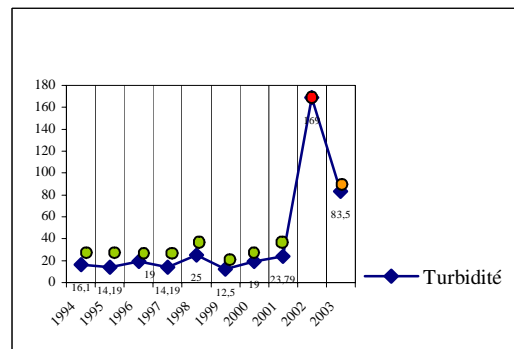
Station du barrage de Hammam Grouz



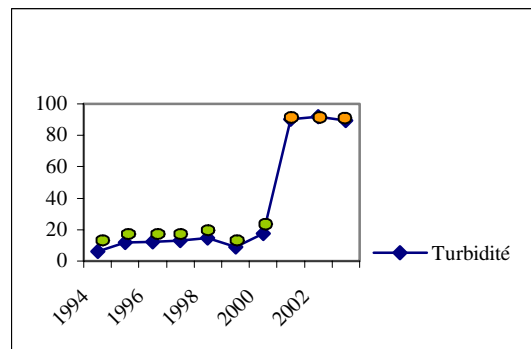
Station d'Ain smara



Station d'El Menia

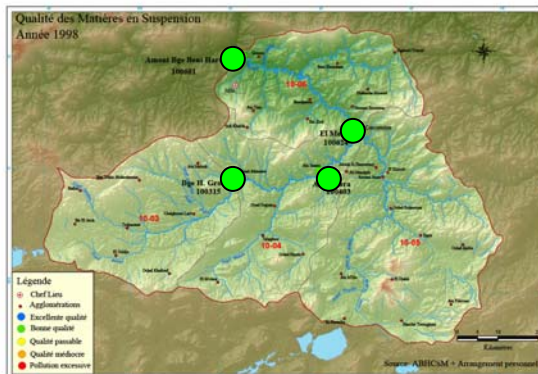
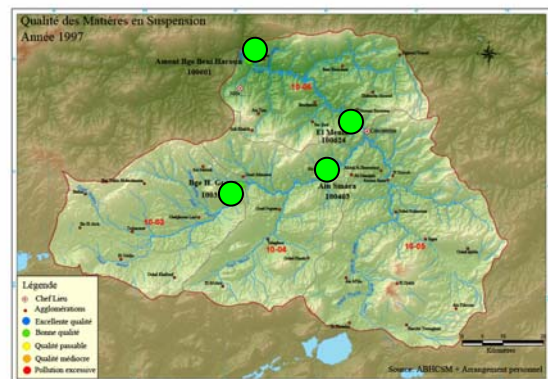
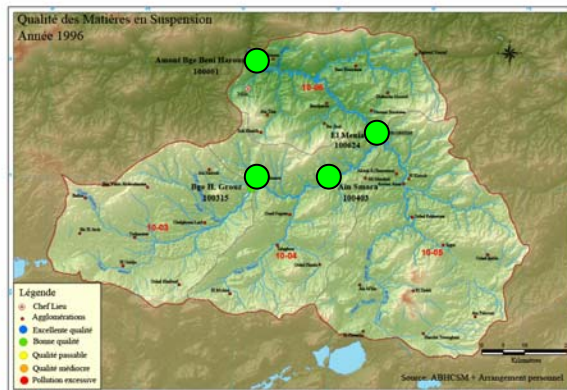
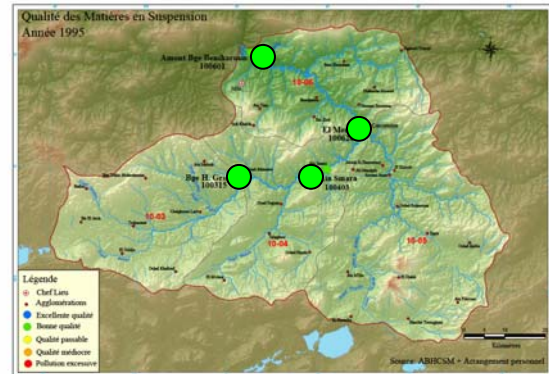
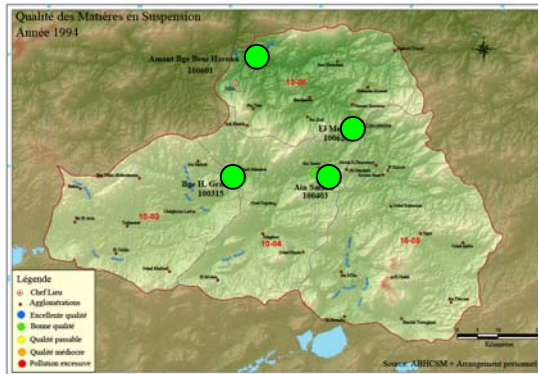


Station Amont du Barrage de Beni Haroun



Carte N°16: Qualité des matières en suspension

(1994-1998)



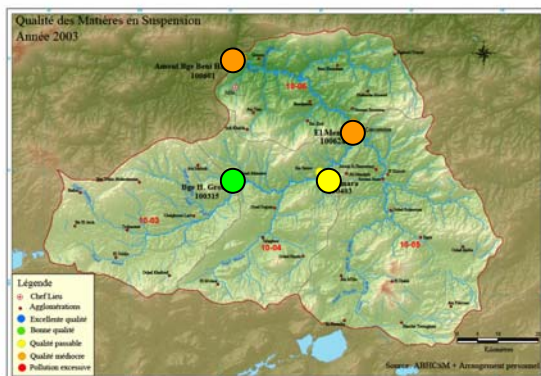
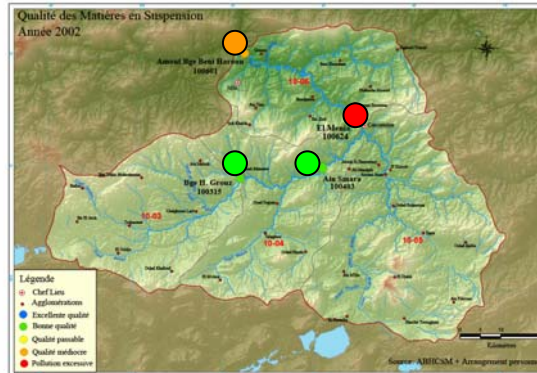
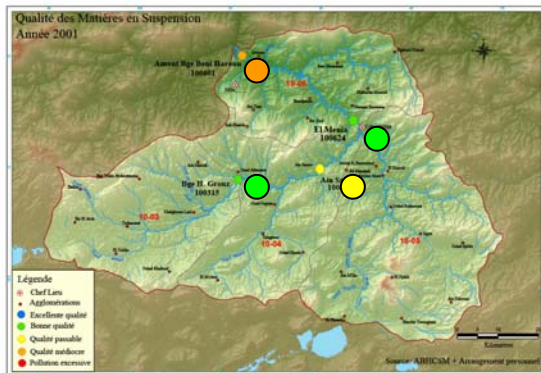
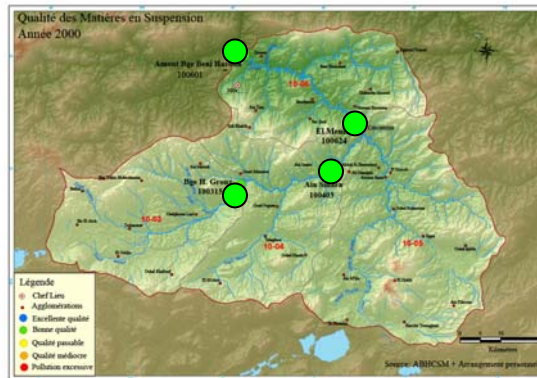
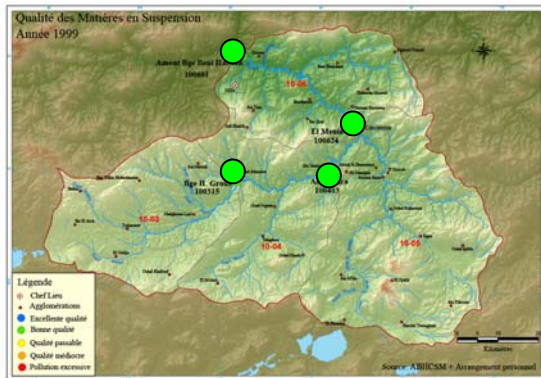
Légende

- ⊙ Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.

0 5 10 20 Km

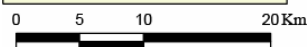
Carte N°17: Qualité des matières en suspension

(1999-2003)



Légende

- Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.



- Les particules en suspension

La turbidité étudiée est globalement de bonne qualité (Cartes N°16 et 17). Les dépassements chiffrés ont été observés seulement à la station de Ain Smara, d'El Menia et à la station Amont du Barrage de Beni Haroun et ceci à partir de l'année 2001.

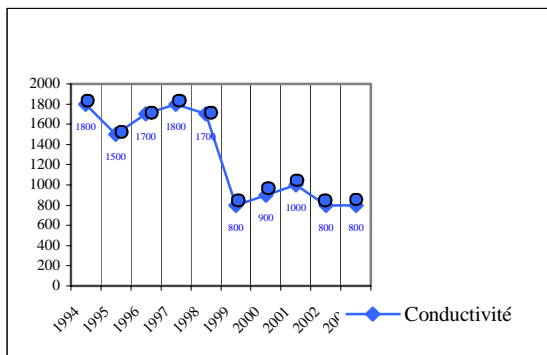
La valeur maximale est de 169 μtn observée à la station d'El Menia où les eaux sont très troubles. Les valeurs minimales de la turbidité apparaissent à la station du Barrage de Hammam Grouz. Les eaux sont de bonne qualité à travers toute la période étudiée à cette station (Fig. N°24)

-la minéralisation

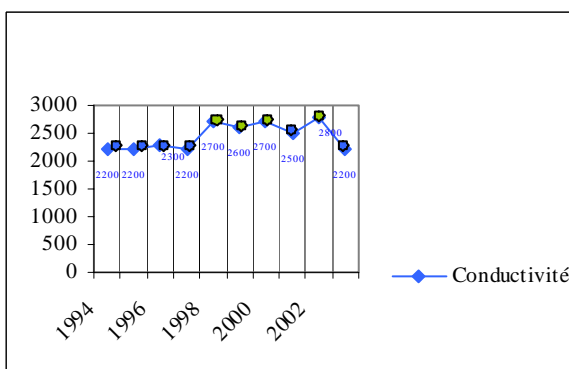
Malgré les valeurs dépassées dans les paramètres précités, les eaux gardent une bonne à excellente conductivité dans toutes les stations (Cartes N°18 et 19) (Fig. N°25).

Fig. N°25 : La minéralisation (1994-2003)

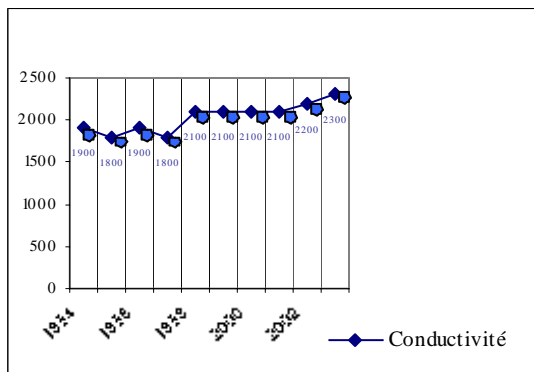
Station du barrage de Hammam Grouz



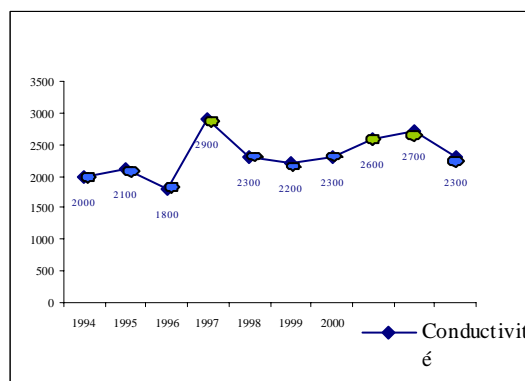
Station d'Ain Smara



Station d'El Menia

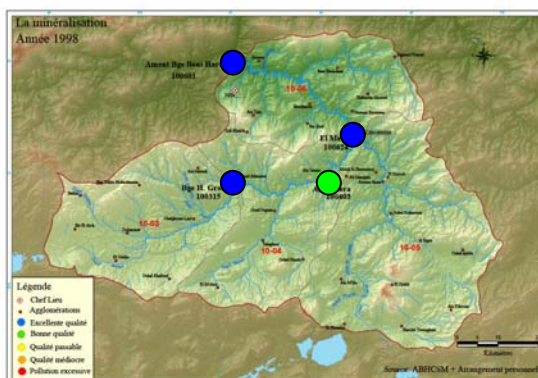
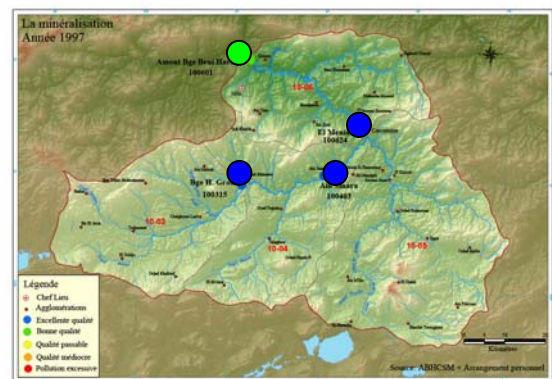
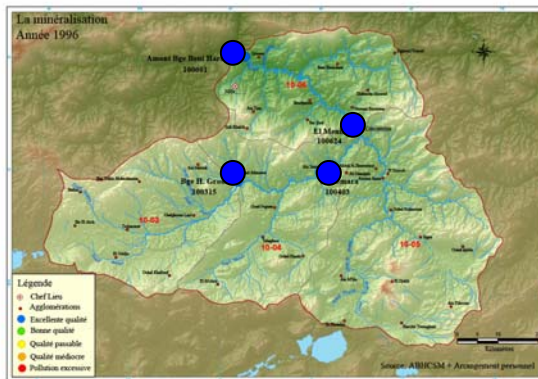
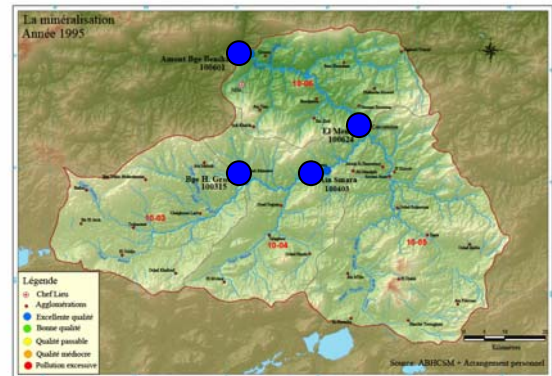
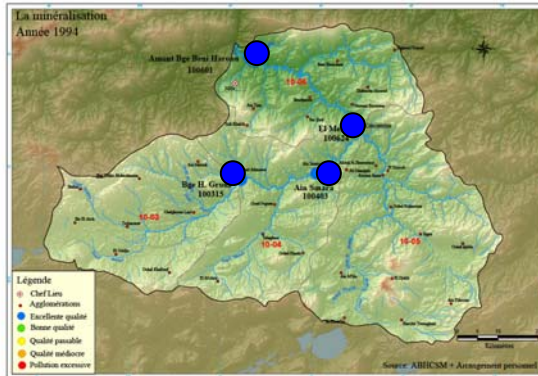


Station Amont du Barrage de Beni Haroun



Carte N°18 : La Minéralisation

(1994-1998)



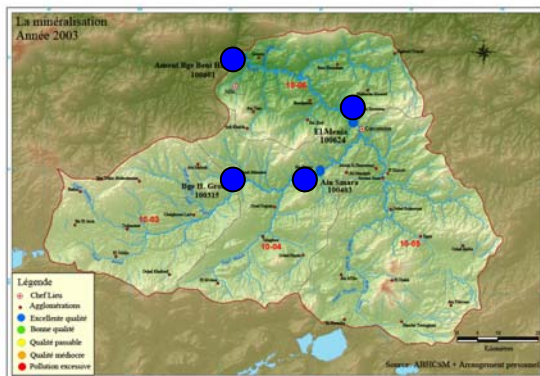
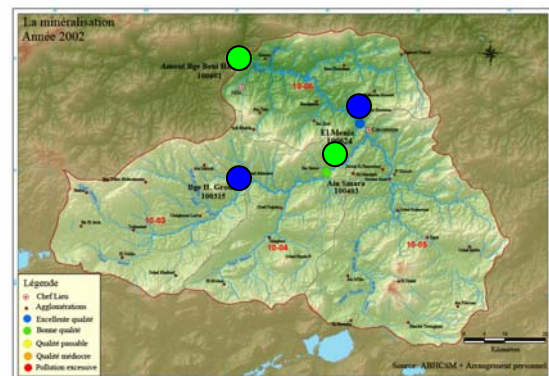
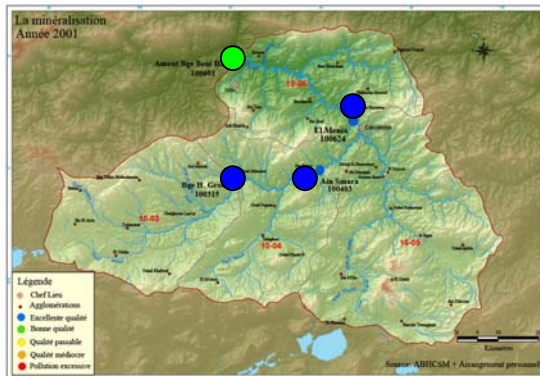
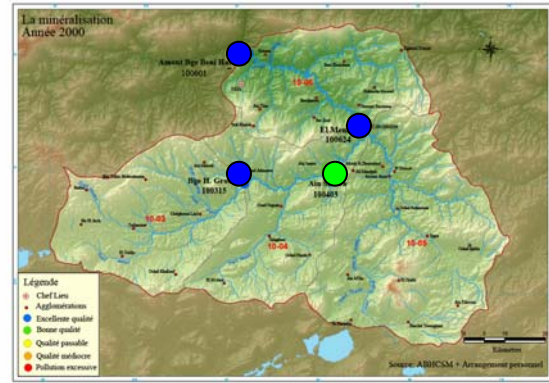
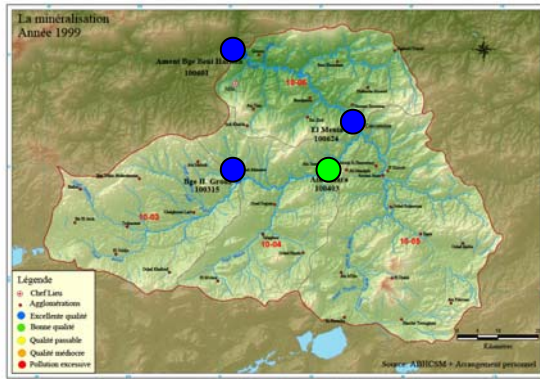
Légende

- Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.

0 5 10 20 Km

Carte N°19 : La Minéralisation

(1999-2003)



Légende

- Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.

0 5 10 20 Km

CONCLUSION

Les cours d'eaux dans le bassin de Beni Haroun se caractérisent par une mauvaise qualité des eaux.

Une contamination généralisée du bassin versant par les matières organiques, matières azotées et matières phosphorées est la conséquence d'une forte concentration urbaine.

Les valeurs élevées de ces paramètres connaissent une tendance à l'augmentation de l'amont vers l'aval au fur et à mesure que les concentrations urbaines s'élèvent.

Quelques valeurs seulement pour les matières organiques et azotées ont connu une régression à la station intermédiaire d'El Menia. Les eaux ayant subi un traitement qui reste faible et laissent à ce sujet des valeurs dépassant les normes exigées.

Enfin, une contamination modérée par les particules en suspension pour les stations étudiées.

Chapitre II: _____

LA POLLUTION INDUSTRIELLE

L'eau élément indispensable à l'homme et à la vie, est également indispensable à l'industrie ou elle remplit des rôles multiples.

Alors que tous les rejets urbains présentant des impuretés minérales et organiques dont la nature et la concentration sont assez semblable d'une ville à l'autre et font appel de ce fait des chaînes de traitement analogues, l'extrême diversité des rejets industrielles nécessite une investigation propre à chaque type d'industrie et le recours à de processus spécifiques afin de limiter leur impact sur le milieu naturel.

1. LE TISSU INDUSTRIEL

Le bassin d'étude comprend plus de trente cinq (35) unités industrielles. Seule vingt sept (27) ont fait objet d'investigation, et jugées grandes consommatrices d'eau (>10 m³/j).
Carte N°20

Sur la base des données résultant d'une enquête établie par l'Agence de Bassin Hydrographique (Constantinois-seybouse-Mellegue) en l'année 2000, et à laquelle nous avons personnellement participé. Le bilan est le suivant:

- Les plus importants besoins et consommations industriels dans le bassin.
- Les plus importants flux d'eaux résiduaires industrielles émis par les établissements.
- La qualité des flux émis par les établissements (Connaissance des divers polluants).

De ce fait, l'interprétation des résultats, nous a conduit à les regrouper en secteurs industriels, chaque établissement fait l'objet d'un repérage lié à son secteur d'activité.
Tableau N°21.

Carte des industries

Tableau N°21 : Les secteurs industriels

Secteur	Définition du secteur	Etablissements concernés
Agro-alimentaire	Toutes les activités agroalimentaires telles que : conserveries, produits de boissons, Sucrieries, distilleries, levureries, laiteries et activités dérivées, abattoirs, biscuiteries, huileries, confiseries, traitement et transformation de tabacs, etc.	ERAD (Grarem Gouga, Hama Bouziane, El Khroub), Laiterie Numédia, SNTA, SO.AL.CO, Limonaderie PULPA, E.B.G.S (ex-EMIB), Abattoir Municipal d'El Khroub
Industries Minérales	Fabrication de ciment ou de chaux, fabrication de céramique, fabrication d'amiante-ciment, verreries, briqueteries, centrales à béton, etc.	SOFEM, ENATUB, S.C.O.A, SO.MI.C, S.C.C Ibn Ziad, E.R.C.E Hama Bouziane.
Tanneries et Industries de cuir	Tanneries et Mégisseries	Tannerie Hadj Arab.
Bois- Papier -Carton	Transformation du Bois, Fabrication de Pâte, Fabrication de Papier, ou Carton à partir de fibres primaires ou recyclées, etc.	Néant
Industries Textiles	Transformation liés à la Fabrication ou à la Transformation de fibres textiles, naturelles ou synthétiques telles que, ennoblissement, blanchiment, Apprêt, Teintureries, Filature, Blanchisseries, etc.	COTEST (ex -COTITEX)
Chimie-para chimie- Pétrole	Toutes activités de fabrication ou de transformation de substances chimiques ou organiques ou minérales, y compris le raffinage et le stockage d'hydrocarbures, la fabrication d'engrais, la fabrication de produits pharmaceutiques, la fabrication de peintures, la fabrication de vernis ou de résines, la fabrication de produits phytosanitaires, la production ou la transformation de matières plastiques, etc.	E.N.A.D-SO.DE.R, E.N.G.I, NAFTAL.
Sidérurgie et Métallurgie	Activités liées à la fabrication ou la transformation des métaux ferreux ou non ferreux.	P.M.A, P.M.O, CPG, CCA, GERMAN (ex-CCE), CAB.AM, SNVI
Total		27

2. L'EAU INDUSTRIELLE

Les industriels se sont implantés là où ils pouvaient bénéficier des avantages de la qualité, et de l'abondance de l'eau, le bords des oueds ont connu alors un développement industriel important : la zone industrielle PALMA de Constantine, la zone industrielle de Mila, et ce n'est pas par hasard aussi, si les industries de transformation comme

l'agroalimentaire ayant moins besoins d'eau, et ayant d'autre impératif, sont plus dispersés sur le reste du bassin.

Ce qui est remarquable est que parmi ces vingt sept (27) unités industrielles, quatorze (14) unités sont dotées à partir d'un réseau d'eau potable soit 40,74 % du nombre total des unités, douze (12) unités ont leur propre forage, puits ou source soit 51,85 %. Une seule unité soit 3,70 % s'alimente par des citernes, alors qu'une autre prend ses besoins directement du barrage Hammam Grouz .

Globalement, les consommations d'eau sont extrêmement variables d'un secteur d'activité à un autre. Tableau N°22. Le secteur agroalimentaire vient en première position avec une consommation de 16082 m³/j soit 5,87 hm³/an et près de 66% de la consommation totale des secteurs. Ce taux élevé revient au nombre important d'unités industrielles dans ce secteur (09 unités). La société SO.AL.CO pour la production de margarine utilise à elle seule plus de 86% de la consommation globale dans ce secteur. Ces eaux consommées ne sont pas utilisées pour la production seulement mais essentiellement pour le lavage des sols.

Le secteur de la sidérurgie et métallurgie vient en seconde place avec un taux de 28 % de la consommation globale dans le bassin. Les plus faible consommations reviennent au reste des secteurs suivants : Les industries minérales avec un taux de 3,13 %, la chimie, parachimie et pétrole avec 2,28 %, enfin, les secteurs Textiles et les tanneries et traitement avec des taux respectifs de 0,72 % et 0,12 %.

Tableau N°22 : Besoins et consommations en eau industrielle

secteur	Besoins (m³/j)	Consommations (m³/j)	Déficit (m³/j)
Agroalimentaire	17988	16082	-1906
Tanneries et industries de cuir	100	30	- 70
Industries textiles	22176	176	- 22000
Bois-papier-carton	Néant	Néant	Néant
Industries minérales	754	764	+ 10
Chimie-para chimie-Pétrole	1341	557	- 784
Sidérurgie et Métallurgie	6333	6771	+ 438
Total	48692	24380	-24312

Du tableau ci-dessus, on déduit que les besoins paraissent doublement supérieurs aux consommations, ceci donne un déficit global de 24312 m³/j soit 8,73 hm³/an pour le secteur (industriel).

3. L'EAU EFFLUENT

Nous avons vu en premier aspect de l'eau par les industriels, l'eau matière première. Mais l'eau ayant été parfois utilisée, traitée, s'est dégradée.

Cette eau est souvent source de pollution produite. Le retour de l'eau rejetée par les établissements industriels au milieu naturel, puis devient alors milieu «récepteur» Revêt des aspects très différents selon la taille du rejet et du milieu récepteur, sa forme et son étalement dans le temps.

Le meilleur moyen de lutte contre cette pollution commence par la connaissance de ces différents cinq types de pollution. Ces derniers prennent des formes multiples, et variables d'une branche d'activité à une autre, à l'intérieur d'une même branche d'un établissement à un autre, et dans un établissement donné d'un moment à l'autre.

Le tableau N°23, représente les résultats des analyses effectuées sur les rejets à la sortie de ces établissements. Les paramètres mesurés sont variables, et prennent en considération l'activité de l'établissement, car à la différence des pollutions domestiques, les pollutions industrielles sont extrêmement variables (chaîne de production).

3.1. Caractérisation des effluents

Lors des visites effectuées à travers ces établissements, quelques observations personnelles sur les rejets émis par les unités industrielles précitées ont été élaborées et sont comme suit :

-Dans les industries agroalimentaires, les caractéristiques communes à toutes les eaux résiduaires sont une pollution essentiellement organique et biodégradable, une tendance générale à l'acidification et à la fermentation rapide.

Les importants débits jaugés s'observent à la laiterie Numidia avec un débit moyen de 8,39 l/s. Les rejets se caractérisent par une couleur blanchâtre et une odeur similaire à celle lait. Il y a apparition de la mousse à chaque fois que le débit s'accroît. Les ateliers de pasteurisation et d'ensachage du lait entier ne déversent que les eaux de lavage correspondant à un lait très dilué. On peut noter néanmoins des pointes très acides ou de soude pour le nettoyage des pasteurisations et autres appareils. Dans l'abattoir d' El Khroub, les rejets sont de l'ordre de 0,67 l/s. Les rejets de cette unité sont caractérisés par de fortes concentrations essentiellement de matières stercoraires, dégageant des odeurs piquantes.

Tableau N°23 : Résultats des analyses

Nom de l'unité	Commune	pH mg/l	T°C mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	NKT mg/l	MES mg/l	Zinc mg/l	Cuivre mg/l	Fer mg/l	Cadmium mg/l
C.P.G	Ain Smara	6,84	23	80	19,5	/	/	8	1	8	/
C.C.A	Ain Smara	7,37	23	90	33	/	/	4	2	5	/
GERMAN (ex-C.C.E)	Ain Smara	6,77	25	110	/	/	/	10	2	1	/
COTEST (ex-COTITEX)	Constantine	7,62	20	0	0,34	/	733	/	/	/	/
Laiterie numédia	Constantine	7,62	25	1400	37,3	18	330,76	/	/	/	/
PMO-PMA	El Khroub	5,64	26	10	13,6	42	5	/	/	/	/
Abattoir Municipal	El Khroub	5,82	13	1100	50	1400	355	/	/	/	/
E.N.G.I	Constantine	11,23	27	1700	26,8	217	600	/	/	/	/
E.B.G.S (ex-EMIB)	Didouche Mourad	8,51	28	10	1,09	0	0,33	5	2	0,03	0,4
ERIAS	Hamma Bouziane	6,86	25	200	18,5	14	305	/	/	/	/
ENATUB	Hamma Bouziane	9,49	26	300	0,24	245	20	/	/	/	/
E.R.C.E	Hamma Bouziane	Pas de rejet, Pas de prélèvement									
S.C.C	Ibn Ziad	6,87	23	40	78,3	50	760	/	/	/	/
SO.FE.M	Mila	6,84	/	5	22,2	35	0,13	/	/	/	/
SO.MLC	Mila	7,1	/	30	47,9	98	926	/	/	/	/
ERIAS	Grarem Gouga	Pas de rejet, Pas de prélèvement									
Limonaderie PULPA	Constantine	7,47	24	370	26,5	84	0,13	3	1	0	0,3
S.N.V.I	Constantine	6,72	25	4000	194	63	1500	6	2	0,01	0,4
CAB.AM	Ain M'lila	6,63	26	0	0,1	105	10	/	/	/	/
S.C.O.A	Oued Athmania	8,26	/	0	10,2	245	1,83	/	/	/	/
ENAD-SO.DER	Chelghoum Laid	8,26	23	120	11	1,6	1,01	/	/	/	/
SO.AL.CO	Ibn Badis	8,42	/	50	20,7	/	30	/	/	/	/
ERIAS	El Khroub	Pas de rejet, Pas de prélèvement									
SNTA	Ibn Badis	11,4	23	75	0,49	140	13,3	/	/	/	/
NAFTAL	Ouled Rahmoune	Pas de rejet, Pas de prélèvement									
Tannerie Hadi Arab	Constantine	7,85	24	700	67,2	119	250	4	3	0,02	1,1

-Dans les Tanneries et les industries de cuir, les quantités d'eau utilisée sont très importantes. Notamment à la tannerie Hadj Arab le débit jaugé rejeté est de 0,08 l/s. Les eaux sont très polluées, et contiennent surtout des colloïdes protéiniques, des graisses, des tannins, des débris de chair et de poils, ainsi que des éléments toxiques (sulfures) provenant des ateliers de pelanage et surtout du chrome provenant du tannage chimique.

En mélangeant toutes ces eaux, on obtient un rejet alcalin dans le quel le chrome précipite à l'état trivalent et se retrouve essentiellement dans les boues.

-Dans l'industrie textile, Celles-ci comprend essentiellement deux types d'activité :

- l'activité mécanique : filature, tissage qui n'engendre qu'une très faible pollution (à l'exception des ateliers de peignage et de lavage des laines).

- la finition textile (ou ennoblissement) qui regroupe les opérations de blanchiment, de teinture, d'impression et apprêt. Cette dernière activité est généralement très polluante et caractérisée par :

- Une dilution de la pollution due très souvent à l'utilisation massive d'eau aux rinçages et une coloration intense, qui est fonction du type de colorant employé et de sa technique d'utilisation.

Au niveau de cette industrie, seule l'opération du blanchiment est pratiquée. L'atelier de teinture est à l'arrêt, pour cause d'insuffisance en alimentation en eau. La demande en eau pour sa pratique est très élevée.

L'unité s'alimente à partir d'un réseau public. Le débit rejeté jaugé est très faible. Il est de l'ordre de 0,38 l/s.

- De la chimie, para chimie et pétrole

Les rejets spécifiques sont une pollution principale causée par les hydrocarbures à laquelle il faut ajouter d'autres composants, de nature très variée, tels :

- Matières organiques, phénols, acide sulfoniques, alcools, etc.
- Composants sulfureux (sulfures, thiosulfates, etc.).

- Matières en suspension (sables, argiles, catalyseurs)

Les débits rejetés jaugés ici varient de 0,39 l/s à 6,11 l/s.

- Dans les industries minérales,

Les rejets émis sont très infimes. Il s'agit de pollution non toxique

L'eau à comme qualité ici d'être très chargée en matières en suspension (boues), de couleur rouge brique à rouge argile.

Les débits jaugés varient de 0,35 à 2,83 l/s.

- De la sidérurgie et la métallurgie, ce sont de grosses consommatrices d'eaux, créent une pollution surtout physique.

Les eaux résiduaires de ces industries concernent les eaux ammoniacales de cokerie, les purges de circuits de lavage de gaz de hauts fourneaux et de convertisseurs à oxygène et les effluents à laminage à froid.

Les rejets jaugés à la sortie des établissements varient de 0,56 à 2,83 l/s.

3.2. Traitement des eaux industrielles rejetées

Parmi les vingt huit (28) unités industrielles échantillonnées, huit (08) seulement possèdent des stations de traitement. Il s'agit des entreprises d'état, dont trois (03) sont seulement opérationnelles.

La plupart des unités industrielles rejettent leurs eaux directement dans les oueds, cela à l'existence d'un égout collecteur des eaux usées ou pas, d'un pourcentage très important 64,52%. Cette catégorie regroupe l'ensemble des unités privées ou étatiques. Elles appartiennent majoritairement au secteur agroalimentaire, le secteur des industries textiles, les tanneries et industries de cuir. Près de 23% des unités industrielles, traitent ces eaux. Il s'agit des cinq entreprises étatiques.

Le reste, soit 12% des unités se caractérisent par des rejets infimes, voire nuls, il s'agit des unités industrielles des industries minérales.

3.3. Evaluation de la qualité des rejets

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau N°23 et comparé suite aux valeurs limite maximale figurant dans le tableau N°24.

Tableau N° 24 : Valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles

Paramètres	Unités	Valeurs maximales
Températures	C°	30
pH	/	5,5 à 8,5
MeS	mg/l	30
DBO ₅	//	40
DCO	//	120
Azote Kjeldahl	//	40
Cadmium	//	0,2
Fer	//	5
Cuivre	//	1
Zinc	//	3
	//	5

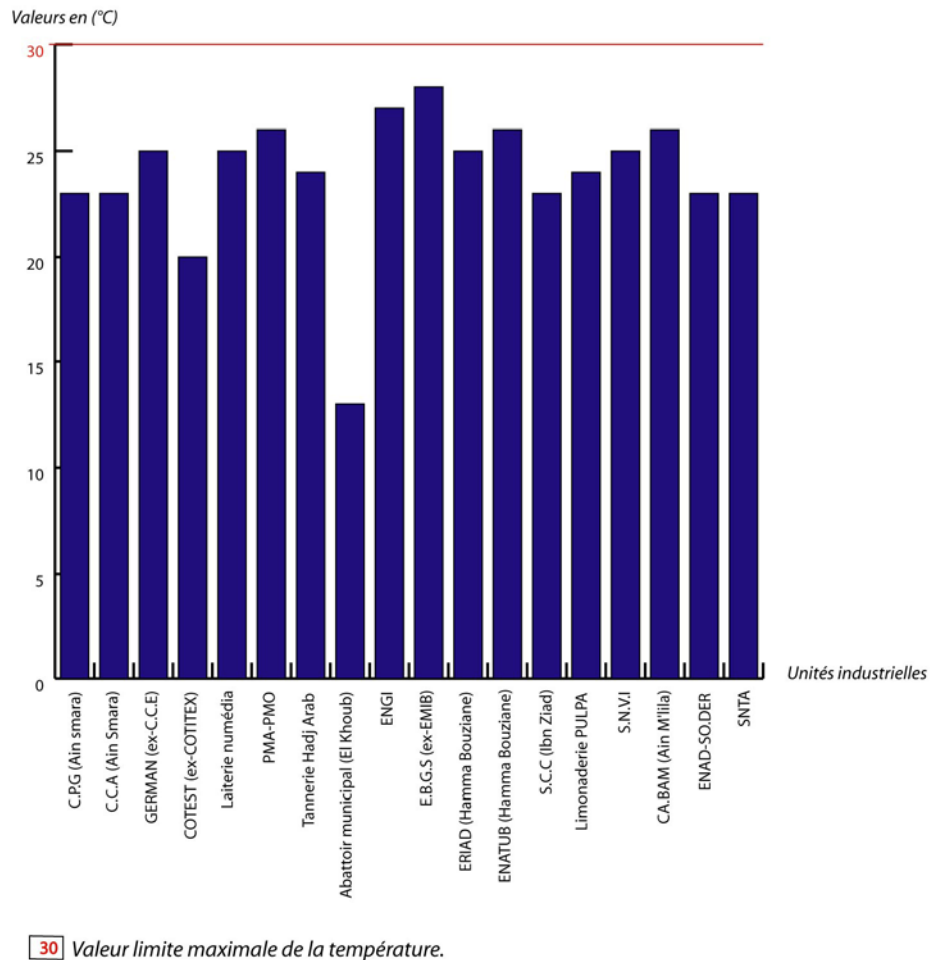
Source : Journal Officiel N°46, du 14 juillet 1993

3.3.1. La température

C'est l'un des paramètres à noter sur place, au moment du prélèvement. Pour les eaux industrielles rejetées, la valeur limite de la température est de 30°C. Son augmentation mène au risque de croissance accéléré des microorganismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables, ainsi, qu'une augmentation de la couleur et de turbidité. De plus, la teneur en oxygène dissous diminue, ce qui devient néfaste pour la faune et la flore.

La mesure de ce paramètre, (Fig. N°26) ne montre aucun dépassement. Les températures des eaux rejetées pour l'ensemble des établissements, dix huit (18), n'ont pas dépassé la valeur limite maximale de température.

Fig. N°26 : La température



3.3.2. Le pH

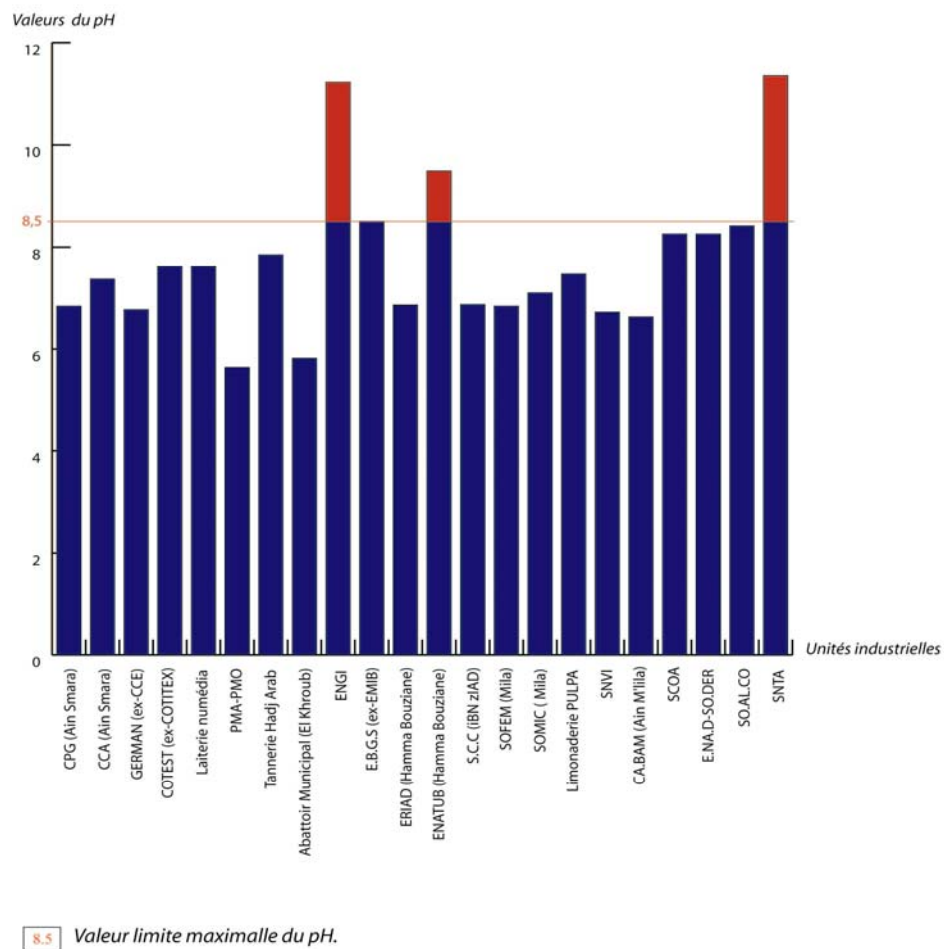
Le pH est, par définition, une mesure de l'activité des ions H^+ contenues dans une eau. Il joue un rôle primordial à la fois dans :

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

Sa détermination, est donc l'une des mesures que l'on doit effectuer le plus fréquemment. Toute solution inférieure à 8,5 est considéré comme acide et inversement.

La figure N°27, montre que sur les vingt deux (22) unités industrielles ayant subi la mesure du pH, 3 seulement se démarquent par des valeurs dépassant nettement les valeurs limites. Il s'agit de : E.N.G.I, E.NA.TUB, et la S.N.T.A.

Fig. N°27 : Le pH



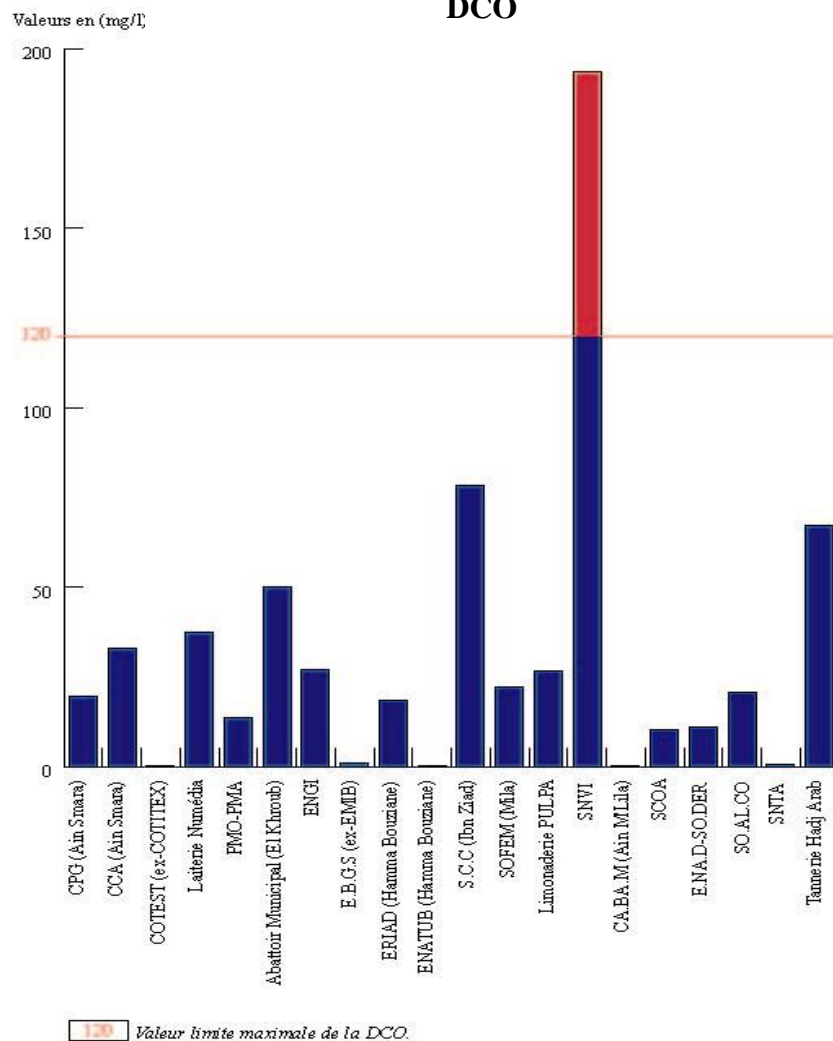
3.3.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est une mesure de toutes les matières organiques contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non.

Elle constitue un bon critère à utiliser pour les normes gouvernant les rejets industriels. C'est un paramètre important, et un test rapide, utile pour la surveillance des eaux et des rejets industriels (surtout à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de la DBO). Sa valeur limite maximale dans les eaux industrielles rejetées est de l'ordre de 120 mg/l

Une seule unité industrielle (Fig. N°28), parmi les vingt une (21) ayant subi la mesure de ce paramètre, dépasse la valeur limite maximale (193,5 mg/l). Il s'agit de la SNVI.

Fig. N°28 : La demande chimique en oxygène DCO



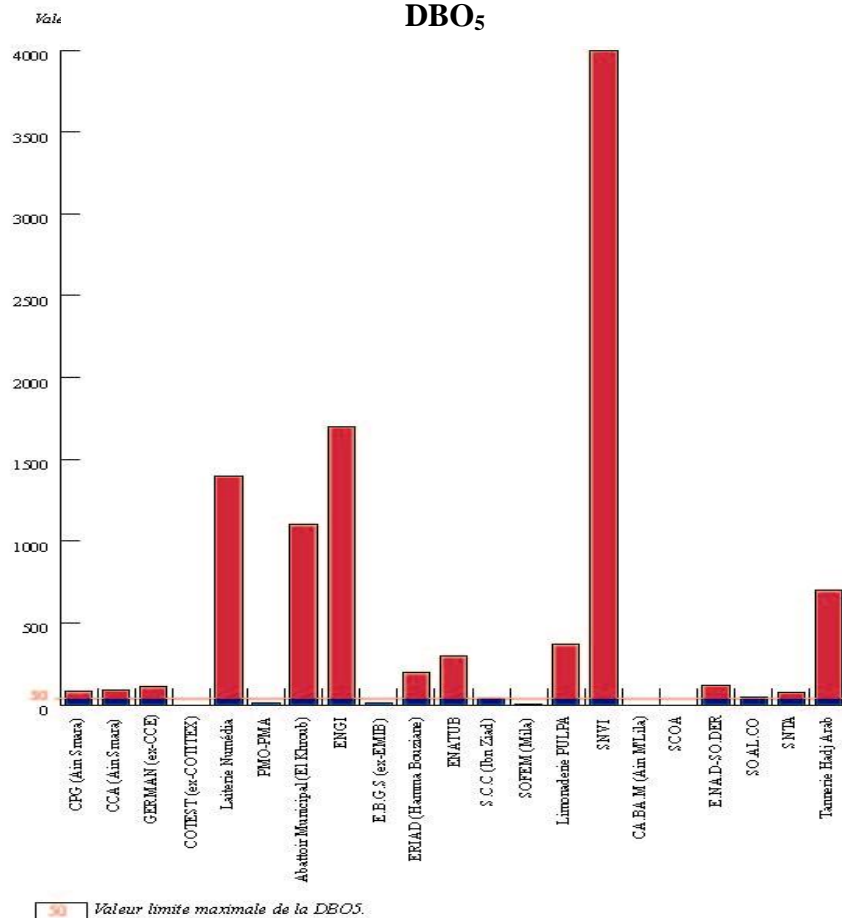
3.3.4. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène. Le milieu exerce une certaine demande biochimique

d'oxygène. La mesure de la DBO permet alors d'évaluer le contenu d'une eau en matières biodégradables et donc dans une certaine mesure, sa qualité et son degré de pollution.

La DBO5 est un test universellement reconnu, trop peu précis pour qualifier les eaux naturelles, mais très utilisé pour les eaux domestiques et pour surveiller l'efficacité des ouvrages d'épurations. Sa valeur limite maximale dans les eaux rejetées industrielles est de l'ordre de 40 mg/l.

Fig. N°29 : La demande chimique en oxygène DBO₅



Pour la mesure de ce paramètre, quinze (15) unités sur vingt deux (22), présentent des valeurs en DBO5 supérieures à la valeur limite maximale (Fig. N°29). La majorité de ces industries font partie du secteur agroalimentaire. On peut citer la laiterie Numidia, présentant une valeur de 1400 mg/l. Le secteur des industries sidérurgies et métallurgiques, et l'unité S.N.V.I, avec une valeur de 4000 mg/l. Enfin, le secteur des industries chimie- parachimie-pétrole et l'industrie l'ENGI avec une valeur de 1700 mg/l.

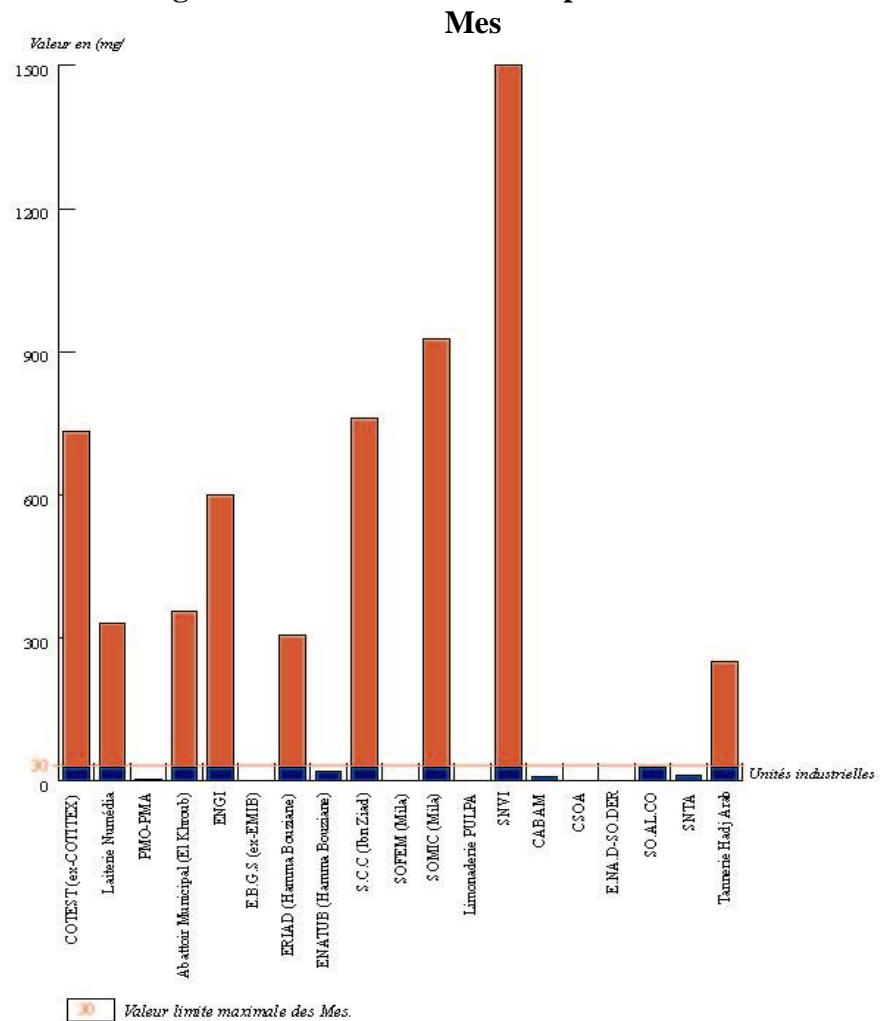
3.3.5. Les matières en suspension

C'est le volume des substances solides dans l'eau obtenu par évaporation. En effet, une eau industrielle dont la MeS est supérieur à 30 mg/l est considérée comme polluée. Cette pollution est d'ordre esthétique. Pour éviter une dureté excessive qui pourrait entraîner des dépôts gênants.

Dans ce sens le traitement des eaux vise toujours à diminuer la quantité des matières premières en suspension.

Sur les dix neuf (19) unités industrielles (Fig. N°30), neuf (9) sont polluantes car leurs valeurs dépassent les valeurs limites des cours d'eaux. Les unités industrielles concernées appartiennent à des secteurs différents. Les plus grandes valeurs est enregistrées par la SNVI (1500mg/l), la SOMIC à la ville de Mila et la S.C.C d'Ibn Ziad avec des valeurs respectives de 926 mg/l et 750 mg/l.

Fig. N°30 : Les matières en suspension

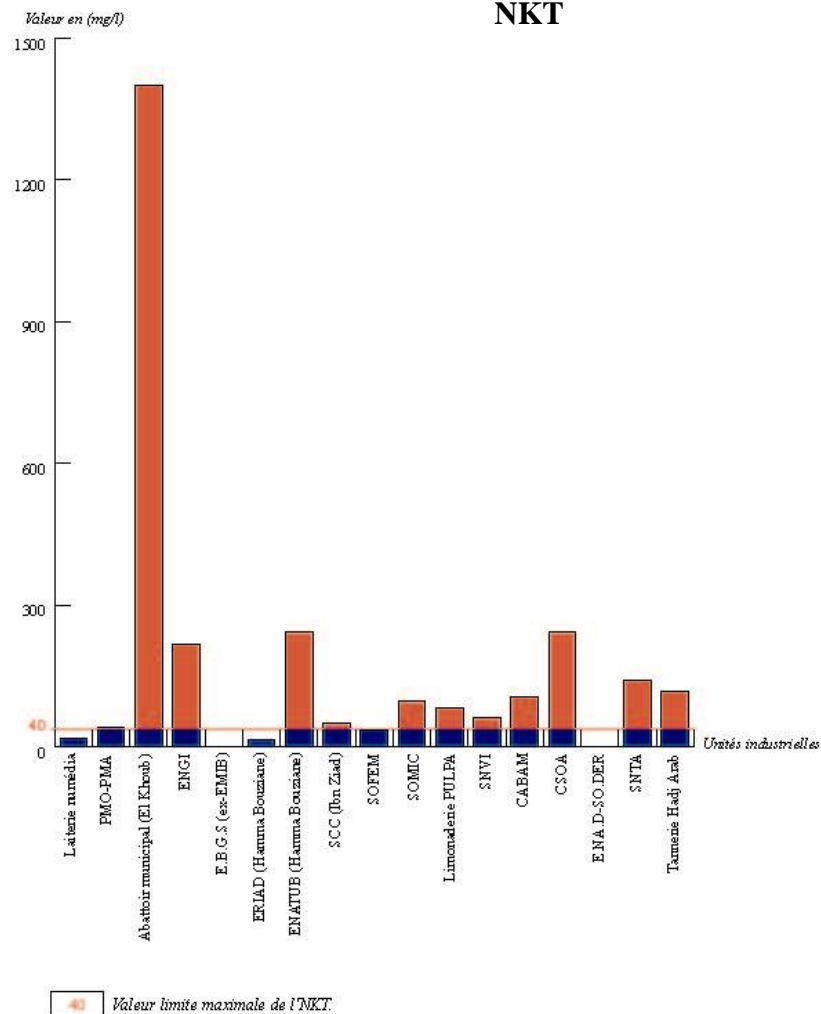


3.3.6. L'azote kjeldahl total (NKT)

C'est la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. La biodégradation de l'azote organique par les microorganismes se transforme en azote ammoniacal avant d'être oxydé en nitrates ou en nitrites. Sa valeur limite maximale dans les rejets industriels est de 40 mg/l. Généralement, on associe une concentration relevée en azote ammoniacal à une pollution récente.

Parmi les dix sept (17) unités analysées, onze (11) polluent les cours d'eaux (Fig.N°31). Elles font partie du secteur agroalimentaire et des industries minérales. On enregistre une valeur de 1400 mg/l à l'abattoir d'El Khroub et 245 mg/l à l'E.NA.TUB de Hamma Bouziane.

Fig. N°31: L'azote kjeldahl total NKT



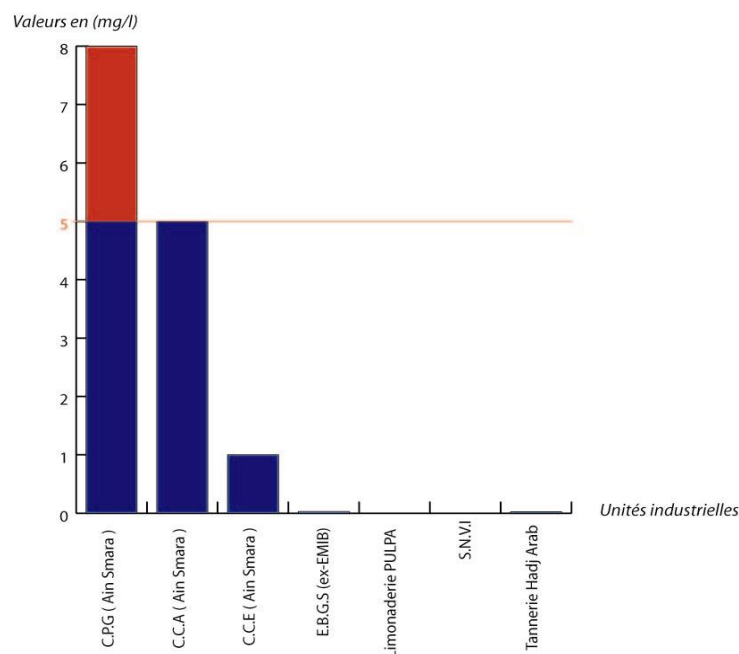
3.3.7. Le fer

Le Fer est un élément essentiel à la santé de l'homme. Celui contenu dans l'eau provient non essentiellement des roches et des sols, mais aussi souvent des tuyauteries lors de l'échantillonnage. Ceci peut fausser considérablement des résultats des l'analyses.

Dans les rejets industriels, sa valeur maximale limite est de 5 mg/l. Ces normes sont fixées pour des raisons esthétiques, puisque le fer tache les tissus, les matériaux, et donne un goût métallique et une turbidité rougeâtre à l'eau. En outre, certaines bactéries très avides de fer se fixent sur les parois des canalisations, entraînant de la sorte des dépôts gluants et des risques de corrosion.

Une seule unité industrielle est polluante (Fig. N°32). Il s'agit du C.P.G. Néanmoins, il faut noter que l'échantillonnage pour la mesure de ce paramètre est effectué à l'arrivée des rejets à la station d'épuration. L'efficacité de ce traitement sera jugée ultérieurement.

Fig. N°32 : Le fer



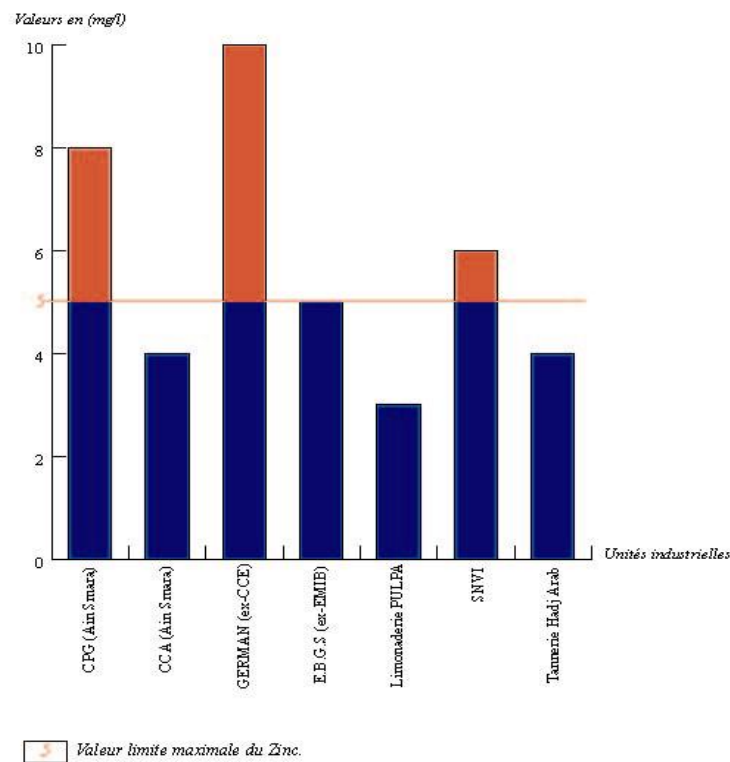
5.0 Valeur limite maximale du déversement du Fer.

3.3.8. Le zinc

Le zinc n'est pas considéré comme métal toxique. C'est un oligo-élément. Cependant, lorsqu'il dépasse sa valeur limite, qui est de l'ordre de 5 mg/l, pour les eaux rejetées industrielles, il peut donner alors un goût astringent et une légère turbidité à l'eau. Il provient essentiellement des rejets industriels, ou de l'attaque des tuyauteries galvanisés.

La mesure de ce paramètre a concerné sept (07) unités industrielles, où trois (03) d'entre elles (Fig. N°33) sont jugées polluantes car se démarquant par les valeurs dépassant la valeur limite du zinc.

Fig. N°33 : Le zinc



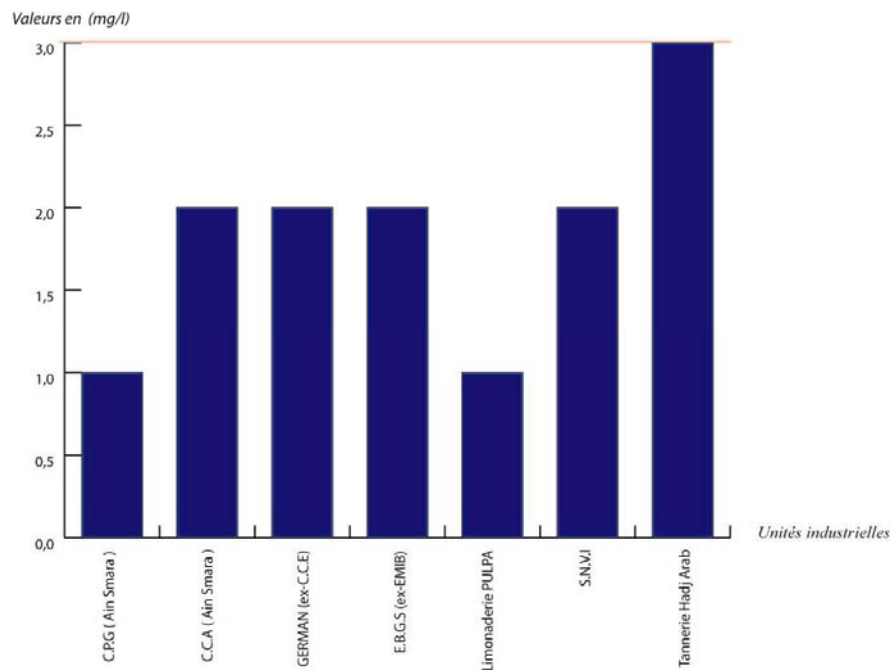
3.3.9. Le Cuivre

Le cuivre est aussi un élément essentiel à la santé. On estime que le corps humain à besoin d'environ 2mg/l de cuivre par jour. Sa valeur limite dans les eaux industrielles est de 3 mg/l. Il est utilisé pour limiter la croissance des algues dans les réservoirs et les canalisations.

Sa présence dans l'eau potable est due surtout à la corrosion des tuyauteries, et à certains rejets industriels.

Aucune industrie des sept (07) analysées n'est considérée comme polluante (Fig N°34).

Fig. N° 34: Le cuivre



3.0 Valeur limite maximale de déversement du cuivre.

3.3.10. Le cadmium

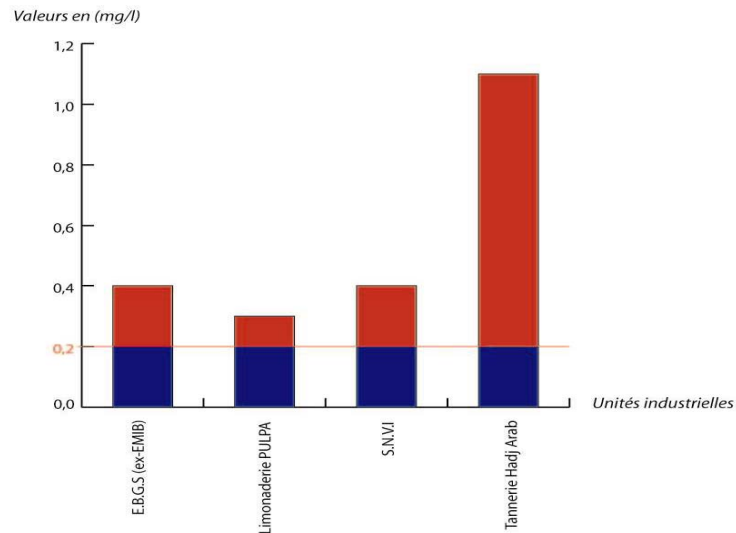
Le cadmium provient des rejets industriels (galvanoplastie) et peut être libéré dans les conduites. Cependant, il est surtout ingéré par l'intermédiaire des aliments, est extrêmement toxique, en particulier nocifs pour les reins.

Sa valeur limite maximale dans les eaux industrielles est de 0,2 mg/l.

Les quatre (04) unités industrielles ayant subi la mesure de ce paramètre, paraissent polluantes (Fig. N°35). Les valeurs obtenues dépassent nettement la valeur maximale. Une

valeur maximale de 1,1 mg/l est enregistrée au niveau la tannerie Hadj Arab pour le traitement du cuir.

Fig. N° 35: Le cadmium



0.2 Valeur limite maximale du déversement du Cadmium.

3.4. L'EFFICACITE DES TRAITEMENTS

Afin de juger l'efficacité des traitements effectués au niveau des stations de traitement, un échantillonnage a été effectué sur les eaux rejetées, et ce pour deux unités importantes : le complexe de Ain Smara regroupant les trois unités industrielles précédemment citées: CPG, GERMAN (ex-CCE) et CCA et le complexe E.NA.D-SO.DER, pour la production des détergents. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau ci après.

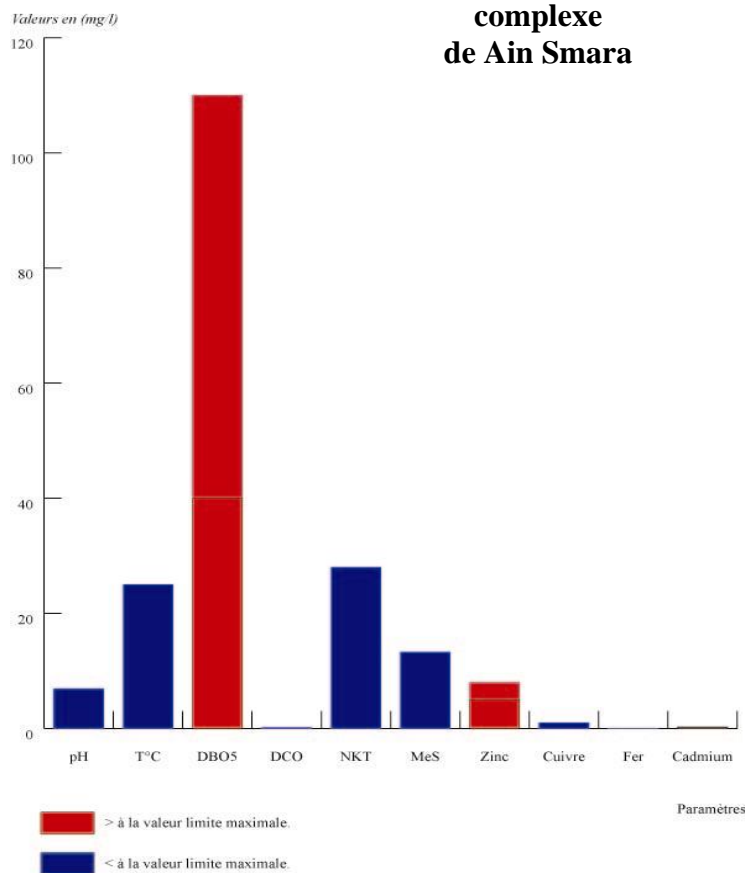
Tableau N°25 : Analyses des eaux rejetées après traitement

Paramètres	pH	T (°C)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	NKT (mg/l)	MeS (mg/l)	Zinc (mg/l)	Cuivre (mg/l)	Fer (mg/l)	Cadmium (mg/l)
Unité										
Complexe Ain Smara	6,91	25	110	0,19	28	13,3	8	1	0,01	0,3
Complexe E.N.A.D-SO.DER	8,26	23	120	11	1,6	1,01	/	/	/	/

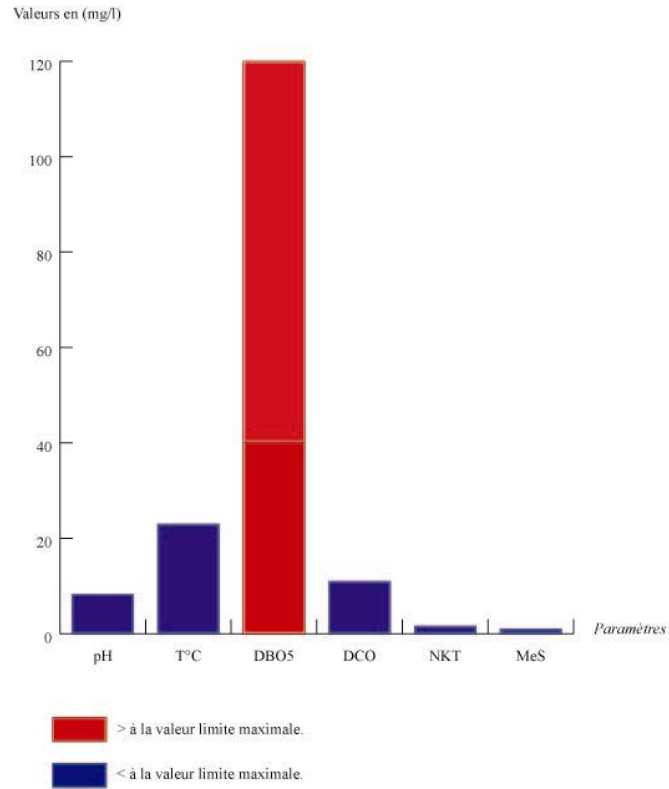
Source : ABH-CSM-Constantine

La qualité des eaux rejetées à la sortie de la station de traitement du complexe de Ain Smara telle qu'elle est représentée dans la figure N°36, montre l'inefficacité du traitement à cette station. En effet, les valeurs de la demande biochimique en oxygène (110 mg/l), en zinc (8mg/l) et en cadmium paramètre aux conséquences très dangereuses, restent très élevées. La situation identique pour le complexe de l'ENAD-SODER (Fig. N°37), pour la production des détergents. La valeur de la demande biochimique en oxygène a atteint 120 mg/l, valeur dépassant suffisamment la norme tolérée.

Fig. N°36: L'efficacité de traitement des eaux à la station de traitement des eaux du complexe de Ain Smara



**Fig. N° 37: L'efficacité de traitement des eaux
à la station de traitement des eaux du
complexe
E .NA.D-SO.DER**



CONCLUSION

A travers ce chapitre, on remarque que l'eau est omniprésente dans tous les secteurs industriels.

Les consommations en eau industrielle sont importantes et extrêmement variables d'un secteur à un autre. Les industries ayant une faible consommation en eau utilisent l'eau potable distribuée par les collectivités (40,74 %). Les grosses industries en particulier celles appartenant au secteur de la sidérurgie métallurgie prélèvent l'eau des eaux souterraines (51,85 %), qui a pour caractéristique d'être régulières, abondantes, moins soumises aux aléas climatiques, et d'avoir des températures beaucoup plus stables.

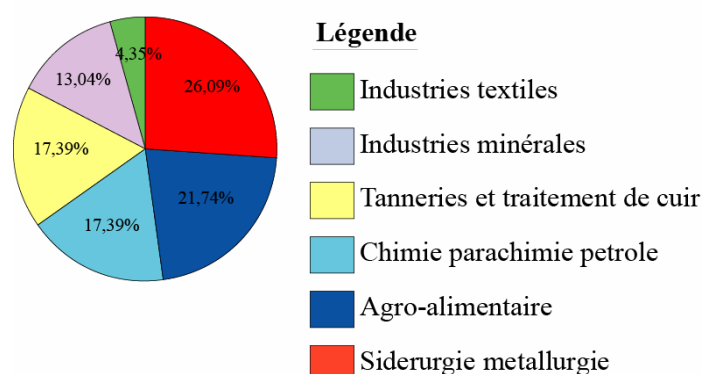
Cette situation non contrôlée, a conduit certaines d'entre elles à l'épuisement ou à la dégradation (cas de l'industrie COTITEX appartenant au secteur des industries textiles).

La pollution rejetée directement dans les cours d'eaux est importante et variable aussi d'un secteur d'activité à un autre. A ce titre, les industries appartenant au secteur sidérurgie métallurgie prennent une place dominante, avec 26,09 % des paramètres polluants (Fig. N°: 38).

Le secteur agroalimentaire est en seconde place avec un pourcentage de 21,74 % du nombre de paramètre polluants. Ainsi, le secteur chimie para chimie pétrole et le secteur des tanneries et traitement de cuir avec un taux identique de 17,39 %.

Enfin, le secteur des industries minérales et textiles avec les taux suivants : 13,04 % et 4,35 %.

Fig.N°38 : La pollution émise par secteur d'activité



Chapitre III:

LA POLLUTION AGRICOLE

L'activité agricole, comme toutes les autres activités économiques, a pour objectif de répondre aux besoins nécessaires des consommateurs, ainsi qu'aux besoins concernant matière première pour l'industrie. Elle contribue à la création d'emploi pour un nombre assez important de la population active.

A l'instar du relief dans le bassin de Beni Haroun, on peut parler aussi d'une dichotomie en ce qui concerne l'agriculture : à une zone défavorisée affectée de contraintes naturelles (la zone de montagne), s'oppose une zone de plaine et de vallées (vallée du Rhumel, plaine de Ain Kercha,...) qui jouissant de conditions naturelles favorables ou rendues favorable. Ce qui permet une utilisation facile de l'irrigation.

Le Bassin d'étude n'échappe pas au phénomène d'ensemble qui touche l'Algérie, à savoir une régression spectaculaire des terrains agricoles, causée entre autre par une urbanisation causée par la croissance démographique, d'un côté, de l'autre, la priorité de l'eau étant accordée essentiellement à l'usage domestique et secondairement à l'usage industriel.

Dans ce chapitre, on abordera l'irrigation sous les aspects : quantitatif et qualitatif.

1. L'ASPECT QUANTITATIF

Il s'agit de l'utilisation de l'eau, c'est à dire les besoins, les ressources et leur mise en œuvre.

L'activité agricole dans le bassin de Beni Haroun est développée surtout dans :

1- Les grands périmètres d'irrigation (GPI)

2- La petite et moyenne hydraulique (PMH)

1.1. Les grands périmètres d'irrigation (GPI)

Ils sont gérés par les offices nationaux de l'irrigation et de drainage (ONID). Le bassin de Beni Haroun comprend au total quatre (04) périmètres d'irrigation.

Carte des périmètres irrigués

Sur ces quatre (04) périmètres, deux seulement sont opérationnels: le périmètre de Fourchi à Ain M'lila, et celui de Hamma Bouziane. D'après les données collectées au niveau des différentes directions et services agricoles (D.S.A), la superficie irrigable du périmètre de Fourchi est estimée à 616 hectares, dont 1801 hectares irrigués. Ce périmètre satisfait ses besoins grâce aux ressources souterraines: deux (02) forages d'un débit d'ensemble de 300 l/s. Malgré la disponibilité dans ce périmètre en eau, ou les besoins sont pratiquement égaux à la demande $1200\text{hm}^3/\text{an}$, il n'en demeure qu'il rencontre quelques difficultés dues à la détérioration du réseau d'alimentation à presque 70%.

Quant au périmètre de Hamma Bouziane, il possède une superficie irrigable de 1484 hectares. Pour l'année 2002, 473 hectares ont été irrigués seulement. Ce périmètre est aujourd'hui presque à l'arrêt. Ceci revient à la détérioration et à la vétusté du réseau d'alimentation. L'irrigation est assurée par les propres moyens des agriculteurs.

Le périmètre de Bouselaa, quand a lui est complètement détérioré, il reste non fonctionnel à nos jours.

Le périmètre de Teleghma figure parmi les périmètres projetés, après la réalisation du grand barrage Beni Haroun en aval du bassin d'étude. Sa superficie irrigable est estimée à 8000 hectares, et son fonctionnement dépendra de la réalisation des grands travaux de transfert à partir du barrage de Beni Haroun.

Dans l'ensemble, les périmètres opérationnels dans le bassin puisent leurs besoins en eau surtout des ressources souterraines (Forages et puits) et même des sources, bien que ces dernières restent insuffisantes, ce qui les met en état de détresse.

Les deux (02) périmètres opérationnels au niveau de l'aire d'étude, puisent leurs eaux des nappes souterraines, soit deux (02) forages d'un débit total de 700 l/s et d'une source, dite Hammam Zaoui, et de 21 puits pour le périmètre de Hamma Bouziane.

Au total le volume alloué est estimé à $1203\text{ hm}^3/\text{an}$, ce chiffre est nettement supérieur aux besoins estimés à $1202,5\text{ hm}^3/\text{an}$ par rapport aux périmètres.

L'occupation du sol se limite essentiellement aux cultures Maraîchères, industrielles et à l'Arboriculture.

Le mode d'irrigation reste traditionnel pour le périmètre de Fourchi, moderne (par aspersion et par goutte à goutte) pour les quelques hectares en irrigués à Hamma Bouziane.

La superficie totale irrigable est estimée à 2310 hectares, irriguée à 653 hectares

1.2. La petite et moyenne hydraulique

L'appellation de la petite et moyenne hydraulique correspond à l'ensemble des périmètres de taille faible à moyenne, alimentés par des ressources en eau généralement peu ou pas régularisées, et qui ne sont pas gérés par les autorités (directement par les usagers). Leur mise en valeur est orientée principalement vers la production des besoins des marchés locaux.

Le petite et moyenne agricole dans le bassin de Beni Haroun consiste en 25 exploitations agricoles, dont huit (08) sont de taille inférieure à 100 hectares. Selon les données des directions et services agricoles (D.S.A), l'irrigation de ces petites exploitations couvre 920 hectares.

Les besoins totaux estimés sont de 34,5 hm³/an, soit un volume sept fois supérieure à ceux alloués et qui sont de l'ordre de 5,6 hm³/an.

Durant les années 80, le secteur de l'hydraulique initia un grand programme d'étude et de réalisation au profit des petites exploitations agricoles. Cependant, beaucoup d'ouvrages ont été construits à la hâte et sans technique sûr, pour on sachant que la capacité de mobilisation attendue a été réduite de moitié.

Les ressources collinaires dans le bassin en question, construites à cette période, ont vite connue l'envasement. La capacité totale des 25 retenues estimée à 4,14 hm³ a été réduite à presque 70 %.

2. L'ASPECT QUALITATIF

L'agriculture et l'élevage sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines provenant de l'érosion des terres agricoles, de composés azotés issus des déchets des animaux et engrais chimiques ou naturels utilisés pour la production agricole.

Ces substances chimiques, destinées à protéger les végétaux contre les insectes, les champignons des mauvaises herbes peuvent se déverser directement dans les cours d'eau ou pénétrer dans le sol pour atteindre les eaux souterraines.

Ce milieu (c'est-à-dire les eaux souterraines), que l'on croyait à l'abri des pressions humaines, est à son tour devenu victime d'une pollution croissante beaucoup plus lente à se renouveler que les eaux superficielles.

Les nappes souterraines, une fois contaminées, peuvent mettre des décennies avant de retrouver leur qualité originelle, lorsque les dommages causés ne sont pas tout bonnement irréversibles.

La connaissance des mécanismes de cette pollution et notamment de la variable temps semble cruciale (le décalage entre l'effet et les causes peuvent aller jusqu'à plusieurs décennies) est encore pour le moment élémentaire.

Dans l'étude de la pollution agricole, les nitrates sont les polluants qui rentrent le plus en jeu. En fonction de la disponibilité des données, nous allons l'examiner une fois dans les eaux superficielles et une seconde fois, dans les eaux souterraines.

Par définition, les nitrates sont le produit final de l'oxydation des dérivés azotés. Ils jouent un rôle important dans le cycle de l'azote. Sous l'action des bactéries, les nitrites (NO_2^-) sont rapidement oxydés en nitrates.

Il est normal que les eaux naturelles contiennent des nitrates, cependant, une teneur supérieure à 50 mg/l est un indice de pollution. Le plus souvent d'origine agricole. D'ailleurs, c'est le seul type de pollution qui résiste à la filtration naturelle des eaux. Les nitrates, sont un véritable fléau, car ils demeurent une pollution dangereuse et très persistante. Ils sont le résultat d'une part d'un excès de matières organiques végétales en décomposition, dans le sol après la récolte, ou après le déboisement. D'autre part, d'un épandage d'engrais azotés en quantité supérieure aux besoins des plantes cultivées.

L'étude de ce paramètre, permet donc de connaître l'impact des pesticides et des engrais sur notre milieu, et de développer des solutions curatives en perspectives.

2.1. Méthodologie de classification

La méthodologie de classification des nitrates, ici, est la même que celle adoptée au chapitre « pollution urbaine » pour la classification des eaux superficielles (Tableau N°25); seule la grille et les classes de la qualité des eaux souterraines diffèrent. Aussi quatre classes de qualité au lieu de cinq pour les eaux souterraines, représentées par quatre couleurs (Tableau N°26) ont été adoptées :

Classe 1 : de couleur bleue : représente une eau de qualité optimale pour être consommée.

Classe 2 : de couleur verte : représente une eau de qualité acceptable pour être consommée mais pouvant le cas échéant faire l'objet d'un traitement de désinfection.

Classe 3 : de couleur jaune : représente une eau non potable, nécessitant un traitement (de potabilité).

Classe 4 : de couleur rouge : représente une eau inapte à la production d'eau potable au regard de la réglementation.

Tableau N°26 : Classe de qualité des nitrates dans les eaux superficielles

Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution Excessive
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	< 5	5-25	25-50	50-80	>80

Tableau N°27 : Classe de qualité des nitrates dans les eaux souterraines

Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	<10	10-20	20-40	>40

2.2. Les nitrates et les eaux de surface

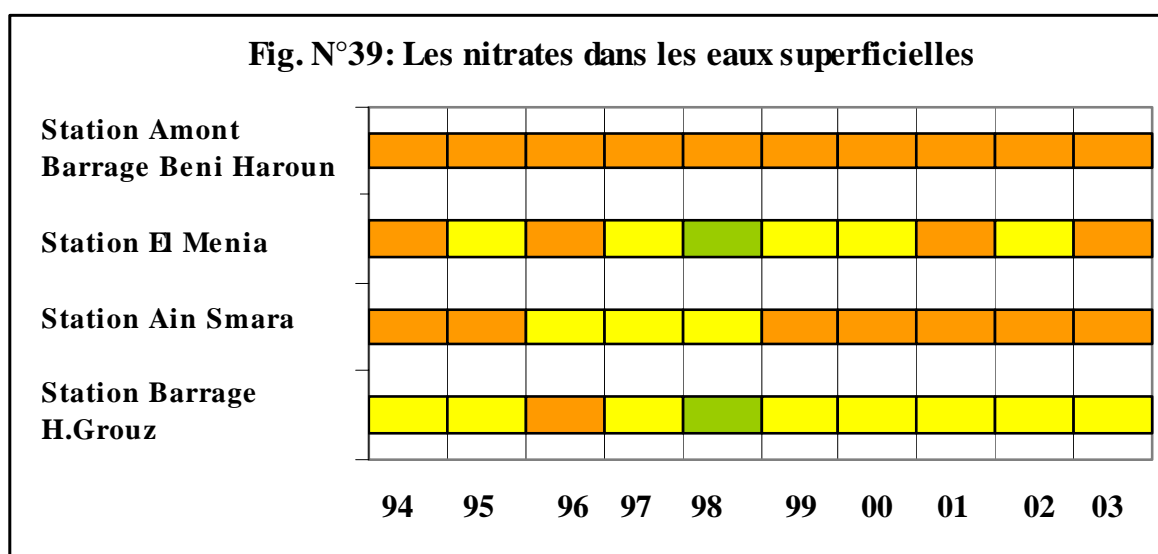
Les résultats pour la période étudiée (1994-2003) à travers les quatre (04) stations de surveillance des eaux superficielles sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°28 : Teneurs en nitrates dans les eaux superficielles

Station \ Années										
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Amont barrage H. Grouz	22	21	<u>32</u>	23	<u>8</u>	14	17	14	15	18
Ain Smara	39	34	21	<u>12</u>	24	<u>46</u>	26	40	40	45
El Menia	<u>36</u>	16	27	19	<u>10</u>	24	13	35	15	27
Amont barrage Beni Haroun	31	33	41	38	29	42	<u>45</u>	32	<u>25</u>	<u>45</u>

Interprétation des analyses

La figure N°39, présentent une vue d'ensemble de la répartition spatiale des teneurs en nitrates dans les eaux de surface mesurées de 1994 à 2003.



- A la station barrage Hammam Grouz

Il apparaît que 80% des valeurs mesurées ont des teneurs en nitrates ne dépassant pas les 20 mg/l. Les eaux à cette station gardent dans l'ensemble, une qualité passable (8/10 ans), seule l'année 1998 enregistre une bonne qualité des eaux, une valeur minimale de 8 mg/l durant toute la période étudiée.

En revanche, on enregistre une mauvaise qualité durant l'année 1996. La teneur en nitrates étant arrivée jusqu'à 32 mg/l, elle constitue la valeur maximale des nitrates enregistrés tout le long de cette période.

- A la station de Ain Smara

Le nombre d'années aux valeurs élevées en nitrates est de 7 années sur 10 étudiées. Les eaux sont de qualité médiocre en général.

L'amélioration de la qualité a été enregistrée seulement durant la période allant de 1996 à 1998, durant cet intervalle cette période les teneurs ont baissés pour arriver à 12 mg/l surtout en 1997. Mais malgré cela la qualité reste intolérable. Le traitement des eaux est très recommandés afin d'éviter une éventuelle contamination.

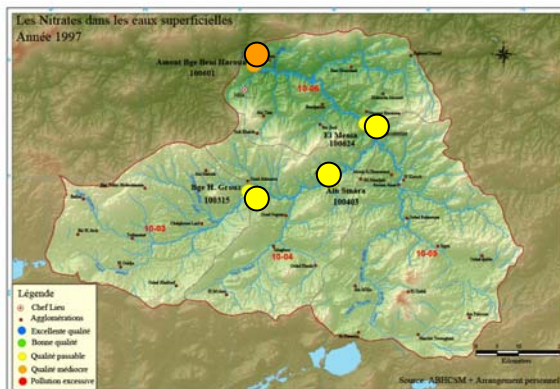
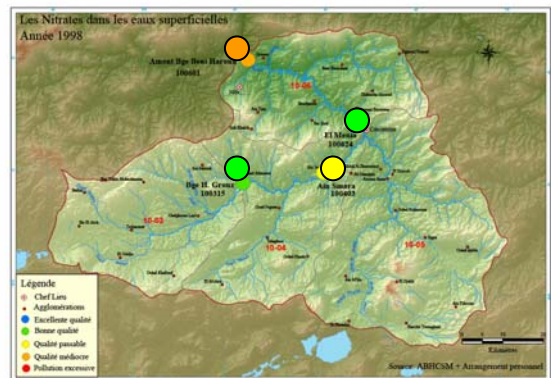
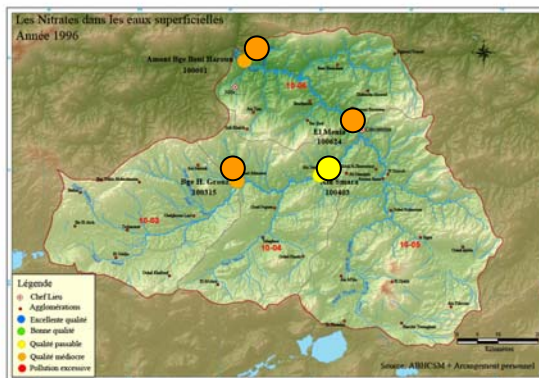
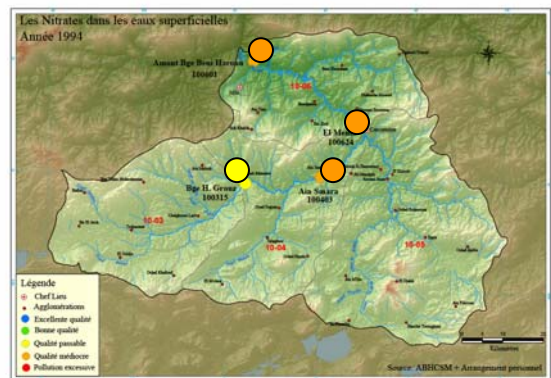
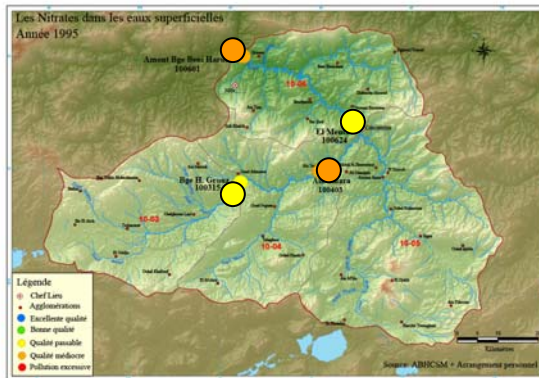
-A la station d' El Menia

Les eaux à cette station se caractérisent par une grande variabilité de la qualité. Une année seulement sur les 10 étudiées, a enregistré une bonne teneur en nitrates, soit 10mg/l durant année 1998. Pendant le reste des années, la qualité chevauche entre une qualité médiocre et une qualité passable. La charge maximale en nitrates observée à cette station est de 36mg/l enregistrée en 1994.

-A la station Amont du Barrage de Beni Haroun

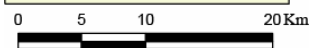
La qualité des eaux enregistrée à cette station est très dégradée durant toutes les années étudiées (1994-2003). L'ensemble des valeurs dépasse 25 mg/l. Ces eaux sans traitement préalable représentent à cet effet un danger à la consommation.

Carte N°22 : Les Nitrates dans les eaux de surface (1994-1998)

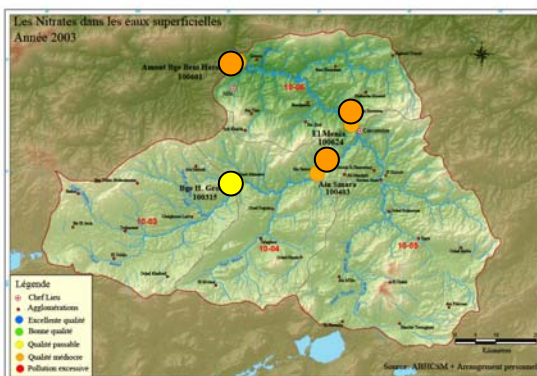
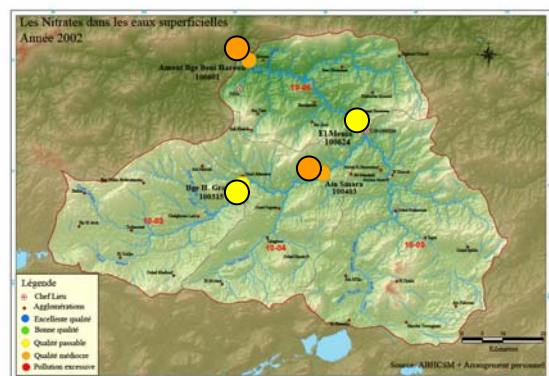
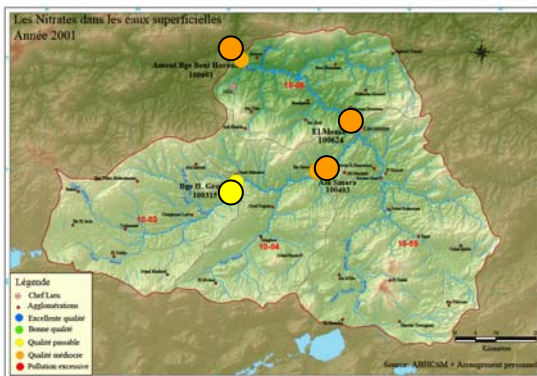
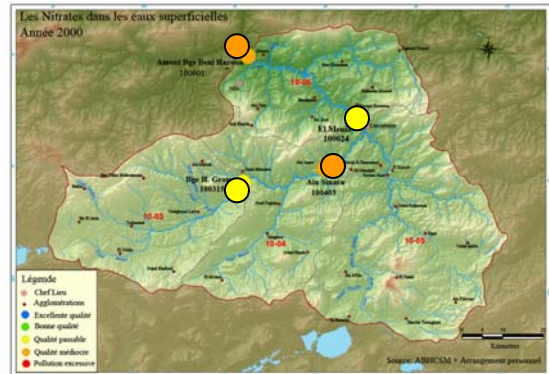
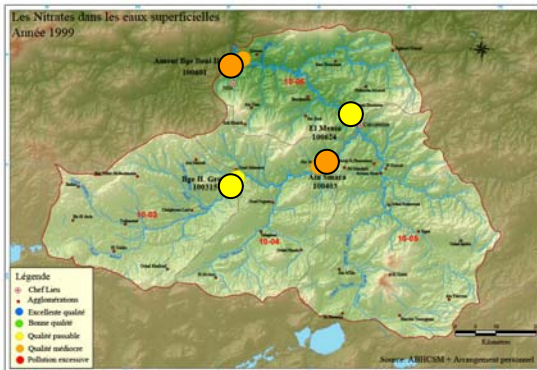


Légende

- Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.

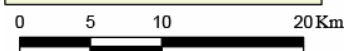


Carte N°23 : Les Nitrates dans les eaux de surface
(1999-2003)



Légende

- ◊ Chef Lieu.
- Agglomérations.
- Excellente qualité.
- Bonne qualité.
- Qualité passable.
- Qualité médiocre.
- Pollution excessive.



Carte des points de surveillance de la qualité des eaux souterraines

2.3. Les Nitrates et les eaux souterraines

Lorsqu'il pleut, une partie de l'eau s'évapore, une autre partie ruisselle en surface, une dernière percole à travers le sol jusqu'à atteignant la couche perméable, sur laquelle se constitue la nappe phréatique qui alimente les puits, les sources et les cours d'eaux (les eaux de surface).

Dans le bassin de Beni Haroun, les ressources en eaux souterraines, se limitent principalement aux aquifères du phréatique Constantinois et aux nappes des formations plio-quaternaires.

Les potentialités de ces ressources, sont estimées à 75,16 hm³. Selon le plan national de l'eau (de 1998), ces potentialités sont presque égales aux estimations 1984, par l'étude de A. Mebarki sur le grand bassin Kebir Rhumel, qui est de l'ordre de 74,50 hm³/an (Tableau N°28).

Tableau N°29 : Les potentialités en eau souterraines

Sous Bassin	Superficie (Km ²)	Potentialités des nappes en hm ³ /an	
		A. Mebarki 1984	P.N.E 1998
10 03	1230	10,70	8,67
10 04	1150	13,60	4,83
10 05	1832	42,00	33,46
10 06	1091	8,20	28,20
Total	5303	74,50	75,16

Ces nappes souterraines dans le bassin, fournissent plus de la moitié d'eau potable soit 65,938% exploités sous forme de : forages, sources et même de puits pour les petites agglomérations.

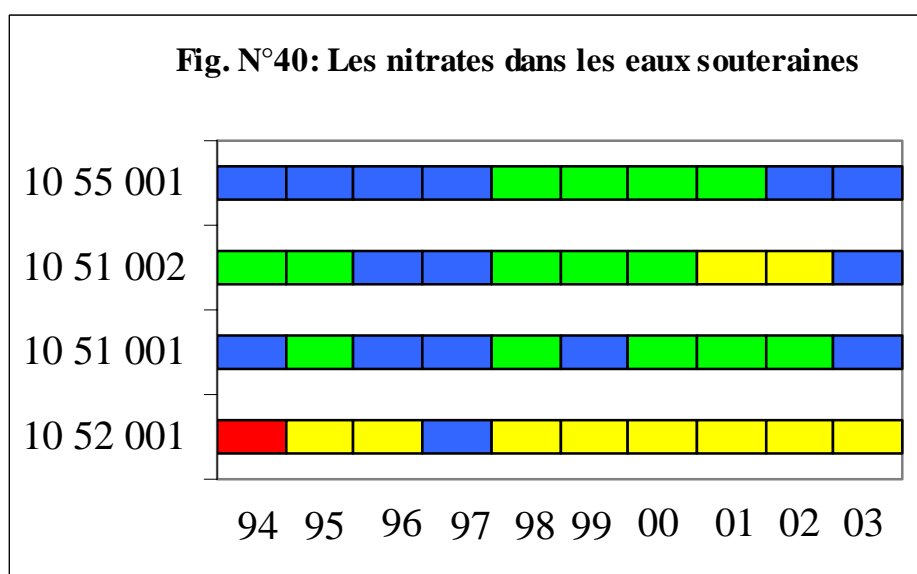
Interprétation des analyses

Le tableau N°29 et la figure N°40, représentent la répartition des teneurs en nitrates à travers les quatre points d'observations et à travers les dix années choisies (1994-2003).

Dans l'ensemble, 25% des valeurs à travers toutes les stations étudiées sont de qualité passable. La majorité de ces valeurs se situent aux points de surveillance de la qualité des eaux souterraines de Boumerzoug et de Salah Bey.

Tableau N°30 : Les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines

Année \ Station	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03
Forage F2 – Hamma Bouziane 10-51-001	5	15	5	<u>4</u>	13	9	<u>16</u>	<u>16</u>	14	6
Forage Salah Bey – Constantine- 10-51-002	11	11	8	<u>7</u>	17	17	20	<u>24</u>	22	9
Forage F4 – Boumerzoug- 10-52-001	<u>41</u>	33	37	<u>9</u>	33	31	35,4	32	30	25
Forage Ain Tinn – Mila- 10-55-001	10	7	6	<u>1</u>	15	15	16	<u>20</u>	11	2

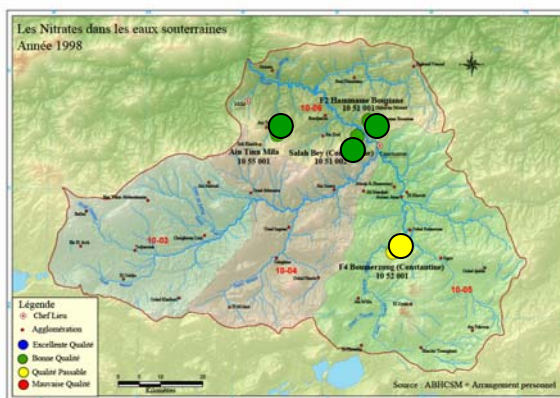
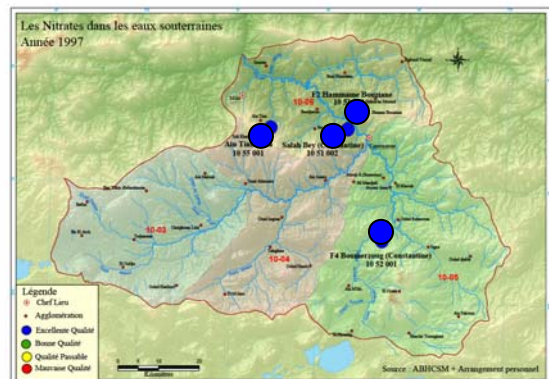
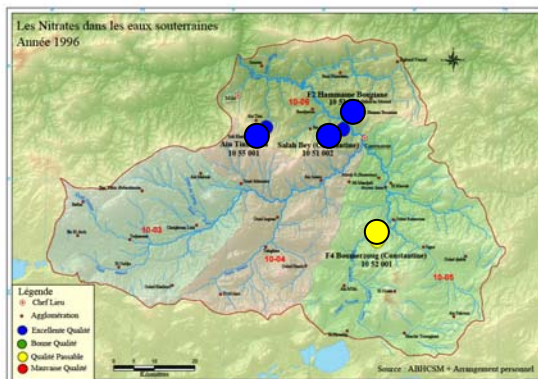
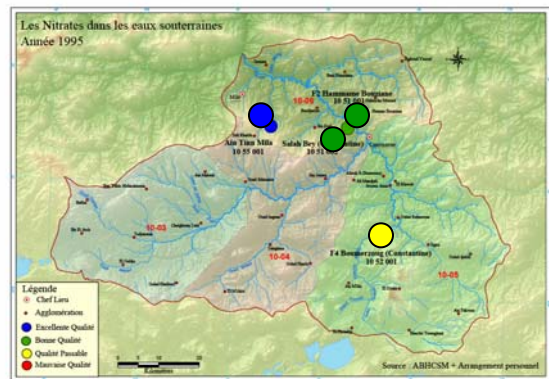
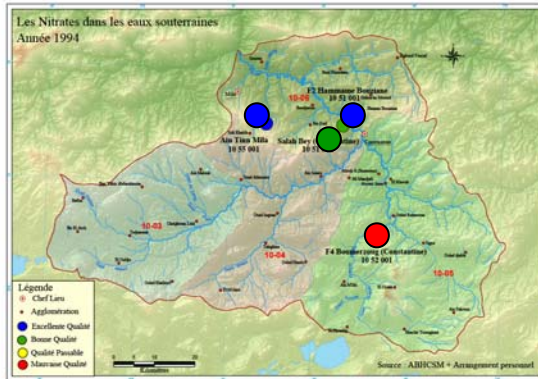


Le nombre d'années aux valeurs très élevées enregistrées au forage de Boumerzoug est de huit sur dix années étudiées. Une seule année, à ce point d'observation, a enregistré une bonne teneur en nitrates: l'année 1997, avec une valeur minimale de 1 mg/l.

Au point d'observation de Salah Bey, on enregistra deux années successives avec une qualité passable (2001 et 2002). Le reste des années s'individualisent par une qualité de bonne à excellente.

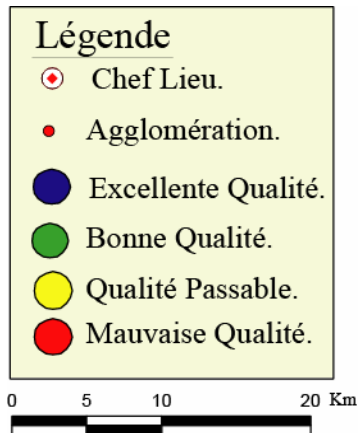
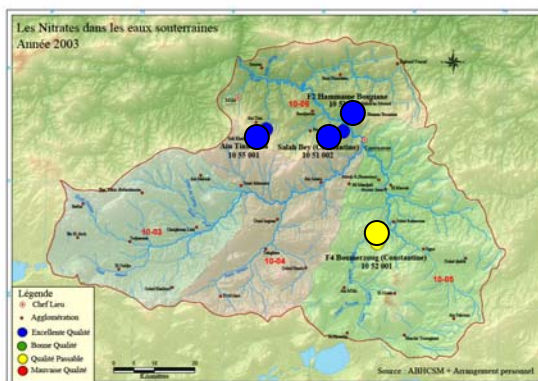
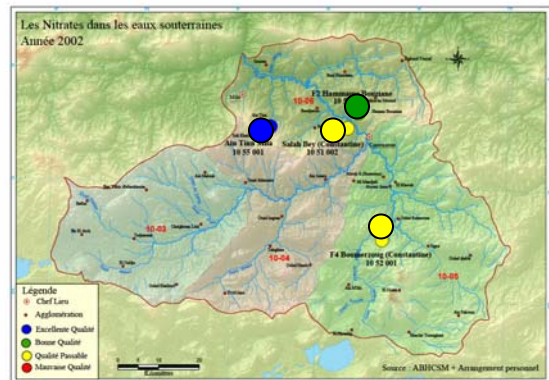
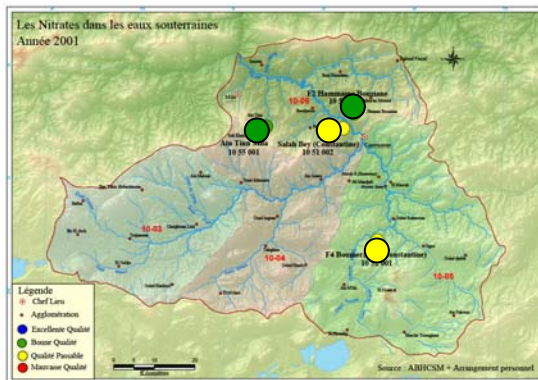
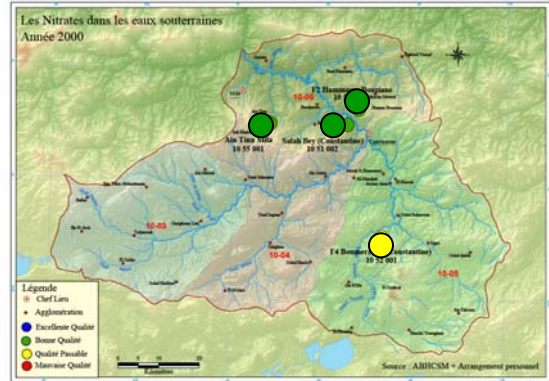
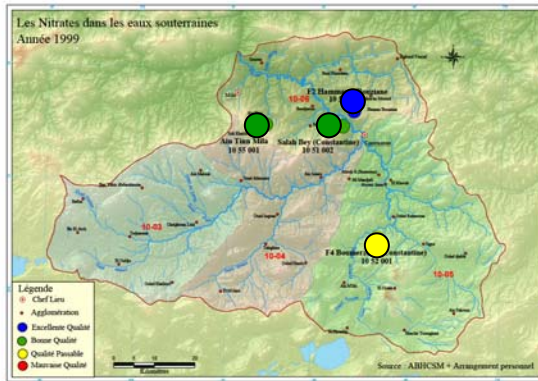
Dans le reste des points d'observation, le forage de Hamma Bouziane et de Ain Tinn, les eaux se démarquent par de bonne qualité

Carte N°25 : Les nitrates dans les eaux souterraines
(1994-1998)



0 5 10 20 Km

Carte N°26 : Les nitrates dans les eaux souterraines
(1999-2003)



CONCLUSION

Bien que les caractéristiques du secteur agricole reste dans l'ensemble beaucoup plus difficile à appréhender que celles relatives aux autres utilisateurs de la ressource en eau, il est loin le plus consommateur des ressources en eau.

Développée essentiellement dans la petite et moyenne hydraulique (920 ha). Les grands périmètres existants dans le bassin souffrent souvent de d'entretien ce qui accélère leur dégradation, voire leur mise hors service.

Dans les périmètres aux modes d'irrigation moderne (aspersion), la différence entre les quantités d'eaux prélevées et les quantités d'eaux effectivement consommées est relativement faible. Alors, que dans les vieux réseaux traditionnels, les prélèvements sur la ressource sont largement supérieurs aux consommations (cas des deux périmètres opérationnels dans le bassin : Hama Bouziane et Fourchi.

L'impact des pratiques agricoles est observé essentiellement dans les eaux de surface, les valeurs des nitrates observées dans ces dernières offrent une tendance à l'augmentation des concentrations dans la majorité des points d'observations. A la station Amont Barrage Hammam Grouz, les teneurs en nitrates dépassent les 20 mg/l. En revanche, les concentrations en aval à la station Amont Barrage Beni Haroun sont souvent supérieures à 30mg/l.

Cette situation confirme une tendance à l'augmentation de la pollution de l'amont vers l'aval. Ces zones n'étant pas uniquement des régions de cultures intensives, mais des vraies points de rejets d'eaux usées urbaines.

La qualité des eaux souterraines, montre que les niveaux de points les plus importants sont observés dans les Nappe de Salah Bey et Boumerzoug. Cette dernière les teneurs en nitrates sont élevées dans pratiquement toutes les années.

Les aquifères située à Ain Tinn et Hama Bouziane, sont quand à eux jugées intacts, probablement parce qu'ils sont moins exposés aux pressions phytosanitaires (moins de surfaces cultivées et de faible densité de drainage).

Conclusion de la deuxième partie

A travers cette partie, l'eau paraît comme une ressource vitale, essentielle et ses usages sont variés.

Consacrée à l'alimentation en eau (population >5000 habitants), les prélèvements présentent un volume annuel de 34hm³ soit 2,73% de la consommation globale en eau.

A l'irrigation, ce secteur est le plus consommateur et le plus utilisateur avec un volume annuel de 1202 hm³ soit 96,55 % de la consommation globale de l'eau dans le bassin.

Les prélèvements industriels présentent environ près de 9 hm³ annuellement soit 0,72 % de la consommation globale en eau dans le bassin et qui représente un tiers des prélèvements pour l'alimentation en eau potable.

Ces volumes importants par ces trois usages une fois utilisés, sont majoritairement et directement rejetés dans les cours d'eaux.

Et à ce titre, au vu des altérations étudiées, l'équilibre biologique de ces cours d'eaux est devenue aujourd'hui très perturbé par l'apport excessive de matières organiques, azotées, et phosphorées des rejets urbains, et industriels.

L'étude de la qualité des eaux superficielles a montré des dépassements dans la majorité des paramètres étudiés. Une mauvaise qualité sur tous les points d'observations étudiées est la conséquence de la forte concentration urbaine. Les eaux usées étant directement rejetées dans les cours d'eaux ne subissent qu'un faible taux de pollution (32%).

Concernant les eaux souterraines, l'étude des Nitrates d'origine agricole révèle deux points d'observation dont les concentrations sont très élevées, il s'agit principalement du point d'observation au niveau du forage Boumerzoug et du forage de Salah Bey.

CONCLUSION GENERALE

A travers ce travail nous pensons avoir contribué à mettre le point sur l'un des problèmes qui touche les cours d'eaux de l'un des grands bassins versants du Nord Est algérien surtout qu'il s'agit d'une unité présentant une grande variété de milieux.

Riche en eau en aval, sa partie Amont correspond en fait à une zone appartenant au climat semi-aride (hautes plaines constantinoises) dont les précipitations sont peu abondantes et un écoulement de surface faible.

Ce dernier dépendant du climat dans une large mesure, qui décroît du sud au nord et à mesure que décroissent les précipitations, se caractérise non seulement par des variations annuelles et saisonnières et mieux encore par des étiages très sévères, l'écoulement peut tomber en dessous de $1\text{m}^3/\text{s}$, tandis que les débits maximums, dépassent des fois les $250\text{ m}^3/\text{s}$.

A travers le corpus de ce travail, l'eau paraît constituer de plus en plus une matière précieuse, surtout avec l'accroissement démographique, l'effet de l'industrialisation, et la mise en valeur des terres agricoles.

Seulement, les problèmes liés à son utilisation sont considérables et prennent de plus en plus de l'ampleur et d'intensité au fil des années. On révèle un grand nombre de situations, de ce capital appelé aujourd'hui par l'or bleu, est sensiblement dénaturé par des aménagements (barrages Hammam Grouz et Beni Haroun) où domine une vision strictement hydraulique que la ressource, sollicitée à l'extrême par des usagers en expansion de plus en plus consommateurs de la ressource, et souvent en conflit. Enfin, fortement altérée par les rejets, dont les effets sont aussi diversifiés que les visages de l'eau eux-mêmes.

La pollution de l'eau, considérée comme la plus grave avec celle de l'air, a atteint au cours des dernières années des seuils alarmants. A ce titre, les principales sources de pollution qui affectent les cours d'eaux dans le bassin de Beni Haroun restent les rejets sans traitement ou mal traités. C'est le cas des rejets d'eaux domestiques provenant des utilisations de l'eau par les grandes concentrations urbaines notamment. De fortes concentrations augmentent de l'amont vers l'aval, au fur et à mesure que les rejets des concentrations urbaines augmentent. Elles se consistent en les matières organiques, azotées et phosphorées.

A la pollution par les rejets urbains s'ajoute une pollution par les effluents d'industries raccordés généralement aux réseaux d'égouts des agglomérations. La pollution d'origine agricole n'est pas à écarter ici puisque la contamination décelée dans les eaux superficielles et les eaux souterraines par les nitrates est une preuve tangible suite à une pratique irrationnelle de l'agriculture intensive surtout.

Il faudrait rappeler que l'objectif du présent travail n'était pas d'établir un bilan exhaustif des conséquences ou des impacts de la pollution. En effet, compte tenu de l'importance de la zone d'étude et de la multiplicité des disciplines concernées, une telle étude supposerait une analyse plus approfondie qui ne devrait pas se limiter à une synthèse des données existantes souvent très insuffisantes, et qui ne sauraient traduire à elle seules une situation souvent complexe incluant des dispositions spécifiques à chaque domaine, mais nécessiterait de lourdes investigations supplémentaires.

Le but de cette étude est de fournir une illustration synthétique et aussi de rassembler les différents types d'impacts de pollution, qui peuvent affecter nos cours d'eaux. Il s'agit d'une tentative destinée à orienter les réflexions dans le cadre d'une évaluation des impacts.

Le bassin de Beni Haroun, constitue à notre égard un exemple particulièrement intéressant dans la mesure où il a été l'objet d'un grand aménagement en vue d'alimenter en eau cinq (05) wilayas de l'Est algérien.

Les cours d'eaux du bassin Beni Haroun sont profondément altérés par plusieurs décennies d'intervention humaines. Aujourd'hui, le bassin versant apparaît comme un système très perturbé, pollué et détériorée, voir les eaux sont incapable de se nettoyer par elles mêmes par des aménagements qui ont créé des milieux cloisonnés, les anciens lits sont transformées par réduction parfois considérables des débits et de l'espace fluvial.

L'impact de cette situation, risque dans le temps et dans l'espace de s'accompagner par toute une série de conséquences sur la vie des cours d'eaux et la santé humaine. Les cours d'eaux véhiculent d'importants apports en matières organiques, azotées et phosphorées. Celles-ci conduisent à une **eutrophisation** du milieu, laquelle provoque une diminution de la transparence de l'eau, due à un surdéveloppement des végétaux indésirables (algues et végétaux flottants), la photosynthèse n'est possible que dans les couches superficielles, et diminution de la teneur globale de l'eau en dioxygène ce qui provoque un manque d'oxygène pour les animaux qui y

vivent. D'autres part, les ions nitrates qui polluent fortement les eaux souterraines (forages de Boumerzoug et Salah Bey), s'explique principalement par l'épandage d'engrais azotés. La consommation de ces eaux peut être cause de maladies mortelles chez les nourrissons en bas âge. Ceux-ci entraînent la cyanose liée à une transformation de l'hémoglobine des hématies qui devient impropre au transport du dioxygène, les symptômes sont : des difficultés respiratoires et des vertiges.

Les substances toxiques éliminées par les rejets industriels tels que : le zinc, le fer, et le cadmium (même en infimes quantités), restent plus dangereuses que les polluants précités. Les eaux chargées par ces substances et utilisées à des fins culturales, une fois consommées et stockées par les plantes cultivées, peuvent à leur consommation ultérieure provoquer des troubles digestifs sérieux et apporter une atteinte au foie ou aux reins.

Les enquêtes épidémiologiques réalisées dans le cadre du programme sanitaire attestent que les maladies hydriques dominent l'ensemble des maladies infectieuses. Les enquêtes menées sur la wilaya de Constantine pour une période de dix années (1994-2003) met en valeur des résultats statistiques alarmants. Ainsi, sur 2840 cas atteints de maladies hydriques (à déclaration obligatoire), 2379 cas de fièvre typhoïde, 215 cas d'amibiase et 246 cas d'hépatite virale A. Pour ce qui est du choléra, cette pathologie a beaucoup régressé et aucun cas n'a été observé durant cette période.

Cette situation nous pousse à poser la problématique de lutte. Ainsi, nous recommandons quelques scénarios d'intervention

-Au niveau des zones urbaines

- Il s'agit d'optimiser le rendement des stations d'épurations en améliorant le raccordement des réseaux dans leurs fonctions de transport des rejets vers les stations d'épurations existantes dans le bassin versant.
- De créer d'autres stations afin d'optimiser les débits traités et d'assurer une bonne protection du milieu récepteur.

-Au niveau des industries

- Il est question de séparer les rejets urbains des rejets industriels en installant des stations d'épuration adaptées à la nature des rejets et en contrôlant les rejets au moyen d'analyses régulières. L'auto mesure est un moyen très efficace.
- La formation de personnel qualifié pour la gestion des stations est nécessaire.

-Au niveau de l'irrigation

Lorsqu'une nappe est polluée, il n'est plus possible d'exercer une action curative efficace. Seule, la prévention ici est possible pour éviter d'éventuelle pollution.

Il est donc recommandé la surveillance accrue des points de mesure contaminés et des autres forages non analysés pour apprécier la qualité des eaux. Une protection immédiate, sérieuse et continue des forages présentant une bonne qualité, et de contrôler de l'eau au point de production.

BIBLIOGRAPHIE

A.B.H.-C.S.M (1999), Les cahiers de l'Agence, Le bassin du Kebir-Rhumel, Agence de bassin hydrographique Constantinoise-Seybouse-Mellegue, Constantine.

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

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

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

Actions environnement (1990), Les cahier de l'environnement N°1 D.E.P.P.R, La gestion des rivières, Paris, France.

Agences Financières de bassin (1989), Cahiers techniques de la direction de l'eau et de la prévention des pollutions et des risques, La Protection des captages d'eau, Agences Financières de bassin, N°24, France.

Agence de l'eau, 1991, Eaux de Rhône-Méditerranée-Corse, Lyon, France.

AIT BARA. S., LAMRI N., 1995, Cartographie de quelques indicateurs de pollution au niveau des oueds Seybouse, Mafragh et Kebir, Projet de fin d'étude, Institut de géologie, Université de Annaba.

ARRUS R., 1985, L'eau en Algérie. De l'impérialisme au développement (1830-1962), Alger, O.P.U .

BAAZI H., 2002, Etude de faisabilité d'un ouvrage de substitution dans la vallée de l'Oued El-Abiod, Mémoire de Magister, Département d'hydrologie, Université de Batna.

BENDERRADJI M.H., 1985, L'eau superficielle en Algérie de sa naissance à sa gestion, Mémoire de D.E.A, Univrsité Louis Pasteur (1), strasbourg, France.

BENGUEDACHE B., 1999, Région hydrographique Constantinois Seybousse Mellegue, Actes des Journées d'information et d'étude : La pollution des eaux du littoral de l'Est algérien, A.B.H.-C.S.M, Constantine, 16-17 nov. 1999, p. 1-8.

BOUCHEDJA F., 1999, Impact de l'urbanisation sur la pollution du littoral dans le bassin hydrographique Constantinois Seybousse Mellegue, Actes des Journées d'information et d'étude : La pollution des eaux du littoral de l'Est algérien, A.B.H.-C.S.M, Constantine 16-17 nov. 1999, p. 73-81.

BOUHAROUR M., 1999, Pollution du littoral marin de la wilaya de Annaba, Actes des Journées d'information et d'étude : La pollution des eaux du littoral de l'Est algérien, A.B.H.-C.S.M, Constantine 16-17 nov. 1999, p. 55-59.

COULET M., VENARD B., MONNET P., 1997, Impact des aménagement hydroélectriques sur l'écosystème Rhône, édition FRAPNA, Lyon, France.

DUROSOY G., 1960, Les ressources en eau des massifs calcaires crétaqués de la région de Constantine. Etude d'hydrogéologie appliquée, Direction de l'hydraulique et de l'équipement rural, service des études scientifiques, Clairbois-Birmandreix, Alger.

Fondation de l'eau, 1978, Mémento technique de l'eau, huitième édition, Limoges, France.

GHACHI A., 1986, Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie : le bassin de la Seybousse, Alger, O.P.U.

GOUMELLA C., GUERREE H., 1983, Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales, édition EYROLLES, Paris, France.

Guide méthodologique « Economiser l'eau dans la ville et l'habitat- sur les traces de l'expérience des villes-pilotes en Bretagne », Agence de l'eau Loire Bretagne, Mars 1999.

Journal Officiel de la république Algérienne N°46 du 14 Juillet 1983.

KHERRAZ K., 1999, Pollution des eaux du littoral de l'Est algérien nécessite d'une réflexion globale, Actes des Journées d'information et d'étude : La pollution des eaux du littoral de l'Est algérien, A.B.H.-C.S.M, Constantine, 16-17 nov. 1999, p. 18-23.

MAZOUZI M., 1999, Réhabilitation de la plaine de Annaba par dépollution de Oued Seybousse, Actes des Journées d'information et d'étude : La pollution des eaux du littoral de l'Est algérien, A.B.H.-C.S.M, Constantine 16-17 nov. 1999, p. 60-63.

MARRE A., 1992, Le tell oriental algérien : de Collo à la frontière tunisienne. Etude géomorphologique, O.P.U., Alger, Vol.1 et 2..

MEBARKI A., 1984, Ressources en eau et aménagement en Algérie : le bassin du Kebir Rhumel, Alger, O.P.U.

MEBARKI A., 1999, Les bassins exoréiques de l'Est algérien et leurs apports d'étiages à la mer Méditerranée : écoulement, rejets et protection des eaux littoral, Actes des Journées d'information et d'étude : La pollution des eaux du littoral de l'Est algérien, A.B.H.-C.S.M, Constantine 16-17 nov. 1999, p. 24-41.

MEBARKI A., 2005, Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement, Thèse de doctorat d'état, Université de Mentouri-Constantine.

ANNEXE

Tableau N°01 : Les précipitations moyennes en (mm)

	Sep	oct	nov	déc	janv	fev	mar	avr	mai	jun	jul	aou	
90/91	21,3	9,50	115,40	99,90	20,90	67,10	92,80	59,30	81,00	8,50	3,10	1,50	580,30
91/92	43,7	88,30	21,80	21,00	52,80	33,20	49,50	134,50	97,30	10,70	17,30	10,30	580,40
92/93	20,6	22,90	116,10	192,80	49,50	58,00	25,50	12,30	52,80	3,00	2,90	4,80	561,20
93/94	22,1	11,90	22,00	126,60	66,10	87,50	18,10	78,80	6,00	0,00	0,30	2,00	441,40
94/95	28,8	90,60	24,00	49,40	216,10	17,50	84,70	30,10	5,90	52,40	0,00	1,20	600,70
95/96	47,5	8,30	42,50	28,40	88,00	181,00	54,00	67,00	62,00	42,00	21,00	15,00	656,70
96/97	15	10,00	26,00	47,00	33,10	22,40	59,00	57,70	18,00	33,20	1,20	17,20	339,80
97/98	38,9	50,20	110,00	65,60	36,40	52,70	37,40	70,80	49,60	18,30	0,00	8,90	538,80
98/99	75,2	32,60	135,30	53,10	73,70	42,10	57,60	31,70	10,50	20,40	3,30	7,70	543,20
99/00	58,7	35,70	79,20	93,60	17,40	36,00	14,40	32,90	84,40	43,60	0,00	15,70	511,60
00/01	18,4	38,30	31,70	57,70	123,40	44,70	17,60	38,30	52,90	0,00	0,20	10,40	433,60
01/02	79,2	48,30	28,50	20,00	23,50	53,30	18,20	31,80	17,00	4,50	19,40	24,00	367,70
02/03	22,3	26,80	134,70	109,70	231,20	50,20	31,70	120,10	44,40	1,20	2,40	11,10	785,80
Total	37,82	36,42	68,25	74,22	79,39	57,36	43,12	58,87	44,75	18,29	5,47	9,98	533,94

Tableau N°02 : Températures moyenne en (°C)

	Sep	oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	jun	jul	aou	Total
90/91	24.3	18.5	11.4	5.7	5.9	6.1	10.8	9.9	12.9	20.7	25.5	25.4	14.8
91/92	22.0	16.1	10.4	5.8	5.1	6.8	8.9	11.4	16.0	19.2	22.7	24.9	14.1
92/93	21.8	16.7	11.9	7.1	5.0	5.8	8.6	12.3	17.3	22.6	25.4	26.2	15.1
93/94	21.7	17.8	10.9	7.8	7.5	8.3	11.3	10.3	19.7	22.5	26.7	28.7	16.1
94/95	22.9	16.8	12.7	7.9	5.9	9.7	9.0	11.2	18.2	21.9	25.9	24.5	15.6
95/96	20.7	16.7	11.5	10.1	9.1	6.5	10.2	11.9	16.4	19.7	24.6	25.6	15.3
96/97	19.3	14.5	12.2	9.6	8.3	9.1	9.1	12.3	19.9	24.9	25.5	25.3	15.8
97/98	21.0	16.7	11.7	8.3	7.1	8.1	9.4	13.3	16.2	23.6	26.5	25.4	15.6
98/99	22.2	14.5	10.0	6.4	7.1	5.5	10.0	13.3	21.0	24.2	25.4	28.8	15.7
99/00	23.1	19.3	10.4	7.5	4.6	8.2	11.2	14.7	20.1	22.3	26.9	26.4	16.2
00/01	21.9	15.9	12.3	9.1	8.0	7.4	14.3	12.4	17.2	23.8	27.1	26.3	16.3
01/02	21.6	20.2	10.9	6.6	6.4	8.6	11.1	14.0	18.7	24.8	25.6	25.0	16.1
02/03	21.3	17.9	12.3	9.2	7.0	6.3	10.5	14.0	17.7	25.3	28.4	27.4	16.4
Moyenne	21.8	17.0	11.4	7.8	6.7	7.4	10.3	12.4	17.8	22.7	25.9	26.1	15.6

Tableau N°03 : Débits moyen en (m3/s)

Année	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	annuel
90/91	0,598	0,551	4,432	6,543	4,413	8,820	11,174	9,793	3,358	3,058	0,947	0,662	4,529
91/92	1,049	2,900	2,140	2,257	2,902	3,664	4,198	15,990	8,118	2,502	1,380	1,153	4,021
92/93	1,268	1,704	4,145	16,086	41,389	9,031	9,258	4,600	4,123	2,010	1,176	1,027	7,985
93/94	1,241	1,591	2,077	7,034	6,865	20,082	4,884	4,095	1,835	0,729	0,227	0,324	4,249
94/95	0,638	6,832	1,901	2,576	35,930	5,973	15,055	4,116	2,093	1,772	0,564	0,598	6,504
95/96	6,164	2,532	2,291	2,408	3,463	30,942	15,975	5,496	6,022	4,141	1,464	1,301	6,850
96/97	1,572	1,787	1,984	2,891	4,257	2,786	2,648	1,938	1,070	0,632	0,378	0,530	1,873
97/98	3,135	1,759	3,890	8,791	5,214	9,483	4,802	4,348	4,252	0,980	0,598	0,443	3,975
98/99	2,855	1,814	14,820	8,901	13,698	36,748	8,187	4,538	2,253	1,049	0,422	0,377	7,972
99/00	6,656	1,833	2,277	8,254	4,603	3,365	2,687	1,731	2,203	2,276	0,426	0,354	3,055
00/01	0,391	1,311	1,481	1,950	9,763	17,591	2,483	2,025	1,805	0,310	0,175	0,146	3,286
Moyenne	2,324	2,238	3,767	6,154	12,045	13,499	7,396	5,334	3,375	1,769	0,705	0,629	4,936

Tableau N°04 : Débits maximum en (m3/s)

Année	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	annuel
91/92	1,620	11,000	4,048	2,816	7,132	18,000	9,232	133,000	85,250	5,128	4,744	1,384	133,000
92/93	11,000	4,360	43,400	282,000	207,200	19,000	33,500	6,028	10,000	3,444	3,172	1,160	282,000
93/94	1,500	2,900	3,736	82,600	18,500	168,000	8,464	7,764	3,308	0,900	0,676	1,216	168,000
94/95	2,564	196,000	3,172	10,000	190,400	9,232	90,550	7,132	3,444	4,360	0,788	0,620	196,000
95/96	173,600	16,000	5,556	4,360	17,000	291,200	70,900	21,350	38,450	26,750	1,808	1,384	291,200
96/97	1,808	2,012	3,444	8,848	38,450	3,444	6,816	4,360	1,620	3,444	0,788	2,564	38,450
97/98	87,900	39,275	39,275	36,800	25,400	123,250	12,000	45,050	29,450	2,732	0,788	0,452	123,250
98/99	77,300	4,204	276,000	49,175	133,000	93,200	20,675	5,792	4,360	3,308	0,536	0,452	276,000
99/00	200,200	5,320	3,892	142,800	7,132	3,736	3,172	2,900	21,350	26,750	0,620	0,410	200,200
00/01	1,216	18,000	3,172	4,360	115,000	267,200	3,736	3,580	6,264	0,578	0,284	0,168	267,200
Qmax	200,200	196,000	276,000	282,000	207,200	291,200	90,550	133,000	85,250	26,750	4,744	2,564	1085,000

Tableau N°05 : Débits minimum en (m3/s)

Année	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	annuel
90/91	0,494	0,494	0,536	1,440	3,172	3,444	3,736	3,444	2,160	1,004	0,788	0,494	0,494
91/92	0,620	1,740	1,740	1,876	2,240	2,240	2,732	3,172	2,732	1,272	1,108	0,788	0,620
92/93	0,676	1,328	1,500	2,480	2,480	7,132	5,792	3,736	2,564	1,440	0,952	0,900	0,676
93/94	1,056	1,216	1,740	2,732	3,736	4,048	3,736	2,900	1,004	0,410	0,120	0,120	0,120
94/95	0,136	0,136	1,560	1,440	2,564	4,204	4,204	3,172	1,216	0,732	0,494	0,536	0,136
95/96	0,620	1,560	1,560	1,944	2,012	2,900	2,900	4,048	3,172	1,808	1,272	1,216	0,620
96/97	1,440	1,500	1,808	2,240	2,648	2,240	1,876	1,560	0,900	0,410	0,242	0,200	0,200
97/98	0,326	0,326	1,440	1,440	3,036	2,732	3,444	1,740	1,808	0,732	0,368	0,410	0,326
98/99	0,410	1,328	1,108	1,108	4,552	11,500	6,028	3,444	1,056	0,578	0,326	0,326	0,326
99/00	0,452	1,160	1,384	2,564	3,736	3,036	2,160	1,004	0,452	0,732	0,326	0,284	0,284
00/01	0,184	0,676	0,900	1,500	1,808	1,808	1,680	1,440	0,578	0,184	0,136	0,120	0,120
Qmin	0,136	0,136	0,536	1,108	1,808	1,808	1,680	1,004	0,452	0,184	0,120	0,120	0,120

Tableau N°06 : Les valeurs des paramètres polluants à la Station 10 03 15

Station 10 03 15							
	Matières organiques et oxydables		Matières azotées		Matières phosphorées	Particules en suspension	Minéralisation
	O2 dissous	DCO	NO2	NH4	PO4	Turbidité	Conductivité
1994	59,2	103	0,13	5,4	1,39	8,8	1800
1995	60,29	178	0,06	2,4	2,79	8,69	1500
1996	29,6	124	0,1	11,5	7,59	18,39	1700
1997	47,29	396	0,08	13	9,39	13,1	1800
1998	36,2	103	0,09	4,3	2,31	10,16	1700
1999	68,9	85	0,28	0,69	0,8	5,3	800
2000	10	49	0,008	0,4	0,4	6,09	900
2001	7,4	69	0,05	0,08	1,1	17,6	1000
2002	54	55	0,242	0,45	0,64	26	800
2003	67,9	66	0,45	0,65	0,69	4,69	800

Tableau N°07 : Les valeurs des paramètres polluants à la Station 10 0403

Station 10 04 03							
	Matières organiques et oxydables		Matières azotées		Matières phosphorées	Particules en suspension	Minéralisation
	O2 dissous	DCO	NO2	NH4	PO4	Turbidité	Conductivité
1994	24,89	204	0,4	50	4,25	12,1	2200
1995	17,2	340	0,15	6	18	10	2200
1996	13,39	220	0,13	50	15	17,5	2300
1997	39,29	516	0,17	52,5	15	12,19	2200
1998	39,59	236	0,69	6,85	19,2	10,6	2700
1999	2,9	133	3,51	6,4	7,59	8,39	2600
2000	50,7	607,9	2,63	90	12,5	19,79	2700
2001	72,5	202	1,51	30	6,5	61	2500
2002	31,5	336	0,41	24	8	32	2800
2003	69,5	92	1,67	5	2,9	44,5	2200

Tableau N°08 : Les valeurs des paramètres polluants à Station 10 06 24

Station 10 06 24							
	Matières organiques et oxydables		Matières azotées		Matières phosphorées	Particules en suspension	Minéralisation
	O2 dissous	DCO	NO2	NH4	PO4	Turbidité	Conductivité
1994	16,6	270	0,2	44	10,8	16,1	1900
1995	12,39	296	0,28	50	15	14,19	1800
1996	20,29	99	0,13	20	8,39	19	1900
1997	10,1	154	0,25	54	14,3	14,19	1800
1998	21,1	97	0,2	17	13,19	25	2100
1999	30,7	96	1,89	9,6	8,39	12,5	2100
2000	14,1	216	2,78	40	14	19	2100
2001	40,4	246	5,65	36	12	23,79	2100
2002	9,39	332	1,7	36	16,79	169	2200
2003	46,2	158	2,61	10	5	83,5	2300

Tableau N°09 : Les valeurs des paramètres polluants à Station 10 06 01

Station 10 06 01							
	Matières organiques et oxydables		Matières azotées		Matières phosphorées	Particules en suspension	Minéralisation
	O2 dissous	DCO	NO2	NH4	PO4	Turbidité	Conductivité
1994	55	101	0,2	8	4	6,09	2000
1995	60,7	152	0,44	3,2	3,7	11,8	2100
1996	40,7	91	0,31	6	6,19	12,3	1800
1997	43,59	111	0,62	8,69	8,8	13,1	2900
1998	63,9	91	0,3	8,8	8	14,6	2300
1999	22,89	166	6,09	4,03	6,4	9,1	2200
2000	46,79	204	5,05	16,6	8,5	17,6	2300
2001	26,5	209	3,42	9,6	7,19	90,4	2600
2002	54,7	152	1,78	22	14	92	2700
2003	46,59	153	5,24	6	3,65	89,3	2300

Tableau N°10 : Les valeurs des Nitrates (Eaux souterraines)

	1051001	1051002	1052001	1055001
1994	5	11	41	10
1995	15	11	33	7
1996	5	8	37	6
1997	4	7	9	1
1998	13	17	33	15
1999	9	17	31	15
2000	16	20	35,4	16
2001	16	24	32	20
2002	14	22	30	11
2003	6	9	25	2

Tableau N°11 : Les valeurs des Nitrates (Eaux superficielles)

	10 03 15	10 04 03	10 06 24	10 06 01
1994	22	39	36	31
1995	21	34	16	33
1996	32	21	27	41
1997	23	12	19	38
1998	8	24	10	29
1999	14	46	24	42
2000	17	26	13	45
2001	14	40	35	32
2002	15	40	15	25
2003	18	45	27	45

Tableau N°12 : Les périmètres d'irrigation

Sous Bassin	Périmètre d'irrigation	Commune	Superficie irrigable (ha)	Superficie irriguée (ha)	Type de culture	Mode d'irrigation	Origine	Besoins (hm³/an)	Volume allouée (hm³/an)
10 04	Teleghma	Teleghma	8000	Néant	/	/	Barrage Beni Haroun	/	/
10 05	Fourchi	Ain M'lila	616	180	-Cultures Maraîchère -Cultures Industrielle	Gravitaire	Forages (F1 et F2)	1200	1200
10 05	Bousselaa	Ain Kercha	210	0	Culture Maraîchère	Gravitaire	Forages (A11et A13)	Néant	Néant
10 06	H. Bouziane	H. Bouziane	1484	473	-Cultures Maraîchère -Arboriculture		Source Hammam Zaoui, 21 puits	2,5	3
Total Bassin			2310 (sous 9000)	653				1202,5	1203

Tableau N°13 : Les retenues collinaires

Sous Bassin	Dénomination	Localisation	Commune	Capacité (m ³)	Destination	Année de Réalisation	Observations
10 03	Oued Doulani	Bellaa	Bellaa	900.000	Irrigation	1985	A sec
10 04	Chaabet Erroumi	Ain Smara	Ain Smara	70.000	Renforcement AEP Berla	1999	Non utilisée
10 04	Oued Ben Boulaid	Oued Ouldja	Ain Smara	800.000	Irrigation	1989	Evasée
10 04	Chaabet Mahra	Oued Seguen	Oued Seguen	50.000	Abreuvement Cheptels + irrigation	1988	
10 04	Teniet Rabah	Ain Melouk	Ain Melouk	50.000	Irrigation	/	
10 05	Lac aux lions	Djebel Ouahch	Constantine	50.000	Loisir	1985	
10 05	Quatre Retenues	Djebel Ouahch	Constantine	80.000	Lac utilisation pour les incendies de forêt	Avant 1950	
10 05	Groureche 1	El Meridj	El Khroub	80.000	Irrigation	1992	Envasée partiellement
10 05	<u>Groureche 2</u>	El Meridj	El Khroub	50.000	//	1992	Envasée partiellement
10 05	Zaaroura 1	Lembleche	El Khroub	100.000	//	1987	Envasée partiellement
10 05	Zaaroura 2	Lembleche	El Khroub	170.000	//	1991	Envasée partiellement
10 05	Zaaroura 3	Lembleche	El Khroub	170.00	//	1992	Envasée partiellement
10 05	Oued Melah	Salah Derradji	El Khroub	470.000	//	1991	Envasée partiellement
10 05	Bounouara	Bounouara	Ouled Rahmoune	170.000	//	1987	Envasée
10 05	Bousselaa	Ain Kercha	Ain Kercha	60.000	//	1985	Envasée
10 05	Oued Ain Kercha	Ain Kercha	Ain Kercha	34.000	//	1985	Envasée
10 05	Ain Fakroun	Ain Fakroun	Ain Fakroun	40.000	//	1985	Récupérable
10 05	Ain Fakroun 1	Ain Fakroun	Ain Fakroun	45.000	//	1985	Envasée
10 05	El Khanga	Sigus	Sigus	224.000	//	1988	Exploitée partiellement
10 05	Chaabet Ain El Bordj	Sigus	Sigus	150.000	//	1985	Envasée
10 05	Chaabet El Kemah	El Amiria	El Amiria	45.000	//	1985	Envasée
10 05	El Maaz	Ouled Gacem	Ouled Gacem	130.000	//	1985	Envasée
10 06	Chaabet Attaba	Attaba	Didouche Mourad	80.000	//	1993	Envasée partiellement
10 06	Ain Lahjer	Sidi Khelifa	Sidi Khelifa	80.000	//	1987	
10 06	Dar El Teldj	Grarem Gouga	Grarem Gouga	50.000	Utilisation pour les incendies des forêts	/	
Total	25			4.148.000			

Tableau N°14 : La Petite et Moyenne Hydraulique dans le bassin (PMH)

<i>Sous</i> <i>Bassin</i>	Zone d'irrigation	Commune	Superficie irriguée (ha)	Type de culture	Mode d'irrigation	Origine	Besoins (hm³/an)	Volume alloué (hm³/an)
10 03	Bellaa	Bellaa	80	Culture Maraîchère	Aspersion	Retenue collinaire Bellaa	+1	1
10 04	Ain Smara	Ain Smara	133	Culture Maraîchère Arboriculture Fourrages	Aspersion Gravitaire	Oued Rhumel Puits	6	0,4
10 05	Djid Malou	Ain M'lila	0	Culture Maraîchère	Gravitaire	Forages Dj1	0	0
10 05	El Meridj	El Khroub	13	Culture Maraîchère Arboriculture Fourrages	Aspersion	R.C Grourech 1 et Grourech 2	0,2	0,2
10 05	Lemblech	El Khroub	50	//	Aspersion Gravitaire	R. C Zaaroura 1,2 et 3	0,6	0,3
10 05	El Melah	El Khroub	26	//	Aspersion	R. C. Mellah	0,4	0,1
10 05	Bounouara	Ouled Rahmoun	25	Culture Maraîchère	Aspersion	R. C. Bounouara	0,2	0,1
10 06	Salah Bey	Constantine	86	Culture Maraîchère Arboriculture Fourrages	Aspersion	Fourrage Salah Bey	3	0,4
10 06	Boumerzoug	Constantine	500	Culture Maraîchère	Aspersion	O. Boumerzoug Puits	24	3
10 06	Attaba	Didouche Mourad	7	Culture Maraîchère Arboriculture	Aspersion	R. C Attaba	0,1	0,1
Total	10		920				34,5	5,6

Tableau N°15 : Les forages dans le bassin

Sous Bassin	Nombre de Forages	Débit exploité (l/s)	Répartition par secteur
10 03	32	319,5	AEP : 26 Forages = 232,5 l/s AEI : 3 Forages = 33 l/s Irrig : 3 Forages = 54 l/s
10 04	25	395,8	AEP : 20 Forages = 288,3 l/s AEI : 4 Forages = 102 l/s Irrig : 1 Forages = 5,5 l/s
10 05	52	1360,6	AEP : 44 Forages = 932 l/s AEI : 3 Forages = 46 l/s Irrig : 5 Forages = 382,5 l/s
10 06	17	882	AEP : 16 Forages = 862 l/s AEI : 1 Forages = 20 l/s Irrig : Néant
Total	126	2957,8	

Source : ABH-Constantine

Tableau N°16 : Les sources dans le bassin de Beni haroun

Sous bassin \ Source	Nombre	Q(l/s)
10 03	21	113
10 04	10	30
10 05	7	52,5
10 06	41	304,7
Total	79	500,2

Source : ABH-Constantine

Tableau N°17 : Les puits

Sous bassin \ Puits	Nombre	Q(l/s)
10 03	05	10
10 04	02	7
10 05	06	11
10 06	04	19
Total	17	47