

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE

FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE LA GEOGRAPHIE
ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
DEPARTEMENT DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

N° d'Ordre :

Série :

MEMOIRE DE MAGISTER

en

Géographie et Aménagement du territoire, Option : Milieux Physiques

RESSOURCES EN EAUX, MOBILISATION ET UTILISATION
DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MAFRAGH

par Samia AFFOUN



Soutenu à Constantine, le 2006

Devant le Jury :

Président.....: MT. BENAZOUZ, Professeur, Université de Constantine

Rapporteur.....: A. ANSER, Professeur, Université de Constantine

Examineur.....: AM. NEMOUCHI, Maître de Conférences, Université de Constantine

Examineur.....: A MEBARKI, Maître de Conférences, Université de Constantine

TABLE DES MATIERES
INTRODUCTION GENERALE

PREMIERE PARTIE:

Caractères Physiques et Climatologiques du Bassin Versant de la Mafragh

| | |
|--|-----------|
| 1- Cadre Géographique Régional de la Région d'Etude..... | 04 |
| 2- Situation Géographique du Bassin Versant de la Mafragh..... | 05 |
| I- Topographie et Energie du Relief : Facteurs de Fonctionnement des bassins hydrographiques..... | 07 |
| 1-Topographie et morphologie du bassin versant..... | 07 |
| 2- Formes de Relief Marquées par des Tranches d'Altitudes | 15 |
| 3- Mise en Place du Réseau Hydrographique..... | 17 |
| 4- Etude Géologique | 20 |
| 4-1- Les Formations Post-Nappes | |
| 4-2- Les Formations Anté-Nappes | |
| 4-3- Paléogéographie | |
| 4-4- Conclusion | |
| 5- L'Energie du Relief: un facteur favorisant l'Écoulement ou l'Infiltration | 30 |
| 6- Etude Morphométrique..... | 35 |
| 6-1- L'Hypsométrie | |
| 6-2- Interprétations des Paramètres Morphométriques au 1/200.000 | |
| 6-3- Critique des Résultats obtenus au 1/200.000 | |
| 6-4- Interprétation des Paramètres Morphométriques au 1/50.000 | |
| 6-5- La Densité de Drainage | |
| 6-6- La Densité Relative | |
| 6-7- Le Coefficient de Torrentialité | |
| 6-8- Le Temps de Concentration | |
| 6-9- Conclusion | |

| | |
|---|-----------|
| II- Etude des Facteurs Climatiques: Climat Facteur de Variabilité | |
| du régime hydrologique..... | 47 |
| 1- Les Précipitations Liquides..... | 49 |
| 1-1- Contrôle de la Fiabilité des Séries | |
| 1-2- Comblement des Lacunes d'Observation | |
| 1.2.1- Application de la méthode des rapports à la série de Boutheldja | |
| 1-3- Les Précipitations Annuelles: Irrégularités dans le Temps et dans l'Espace | |
| 1.3.1- Précipitations inter-annuelles | |
| 1-4- Les précipitations journalières | |
| 1.4.1- Les jours pluvieux | |
| 1.4.2- Etude des Maxima de 24 h, 48 h et 72 h | |
| 1.4.3- Les Averses de Courte Durée (Durée inférieure ou égale à 24 h) | |
| 1.4.4- Les épisodes pluvieux | |
| 1.4.5- Etudes des séquences pluvieuses et non pluvieuses | |
| 2- Les Facteurs Thermiques | 68 |
| 2-1- Variations mensuelles et annuelles des températures | |
| 2-2- Etudes des extrêmes : « Minima et Maxima » | |
| 2-3- Les Diagrammes Ombrothermiques | |
| 3- Les Précipitations Solides..... | 73 |
| 4- Le Vent..... | 74 |
| 5- Conclusion..... | 76 |
| 6- Bilan Hydrique..... | 77 |
| 3-1- Calcul du Bilan Hydrique | |
| 3-2- Analyse du bilan hydrique | |
| III- Un Tapis Végétal à Vocation principalement Forestière..... | 83 |
| 1- Les Formations Superficielles..... | 83 |
| 1-1- Les formations Quaternaires | |
| 1.1.1- La Plaine Alluviale | |
| 1.1.2- Les Marécages et Garâats | |
| 1.1.3- Les Nechaâs | |
| 1-2- Zone des Glacis et Versants | |
| 1-3- La Zone des Montagnes | |
| 1-4- La Zone du Cordon Dunaire | |

| | |
|--|------------|
| 2- Occupation du Sol..... | 86 |
| 2-1- Le Couvert Végétal | |
| 2.1.1- La Forêt | |
| 2.1.2- Les Maquis | |
| 2.1.3- L'association hygrophile | |
| 2.1.4- Les Parcours | |
| 2-2- Le Potentiel Agricole | |
| 2.2.1- La valorisation du potentiel agricole | |
| 2-2- Le Potentiel Agricole | |
| 3- Conclusion..... | 96 |
| VI- Les Caractéristiques Hydro-Géologiques..... | 98 |
| 1- Les différentes Nappes du Système Aquifère la Mafragh..... | 98 |
| 1.1- Plaines d'El Asfour | |
| 1.2- La Plaine de Boutheldja | |
| 1.3- La Plaine d'El Tarf | |
| 1.4- Nappe de la Plaine d'Annaba | |
| 2- Conclusion..... | 106 |
| V- Conclusion de la première partie..... | 108 |

DEUXIEME PARTIE:

Hydrologie et Ressources en Eau dans le Bassin Versant de la Mafragh

| | |
|--|------------|
| 1-Hydrologie du Bassin Versant de la Mafragh..... | 110 |
| 1-1- Hydrologie des oueds Bounamoussa et Kebir Est | |
| 1-2- Irrégularité interannuelle et répartition statistique | |
| 1-3- Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations | |
| 1-4- Variations saisonnières | |
| 1-5- Application de la méthode de corrélation linéaire | |
| 1-6- Les inondations (Etude de Cas) | |
| 1-7- Conclusion | |
| 2- Evaluation des Ressources en Eau dans le Bassin Versant..... | 124 |
| 2-1- Evaluations des ressources en eau souterraine | |
| 2-2- Estimation de la ressource en eau superficielle | |
| 2-3- Affectation de la ressource superficielle et souterraine | |
| 2-4- Qualité des eaux souterraines et superficielles | |
| 2-5- Eaux usées | |

| | |
|---|------------|
| 3- Besoins en Eau | 136 |
| 3-1- Zone Annaba - El Hadjar | |
| 3-2- Villes Moyennes et Communes Rurales Wilaya d'El Tarf | |
| 3-3- Besoins en Eaux Industrielles | |
| 3-4- Besoins en Eaux Agricoles | |
| 4- Bilan : Besoins Globaux/ Ressources Mobilisées..... | 154 |
| 5- Conclusion de la Deuxième Partie | 158 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 159 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIE..... | 167 |
| Liste des Figures..... | 172 |
| Liste des Tableaux | 174 |
| Liste des Photos..... | 175 |
| ANNEXE..... | 176 |
| RESUME EN ARABE..... | 185 |
| RESUME EN ANGLAIS..... | 186 |
| RESUME EN FRANCAIS..... | 187 |

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements au Professeur Allaoua Anser, auprès de qui j'ai trouvé tout l'appui aux moments les plus délicats, pour avoir accepté de diriger ce modeste travail, pour ses directives et conseils, et pour de m'avoir consolidée durant toutes ces années.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des Professeurs qui nous ont encadrés durant notre première année de Magister: M. Amirech, M. Benazouz, M. Laouamri, M. Mebarki et M. Nemouchi.

De vifs remerciement à M. et Meme Boukhemis, Professeurs à l'Université de Annaba, qui m'ont soutenue et permis d'assurer mes recherches bibliographiques ainsi qu'au Professeur A. Ballouche et au Docteur Jean Michel Cadot du laboratoire de Géomorphologie de l'Université de Caen(Géophen).

Mes remerciements vont également à mes Professeurs de graduation de l'Université de Annaba : M. Chouabi, M. Oularbi, M. Aiyech, M. Sayed et Benlakhlef.

Je tiens, par ailleurs, à exprimer ma profonde gratitude envers M. Malkia, Ingénieur Principale à la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'El Tarf pour tout son aide.

Mes sincères remerciements vont également à Ms :

Dr Matlaoui, Ex directeur de la D.S.A

BenYeken D, Ex Conservateur de la Conservation des forêts de la Wilaya d'El Tarf.

Bekhouch N, Directeur de la D.H.W

Hallala BD, Directeur de la D.P.A.T de la Wilaya d'El Tarf.

Arar A, Chef de service des statistiques D.P.A.T de la Wilaya de Annaba.

M. Ait Hamou M et Mle Bouabdallah S, ingénieurs à la D.H.W

Ms. Madi, Abdallah et Boukhendef de l'ANB du Barrage de Cheffia

M.Tarfaya, membre de l'Assemblée Populaire de la Wilaya d'El Tarf.

L'ensemble du personnel de L'Agence National de la Météorologie de Annaba.

L'ensemble du personnel de L'Agence National des Ressources Hydriques de Constantine et de Annaba.

M. Nadjoua ZA, président de l'A.P.C de la Commune de Cheffia et M. Nedjoua W Secrétaire Général et à l'ensemble du personnel de l'A.P.C en particulier M. Madi M, Mahfoudi N et Mles Sakri S, Douaoui N et spécialement Mle Mokrani Ismahane.

Mes remerciements vont également à M Aouadi S, Professeur à l'université de Annaba Faculté des Sciences Humaines et à sa femme et mon amie intime Maarfia Nabila.

Mle Ferkous H, enseignante à L'université de Bordj Bouariridj et à toute sa Famille.

Mer Djebnune B, Ingénieur du laboratoire des ressources naturelles, Université de Annaba.

Docteur Meme Bouafia Nacira et son adorable fils Hamza.

Ms Chuoabi Z et Mles Sihem et Houda de Anneb Informatique.

Mes sincères remerciements s'adressent enfin aux membres de Jury qui ont accepté de lire et juger ce travail.

Dédicace

Je dédis ce modeste travail
à mes parents et à toute ma famille

Liste des tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau n°01 : Répartition du relief par classes de pentes..... | 33 |
| Tableau n°02 : Paramètres morphométriques par sous-bassin..... | 43 |
| Tableau n°03 : Coordonnées géographiques des différentes stations..... | 46 |
| Tableau n°04 : Variations mensuelles et annuelles du coefficient de variations..... | 57 |
| Tableau n°05 : Ecart à la moyenne des précipitations annuelles par rapport aux années extrêmes | 59 |
| Tableau n°06 : Répartitions saisonnières des précipitations par stations et Indice de PEGUY | 60 |
| Tableau n°7a : Les maxima enregistrées à la Station de: Annaba les Salines (Octobre, 1982/83) | 62 |
| Tableau n°7b : Les maxima enregistrées à la Station de : Ain Assel (Novembre, 1992/93)... | 62 |
| Tableau n°7c : Les maxima enregistrées à la Station de : Cheffia Barrage (Avril, 1978/79)... | 63 |
| Tableau n°08 : Nombre de jours de pluies torrentielles ($P \geq 30$ mm/24h) observées aux différentes stations..... | 64 |
| Tableau n°09 : Variations mensuelles et annuelles des températures..... | 69 |
| Tableau n°10 : Nombre moyen de jours de neige (1913-1938) | 73 |
| Tableau n°11 : Moyennes mensuelles et annuelle du nombre de jours de grêle (1913-1938)... | 74 |
| Tableau n°12 : Variation des moyennes mensuelles de la vitesse maximale instantanée du vent à la station de Annaba les salines (période:1971/72-2002/03)..... | 75 |
| Tableau n°13 : Nombre moyen de jour de sirocco mensuel et annuel..... | 75 |
| Tableau n°14 : Bilan d'eau ; station de Cheffia Barrage : période (1990/91-20002/03)..... | 80 |
| Tableau n°15 : Bilan d'eau ; station de Bouhadjar Période : (1971/72-1992/93) températures extrapolées)..... | 82 |
| Tableau n°16 : Bilan d'eau ; station de Annaba les Salines période : (1971/72-2002/03)..... | 82 |
| Tableau n°17 : Apports moyens annuels des principaux oueds..... | 111 |
| Tableau n°18 : Paramètres du bilan hydrique..... | 113 |
| Tableau n°19 : Coefficient moyen mensuels des débits et Coefficient de variation..... | 117 |
| Tableau n°20 : Bilan des entrées et des sorties du barrage Cheffia durant les trois jours d'inondation..... | 122 |
| Tableau n°21 : Aquifères existants et leurs réserves renouvelables dans le bassin versant de la Mafragh et la plaine d'Annaba..... | 124 |
| Tableau n°22 : Volume exploité par nappe et par secteur..... | 125 |
| Tableau n°23 : Utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation des moyens et petits périmètres dans le bassin versant de la Mafragh..... | 125 |
| Tableau n°24: Mobilisation de la ressource superficielle à moyen et long terme 2015..... | 128 |
| Tableau n°25 : Les barrages existants, en cours de réalisation, en projets et les sites potentiels dans le bassin versant de la Mafragh (D.H.W, 2005)..... | 129 |
| Tableau n°26 : Affectation de la ressource superficielle et souterraine par secteurs..... | 130 |
| Tableau n°27 : Affectation de la ressource à Annaba et El Tarf..... | 131 |
| Tableau n°28 : Perspectives d'évolution de la population de la zone de Annaba- El Hadjar | 139 |
| Tableau n°29 : Détermination des besoins en eau potable de la zone d'Annaba et El Hadjar | 141 |
| Tableau n°30 : Perspectives d'évolution de la population à El Tarf..... | 143 |
| Tableau n°31 : Dotation journalière réelles de la Wilaya d'El-Tarf en 2005..... | 144 |
| Tableau n°32 : Détermination des besoins en eau potable de la wilaya d'El Tarf..... | 145 |
| Tableau n°33 : Déterminations des besoins globaux en eau potable par horizon..... | 146 |
| Tableau n°34 : Etat du plan de culture du périmètre de la Bounamoussa..... | 149 |
| Tableau n°35 : Evolution de l'irrigation du périmètre de la Bounamoussa à partir du barrage de Cheffia de 1997 à 2003..... | 150 |
| Tableau n°36 : Saison d'irrigation 2002/2003 par type de culture..... | 151 |
| Tableau n°37 : Besoins en eau agricole dans la région du bassin versant de la Mafragh..... | 152 |
| Tableau n°38 : Déterminations des besoins globaux des différents secteurs aux différents horizons..... | 155 |

Liste des figures

| | |
|---|-----|
| Fig.n°01 : Cadre géographique du bassin versant de la Mafragh | 06 |
| Fig.n°02 : Carte altimétrique..... | 16 |
| Fig.n°03 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Mafragh..... | 18 |
| Fig.n°04 : Carte géologique..... | 12 |
| Fig.n°05 : Colonne litho-Stratigraphique du bassin versant de la Mafragh..... | 22 |
| Fig.n°06 : Carte des pentes..... | 31 |
| Fig.n°07 : Courbes hypsométriques par sous-bassins..... | 37 |
| Fig.n°08 : Réseaux hydrographiques par sous-bassins (Oued Bougous et Oued Bourdim)... | 40 |
| Fig.n°09 : Situation géographiques des stations pluviométriques et hydrométriques..... | 48 |
| Fig.n°10 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station El Kala)..... | 51 |
| Fig.n°11 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Boutheldja)..... | 51 |
| Fig.n°12 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Bouhadjar)..... | 52 |
| Fig.n°13 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Cheffia)..... | 52 |
| Fig.n°14 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Ain Karma)..... | 53 |
| Fig.n°15 : Variations interannuelles des précipitations dans le bassin versant de la Mafragh... | 56 |
| Fig.n°16 : Variations mensuelles du coefficient de Variations..... | 58 |
| Fig.n°17 : Fréquences des jours pluvieux..... | 61 |
| Fig.n°18 : Fréquences des séquences pluvieuses et non pluvieuses à la station de Annaba les Salines période (1971/72-2002/03)..... | 66 |
| Fig.n°19 : Fréquences des séquences pluvieuses et non pluvieuses à la station de Ain Assel période (1968/69-2002/03)..... | 67 |
| Fig.n°20 : Fréquences des séquences pluvieuses et non pluvieuses à la station de Ain Assel période (1976/77-2002/03)..... | 67 |
| Fig.n°21 : Variation mensuelle du régime thermique à Annaba les Salines période : (1968/69-2002/03)..... | 68 |
| Fig.n°22 : Variation mensuelle des maxima et des minima absolue à Annaba les Salines période : (1991/92-2002/03)..... | 70 |
| Fig n°23 : Diagramme ombrothermique station Annaba les Salines période : (1971/72-2002/03) | 72 |
| Fig n°24 : Diagramme ombrothermique station Bouhadjar période : (1971/72-1992/93)..... | 72 |
| Fig n°25 : Diagramme ombrothermique station Cheffia Barrage période : (1990/91-2002/03) | 72 |
| Fig.n°26 : Bilan d'eau; station de Annaba les Salines période : (1971/72-2002/03)..... | 81 |
| Fig.n°27 : Bilan d'eau ; station de Bouhadjar période : (1971/72-1992/93)..... | 81 |
| Fig.n°28 : Bilan d'eau ; station de Cheffia Barrage période : (1990/91-2002/03)..... | 81 |
| Fig.n°29 : Carte du couvert végétal du bassin versant de la Mafragh..... | 88 |
| Fig.n°30 : Carte de la végétation de l'Algérie au 1/200.000..... | 93 |
| Fig.n°31 : Différents aquifères de l'extrême Nord-Est algérien..... | 99 |
| Fig.n°32 : Coupe hydrogéologique dans le massif dunaire de Boutheldj..... | 101 |
| Fig.n°33 : Coupe hydrogéologique dans la plaine de Boutheldja..... | 103 |
| Fig.n°34 : Coupe hydrogéologique dans la plaine d'El Tarf..... | 104 |
| Fig.n°35 : Coupe Schématique du système aquifère de Annaba la Mafragh..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Fig.n°36 : Variation annuelles des débits aux station de Ain Assel et Cheffia Barrage..... | 113 |
| Fig.n°37 : Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations à Oued Kébir Est station Ain Assel période : (1968/69-1996/97) | 115 |
| Fig.n°38 : Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations à Oued Bounamoussa station Cheffia Barrage période : (1976/77-2002/03)..... | 115 |
| Fig.n°39 : Coefficient moyen des débits à Oued Kébir Est station Ain Assel période : (1968/69-1996/97)..... | 118 |
| Fig.n°40 : Coefficient moyen des débits à Oued Bounamoussa station Cheffia Barrage période : (1976/77- 2002/03)..... | 118 |
| Fig.n°41 : Corrélation pluies /débits de l'Oued Kébir-Est station Ain Assel période : (1968/69/1996/97)..... | 120 |
| Fig.n°42 : Corrélation pluies /débits de l'Oued Bounamoussa station Cheffia Barrage période (1968/69/1996/97)..... | 120 |
| Fig.n°43 : Ouvrages de mobilisation des ressources en eaux souterraines et superficielles dans le bassin versant de la Mafragh..... | 127 |
| Fig.n°44 : Qualité des eaux superficielles de l'extrême Nord-Est algérien | 133 |
| Fig.n°45 : Evolution de la population à Annaba El Hadjar..... | 139 |
| Fig.n°46 : Evolution des besoins en eau potable de la zone d'Annaba El Hadjar..... | 141 |
| Fig.n°47 : Evolution de la population à El Tarf..... | 143 |
| Fig.n°48 : Evolution des besoins en eau potable de la wilaya d'El Tarf..... | 145 |
| Fig.n°49 : Evolution des besoins globaux en eau potable par horizon..... | 146 |
| Fig.n°50 : Périmètres d'irrigation dans le bassin versant de la Mafragh..... | 153 |
| Fig.n°51 : Bilan besoins globaux / ressources mobilisées aux différent termes | 155 |

Liste des photos

| | |
|--|----|
| Photo 01 : Pâturage dans Garaat M'Khada (Village El Feid Commune de Ben M'Hidi) ... | 08 |
| Photo 02 : Des poissons pêchés à l'embouchure de la Mafragh | 12 |
| Photo 03 : Glissement de terrain..... | 46 |
| Photo 04 : Coulée boueuse. | 46 |
| Photo 05 : Glissement de la route nationale n° 02 El Tarf- Bouhadjar (Commune Ain Karma) | 46 |
| Photo 06 : Destruction de la conduite de refoulement de l'eau potable de la Commune de Cheffia par ravinement (CW n°118)..... | 46 |
| Photo 07 : Les Nachaas village Righia (Commune Berrihane) Végétations hygrophiles..... | 85 |
| Photo 08 : Les glacis de Cheffia (Commune Cheffia)..... | 85 |
| Photo 09 : Chêne liège Eskhour (Commune Cheffia) | 90 |
| Photo 10 : Chêne Zéen (Djebel Hdid, Canton Oued Bougous) Commune Bougous..... | 90 |
| Photo 11 : Reboisement du Pin Maritime (Village Sebaa, Commune Berrihane)..... | 91 |
| Photo 12 : Reboisement d'Eucalyptus (Ayous, Commune El Tarf) | 91 |

Source des photos : Affoun Samia le 15, 16 et 18 Mars 2006

Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'une des richesses capitales du pays. L'eau reste une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. Sa protection et sa bonne gestion sont donc une nécessité.

Les pénuries d'eau, par exagération, ont été plus souvent associées à certains phénomènes naturels (désertifications, changements climatiques) qu'à des erreurs humaines comme le souligne un expert: « *il existe aujourd'hui une crise de l'eau mais cette crise n'est pas due à son insuffisance à satisfaire nos besoins ; elle résulte plutôt d'une si mauvaise gestion de cette ressource que des milliards de personnes-et l'environnement-en souffrent grandement* » (Burton. J, 2001, p.2)

Face à l'augmentation vertigineuse des besoins par rapport à des ressources mobilisées relativement limitées, à la pollution grandissante de ces ressources, qu'elles soient superficielles ou souterraines, l'Algérie, comme tout les autres pays du monde, est sensée mener une politique de l'eau. Une prise de conscience a débuté par la mise en œuvre d'un ambitieux programme de réalisation de barrages-réservoirs à court, moyen et long terme.

Situé dans l'extrême Nord est algérien et faisant partie de l'un des plus important bassins hydrographiques de l'Algérie (bassin versant des côtières Constantinois-Est), le bassin versant de la Mafragh représente un réservoir naturel remarquable d'eaux superficielles et souterraines par son apport moyen annuel important et ce malgré la variabilité pluviométrique d'une année à une autre.

Dans cet espace, l'eau représente le facteur moteur du développement industriel, touristique, agricole, urbain et rural de la région, nécessitant sa mobilisation en quantités énormes.

Par ailleurs, les barrages-réservoirs réalisés et ceux en projet ou en cours d'étude pourront-ils répondre de manière adéquate aux besoins sans cesse croissants en eau ? Aussi, une politique dans ce sens est à concevoir et à mettre en œuvre sur la base de données exacte et suffisante sur les potentialités hydriques de la région.

Notre travail se veut comme une modeste contribution dans ce sens et a pour but d'étudier la dualité hydrique, à savoir la mobilisation et l'utilisation des eaux superficielles et leur impact sur les eaux souterraines.

La problématique de cette recherche s'articule autour d'un certain nombre de questions et son but est de donner des éléments de réponse:

- Comment faut-il orienter la politique de gestion et de l'utilisation de l'eau dans la région d'Annaba/El-Tarf ?
- Comment répondre aux besoins sans cesse croissants, des différents secteurs aux différents termes ?
- Quel sera l'impact de l'utilisation d'une ressource par rapport à l'autre (eaux superficielles et eaux souterraines) ?

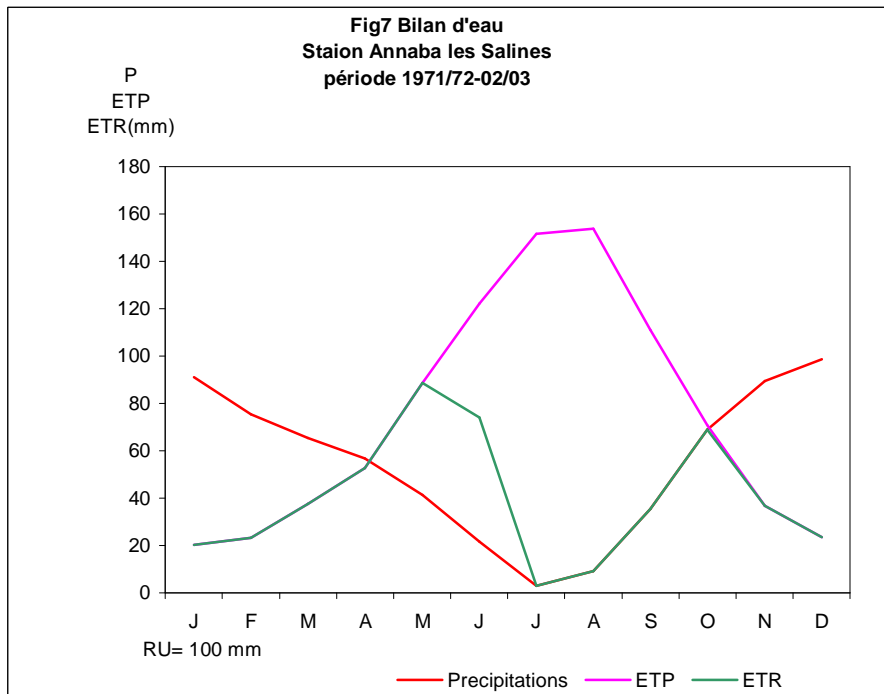
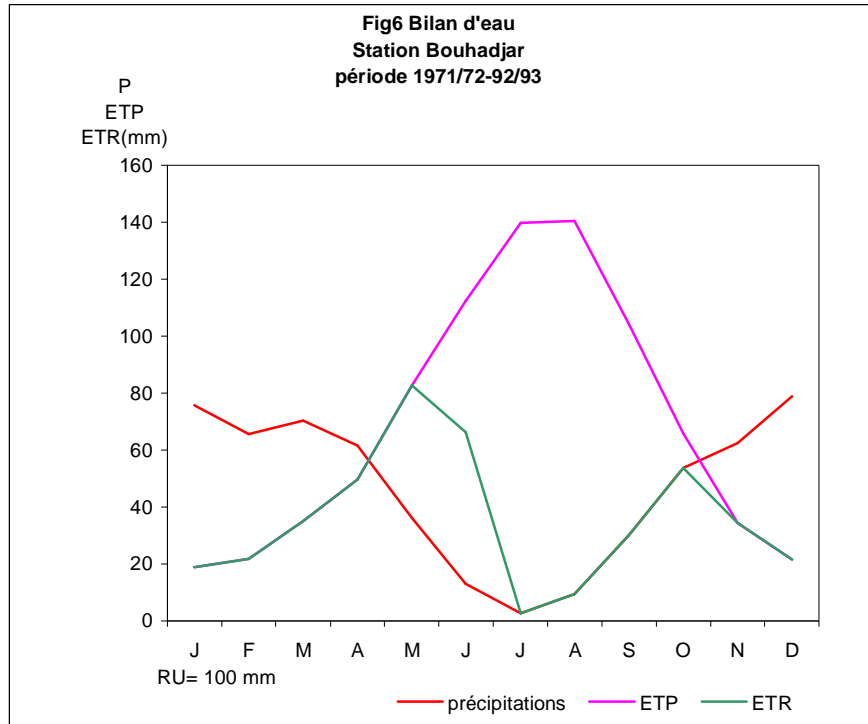
La réponse à ces trois questions fondamentales passera obligatoirement, et comme nous l'avons souligné, par une meilleure compréhension et une analyse des composantes de l'hydro-système du bassin versant de la Mafragh. C'est ainsi que nous nous sommes intéressée aux facteurs physico-géographiques (topographie, géologie, pentes, morphométrie, couvert végétal, hydrogéologie ...), ainsi que ceux climatiques et hydrologiques.

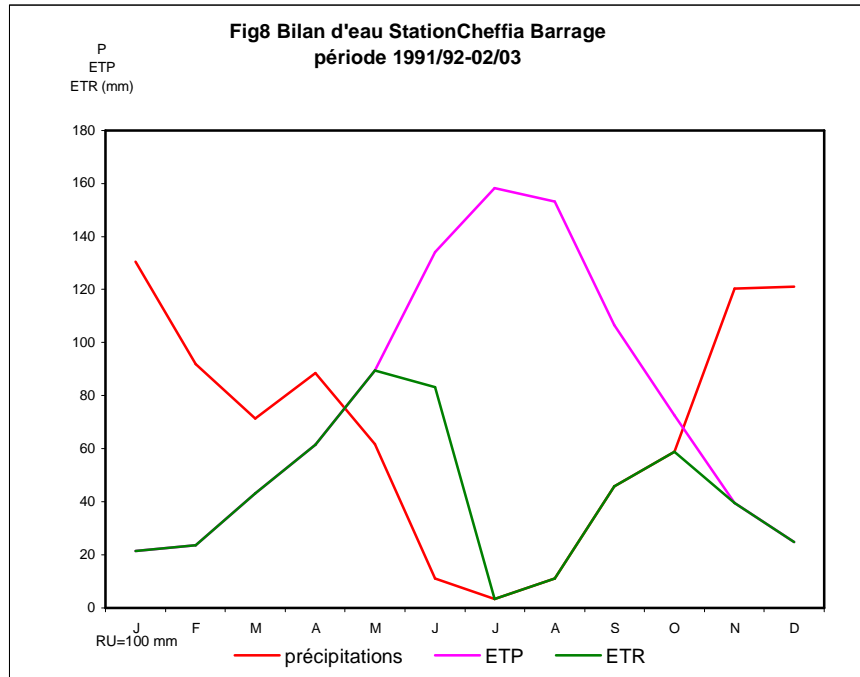
L'étude de ces facteurs nous permettra, certainement, de comprendre le fonctionnement du cycle hydrologique de ce bassin d'une part et, d'autre part, nous aider dans l'évaluation des ressources en eau (superficielle et souterraine) pour pouvoir déterminer celle qui est la plus abondante à l'échelle du bassin versant, et estimer les potentialités en rapport avec des besoins dans notre secteur d'étude.

Nous avons divisé notre travail en deux parties essentielles :

La première a été consacrée aux caractéristiques naturelles du bassin versant, afin de déterminer l'impact de chaque élément du milieu physique sur l'abondance de la ressource en eau de surface et celle souterraine (la topographie, la géologie, les pentes, la morphométrie, le climat, le couvert végétal et enfin l'hydrogéologie).

La deuxième, quant à elle, a été consacrée à l'hydrologie, à l'évaluation des ressources en eaux superficielles et souterraines, à l'estimation quantitative des besoins en eau des différents secteurs et aux différents termes, aux perspectives d'utilisation de cette ressource et enfin à des recommandations.





Introduction

Dans cette première partie nous allons traiter les caractères physiques et climatologiques de notre région d'étude. L'analyse et l'interprétation de ces caractères sont d'une importance primordiale, car c'est de l'intensité et de la variabilité des composantes du régime hydrologiques dans le temps et dans l'espace, en interaction avec les conditions physico -géographiques de l'écoulement que dépend en grande partie le comportement hydrologique des cours d'eau.

1- Cadre Géographique Régional de la Région d'Etude

Le bassin hydrographique « Côtiers Constantinois » est situé dans le littoral Nord de l'Est Algérien. Il est limité :

- Ø au Nord par la Méditerranée
- Ø à l'Est par les frontières tunisiennes,
- Ø à l'Ouest par le bassin « Algérois-Hodna-Soumam ».
- Ø au Sud par les bassins : « Kébir -Rhumel, Seybouse, Medjerdah ».

Il couvre une superficie totale de 11 509 km² et s'étend sur dix wilayas regroupant une population d'un million huit cent soixante quatre mille cent quatre vingt et un (1.864.181) habitants (R.G.P.H, 1998).

Le bassin des Côtiers Constantinois-Est est d'une superficie de 3.203 km², soit 27.83 % de la superficie totale du bassin des côtiers Constantinois et l'un des plus grands réservoirs d'eaux superficielles et souterraines dans le nord de l'Algérie, (Agence de Bassin Hydrographique, *Cahier* n°4, Septembre 2000).

Le bassin versant de l'Oued Mafragh et les côtiers de la Calle font la totalité du bassin versant des côtiers Constantinois-Est et forment par conséquent le versant nord du dernier tronçon de la chaîne septentrionale de l'Atlas Tellien.

2- Situation géographique du bassin versant de la Mafragh

Le bassin versant de la Mafragh prend sa nomination du mot arabe (مفراغ de تـفـريغ) dont l'équivalent en français est : **exutoire**. Selon les cahiers de l'agence des bassins hydrographiques, il est inclus dans le bassin versant des côtières Constantinois-Est et codifié sous le numéro 03 (Cf.Fig n°1) et s'étend de 7°45 à 8°45 de longitude Est et de 36°20 à 36° 55 de latitude Nord.

Notre terrain d'étude est limité :

- Ø Au Nord par le massif dunaire de Boutheldja formant obstacle naturel avec la mer Méditerranée;
- Ø Au Sud par le bassin de Medjerdah;
- Ø A l'Est par le bassin des côtières de la Calle et les frontières Tunisiennes;
- Ø A l'Ouest par le bassin de la Seybouse.

Il est drainé par deux oueds importants :

§ L' Oued Bounamoussa à l'ouest.

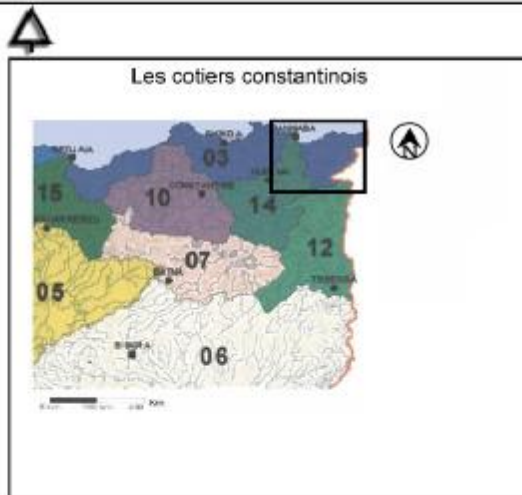
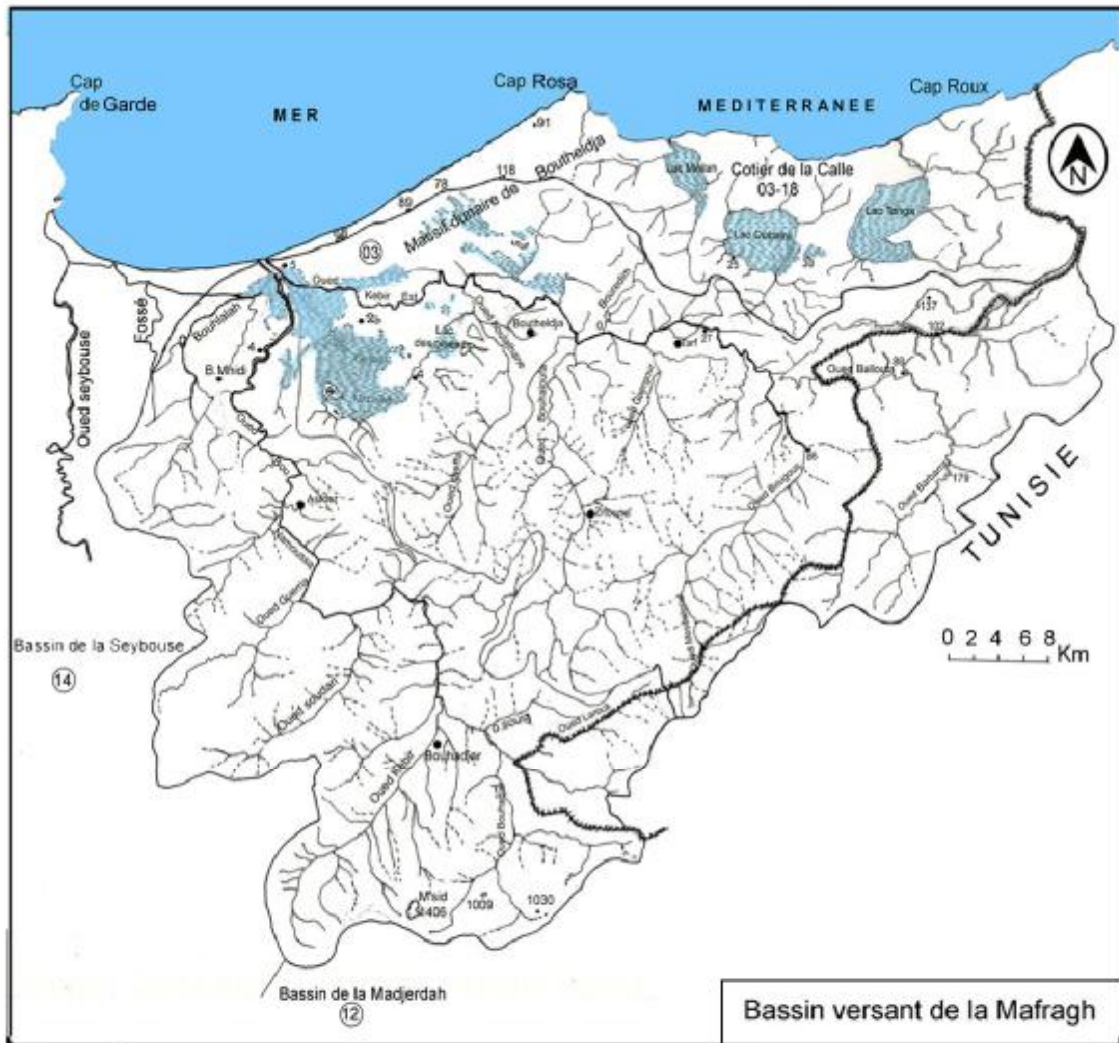
§ L'Oued El Kebir-Est à l'Est.

Ces deux cours d'eau rejoignent la mer par un exutoire unique : **L'Oued Mafragh**.

Le bassin versant de la Mafragh couvre une surface de 2252 Km², soit 70.30% de la superficie totale du côtières Constantinois-Est. Il est entièrement représenté sur les cartes topographiques de Bône et de Souk Ahras au 1/200.000. Par ailleurs, sa couverture topographique au 1/50.000 est constituée de six feuilles. Il s'agit de : Annaba (Bône), Dréan (Mondovie), Boutheldja (Blandan), Ain El-karma (Munier), Bouhadjar (Lamy) et enfin El-Kala (La Calle).

En raison de la surface du bassin versant qui s'étend sur six feuilles topographiques à l'échelle du 1/50.000, notre travail a été effectué à une échelle au 1/200.000. Toutefois, la consultation des cartes au 1/50.000 a été une exigence durant l'élaboration de ce travail, sans oublier les sorties sur terrain.

Fig.n°01: Cadre géographique du bassin versant de la Mafragh



I- Topographie et Energie du Relief : Facteurs de Fonctionnement des Bassins Hydrographiques.

1-Topographique et Morphologie du Bassin Versant

Les montagnes telliennes de l'Est Algérien se présentent comme un bourrelet longéant et dominant la mer méditerranéenne depuis Bejaïa jusqu'à la frontière Tunisienne. Le Tell Oriental se subdivise en plusieurs ensembles topographiques présentant chacun des caractères et des problèmes géomorphologiques propres, de l'Ouest vers l'Est, cette région décroît en altitude.

La région du bassin versant de la Mafragh, qui fait la terminaison Est de ces montagnes, présente des unités topographiques et morphologiques, qui peuvent être décrites comme suit (Cf.Fig.n°02) :

1-1- Les Plaines Littorales

a- La Plaine de Boutheldja (basse vallée du Kébir-Est)

Tout à l'Est, la plaine de Boutheldja correspond à la basse vallée de l'Oued Kebir-Bougous. Occupée sur ses bordures par des étangs marécageux (Lac des Oiseaux, Région de Righia), elle est légèrement bombée de part et d'autre de l'oued.

b- Les Bordures de la Plaine de Annaba (Basse vallée de la Mafragh)

La terminaison extrême Nord-Est de la grande plaine de Annaba s'organise autour de Garaat M'Khada où convergent les Oueds El Kebir, Bou Namoussa et Bouhllalah donnant naissance à L' Oued Mafragh avant de se jeter dans la Méditerranée.

La partie Est de la grande plaine de Annaba correspond au bassin du secteur aval de la Mafragh ; en réalité, cette partie est couverte de Garaas, au milieu desquelles serpentent des «kheldjjs» (Kheldij Eesseba, Khelidj en Nakhla, Khelidj Eddib). Ces «kheldjjs», qui sont des faux bras de rivières où l'eau ne coule parfois que par intermittence et dont le réseau est largement anastomosé (Joleaud, L .1936), révèlent

l'absence de toute les ligne directrice dans l'hydrographie locale : des côtes de 1 m sont relevés entre Oued Chourka et l'Ouest de Oued Bounamoussa à 5 km de la mer. Par contre, des côtes de 2m sont relevées entre oued Chourka et Oued Kebir-Est, et qui sont les points les plus bas de la plaine d'Annaba. A l'Ouest, la Plaine de Ben M'hidi, qui fait partie de la grande plaine de Annaba, est la plus basse, avec des points de côte de 5m de hauteur.

c- Garaat El M'Khada

En grande partie temporaire, Garaat El M'Khada est un marais profond de 0.4 à 1m durant la période des hautes eaux. Lors de son assèchement, et même quand la nappe d'eau émerge, elle est utilisée comme terre de pacage par les riverains (Cf. photo n°01). Du fait de l'influence directe de la méditerranée qui se propage à l'intérieur de ces terres, des tamarins couvrent une partie de la région et les poissons marins arrivent durant cette saison dans la nappe d'eau comme (les Aloses et les Muges). Vers le Nord, l'altitude des collines qui surplombe Garaat El-Mkhada atteint les 356 m à Djebel Bou-Kerma.



Photo 01 : Pâturage dans Garaat M'Khada
(Village El Feid, Commune de Ben M'Hidi)

1-2- Les Bassins Intérieurs

Trois types de bassins internes peuvent être distingués : des bassins montagnards, un bassin de plaine et des bassins littoraux occupés par des lacs.

1.2.1-Les Bassins Montagnards

Ces bassins, à caractère montagnard, sont des fenêtres qui ont été creusées dans la nappe des grés numidiens, des failles normales ont conditionnées la localisation et les limites des bassins versants (Marre.A ,1987) où on distingue :

a- Le Bassin de la Cheffia, creusé dans des roches tendres, il présente deux parties avec au centre une ligne de hauteur qui joue le rôle de ligne de partage des eaux. La partie méridionale, occupée par le Lac du Barrage de la Cheffia (570 ha), est drainée par l' Oued Bounamoussa. La partie septentrionale, drainée par Oued Cheffia, présente une topographie de glacis. L'ensemble est dominé, sur toutes ses bordures, par des escarpements gréseux. Le bassin est drainé par Oued Cheffia qui rejoint Oued Boulathane par des gorges vers le Nord.

b-Le Bassin de Ain el Karma

Ce bassin est drainé par l'Oued Yabous et Chaabet Rebiha avant de former Oued Zitouna vers le Nord. Il est caractérisé par une topographie morcelée où les altitudes varient. Elles sont de 1041m à Djebel Dir vers le Sud-Est, pour atteindre les 349m à Kef Ain Loulidja. En son centre, un promontoire « Cap » porte le nom de Bourdj Ain El Karma « Mechtaat Meradia Fouguania ».

c- Le bassin de Bouhadjar

Il est caractérisé par une topographie plus accidentée où les altitudes atteignent les 808m à Djebel Souani, 1406m à Djebel M'Sid, 1015m à Kef El Boum et 740m à Draa Safsaf. Il est drainé par deux oueds importants : Oued Bouhadjar et Oued El Kebir. Ce bassin constitue la zone d'alimentation du barrage de la Cheffia qui se situe au nord de ce dernier.

1.2.2- Le Bassin des Plaines

Au Nord-Est, le bassin d'El Tarf -Ain Assel est une véritable plaine interne. L'altitude du fond plat varie de 2 à 28 m, et est parcourue par l'amont de Oued El Kebir.

Au Nord, le Lac Oubëira qui occupe une dépression prolonge cette plaine. Plus au Sud l'ensemble du bassin est dominé par des escarpements gréseux qui le ceinturent complètement. Des vallées étroites drainent ce bassin avant de rejoindre Oued Kebir qui met en communication le bassin d'El Tarf avec la plaine de Boutheldja vers l'Ouest par un couloir étroit.

1.2.3-Les Bassins Littoraux

Les crêtes de la ligne de partage des eaux au nord de l'Oued El-Kebir et qui sépare le bassin versant de la Mafragh des côtiers de La Calle sont caractérisées par des altitudes basses allant d'Ouest vers l'Est de 177m à Djebel Bourdim à 156m à Djebel Hdjar Siah pour atteindre les 254m dans l'extrême Est à la limite Algéro-Tunisienne (Kef Maatallah).

Ces bassins littoraux font la limite Nord-Nord-Est de notre région d'étude et c'est dans la région d'El Kala (La Calle) que se localisent les bassins littoraux. Ces trois bassins sont occupés par des lacs : le Lac Melah qui est en relation avec la mer par un grau, le Lac Oubëira à 2m d'altitude et le lac Tonga à 2-3m d'altitude. Ce dernier, drainé incomplètement vers la Baie de la Messida, prend aujourd'hui l'aspect de plaines très humides surtout durant les années sèches.

Vu son importance hydrologique, le Lac Oubeïra peut être inclus comme unité du système hydrologique de la Mafragh et un aperçu pour éclaircir cette relation particulière s'avère nécessaire.

a- Le Lac Oubeïra

Le lac Oubeïra est situé à la côte 25 m. Il est occupé par de l'eau douce et est alimenté essentiellement par les oueds Messida et Bouhachicha au Sud et Oued Legraa au Nord. Ce lac est séparé du Lac Melah par un seuil de 44m de hauteur. Lors des averses d'hiver (période des hautes eaux) les eaux de l'Oued El Kebir s'écoulent vers le lac. En été, le système hydrologique fonctionne en sens inverse. C'est l'Oued Messida qui à la particularité de s'écouler alternativement dans les deux sens à la recherche d'un équilibre hydrologique naturel.

Donc, ce lac est alimenté principalement par l'Oued Messida qui à creusé un petit estuaire au Sud-Est de la Garaa, qui reste à sec en été et qui reçoit en hiver une importante masse d'eau venant des marécages de l'Ouest de Ain El Assel. Ces marais, lors des grosses pluies sont aussi en communication directe avec Oued El-Kebir qui se jette à la mer sous le nom de la Mafragh, après avoir traversé les Garaas de la grande plaine de Annaba et les dunes littorales voisines. C'est par cette voie que les poissons migrateurs du lacs (Anguilles, Muges, Aloses) effectuent leurs déplacements périodiques, lors des crues, où le courant de l'Oued Messida vers le lac est fort violent.

Par contre, quand le niveau du lac est très haut et que les pluies cessent (période des basses eaux), l'affluent devient émissaire et une partie des eaux du lac retournent aux marais d'où elles étaient venues. Les Muges et les Aloses sont alors prisonniers. Il ne semble pas en tous cas que les poissons proprement marins tels que les Loups ou Bars, qui pénètrent fréquemment dans les Khelidjs de la grande plaine de Annaba atteignent normalement le lac Oubeïra (Joleaud. L, 1936) (CF.Photon02).

Enfin, les eaux de Garaat el Ouez s'écoulent régulièrement en partie vers le Nord dans le Lac Melah par Oued el Aroug et en partie vers le Sud dans l'Oued el Kébir par Chaabet Damet El Lil qui rejoint Chaabet El Khalidj, avant de rejoindre Oued El Kebir. Ainsi donc, la ligne de partage des eaux de cette zone du versant nord du bassin d'El Tarf, n'occupe pas une position géographique immuable.

- (1)
- (2)



Photo 02 : Poissons pêchés à l'embouchure de la Mafragh

(1): Poissons d'Eau Douce : Anguille, Barbeau, Carpe

(2): Poissons Marins : Rascasse, Sole, Marbre, Pageot, Latcha, Sar, Figue, Loup, Bouledogue, Rouget.

1.3-Les Basses Montagnes

1.3.1-Les Basses Montagnes des Monts de la Cheffia

Une première barrière topographique constitue la limite Sud de l'aval du bassin de la Mafragh où l'altitude s'élève à 569m à Bougloub, pour atteindre les 739m à Djebel Bou-Abed, puis s'abaisse à 367m à Kef Medina. Il s'agit là d'une série de basses montagnes des monts de la Cheffia.

1.4-Les Hautes Montagnes (Djebels)

1.4.1- Les Monts de la Cheffia

Parallèlement à la chaîne des Monts de la Medjerda, les Monts de la Cheffia constituent une deuxième barrière topographique, mais plus modérée, d'orientation SW-NE où l'altitude varie entre 996m à Bled Djemaat El Guerfi (Forêt de l'Oued Soudan), en allant vers le NE et 808 m à Djebel Souani, 659m à Djebel Oum Ali et 463m à Ras El Ourda. Elle est de l'ordre de 396m à Kef Rhorf Dbeïa et ne dépasse pas les 179 m à Kef El M'kouz.

1.4.2- Les Monts de la Calle (El Kala)

Les monts de la Calle font la continuité des Monts de la Cheffia à travers une zone de reliefs, sans lignes directrices bien marquées, découpés par les quatre vallées transversales (SSO-NNE), des oueds Cheffia, Bouhalloufa, Guergour et Bougous, tous tributaires de L'Oued El Kebir (haute Mafragh).

1.4.3- Les Monts de la Medjerdah

Le long de la frontière algéro-tunisienne, les Monts de la Medjerda constituent une barrière topographique d'orientation SW-NE dont le point le plus élevé culmine à 1406m (Djebel M'Sid). L'altitude s'abaisse progressivement vers le Nord-Est pour atteindre 1041m à Djebel Dir, 1202 m à Kef Rokba « Ghorrat el Hammam » et 821m à Kef Mzaza.

La ligne topographique de la Medjerda est la troisième barrière topographique qui longe le bassin versant dans sa partie sud. Elle porte des escarpements rocheux et son versant nord (Algérien) en pente forte, a un commandement de 500m et plus. En revanche, Kef Rokba domine une topographie plane qui s'élève de 450 à 500m sur l'ensemble des massifs de cette région.

Elle recoupe les sommets des chaînons de direction SW-NE et crée à certains endroits de véritables plateaux comme celui où s'implante la forêt d'Ouerda. Cette topographie sommitale peut être suivie depuis les Monts de la Medjerda jusqu'au dessus de la plaine d'Annaba et de la Mer méditerranée à El Kala. Elle s'incline régulièrement de 450-500m à 170-180m au Nord.

Cependant, par endroits, elle reste dominée par des massifs comme le Djebel Oum Ali (659m) et Souani (808m). De plus, c'est dans cette topographie que les cours d'eau comme l'Oued Bougous, s'est encaissé. Il se crée alors toute une série de bassins internes parcourus par le réseau hydrographique.

1. 5- Le Cordon Dunaire

Vers le nord, le massif dunaire constitue la limite nord du bassin versant de la Mafragh. Le long du littoral, un gros cordon dunaire s'étend depuis l'embouchure de la Seybouse jusqu'au Cap Rosa. Peu large et peu épais à l'Ouest, il se développe vers l'est où il atteint 120m d'altitude et 7 à 8 km de large. Il constitue aussi une véritable barrière entre la plaine intérieure et la mer, ce qui gêne le drainage. Seul l'Oued Mafragh est capable de la traverser, bien qu'il soit souvent obstrué en hiver.

Des séries de ligne de dunes isolent la grande plaine de Annaba de la méditerranée. Leur point culminant (89m) se trouve à 1300 m de la mer. Ainsi l'ensemble de la région dunaire dessine une pente plus raide vers la méditerranée que vers l'intérieur des terres. L'aire occupée par les dunes finit sur la mer par un abrupt de 40m de haut à l'ouest de l'embouchure de la Mafragh. Vers l'Est, le réseau de dune se développe largement dans la zone du Cap Rosa allant d'une largeur de 1,5km du côté Est de la Mafragh à 15 km vers El Tarf. Le massif dunaire est d'une longueur de 25km depuis la Mafragh jusqu'à El Tarf.

2- Formes de Relief Marqués par des Tranches d'Altitudes

La carte altimétrique donne plus de détails sur la morphologie du bassin versant. En effet la Fig.n°02 de la répartition altimétrique nous permet de dégager les formes du relief les plus caractéristiques du bassin versant et leurs altitudes. On distingue 04 tranches d'altitude :

2.1- Plaines et épandages de 0 à 50 m:

Les plaines s'étalent d'Est en Ouest sur 1100 Km² d'une altitude inférieure à 10 m et atteignant les 50m. L'épandage forme la zone de contact entre la plaine et les versants où s'étalent les alluvions des cours d'eau formant alors des plaines d'épandages.

2.2- Les Versants:

Ils apparaissent dans une tranche d'altitude allant de 50 à 400 m, comme dans les basses collines des Monts de la Cheffia qui entourent les bassins intérieurs de Bouhadjar, Cheffia, Ain Karma et Asfour, ainsi que dans la région de Bougous au niveau de Djebel Oum Ali, et occupent le centre du bassin versant.

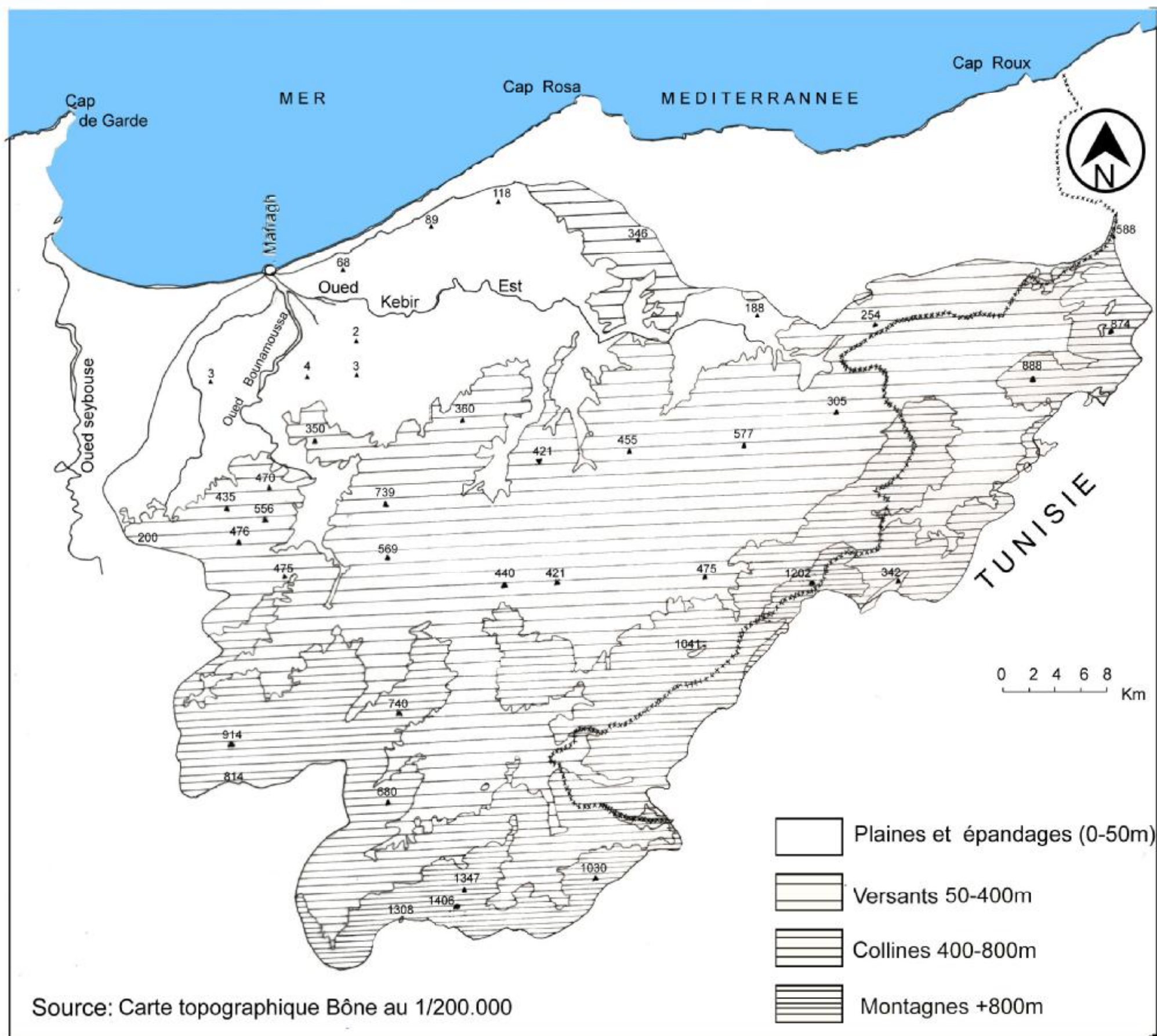
2.3-Les Collines :

Elles sont représentées sur la carte par la tranche d'altitude de 400-800m. Elles apparaissent sur les limites Ouest du Bassin versant sur Kef-el-Ouach, Kef el Ramoul et Kef Mzaza sur les frontières Algéro-Tunisiennes. Elles constituent les crêtes de la ligne de partage des eaux de l'Ouest vers l'Est.

2.4-Les montagnes :

D'une altitude variant de 800 jusqu'à 1406 m, elles sont représentées par Kef el Boum, Kef Rekeb à l'Ouest et Djebel Dir, Djebel El Ghorra à l'Est. Elles représentent les crêtes de la ligne de partage des eaux du bassin versant dans sa partie Sud.

Fig.n°02: Carte altimétrique



Source: Carte topographique Bône au 1/200.000

3- Mise en place du réseau hydrographique

Deux cours d'eaux principaux drainent le bassin versant de la Mafragh. Il convergent vers le marais et rejoignent la mer par un exutoire unique : l'Oued Mafragh. Ce sont à l'Ouest Oued Bounamoussa et à l'Est Oued Bougous qui prend le nom de Kebir-Est à la sortie de la montagne.

L'Oued Bougous draine le versant Algérien à partir des sommets qui constituent la frontière Algéro-Tunisienne. Il présente un tracé avec de multiples coudes qui le font passer de petits bassins en petits bassins par des secteurs de vallées étroites avec parfois de courtes gorges.

L'Oued Bounamoussa draine la partie Ouest du bassin versant de la Mafragh. Il descend depuis Djebel M'Sid.

La Fig.n°3, relative au réseau hydrographique, nous permet de distinguer trois secteurs s'individualisent de fort belle manière :

A l'ouest, Oued Bounamoussa recoupe les structures et s'adapte localement aux accidents tectoniques, ce qui lui donne un tracé en baïonnette (Marre. A, 1987).

Au milieu (partie centrale), les oueds se sont surimposés à partir de la surface fin-tertiaire (Marre.A, 1987). Ainsi Oued Zitoun , qui prend naissance dans la fenêtre de direction SW-NE d'Ain Karma qu'il quitte au niveau de Zitouna sous le nom d'Oued Bouhaloufa, pour traverser en gorge les grés numidiens vers Boutheldja. Il est en fait surimposé et suit la pente de la topographie de la forêt d'Ouerda. Oued Cheffia, de son côté, qui prend naissance dans Djebel Nador à l'Est et Kef Bni Fradj à l'Ouest, coule vers le Nord-Est en traversant les grés numidiens, avant de prendre le nom de Oued Boulathane.

A l'Est, il y a l'Oued Bougous suit un tracé très varié avec de nombreux coudes à 90°, Oued Bouhaloufa, qui suit aussi la topographie de la forêt de Ouerda, et qui est guidé localement par des accidents tectoniques d'âge Plio-Quaternaire, et enfin la subsidence de la plaine de Annaba. (Marre. A, 1987).

Vue que le Lac Obéira joue un rôle spécifique dans la partie Nord-Est du bassin versant en période de crue sur l'Oued Kébir-Est, le lac reçoit les eaux apportées par L'Oued Messida. Pendant la période d'étiage, les eaux du lac s'écoulent par l'Oued Messida vers Oued Kébir. Une petite vanne a été construite sur l'Oued Messida près du lac afin de régulariser cet écoulement à deux sens.

Conclusion

Le tracé hydrographique est très influencé par la géologie de la région étudiée. La lithologie joue un double rôle, d'une part sur le régime des cours d'eaux et d'autre part sur l'érosion et le transport solide. C'est dans ce contexte que nous allons aborder l'étude géologique.

4- Etude Géologique : Formations Géologiques en Faveur du Réservoir Aquifère du Bassin Versant

Pour l'étude géologique, nous nous sommes appuyée sur des études antérieures, notamment celles de J. M. Villa en 1980 et A. Marre en 1987, qui décrivent notre terrain d'étude de la manière qui suit :

Des formations antérieures à la mise en place des nappes (le Numidien, Le Tellien) et des formations post-nappes (les formations récentes). (Marre. A, 1987)

Toutes ces unités constituent des alternances de terrains d'origine diverses du fait du charriage de ces masses de terrain, parfois sur de très grandes distances. Les formations qui les constituent sont complètement disloquées, d'où la complexité des traits tectoniques. Ces formations sont principalement d'âge tertiaire et quaternaire. (Cf.Fig.n°04 et 05).

4.1- Les Formations Post-Nappes

4.1.1- La Plaine de Annaba/Boutheldja

Depuis la fin du Tertiaire, la plaine d'Annaba correspond à un bassin d'effondrement (Graben) dans lequel subsistent quelques petits Horsts qui forment aujourd'hui les massifs gréseux du centre de la plaine (Denden et Daghoussa).

La plaine d'Annaba est constituée essentiellement par des formations d'âge Mio-Pliocène et quaternaire, représentées par les faciès suivant :

- a- Faciès marin : plus ancien, caractérisé par des marnes bleues avec des intercalation calcaires.
- b- Faciès fluvial : bien développé, formé de galets, de sable, d'argile le long des oueds.
- c- Faciès continental : il est lié aux dépôts des fosses d'effondrement. Ces derniers sont déterminés par la prospection sismique, et sont au nombre de deux (Sonatrach. BEICIP, 1969 et Saaidia. B, 1992) :

*-L'une, orienté S-N ou Fosse de Ben Ahmed.

*-l'autre, orienté SW-NE ou Fosse de Ben Mhidi.

Ces deux fosses sont séparées par l'élévation de Daghoussa. Cet effondrement s'est produit au cours du Mio-Pliocène.

L'histoire de la Plaine d'Annaba remonte probablement au début du Miocène Supérieur qui coïncide avec la régression de la Mer Miocène vers le Nord. Ce changement de niveau de base local a accentué la torrentialité, favorisant un charriage important des matériaux vers le paléorivage et le remplissage des fosses de la plaine.

La géométrie des fosses a largement conditionné le remplissage par les apports de conglomérats. A mesure que le remplissage s'accroît, la vitesse de la subsidence augmente, donc épaissement de la partie médiane, et amincissement sur les bords.

En effet, cette subsidence est confirmée à la surface par l'absence totale de niveau de terrasse dans la plaine. Cependant, des terrasses témoins sont restées perchées aux pieds des massifs gréseux dominant la plaine.

4.1.1.1-Remplissage Plio-Quaternaire

a) Pliocène

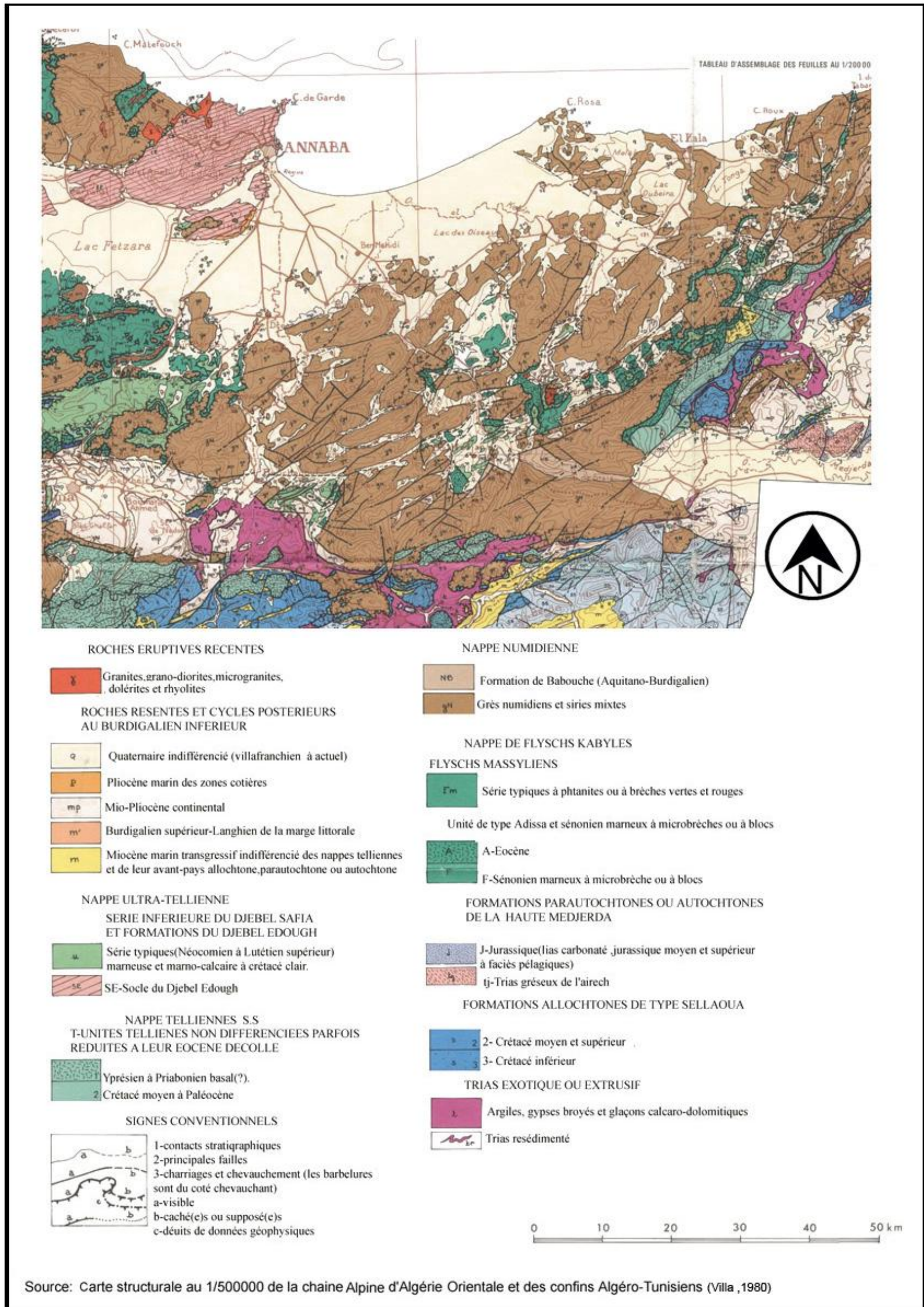
Au pliocène débute le retrait de la mer et le soulèvement probable de l'arrière-pays Annabi. Ceci s'est traduit par un abaissement des niveaux de base locaux qui a certainement accentué la torrentialité des oueds, tributaire de la Méditerranée. (Joleaud. L, 1936)

b) Fin du Pliocène

A la fin du Pliocène, il semble que la morphogénèse est restée très active sur le continent. La plaine voyait s'accumuler des masses de matériaux très importants. Cette sédimentation, beaucoup plus irrégulière, discontinue en épaisseur, donne des variations latérales et verticales de faciès extrêmement rapide.

Il est probable que la subsidence accélérée de la plaine a contribué aux changements brutaux des matériaux charriés. En effet, il est vraisemblable que la Seybouse coulait autrefois vers le Nord-Est suivant l'axe de la dépression de Ben Mhidi et participait à

Fig.n°04: Carte géologique



son remplissage par les conglomérats. La subsidence beaucoup plus accélérée de la fosse de Ben Ahmed d'orientation Nord-Sud a abouti à sa capture.

L'observation de la carte topographique montre que le tronçon de la Seybouse situé dans le prolongement de la dépression de Ben Mhidi est constitué d'une série de méandres. En quittant cette zone de perturbation l'oued montre un tracé rectiligne malgré la proximité de l'embouchure.

4.1.1.2 Remplissage Quaternaire

La subsidence de la plaine, toujours active, a empêché les oueds de s'encaisser et de dégager des terrasses qui nous permettent de suivre l'évolution morphologique de la plaine pendant le quaternaire.

Il est cependant clair que cette plaine a connue une alternance de périodes humides caractérisées essentiellement par la multiplication des lacs où se décantent des sédiments argilo-limoneux de couleur rouge-grisâtre et des périodes sèches caractérisées par une déflation importante qui a comblé ces dépressions asséchées. Il en résulte des lentilles alimentées par le vent et réparties selon la topographie héritée de la période humide.

C'est cette alternance des épisodes pluvieux et des inter-pluvieux, qui a déterminé la variation du niveau de la mer, et qui est certainement à l'origine de l'avancée de la mer sous forme de rias et de lagunes, d'où des épaisseurs assez importantes de sable, qui apparaissent dans certains forages et qui renferme la nappe phréatique de la plaine.

4.1.2- La formation des dunes

Cependant, les dépôts du massif dunaire résultent de l'érosion des paléo-reliefs argilo-gréseux et gneissique, qui ont été ravinés par les cours d'eaux, conduisant une grande quantité de matériels détritiques vers la mer. Le sable, roche détritique, provient de la délapidification des grés numidiens. Il est blanc ou jaune clair, fin, meuble, et renfermant une proportion d'argile qui augmente en profondeur.

La formation de ces dunes de sable a été effectuée en deux cycles de régression et transgression marines. (Nouacer. R, 1993).

Le premier cycle (régression), a donné des dunes anciennes qui ont été lithifiées en bordure de la mer. C'est dans cette formation que les paléotalwegs se creusaient en conservant jusqu' aujourd'hui l'allure qu'ils avaient, avant la mise en place des sables.

Le second cycle (transgression), moins remarquable, a aboutit à la formation des dunes récentes et actuelles suivi par une phase d'érosion aboutissant aux éboulis récents provenant des massifs numidiens. Par la suite, ces dunes ont été fixées par une végétation jusqu'à ce qu'elles deviennent inactivés.

4.1.3- Les Eboulis de Pente

Tout les versants des vallées des Monts de la Cheffia portent des coulées qui sont souvent le résultat d'un important déséquilibre (MARRE. A, 1987). La tendance au déséquilibre a existé pendant tout le quaternaire où les versants furent toujours favorables aux glissement et aux coulées, d'autant plus que les conditions climatiques étaient particulièrement froides et humides. Après l'important creusement que les cours d'eau ont réalisé en sapant la base des versants, la pente s'accélère alors et la force de la pesanteur est plus forte que les forces de cohésion des roches. Des dépôts d'éboulis tapissent leurs cicatrices de départ permettent de les situer dans le temps au début de la dernière période froide du Quaternaire. (Marre. A ,1987).

C'est cette humidité qui est responsable des altérations, du colluvionnement, et aussi des coulées des versants.

Les versants dominés par les abrupts sont recouverts d'éboulis de pente et de colluvions ; ces derniers proviennent de la dégradation des escarpements gréseux et du remaniement des formations d'argiles sous-numidiennes.

4.2-Les formations Anté-nappes : Ensemble des unités allochtones (flyschs et Nappes)

L'orientation NE –SW est le trait structural dominant des formations anté-nappes. Ce sont des formations géologiques sédimentaires dont on note :

4.2.1- Nappe numidienne (Argiles sous-numidiennes)

Le terme numidien est actuellement conservé en tant qu'appellation de faciès. Il désigne la série grés-argileuse principalement Oligocène. Cette formation est largement représentée dans notre région d'étude. Elles affleurent à la base de la majeure partie des Monts de la Cheffia, au Sud-Est de Boutheldja (Djebel Hdjar Siah, Bourdim). Ces formations limitent les alluvions de l'Oued Bougous à l'Est et l'Oued Guergour à l'Ouest. Ces faciès affleurent généralement dans la zone de Ain Assel. Ils ne sont pas visibles sur le terrain à part quelques petits affleurements, car la végétation les recouvre.

a- Les Grés Numidiens

Ce sont des grés quartzeux plus au moins consolidés de couleur rouge à jaunâtre due à la présence de grains de sables et de fer. Souvent, ces bancs de grés sont lenticulaires passant latéralement aux argiles d'âges Aquitaniens.

L'Aquitaniens présente une intense fracturation, ce qui favorise la circulation des eaux souterraines. Cette formation affleure dans toute la région constituant les bordures des plaines et le substratum des formations alluvionnaires sur les deux rives de l'Oued Kébir. On les rencontre également au Sud des Monts de la Cheffia.

b-Les Argiles Supra-Numidiennes

Elles représentent la partie supérieure de la série numidienne d'âge Burdigalien qui se trouve souvent en alternance avec les grés sous-jacents. On peut les rencontrer souvent dans les Monts de la Cheffia.

Figr°05 : (LOG) COLONNE LITHO-STRATIGRAPHIQUE DE LA REGION DU BASSIN VERSANT DE LA MAFRAGH

| | Lithologie | Description Lithologique | Etages | Sous-époques | Ere | | |
|---|------------|---|----------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------------|----------------|
| Sommital | | Conglomérats Argiles sableuses rougeâtre Grès | Mio-pliocène | Néogène | Tertiaire | | |
| | | Argilites | Supra-Burdigalien | | | Miocène inf. | |
| 1000 m Medim Basal | | Grès dur et friable | | Oligocène-Burdigalien | | Numidien | |
| | | Argilites | Aquitaniens | | | | Oligocène Sup. |
| | | Argiles calcareuses verdâtres | | | | | Oligocène inf. |
| Paléocène sup. à Eriaborien | | Argiles vertes ou rougeâtres Grès | Eriaborien sup. | Sénonien-Eocène inf. | | Sous-Numidie | |
| | | Argiles | Lutétien | | | | |
| | | Calcaire Blanc à Silex | Yprésien | | | | |
| flysch à Microbrèche | | Argiles Calcareuses Microbrèches (Microconglomérats) | Sénonien | Sénonien-Eocène inf. | | Sous-Numidie | |
| | | Argiles et Marnes gris Sale | Eriaborien | | | | |
| + 100 m | | Argiles Calcaires noir fétides Marnes | Paléocène inf. | Paléocène | Tertiaire | | |
| | | Calcaires gris jaunâtres Marnes gris jaunâtre | Maestrichtien | | | | |
| 300 - 1000 m | | Marnes Calcaires clair | Comanchien | Barrémien au Prébarrémien Oligocène | | Tellien | |
| | | Argiles | Turonien | | | | |
| 200 - 300 m | | Calcaires | Cénomaniens | Crétacé | | Secondaire | |
| | | Calcaires argileux Marnes | Albien Hauteriviens Barrémien | | | | |
| <p>Q2: Chevauchement du Sous-Numidie sur le Tellien</p> <p>Qa: Contact entre l'Adissa et les Flyshs à Microbrèches</p> <p>Q1: Chevauchement du Numidien</p> <p>Source: Etude géologique du permis (Bou Abed) Sonatnach, modifié par Melle Affoune Samia et M. Chouabi</p> | | | | | | | |

4.2.2- Les Flyschs Massyliens :

Ce terme a été proposé par Raoult (RAOULT J.F, 1974) au Nord du Kef Sidi Driss (Constantine) pour une série allant du Néocomien au Lutétien. Découvert en 1946 dans les Monts de la Cheffia par P. MARIE et A. LAMBERT (Sonatrach, BEICIP, 1969). On les rencontre à plusieurs endroits dans les Monts de la Cheffia en série monotone. Ils sont constitués essentiellement par les marnes feuilletées avec de minces bancs de calcaires ou en épaisses séries d'argiles gris, comportant des intercalations de plaquettes gréseuses.

L'âge du flysch est essentiellement Sénonien, mais le terme plus général de flysch à micro-brèches est retenu puisque cette formation pourrait ne pas se limiter au Sénonien. En effet, certains niveaux sont datés du Lutétien et appartiennent à cette formation.

a) Les Flysch à Micro-Brèches

Les flysch à micro-brèches affleurent de part et d'autre de l'oued Cheffia en série monotone de marnes feuilletées et de minces bancs de calcaires brun-roux. Aussi, dans les études géologiques de l'emplacement du barrage de Cheffia et qui ont été effectuées par Moussu (MOUSSU. H, 1954), il sont décrits comme une série continue comprenant le Campanien-Maestrichtien, le Paléocène, l'Eocène Inférieur et Supérieur et l'Oligocène.

4.2.3- Le Tellien

Définis par Durand-Delga (DURAND-DELGA. M, 1969), Il se caractérise par une puissante série marneuse s'étendant du Crétacé inférieur au Lutétien inférieur, au milieu de laquelle s'intercale l'unité caractéristique des calcaires noirs fétides datés (Yprésien-Lutétien Inférieur). Ces calcaires noirs fétides ont un faciès classique et sont largement répandus en Algérie du Nord. Il s'agit d'un calcaire en bancs réguliers de 0,5 à 1m, compacts argileux, comportant de minces lits marneux. L'épaisseur de cette unité est difficile à estimer et peut être de l'ordre de 100m.

Cette formation est très spectaculaire à Sidi Trad (Sud-Est de Zitouna). On la rencontre aussi à Bouhadjar et Ain Karma.

4.3- Paléographie

La structure actuelle est le résultat d'une succession de mouvements, dont les plus marquants ont joué sensiblement dans le même sens et la même direction, d'où la difficulté de séparer les phases tectoniques les unes des autres.

L'histoire tectonique de la région du bassin versant de la Mafragh peut se schématiser comme suit :

- 1) Mise en place Post-Eocène supérieur de l'unité Ultra-Tellienne qui s'est déplacée tangentiellement du NW vers le SE ou du Nord vers le Sud sur l'ensemble Tellien incliné selon la même direction.
- 2) Mise en place des nappes Telliennes charriées synchrones à un déplacement du matériel Numidien.
- 3) Mouvements de réajustement isostatique au Miocène supérieur, déterminant des accidents SW-NE. C'est probablement à cette époque que s'est effondrée la plaine au Sud de Annaba, comblée rapidement de sédiments en partie continentaux.
- 4) Phase de distension Plio-Quaternaire orientée SW-NE accentuant les mouvements chevauchants et favorisant le jeu des failles directionnelles.

4.4-Conclusion

De l'aperçu géologique, on peut tirer les conclusions suivantes :

✓ Un remplissage de sédiments quaternaire constitue le fond de la dépression tectonique de Annaba/El-Kala. Les apports de conglomérats, qui sont le plus souvent dus à l'érosion des roches mises en reliefs, viennent remplir cette dépression. Les alluvions récentes recouvrent ces formations argilo-limoneuses.

✓ Parmi les conséquences des phases orogéniques de la phase alpine du miocène supérieur, produites dans la plaine d'Annaba et qui continue encore actuellement, il y a un enfoncement progressif des grés Numidiens vers le Nord-Ouest jusqu'à 300m, sous un remplissage de formations continentales plio-quaternaires. Ce remplissage constitue l'essentiel du réservoir aquifère de la plaine d'Annaba -La Mafragh du fait de sa nature lithologique (Khérici. N, 1993).

Les formations de bordure (grés numidien, glacis, terrasses) de la plaine sont de moindre potentialité hydrologique. Cependant, elles constituent généralement des zones d'alimentation pour le système aquifère.

5- L'Energie du relief : un facteur favorisant l'écoulement ou l'infiltration

Les pentes, comme héritage morphologique, nous permettent de caractériser les aspects du relief et les différentes inclinaisons des versants. Elles sont liées à la dynamique du milieu car elles jouent un rôle fondamental dans l'explication de certaines formes de l'érosion.

Les différentes classes de pentes (Cf. Fig.n°06), sont déterminées par la méthode des inter-courbes qui consiste à établir une échelle millimétrique des distances qui correspondent à chaque pente. La formule utilisée est la suivante :

$$P\% = \frac{Eq}{D \times Echelle} \times 100 \Rightarrow D = \frac{Eq \times 100}{Pente \times Echelle}$$

D = distance verticale (cm).

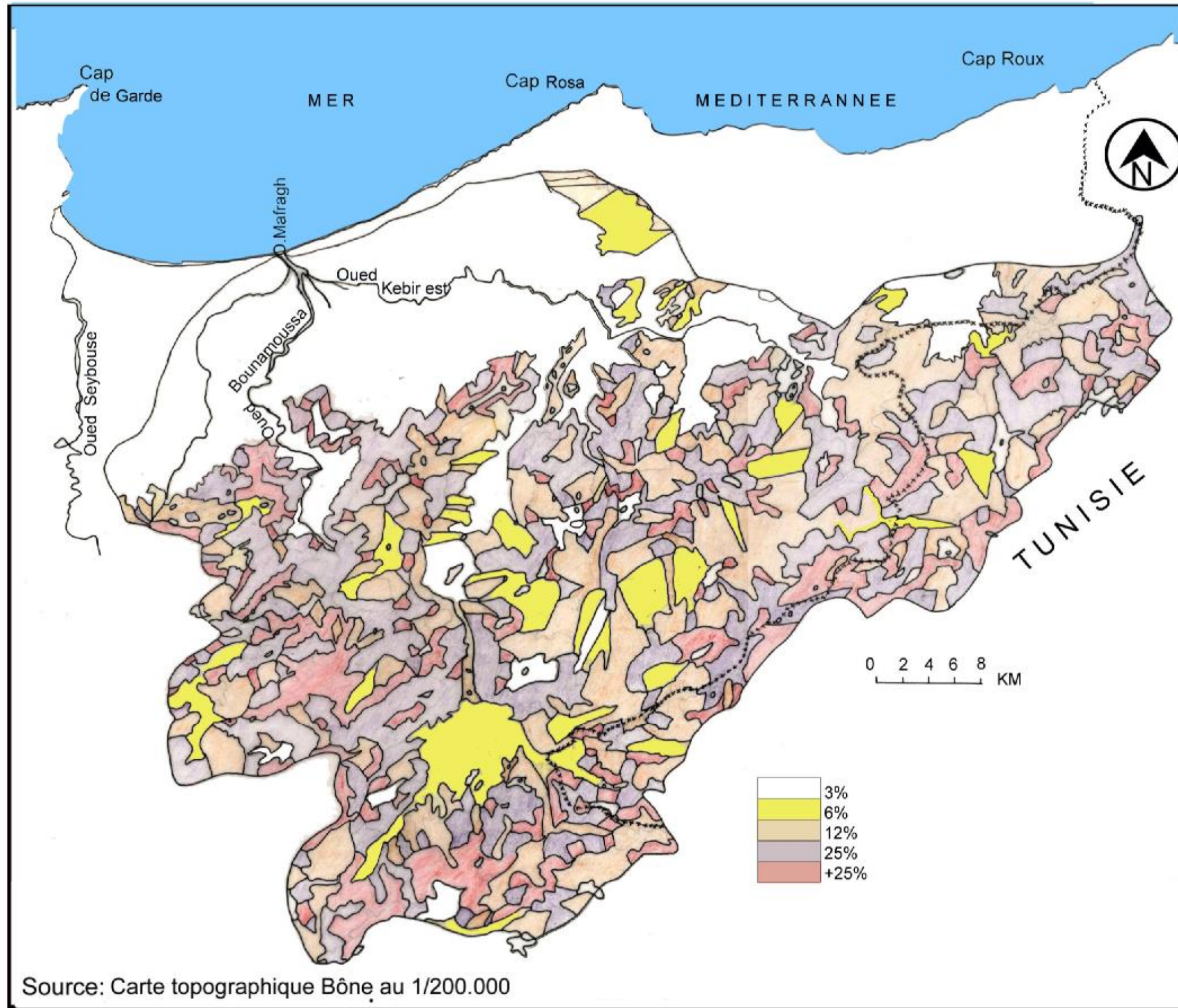
Eq = équidistante entre les courbes de niveau (m).

5.1-La classe (0-3 %)

Cette classe est localisée sur un matériel alluvionnaire (sablo-limoneux, sablo-argileux) de la basse vallée de la Mafragh (autrement dit Plaine de Annaba/ Boutheldja et ElTarf /Ain Assel), et apparaît également sur les replats des sommets gréseux.

Ces formes restent submergées durant la période pluvieuse en raison de la faible capacité d'évacuation de l'Oued Mafragh à cause de l'ensablement de l'embouchure; ce qui provoque une stagnation et par conséquent un retour d'eau, surtout quand la mer est en haute eaux, d'où une mauvaise réception des eaux d'oueds par cette dernière, empêchant ainsi les eaux de se déverser eu égard à la topographie avec des altitudes très faibles. Celles-ci ne dépassent pas les 3m à partir d'une distance de 5km par rapport à l'embouchure, que ce soit pour l'Oued Kébir Est ou Bounamoussa. Ce qui témoigne d'une pente très faible, incapable d'évacuer de grandes quantités

Fig.n°06: Carte des pentes



d'eaux. Cette eau tend vers la stagnation sur des sols de texture très fines d'argile et limon avec tendance aux sols hydromorphes.

Du fait d'un ruissellement diffus avec une érosion éolienne en période sèche quand le sol n'est pas couvert, notamment avec la dégradation des brises-vent qui constituaient autrefois des barrières plus au moins efficaces, l'agriculture dans cette plaine inondable nécessite la densification d'un réseau de drainage .

Cette zone pénistable reçoit les apports des versants de l'amont du bassin versant. Cette classe de pente s'étend sur une surface de 1100 Km², soit 41.17 % de la surface totale.

5.2- La classe (3-6 %)

Cette classe apparaît sur les zones d'épandage et au pied des versants sous forme de glacis dans le bassin de Bouhadjar, Cheffia et Ain Karma comme les glacis de Djebel Oum-Ali, ainsi que sur le cordon dunaire qui se caractérise par une pente généralement faible. Elle couvre une surface de 172 Km² soit 6.48 % de la superficie totale.

5-3- La classe de (6-12 %)

Cette classe de pente qui reste relativement faible, marque spatialement le Sud-Est du bassin versant. On la rencontre sur les versants des collines de Ksar Ouglaa, dans le bassin de Ain Karma « Djebel Loulidja », sur le versant d'Oued Zitouna à Mechtat Bou Barouk et Haoud Safsafa, dans la partie Ouest. Elle est moins fréquente à Ragoubet Al Missa et Kef Rahmer notamment au niveau du cordon dunaire à Djebel El Koursi. Sur ces pentes apparaît un ravinement intense provoquant l'instabilité des versants, où on assiste à quelques glissements de terrains surtout en l'absence d'un couvert végétal et sur une lithologie bien déterminée, à savoir des argiles ou des marno-calcaires. Cette classe nécessite des travaux de D.R.S. Elle représente 22.09 % de la superficie totale du bassin versant.

5.4- La classe de 12-25 %

Elle est essentiellement localisée sur les hauts piémonts de Djebel El Ghorra à l'Est et M'Sid au Sud, ainsi que djebel Souani qui fait limite entre le bassin de Cheffia et de Bouhadjar. Plus vers le Nord on la rencontre sur Djebel Bouabed et Djebel Bourdim (Mechtat Oum El Aguereb) au niveau du cordon dunaire, et à Djebel Ain Bagrat à l'Ouest. Cette zone connaît la même dynamique avec une intensité plus prononcée. Elle représente 20.09 % de la superficie totale.

5.5-La classe supérieure à 25 %

Elle occupe 9.84 % de la superficie totale, et est localisée sur la partie amont de Djebel Ghorra à l'Est, Bled Djemaa El Guerfi à l'Ouest, plus au Nord à Kef El Naoura et Kaf El Kourate (bassin de Asfour) et au Sud sur Djebel M'Sid (Kef R'keb) (Cf. Photo n°04 et 05). . Cette classe de pente synchronise aux escarpements rocheux des massifs gréseux.

Tableau n° 01 : Répartition du relief par classe des pentes

| Calasses % | Superficie en Km² | % de la Superficie totale | Classes des pentes |
|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 0- 3 % | 1100 | 41.47 | Pentes très faibles |
| 3 – 6 % | 172 | 6.48 | Pentes faibles |
| 6 –12 % | 586 | 22.09 | Assez faibles |
| 12 – 25 % | 533 | 20.09 | moyennes |
| + 25 % | 261 | 9.84 | fortes |

5.6-Conclusion

L'énergie de ce relief montre une sensibilité faible à l'érosion car 70 % de la superficie totale présente une pente inférieure à 12 % et seulement 9.84 % où la pente est supérieure à 25 %. Sur cette dernière, il y'a une mise en place d'un réseau hydrographique moyennement ramifié.

La lithologie caractérisée par des roches imperméables résistantes à moyennement résistantes, et des roches très perméables, a influencé le développement d'un réseau de drainage d'une densité moyenne à faible, selon le type de roche en place. Le réseau est totalement absent sur les sables du cordon dunaire donnant naissance à des Garaats ou à des Nechâas (Garaats el Khoubzi et Nechâas Oum El Agareb et Righia).

La diversité lithologique offre au bassin versant de la Mafragh la particularité d'être un milieu favorisant l'écoulement d'une part et l'infiltration d'énorme quantité d'eau d'autre part. Cette dualité permet au bassin versant d'avoir des perspectives d'aménagement considérables pour une meilleure mobilisation et gestion de la ressource en eaux superficielles et/ou souterraines.

6- Etude Morphométrique

Le bassin versant de la Mafragh est formé essentiellement des deux sous-bassins : la Bounamoussa et le Kébir-Est. Afin de mieux étudier la particularité du relief du bassin de la Mafragh et pour mieux appréhender le comportement hydrologique du bassin, il est impératif de connaître ses caractéristiques morphométriques (forme, relief, altitude, pente, réseau de drainage..) qui explique le cycle de transformation des pluies en écoulement et s'apprêtent à une analyse quantifiée.

Trois types d'indices morphométriques nous aident à expliquer le comportement hydrologique des bassins. Ils nous aident à établir une classification des sous-bassins en fonction de leurs aptitudes vis à vis des processus morphogéniques actuels :

1-Les indices de relief (hypsométriques).

2-Les indices de taille et de forme.

3-Les indices morphométriques d'organisation du réseau hydrographique.

Les différentes mesures de longueur et de surface ont, respectivement, été effectuées à l'aide d'un curvimètre, d'un papier millimétrique et du planimètre. Vu le nombre assez élevé des paramètres calculés dans cette partie, nous avons jugé inutile de présenter toutes les formules et méthodes utilisées. Néanmoins, nous nous sommes contentée de récapituler les résultats obtenus dans l'Annexe, tableau A2 et les formules utilisées dans le tableau A1.

L'analyse morphométrique de notre région d'étude s'est basée sur les limites naturelles du bassin versant de la Mafragh. De ce fait, nous avons jugé que l'intégration de la partie amont (une superficie de l'ordre de 400 Km²), située dans le territoire Tunisien était impérative pour le calcul des indices morphométriques, afin d'avoir des résultats traduisant la notion de Bassin Versant comme unité du milieu physique. Cette surface influe d'une façon ou d'une autre sur le comportement hydrologique du bassin versant. Donc la surface étudiée s'élèvera à 2652 Km² au lieu

de 2252 Km², On note ici que cette superficie a été intégrée aussi dans la réalisation de la carte altimétrique et la carte des pentes.

6.1- L'Hypsométrie

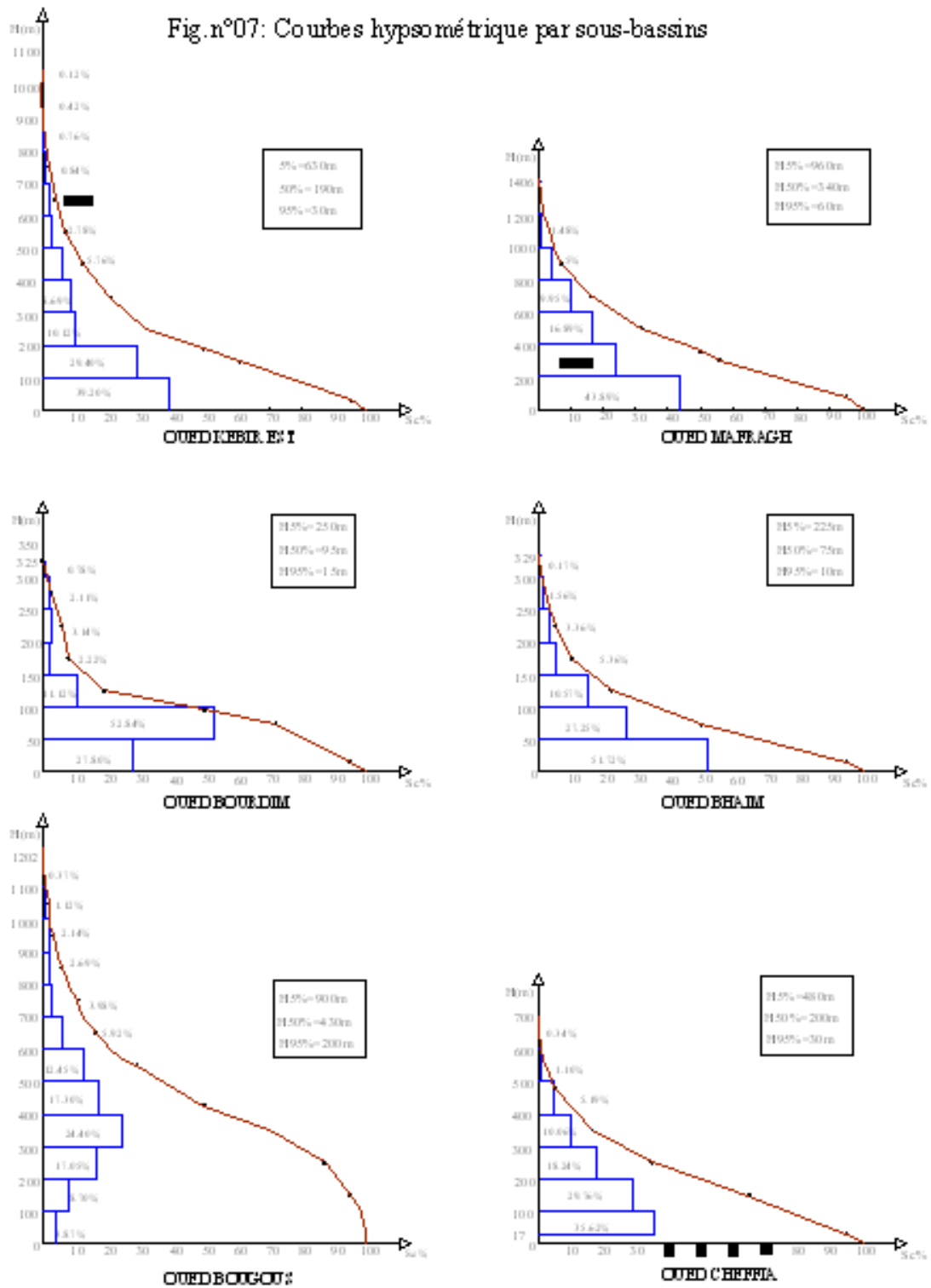
Les paramètres des courbes hypsométriques permettent de déterminer le volume partiel et total du relief. Cette courbe a été tracée en fonction des superficies cumulées en pourcentages et de leurs altitudes correspondantes.

L'analyse hypsométrique (Cf.Fig n°07), permet de mettre en évidence le bassin étudié. Il se caractérise par une dénivelée très importante (altitude minimale de 0 m et altitude maximale de 1406m) définissant un relief fort (dénivelée spécifique = 429.94 m) à pente généralement faible (pente moyenne I_g de l'ordre 8.35m/km ou 1.30%). Les pentes les plus raides sont observées au niveau des montagnes dans l'amont du bassin versant (Djebel M'Sid, Kef Rokba versant Nord du Djebel Ghorra et Djebel Djmaa El Guerfi).

En général, on constate que plus l'altitude augmente, plus le pourcentage des superficies partielles diminue, car seul 1.52 % de la superficie totale du bassin dépasse 1000m d'altitude alors que 43.88 % du bassin, soit 1163.92 Km², ont une altitude inférieure à 200 m, ce qui confirme la grande étendue des plaines. Par ailleurs, la courbe hypsométrique présente une forme régulière et équilibrée avec un mode situé entre 200 et 400m ($H_{50\%}=340$ m) et un indice hypsométrique égal à 2.77%.

6.2- Interprétation des Paramètres Morphométriques au 1/200.000

Le développement du réseau hydrographique est lié à la lithologie, la végétation, le climat et le type de relief en place. Le bassin étudiée se caractérise par un réseau hydrographique faible (une densité de drainage très faible ($D_d=0.61$ km/km²), une torrentialité très faible (coefficient de torrentialité $C_t=0.0976$) conditionné par la



prédominance des formations numidiennes (les grés fracturés et perméables et les argiles moyennement résistantes), un relief fort et des pluies intenses. L'intensité maximale des pluies a atteint les 142.7 mm/j à Ain Assel (03 Novembre 1992/93), 116.6 mm/j à Annaba les Salines (le 28 Octobre 1982/83), 109.2 mm/j à Cheffia-Barrage (16 Avril 1978/79). Ces mêmes facteurs offrent au bassin étudié un temps de concentrations très long $T_c=14.62$ heures, avec un couvert végétale assez dense.

6.3- Critique des Résultats Obtenus au 1/200.000

D'après les résultats de l'étude morphométrique du bassin versant de la Mafragh à une échelle au 1/200.000, plusieurs indices ont des valeurs non significatives, pour une interprétation réelle, on a procédé à une étude morphométrique de quelques sous-bassins choisis comme échantillon à une échelle plus grande, au 1/50.000. Vu que le bassin versant est soumis au même régime climatique (une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 700mm), un couvert végétal assez dense sur l'ensemble du bassin versant, notre choix des sous-bassins s'est axé sur le facteur lithologie, qui peut être le facteur déterminant dans la densité de drainage, et, par conséquent, le comportement hydrologique à l'intérieur du bassin versant.

Cinq sous-bassins ont été choisis :

- 1- Le sous-bassin d'Oued Kébir-Est, d'une surface de 1183.85 Km² soit 44.60 % de la surface totale.
- 2- Le sous-bassin d'Oued Bougous, d'une surface de 201.06 Km², localisé sur des formations numidiennes et sur les flyschs.
- 3- Le sous-bassin d'Oued Cheffia d'une surface de 117.48 Km², localisé sur des formations numidiennes.
- 4- Le sous bassin d'Oued Bourdim d'une surface de 22.485 Km², localisé entre les formations numidiennes et dunaires (Dunes de Boutheldja).
- 5- Le sous bassin d'Oued Bhaim d'une surface de 44.95 Km², localisé entre les formations numidiennes et dunaires (Dunes de Boutheldja).

6.4-Interprétations des paramètres morphométriques au 1/50.000

Le sous-bassin d'oued Kébir Est, qui occupe une surface de 1183.85 Km², se caractérise par un réseau hydrographique toujours faible (une densité de drainage de l'ordre de $Dd=1.77\text{km}/\text{Km}^2$, et une torrentialité toujours faible mais plus significative par rapport à l'ensemble du Bassin versant (coefficient de torrentialité $Ct=5.66$) conditionné par la prédominance des formations numidiennes (grés fracturés et perméables et argiles moyennement résistantes), un relief fort et une pente toujours faible (pente moyenne =1.16 %) avec un temps de réponse toujours long ($Tc=23.04\text{h}$) (Cf.Fig.n°07 et TableauA1, A2, A3, A4 et A5).

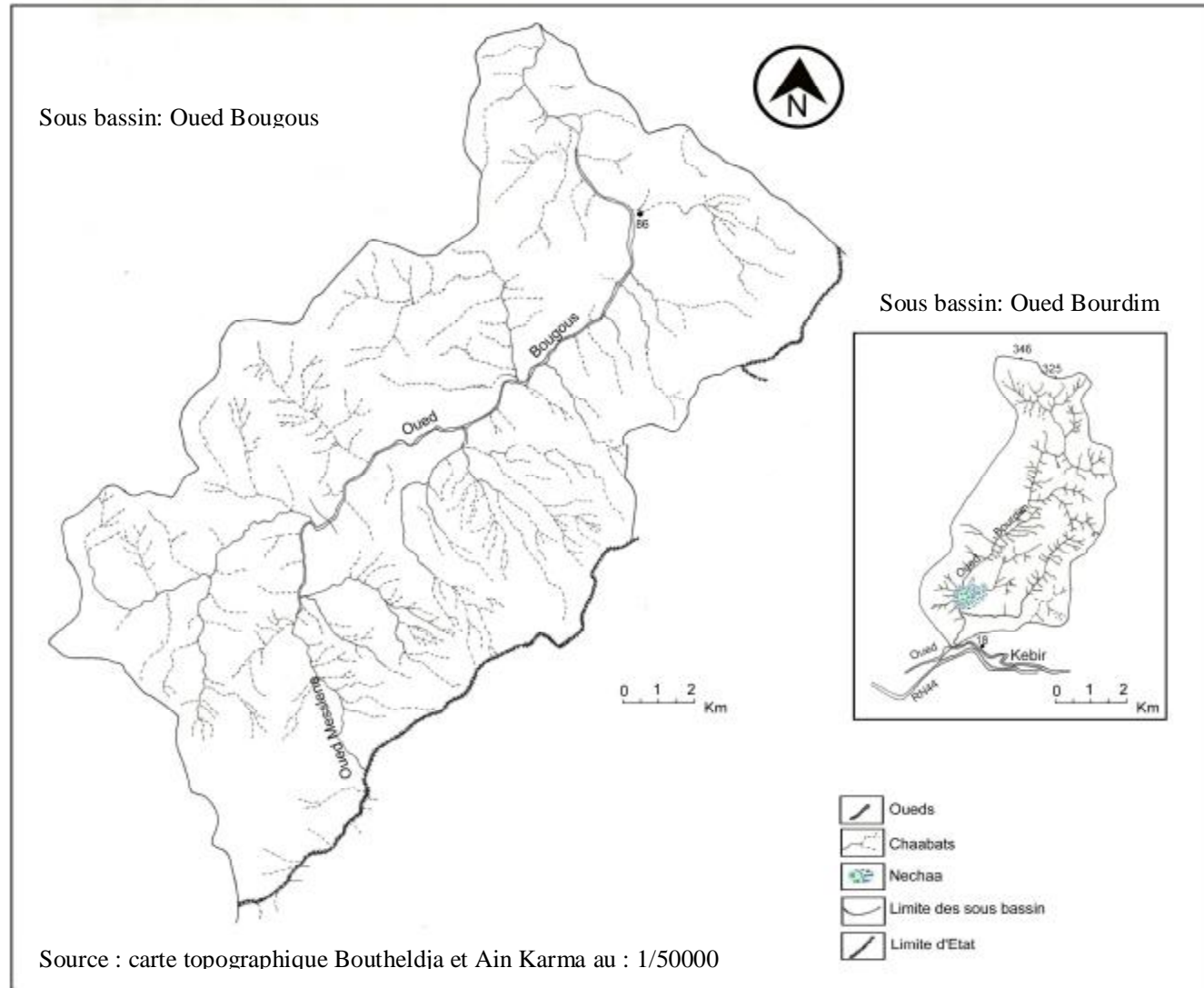
Par ailleurs, les deux sous-bassins d'Oued Cheffia, d'une superficie de l'ordre de 117.48 Km², situés au centre du bassin versant et d'Oued Bougous, qui fait la limite Est du bassin versant avec le territoire Tunisien, et occupant une surface de 201.06 Km², tout deux situés à l'amont du bassin versant, représentent 12.01 % de la superficie totale soit 318.54 Km². Ces deux sous-bassins sont caractérisés par une densité de drainage toujours faible ($Dd=3.45$ et $1.77\text{Km}/\text{Km}^2$) et une pente globale du relief plus importante (27.82 et 21.72 m/Km), alors que la valeur de la pente des deux oueds atteint les 4.22 % et 3.60 %, ceci s'expliquant par le caractère relativement montagneux de ces deux sous bassins.

Enfin, les deux sous-bassins d'Oued Bourdim et Oued Bhaim, situés dans le cordon dunaire de Boutheldja dans le Nord-Est du bassin versant : le premier couvre une surface de 22.485 Km² et le deuxième 44.95 Km². La mise en place du réseau de drainage de ces deux sous-bassins a été conditionné par les quelques buttes témoins du grés numidien qui font la ligne des partages des eaux, sur des altitudes atteignant les 325 m à Kef Fegaia et les 329 m à Djebel El Koursi respectivement, caractérisées par des versants courts donnant naissance à des petits ravins courts (Cf.Fig. n°08).

Ces ravins disparaissent au niveau de la partie médiane du bassin versant couverte par des formations sableuses perméables. Surtout pour le sous bassin d'Oued Bhaim où

PREMIÈRE PARTIE : Caractères Physiques et Climatologiques du Bassin Versant de la Mafragh

Fig.n°08: Carte des réseaux hydrographiques(Oued Bougous,Oued Bourdim)



cette formation couvre plus que 60% (partie centrale du sous-bassins) de la superficie totale. La lithologie est un facteur tampon sur l'écoulement avec une densité de drainage égale à 1.20 Km/Km^2 . Par contre, dans la partie avale du bassin versant, c'est la pente qui joue le rôle déterminant et elle est presque nulle.

En revanche, dans le sous-bassin d'Oued Bourdim, cette formation ne représente que 33% de la superficie totale, ce qui se répercute sur la densité de drainage qui atteint 3.62 Km/Km^2 . Par ailleurs, la pente du relief est différente, elle est de l'ordre de 25.40 et 18.32 m/Km respectivement. Pour la pente des deux oueds, elle oscille entre 3.29 % pour Oued Bourdim et 2.73 % pour Oued Bhaim. Cette différence est liée au relief et à la lithologie, qui jouent un rôle capital dans l'aptitude au ruissellement.

6.5- Densité de drainage

On constate que le bassin versant de la Mafragh présente un chevelu hydrographique temporaire faible. De ce fait la densité sera donnée plus au moins sous une seule forme: densité de drainage permanente pour tous les sous-bassins étudiés. Il est clair que le drainage est conditionné par la lithologie et la pente (du relief et des oueds). Ceci s'explique par le fait qu'on a une densité semblable pour les sous-bassins des Oueds Mafragh et Kébir-Est (ce dernier représente plus que 40% de la superficie totale du bassin versant de la Mafragh ($D_d=0.61$ et 1.77 Km/Km^2) une pente du relief égale à 8.35 et 6.37 m/Km. Les paramètres de ces deux sous-bassins sont conditionnés par la lithologie, à savoir les formations numidiennes de l'amont du Bassin versant (grés et argiles) et la pente presque nulle de la plaine et des talwegs principales, ces derniers se caractérisant par une pente longitudinale très faible (pente moyenne d'oued : $I_{\text{moy}}=1.30$ % et 1.16 % respectivement).

6.6- La densité relative

D'après les résultats rapportés au tableau A1 et A2, on remarque que les valeurs de la densité relative oscillent entre 36 % et 100 %, signifiant une érosion faible à très faible pour l'ensemble des sous-bassins étudiée, car ces derniers

développent un nombre réduit d'affluents. Ceci s'explique par une érosion qui sera activée par d'autres facteurs ou atténuée, si les sous-bassins subissent des aménagements adéquats contre l'érosion.

6.7- Le Coefficient de Torrentialité

Cet indice peut être plus indicatif et plus expressif que la densité de drainage. Plus il est élevé plus la torrentialité augmente traduisant ainsi une grande agressivité des averses.

Dans notre bassin versant, les sous-bassins étudiés ont des coefficients de torrentialité à valeur très faibles. On enregistre pour les sous-bassins de Bougous et Bhaim des valeurs de ($C_t=2.16$ et 1.54 Km/Km^2) et en même temps une densité de drainage inférieure à 2 Km/Km^2 . Par contre, les sous bassins de Cheffia et de Bourdim ont des valeurs de densité de drainage (même si cette torrentialité est liée à un réseau temporaire) qui restent faible et qui sont de l'ordre de 3.45 et 3.62 Km/Km^2 . Les valeurs correspondantes du coefficient de torrentialité oscillent entre 14.66 et 26.25 Km/Km^2 , ce qui implique que plus le réseau est ramifié, plus la densité de drainage et la torrentialité augmente.

6.8-Le Temps de Concentration

Le temps de concentration est calculé par les formules empiriques (Cf. Annexe tableau 06).

On constate d'après les résultats rapportés au tableau 02, que plus la superficie est grande, plus le temps de concentration augmente, c'est à dire devient plus long. Il varie entre 3 et 6 heures pour les petits sous bassins et atteint les 23 heures pour le sous-bassin de Kébir- Est, d'une superficie de 1183.85 Km^2 (influence conjuguée de la superficie, de la pente nulle de la basse vallée, de la pente très faible du talweg principale et de la lithologie imperméable « les argiles sous-jacentes de la plaine »). Par contre, le temps de concentration est inversement lié à la pente moyenne du thalweg principal.

Ainsi, d'après les résultats, sur la base de la formule de Ventura, le temps de concentration qui dépend de la pente moyenne, se trouve sous-estimé. Par contre, il est sur-estimé en utilisant la formule de Passini.

Signalons ici que pour le bassin versant de la Mafragh où le temps de concentration est calculé en utilisant selon la formule de Passini on obtient une valeur inférieure à celle calculée par la formule de Ventura (Tc=18 heures). Ceci s'explique par l'influence d'un autre paramètre, à savoir la longueur du Talweg principal qui est de l'ordre de 2.6km.

On peut conclure que le temps de concentration dépend de plusieurs facteurs : la forme des sous-bassins, le couvert végétal, la lithologie et est conditionné par la superficie, la pente moyenne et la longueur du thalweg principal.

Tableau n°2 : Paramètres morphométriques par sous - bassin

| Types d'indices | Unité | Nom du sous bassin | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------|---------|---------|-------|
| | | Mafragh | Kébir-Est | Cheffia | Bougous | Bourdim | Bhaim |
| Pente moyenne d'oued | % | 1.30 | 1.16 | 4.22 | 3.60 | 3.29 | 2.73 |
| Pente globale | m/Km | 8.35 | 6.37 | 27.82 | 21.72 | 25.40 | 18.32 |
| Pente de ROCHE | % | 9.64 | 9.7 | 15.75 | 17.17 | 15.59 | 13.95 |
| Densité de drainage | Km/Km ² | 0.61 | 1.77 | 3.45 | 1.77 | 3.62 | 1.20 |
| Densité relative | % | 42.99 | 102.23 | 35.71 | 38.97 | 55.32 | 89.58 |
| C.de Torrentialité | / | 0.0976 | 5.66 | 14.66 | 2.16 | 26.25 | 1.54 |
| Temps de Concentration : | | | | | | | |
| Formule de Giondotti | Heure | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| Formule de Ventura | | 14.62 | 23.04 | 6 | 6 | 3 | 6 |
| Formule de Passini | | 57.43 | 40.62 | 7 | 9.50 | 3 | 5.50 |
| | | 18.02 | 45.62 | 5 | 9.70 | 1.71 | 4.45 |

6.9.- Conclusion

L'intérêt pratique de l'analyse morphométrique reste limité par l'affinage des résultats obtenus. Cette analyse a permis de relever des nuances entre les paramètres morphométriques des sous-bassins choisis comme échantillon à l'échelle du bassin versant de la Mafragh, où l'influence d'autres facteurs physiques comme la pente et la lithologie était déterminante, tout en prenant en considération les facteurs climatiques.

En effet, la comparaison entre les sous-bassins nous a permis de ressortir deux classes de relief : fort et assez fort.

En général le drainage est semblable dans l'ensemble du bassin versant et est du type orthogonal guidé par la tectonique affectant la région de la Mafragh comme l'Oued Bounamoussa qui s'adapte localement à des accidents tectoniques au niveau du bassin d'Asfour, ce qui lui donne un tracé en baïonnette (Marre. A, 1987). Par ailleurs, Oued Bougous est aussi guidé par des accidents tectoniques et par la subsidence de la plaine. En général, les densités de drainage sont faibles à très faibles, ce qui explique une action érosive faible, car on a à faire à un bassin versant caractérisé par :

- 1- Un nombre réduit d'affluents d'ordre 1.
- 2- Une lithologie hétérogène, constituée par des grès fracturés et perméables, des argiles imperméables à la base des grès et des formations sableuses semi-perméables à perméables.

La pente nulle de la plaine qui constitue la majeure partie de l'aval du bassin versant « basse vallée de la Mafragh » est un autre paramètre physique déterminant.

Ainsi, l'influence prononcée de certains paramètres, qu'ils soient physiques ou morphométriques, peut être déterminante dans l'explication des valeurs atteintes.

Synthèse des Paramètres Morphométriques :

1- Une faible torrentialité liée à une faible densité du chevelu hydrographique, avec un temps de concentration long favorisant :

* Soit l'infiltration des eaux, au niveau des formations géologiques perméables (les grés fracturés et les formations dunaires) en présence d'un couvert végétal plus au moins dense.

* Soit la stagnation des eaux, surtout sur une structure lithologiques imperméables (les argiles sou-jacentes) avec une pente faible comme à l'aval du bassin versant.

2- Une lenteur du temps de concentration qui peut être un facteur de déclenchement des processus d'érosion, surtout sur les versants aux pentes fortes et aux formations lithologiques imperméables où les formations de type flyschs (les flyschs marno-calcaires) sont accentués par l'absence du couvert végétal. Les ravinements ou les glissements de terrains se mettent alors en place (Cf.Photo n°03, 04, 05 et 06), l'action anthropique est un autre facteur à prendre en considération. On conclut que les processus de pédogenèses sont plus généralisés dans notre bassin versant.

L'étude du climat, de l'occupation du sol et du couvert végétal donnera plus de détails sur l'abondance de l'écoulement.

**Risque naturels conditionnés par la lithologie Chaâbat Douar (Oued Sidi Trad) Commune
Zitouna.**



Photo 03 : glissement de terrain



Photo 04 : Coulée boueuse

Glissements résultant de l'Action anthropique



Photo 05: Glissement de la route nationale n° 02 El Tarf-Bouhadjar (Commune Ain Karma)



Photo n°6: Destruction de la conduite de refoulement de L'eau potable de la Commune de Cheffia par ravinement

II- Etude des facteurs climatiques : Climat Facteur de Variabilité du régime hydrologique

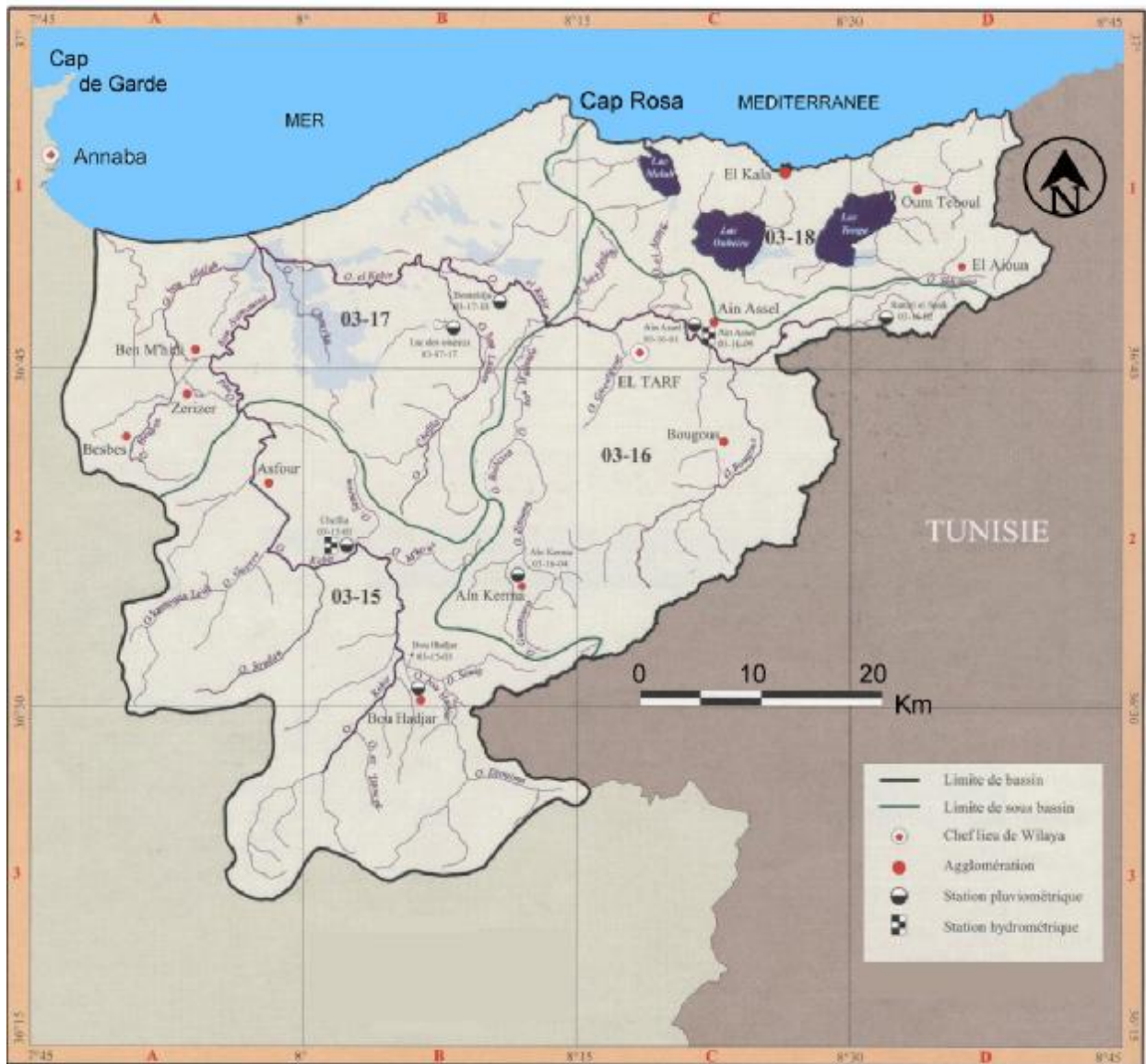
Les facteurs climatiques dans leur ensemble permettent d'expliquer quantitativement l'intensité et la variabilité des composantes du régime hydrologique, dans le temps et dans le l'espace, en interaction avec les conditions physico-géographiques de l'écoulement. C'est ainsi que l'emploi des outils statistiques s'impose afin de pouvoir interpréter les phénomènes hydrologiques enregistrés dans le passé, leur fonctionnement actuel et prévoir leur évolution dans le futur. L'évaluation des différents paramètres climatologiques a été effectuée en fonction de la disponibilité des informations au niveau des sites d'observations climatologiques.

- Source des données et répartition des stations

Nous nous sommes basée sur les observations faites au niveau des cinq stations météorologiques situées dans le bassin versant de la Mafragh, (Ain El Assel, Cheffia, Bouhadjar, Ain El Karma, Boutheldja) gérées par L'ANRH où nous utiliserons les relevés pluviométriques, ainsi qu'au niveau de eux autres stations se trouvant à sa limite immédiate (Annaba les Salines et El Kala) et contrôlées par la météorologie nationale et qui sont des stations professionnelles (Cf.Fig.n°09).

Nous avons choisi comme stations de références la station de Ain El Assel qui couvre la partie Est du bassin, la station de Cheffia pour la partie centrale du bassin versant, la station de Bouhadjar pour la partie Sud et la station de Annaba les Salines pour la partie Nord et Nord-Ouest, avec une absence quasi-totale de stations en altitude sur le versant Nord du Djebel M'Sid qui fait la limite sud du bassin versant. Les coordonnées géographiques des stations, les altitudes des postes ainsi que leurs codes utilisés à l'ANRH sont indiqués dans le tableau 03.

Fig.n°09: Situation géographique des stations pluviométriques et hydrométriques



Source: A.B.H, cahier n°04, Sep 2000

Tableau n° 03 : Coordonnées géographiques des différentes stations

| Station | Longitude Est | Latitude Nord | Altitude (m) | Période d'observation | Code- ANRH |
|---------------------------|------------------------|---------------|--------------|-----------------------|------------|
| Boutheldja | 8° 12' 22'' | 36° 47' 22'' | 020 | 1968/69-2001/02 | 03-17-01 |
| Ain El Karma | 8° 11' 56'' | 36° 35' 25'' | 235 | 1968/69-2000/01 | 03-16-04 |
| Bouhadjar | X=984.200 Y=369.425 | 36° 30' 21'' | 300 | 1969/70-1992/93 | 3-15-03 |
| Cheffia Barrage | X=942.250 Y=375.600 | | 170 | 1976/77-2002/03 | 03-15-15 |
| Ain El Assel | 8° 22' 2'' | 36° 35' 25'' | 032 | 1968/69-2002/03 | 03-16-01 |
| El Kala | 8° 27' | 36°53' 47'' | 011 | 1968/69-2002/03 | / |
| Annaba Les Salines | 7° 46' | 36° 54' | 003 | 1968/69-2002/03 | / |

*Source : A.N.R.H Constantine et Annaba 2003 ; O.N.M Annaba 2003 ;
A.N.B Cheffia 2003 ; A.N.B Ain Assel 2003*

1- Précipitations Liquides

La pluviométrie demeure le facteur le plus important dans la détermination de l'abondance fluviale. Pour cela nous lui consacrons plus d'intérêt. Les données d'observations pluviométriques qui vont être utilisées dans notre région d'étude sont caractérisées, par leur homogénéité. Les séries récentes ont une longueur allant de 27 à 35 ans.

Les postes qui ont été retenus pour l'étude des relations pluies/débits pour la période 1967/68 et 2002/03 sont : les deux stations de Cheffia Barrage et de Ain El-Assel. Ces deux stations ne couvrent que la partie amont des deux sous-bassins de la Bounamoussa et du Kébir-Est.

1.1- Contrôle de la Fiabilité des Séries

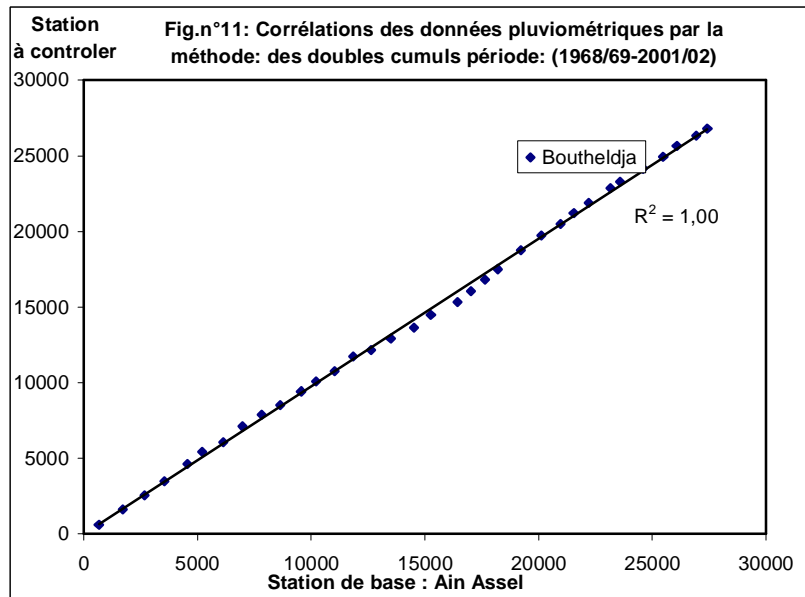
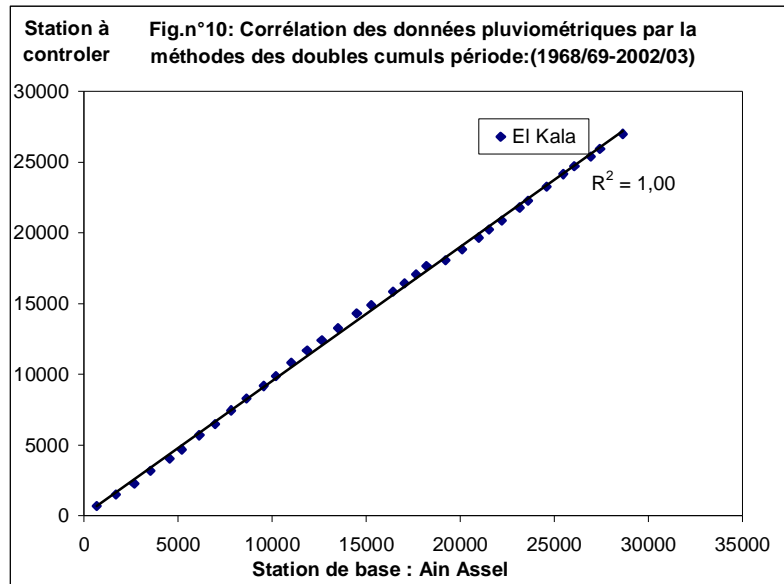
L'emploi d'outils statistiques et graphiques est nécessaire pour le contrôle de la qualité des échantillons pluviométriques, et pour faire ressortir les anomalies en vue de leurs homogénéisation.

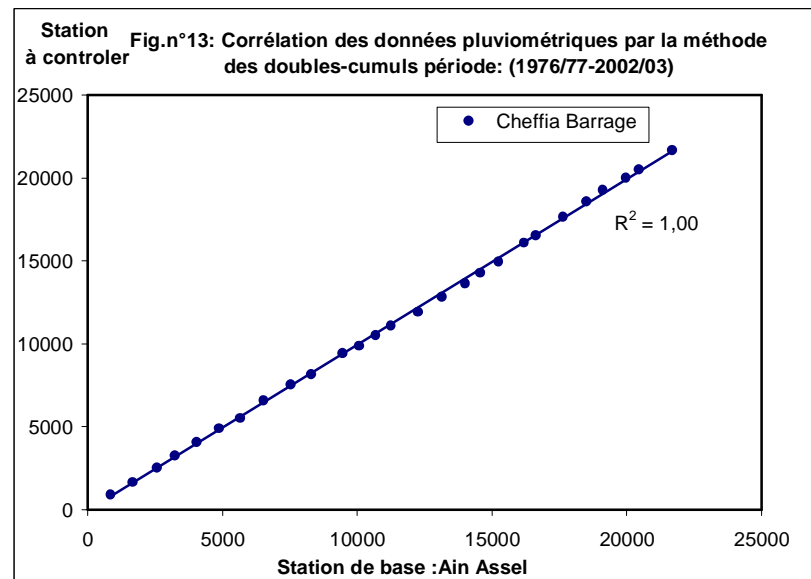
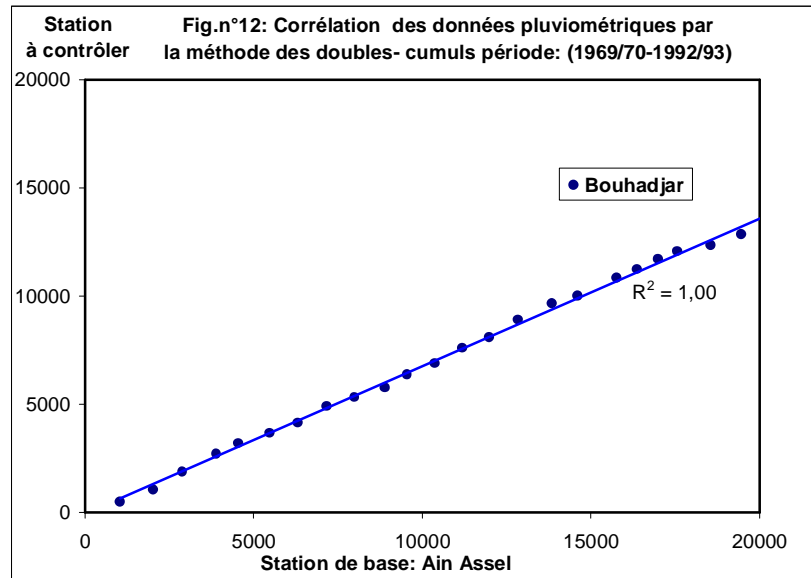
La méthode des « doubles cumuls » nous a permis de faire une vérification complète des totaux annuels.

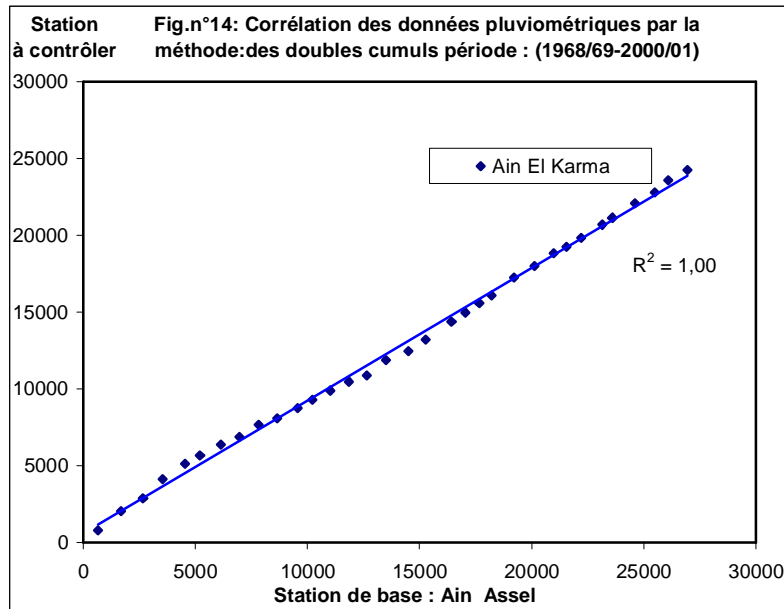
Cette méthode consiste à comparer les totaux cumulés relevés aux postes pluviométriques à ceux d'un poste de référence ayant fonctionné sur une période longue et continue et dont la série est homogène (Mébarki. A, 1984).

Dans notre étude, deux postes de référence répondent à ces critères : il s'agit de la station de Annaba les Salines et de celle Ain El Assel. En effet, l'application de cette méthode doit tenir compte de deux conditions préalables, à savoir l'existence d'une liaison positive significative entre les totaux annuels et l'ajustement de ces totaux à une distribution statistique normale ou Loi de Gauss.

Pour l'analyse graphique de la liaison entre les totaux cumulés nous avons procédé comme suit en utilisant du papier millimétrique: ceux au niveau de la station de référence ont été portés sur l'axe des abscisses et ceux de la station à vérifier sur celui des ordonnées. En général, on constate que les points sont distribués d'une façon linéaire pour l'ensemble des stations contrôlées avec la station de Ain Assel. On peut en conclure que les séries des stations de Cheffia barrage, Boutheldja, Bouhadjar, Ain Karma et El Kala sont homogènes, avec un coefficient de corrélations $R^2=1$, ce qui signifie qu'on a une bonne corrélation (Cf.fig 10,11, 12, 13 et 14).







1.2- Comblement des Lacunes d'Observation

Les données relatives aux stations retenues dans notre étude sont complètes à l'exception de celle de la station de Boutheldja qui présente des lacunes à partir de 1992 jusqu'à 2002 sur 7 mois et celle de la station d'El Kala qui présente des lacunes sur trois mois, il s'agit de Février 1981/82, Janvier 1982/83 et Décembre 2002/03.

1.2.1- Application de la méthode des rapports à la série de Boutheldja

La méthode des rapports est l'une des méthodes les plus utilisées pour le comblement des données. Elle admet que le rapport des hauteurs de pluie tombée pendant un même mois et pendant une série du mois du même nom était la même en des stations voisines ; son application se fait selon l'équation :

$$Y = a.x$$

Y: valeur inconnue pour un mois particulier à la station lacunaire B

x : valeur correspondante observée à la station de référence A

a : constante d'ajustement égale au rapport de la somme des précipitations

observées pendant une période commune aux deux stations :

$$\text{soit : } a = \frac{\sum P_b}{\sum P_a}$$

Ainsi, par exemple, l'ajustement des données de la station de Bouthedja à partir de la station de Ain El Assel pour tout les mois lacunaires à exemple d'application pour le mois de décembre 1995:

$$\sum P_a = 1026.6 \text{ mm pour le mois de Décembre à la station de Boutheldja;}$$

$$\sum P_b = 1196.6 \text{ mm pour le mois de Décembre à la station de Ain El Assel;}$$

$$\text{d'où la constante d'ajustement : } a = \frac{1196.6}{1026.6} = 1.16$$

Sachant que la hauteur de précipitation du mois de décembre était de 70.4mm à Ain El Assel, la valeur correspondante à Boutheldja serait de :

$$x = 70.4 \text{ mm} \Rightarrow y = 1.16 * 70.4 = \underline{81.6 \text{ mm.}}$$

Après le traitement statistique des données (utilisation de la méthode double cumul et celles des rapports) nous avons retenu les sept stations.

1.3- Précipitation Annuelles : Irrégularités dans le Temps et dans l'Espace

Sous l'influence conjuguée de la mer, du relief, du sol et de la latitude, des zones climatologiques se succèdent à partir du littoral et se caractérisent par leurs faibles largeurs. La région du bassin versant de la Mafragh jouit d'un climat du type méditerranéen, caractérisé par deux saisons d'inégale durée, l'une froide et humide allant du mois d'Octobre à Avril et l'autre sèche et chaude allant de Mai à Septembre. L'irrégularité des précipitations constitue une donnée fondamentale du climat de l'Algérie (Seltzer.P, 1946).

La connaissance des moyennes annuelles demeure nécessaire avant d'aborder l'étude de l'abondance des cours d'eau et surtout la détermination du bilan moyen annuel de l'écoulement. La variabilité des pluies sur de longues périodes d'observation, doit être précisée par des moyens statistiques.

1.3.1- Précipitations inter-annuelles :

Pour l'étude du bassin versant de la Mafragh, nous avons utilisé les données des sept stations. Les précipitations moyennes annuelles enregistrées aux différentes stations varient entre 556.57 et 818.9 aux stations de Bouhadjar, Annaba Les Salines, Ain El Karma, Cheffia Barrage, Boutheldja, El Kala et Ain El Assel (Cf. Tableau A 11).

Le bassin versant de la Mafragh reçoit une pluviométrie moyenne de l'ordre de 734.78 mm. Elle est calculée par pondération à partir des moyennes enregistrées dans les stations (sus-citées) pour des périodes de différentes durées.

$$P_p = \frac{\sum \bar{M} \times N_c}{N}$$

P_p = moyenne calculée par pondération

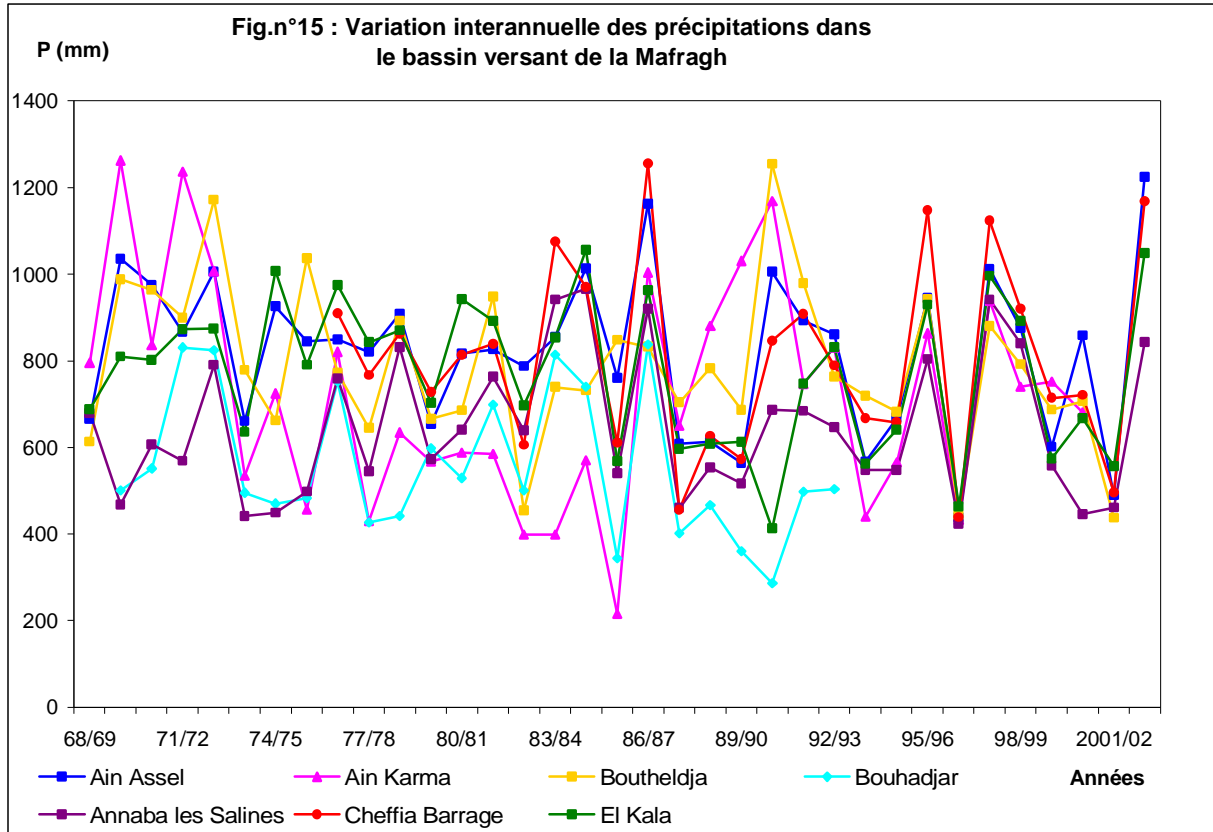
$\sum \bar{M}$ = Somme des moyennes annuelles enregistrées dans chaque station

N_c = Nombre d'années correspondantes de chaque station.

N = Le nombre totale des années.

L'observation minutieuse de la figure n°15 de la variation interannuelle des précipitations nous permet de dégager les tendances générales de la variation et l'évolution de la pluviométrie annuelle. Elle évolue parallèlement à la séquence des périodes sèches et pluvieuses. Les inondations dues à un apport considérable d'eau sont cycliques et se produisent exceptionnellement toutes les 20 années avec de petites répliques tous les 6 à 9 ans (crues de 1973, 1979, 1982, 1984 et 2001).

Cette analyse est à manipuler avec prudence, car les pluies sont irrégulières d'une année, d'un mois et d'un jour à un autre, voire même d'un moment à un autre.



1.3.1.1- Coefficient de variation

Le phénomène de variabilité inter-annuelle des modules pluviométriques est bien exprimé par le coefficient de variation (C_v) traduisant la dispersion relative des pluies :

$$C_v = \frac{d}{\bar{P}}$$

d = L'écart type

\bar{P} = La moyenne

$$\text{L'écart-type : } \delta P = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{n-1}} \quad \text{si } n < 30 \quad : \quad \delta P = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{n}} \quad \text{si } n > 30$$

$$\text{La moyenne : } \bar{P} = \frac{\sum p_i}{n} \quad n : \text{La taille de l'échantillon.}$$

Les valeurs du coefficient de variation sont représentées dans la Fig.n°16 et le tableau n°04 . Les coefficients de variation varient entre 0.22 comme valeur minimale à la station d'El Kala et 0.35 à Ain Karma. Autrement dit l'irrégularité pluviométrique est importante surtout durant les mois à faible pluviosité. On observe que la différence entre les moyennes précipitées d'une année à une autre peut atteindre les 373 % durant le mois de Juillet au niveau de la station de Ain Karma.

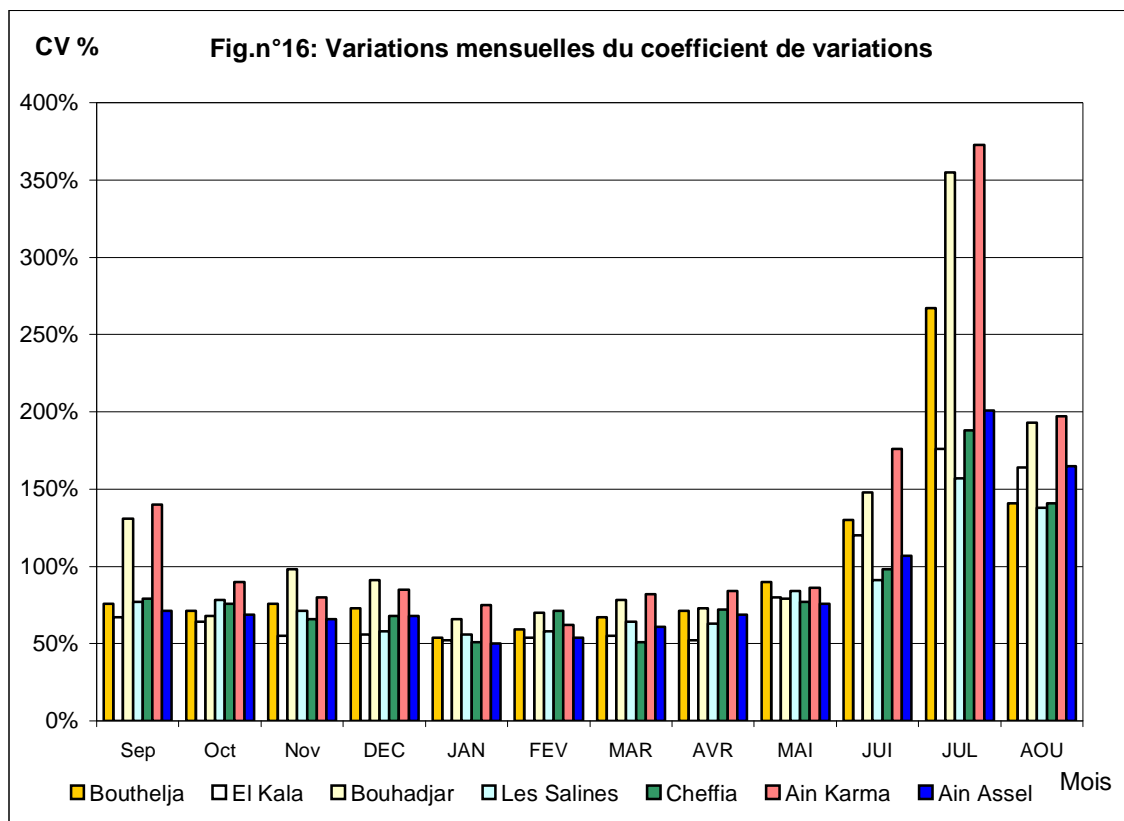


Tableau n°04 : Variations mensuelles et annuelles du coefficient de variation

| Mois | Stations | | | | | | |
|--------------|------------|---------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|-----------|
| | Boutheldja | El Kala | Bouhadjar | Annaba les Salines | Cheffia Barrage | Ain Karma | Ain Assel |
| Sep | 0,76 | 0,67 | 1,31 | 0,77 | 0,79 | 1,40 | 0,71 |
| Oct | 0,71 | 0,64 | 0,68 | 0,78 | 0,76 | 0,90 | 0,69 |
| Nov | 0,76 | 0,55 | 0,98 | 0,71 | 0,66 | 0,80 | 0,66 |
| DEC | 0,73 | 0,56 | 0,91 | 0,58 | 0,68 | 0,85 | 0,68 |
| JAN | 0,54 | 0,52 | 0,66 | 0,56 | 0,51 | 0,75 | 0,5 |
| FEV | 0,59 | 0,54 | 0,70 | 0,58 | 0,71 | 0,62 | 0,54 |
| MAR | 0,67 | 0,55 | 0,78 | 0,64 | 0,51 | 0,82 | 0,61 |
| AVR | 0,71 | 0,52 | 0,73 | 0,63 | 0,72 | 0,84 | 0,69 |
| MAI | 0,90 | 0,80 | 0,79 | 0,84 | 0,77 | 0,86 | 0,76 |
| JUI | 1,30 | 1,20 | 1,48 | 0,91 | 0,98 | 1,76 | 1,07 |
| JUL | 2,67 | 1,76 | 3,55 | 1,57 | 1,88 | 3,73 | 2,01 |
| Aout | 1,41 | 1,64 | 1,93 | 1,38 | 1,41 | 1,97 | 1,65 |
| Moy annuelle | 0,23 | 0,22 | 0,30 | 0,25 | 0,28 | 0,35 | 0,23 |

1.3.1.2- Ecart à la moyenne

Afin de caractériser la pluviosité propre à chaque année, il convient de tenir compte de « l'écart à la normale » correspondant à l'excédent ou au déficit de précipitations de l'année considérée, rapporté à la moyenne de la série étudiée de chaque station.

L'écart, exprimé en pourcentage, à la moyenne est défini comme l'écart du total de l'année considérée comme la plus sèche (non pluvieuse) où la plus pluvieuse de la série par rapport à la moyenne totale de la série. D'après les résultats rapportés dans le tableau 05, on remarque que l'ampleur de cet écart dépasse en général les 40 % de la moyenne pour l'ensemble des stations.

Il s'avère que l'année extrême, pluvieuse et non pluvieuse, commune à la quasi-totalité des stations correspond respectivement à l'année pluvieuse (1986/87) et l'année non pluvieuse (1996/97) à l'exception de la station de Boutheldja qui présente un écart plus faible pour l'année la plus pluvieuse.

Tableau n°05 : Ecart à la moyenne des précipitations annuelles par rapport aux années extrêmes

| Années de références | Ecart à la moyenne en (%) par stations | | | | | | |
|--|--|-----------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|
| | Annaba les Salines | Cheffia Barrage | Bouthelja | Ain Karma | Ain Assel | El Kala | Bouhadjar |
| Année pluvieuse (1986 / 87) | +42 | +56 | +5 | +39 | +42 | +25 | +50 |
| Année non pluvieuse (1996 / 97) | -34 | -45 | -44 | -40 | -46 | -40 | / |

1.3.1.3-La répartition saisonnière des précipitations et l'indice saisonnier de PEGUY

L'indice saisonnier de (PEGUY.Ch, 1970) est un autre paramètre d'analyse de la répartition des précipitations par saison et par conséquent de prévoir son impact sur le cycle hydrologique.

D'après les résultats du tableau n°06, il s'avère que l'indice saisonnier est du type HAPE et que donc 70 % des précipitations annuelles tombent durant l'Hiver et l'Automne, ce qui peut avoir des conséquences très négatives sur les sols surtout en l'absence du couvert végétal. Dans notre région d'étude, les terres cultivées en céréali cultures sur des terrains pentus sont des zones à risques et nécessitent une mise en culture adéquate par le labour dans le sens des courbes de niveau, également afin d'assurer une protection des barrages contre l'envasement.

Par ailleurs, au niveau des stations de Bouhadjar et Ain El Karma, où les mêmes quantités tombent mais réparties entre l'Hiver et le Printemps. Les risques sont toujours à manipuler avec prudence surtout en présence des sols argileux sur des terrains pentus où des glissements de terrains apparaissent surtout au niveau de Ain Karma et Bouhadjar (Cf.Photo n°03 et 04). Durant cette période, si les barrages sont déjà remplis, une grande quantité des eaux superficielles se perd vers la mer.

Tableau n°06 : Répartitions saisonnières des précipitations par stations et indice de PEGUY

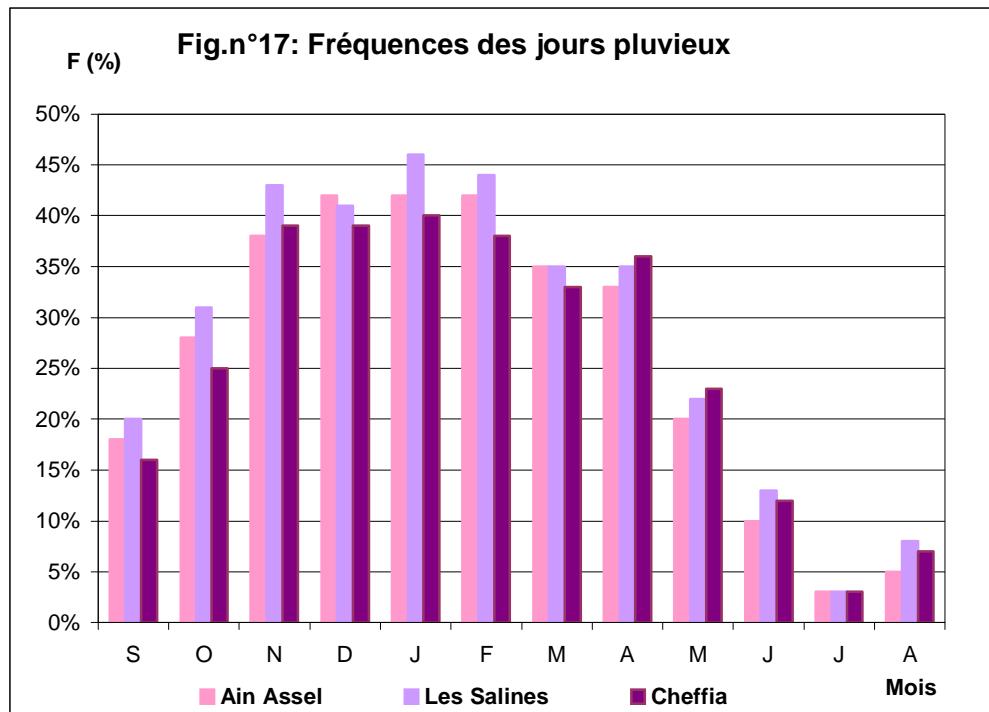
| Stations | Saisons | | | | | | | | Moyenne annuelle (mm/ans) | Indice de PEGUY |
|---------------------------|---------|--------------|-----------|-------|-------|------|---------|-------|---------------------------|-----------------|
| | Hiver | | Printemps | | Eté | | Automne | | | |
| | Tot | % | Tot | % | Tot | % | Tot | % | | |
| Bouhadjar | 221.02 | 39.71 | 165.90 | 29.81 | 22.94 | 4.12 | 146.70 | 26.36 | 556.57 | HPAE |
| Annaba les salines | 265.06 | 41.08 | 163.09 | 25.28 | 26.61 | 4.12 | 190.41 | 29.51 | 645.17 | HAPE |
| Cheffia Barrage | 333.05 | 41.45 | 221.51 | 27.57 | 24.98 | 3.11 | 223.91 | 27.87 | 803.44 | HAPE |
| Boutheldja | 327.9 | 41.61 | 189 | 23.98 | 26.82 | 3.40 | 244.32 | 31.00 | 788.05 | HAPE |
| Ain El Karma | 302.09 | 41.91 | 205.69 | 28.53 | 26.81 | 3.72 | 186.26 | 25.84 | 720.85 | HPAE |
| Ain Al Assel | 359.59 | 43.94 | 195.14 | 23.83 | 31.55 | 3.85 | 213.84 | 26.11 | 818.90 | HAPE |
| El Kala | 318 | 41.25 | 170.7 | 22.14 | 24.68 | 3.20 | 257.48 | 33.40 | 770.93 | HAPE |

1.4- Les précipitations journalières

1.4.1- Les jours pluvieux

Ce sont les jours où la pluie est supérieure à 0.1 mm. Dans notre étude trois stations ont été exploitées à une échelle journalière vu la disponibilité des données nécessaires : il s'agit de Annaba les Salines (32 ans), Ain Assel (35 ans) et Cheffia barrage (27) ans. Sur 32 ans, du 1er Septembre 1971 au 31 Août 2003, soit 11688 jours, on a enregistré 3307 jours de pluie, alors que sur 35 ans du 1er Septembre 1968 au 31 Août 2003, soit 12784 jours, on a enregistré 3354 jours de pluie et enfin sur 27 ans du 1er Septembre 1976 au 31 Août 2003, soit 9862 jours, on a enregistré 2541 jours de pluie : donc la probabilité d'un jour pluvieux est de l'ordre de 0.28 , 0.26 et 0.26 respectivement ce qui donne donc une chance sur 4 d'avoir un jours pluvieux.

Les résultats exprimés par la Fig. n°17 montrent une forte probabilité de jours de pluie en hiver avec un maximum pour les mois de forte pluviosité (Décembre, Janvier et Février). Nous avons là presque une chance sur deux (50 %), à la rigueur sur trois, d'avoir un jour pluvieux. Pour le mois le plus sec de l'année (juillet), on constate une faible probabilité qui est de l'ordre de 3 % pour l'ensemble des Stations.



1.4.2- Etude des Maxima de 24 h, 48 h et 72 h

Les hauteurs de pluie maximales recueillies en 24 h, 48 h, et 72 h sont d'autant plus élevées que le module pluviométrique annuel est plus faible (Cf. Tableau n°7a, 7b, 7c).

Il apparaît ainsi que la lame d'eau maximale précipitée en 24 h, 48 h et 72 h est enregistrée durant les années des inondations. Pour l'année 1973, on a enregistré une lame d'eau de l'ordre de 57.2mm /24 h (30 décembre) à la station de Annaba les Salines et une valeur de 56.2 à la station de Ain Assel. Cette valeur culmine à 116.6 mm (28 octobre 1982), 142.7 mm (novembre 1992) et 109.2 mm (16 avril 1979) aux

stations de Annaba les Salines, Ain Assel et Cheffia Barrage respectivement. A ces mêmes années correspondent les maxima pour une durée de 48 h et 72 h, car il a été enregistré durant les mêmes mois des mêmes années les maxima les plus élevés (exceptionnel) pour les trois séries étudiées. Les valeurs de ces maxima deviennent exceptionnelles aux même stations avec des intensités de 4.85, 5.94 et 4.55 mm/h respectivement.

Ces lames d'eau précipitées s'élèvent de 24, 48 et 72 heures. D'après les tableaux ci-dessous, on constate l'ampleur de l'irrégularité des précipitations ainsi que leur caractère torrentiel, facteur générateur de crues.

Tableau n°7a : Les maxima enregistrés à la Station de :
Annaba les Salines (Octobre, 1982/83)

| Durée et date des pluies | Lame d'eau mesurée (mm) | Intensité par heure (mm / h) | Total annuel (mm) | % par rapport au total du mois | % par rapport au total de l'année |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|
| 24 h 28 Oct | 116.6 | 4.85 | 639.30 | 67.24 | 18.23 |
| 48 h 28, 29 Oct | 135.6 | 2.83 | 639.30 | 78.20 | 21.21 |
| 72 h 27 au 29 Oct | 142.1 | 1.97 | 639.30 | 81.94 | 22.22 |

Tableau n°7b : Les maxima enregistrés à la Station de :
Ain Assel (Novembre, 1992/93)

| Durée et date des pluies | Lame d'eau mesurée (mm) | Intensité par heure (mm / h) | Total annuel | % par rapport au total du mois | % par rapport au total de l'année |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| 24 h 03 Nov | 142.7 | 5.94 | 860.50 | 57.84 | 16.58 |
| 48 h 2, 3 Nov | 153.6 | 3.2 | 860.50 | 62.26 | 17.85 |
| 72 h 1 au 3 Nov | 166.1 | 2.30 | 860.50 | 67.32 | 19.30 |

**Tableau n°7c : Les maxima enregistrés à la Station de :
Cheffia Barrage (Avril, 1978/79)**

| Durée et date des pluies | Lame d'eau mesurée (mm) | Intensité par heure (mm / h) | Total annuel | % par rapport au total du mois | % par rapport au total de l'année |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| 24 h 16 Avril | 109.2 | 4.55 | 861.90 | 37.96 | 12.66 |
| 48 h 15, 16 Avril | 141.8 | 2.95 | 861.90 | 49.30 | 16.45 |
| 72 h 15 au 17Avril | 161.8 | 2.24 | 861.90 | 56.25 | 18.77 |

1.4.3- Les Averses de Courte Durée (Durée inférieure ou égale à 24 h)

Les précipitations mensuelles et annuelles étant des facteurs déterminants en ce qui concerne la variation des réserves en eaux souterraines sur une période assez longue, l'analyse des précipitations à une échelle temporelle encore plus fine s'impose pour éclairer le caractère extrême de l'écoulement superficiel car il existe une relation de cause à effet entre la chute d'une certaine quantité d'eau sous forme de pluie et l'écoulement de cette eau. Cette relation est perturbée par un certain nombre de phénomènes intermédiaires et conditionnée par la façon dont la pluie se répartit dans le temps.

Selon le Tableau n°08, le nombre de jours où on a enregistré des intensités de 30 à 50 mm / 24 heures est supérieure à 100 fois pour les deux stations de Ain Assel et Cheffia Barrage, par contre il n'est que de 70 fois à Annaba et ce durant les périodes étudiée pour chaque stations. Les intensités exceptionnelles d'une hauteur supérieure à 100 mm /24 h sont très rares, elles ne sont que de 4, 2 et 1 fois respectivement.

Tableau n°08 : Nombre de jours de pluies torrentielles ($P \geq 30$ mm/24h) observées aux différentes stations.

| Stations | Total | Répartition annuelle | | | | | | | | | | | | Répartition par intensité(mm/24 h) | | | | Hauteurs maximales Observées (mm/24) | Rapport Hauteurs maximales/moyenne Annuelle (en %) |
|---------------------------|-------|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|------------------------------------|-------|--------|------|--------------------------------------|--|
| | | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | 30-50 | 50-70 | 70-100 | >100 | | |
| Cheffia Barrage | 138 | 5 | 14 | 28 | 22 | 19 | 16 | 11 | 14 | 8 | 0 | 0 | 1 | 101 | 24 | 9 | 4 | 114.5 25 Mai 1992 | 12.60 % |
| Ain El Assel | 176 | 14 | 23 | 36 | 38 | 24 | 12 | 9 | 15 | 5 | 0 | 0 | 0 | 139 | 27 | 8 | 2 | 142.7 3 Nov 1992 | 16.58 % |
| Annaba Les Salines | 86 | 2 | 16 | 22 | 15 | 9 | 9 | 2 | 4 | 5 | 1 | 0 | 1 | 70 | 10 | 5 | 1 | 116.6 28 Oct 1982 | 18.23 % |

1.4.4- Les épisodes pluvieux

Si ces pluies se succèdent au cours d'un épisode pluvieux assez long, l'effet hydrométéorologique du phénomène d'averse devient plus grand sur la genèse et la propagation des crues.

Pour éclairer cela, nous avons tiré les séquences pluvieuses les plus longues pour chaque station. Par **épisodes pluvieux** on entend une suite de jours pluvieux. A titre d'exemple, Il est tombé pendant une séquence de 12 jours (Novembre 1998) des lames d'eaux de 230.9, 211.2 et 234.7mm aux stations de Ain el Assel, Annaba les Salines et Cheffia-Barrage respectivement, soit 93.5%, 89.1% et 94% du total mensuel et 26.4 %, 25.2 % et 25.5 % du total annuel.

Ce sont de pareils épisodes pluvieux (averses) qui sont à l'origine des crues les plus désastreuses. Leur efficacité sur l'écoulement superficiel est directement proportionnelle à leur intensité, mais inversement proportionnelles aux possibilités de rétentions par les nappes souterraines. Ces pluies torrentielles alimentent largement les transports solides des oueds, notamment dans les terrains dénudés ou imperméables, et jouent le rôle capital dans l'érosion hydrique.

Ce sont les précipitations sur des périodes courtes et intermittente (sporadique) survenant sur des sols secs et nu qui sont à l'origine des pertes des sols par un ruissellement diffus, premier facteur de l'érosion. Par contre, ce sont les séquences pluvieuses les plus longues qui assurent la réalimentation des réservoirs superficiels (les barrages) et souterrains (les nappes). Mais si ces épisodes pluvieux sont soit orageux et violents, soit longs et finissant par une pluie plus intense, ils deviennent générateurs des crues qui peuvent avoir des effets catastrophiques.

1.4.5- Etudes des séquences pluvieuses et non pluvieuses

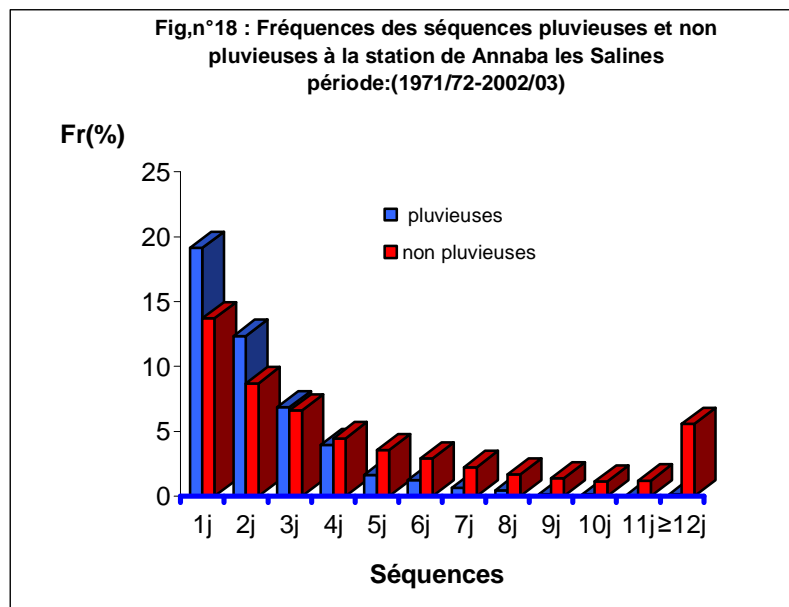
Une séquence pluvieuse est une journée où il a plu une quantité supérieure ou égale à 0.2 mm ($P \geq 0.2$ mm). **Une séquence non pluvieuse** (sèche) est une journée où il a plu moins de 0.2 ($P < 0.2$ mm). Les jours où la pluviométrie est égale à 0.1mm ($P = 0.1$ mm) est considérée comme trace.

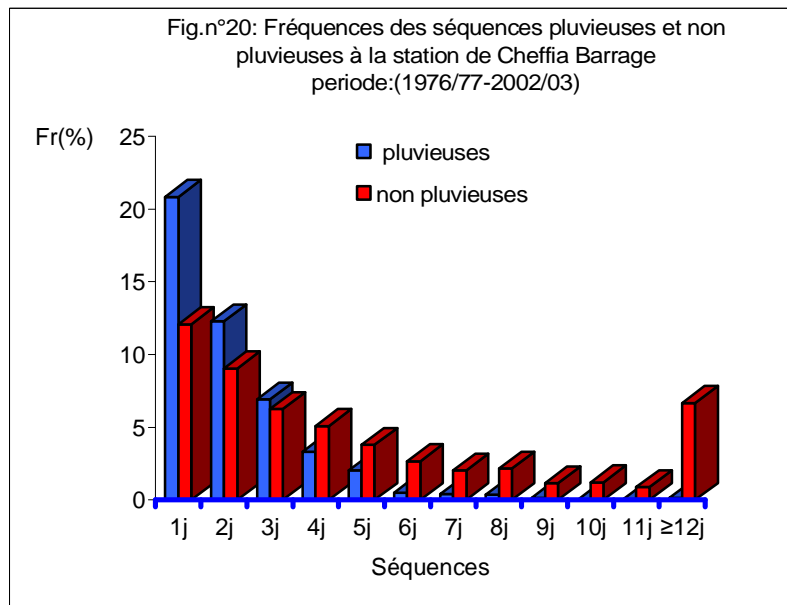
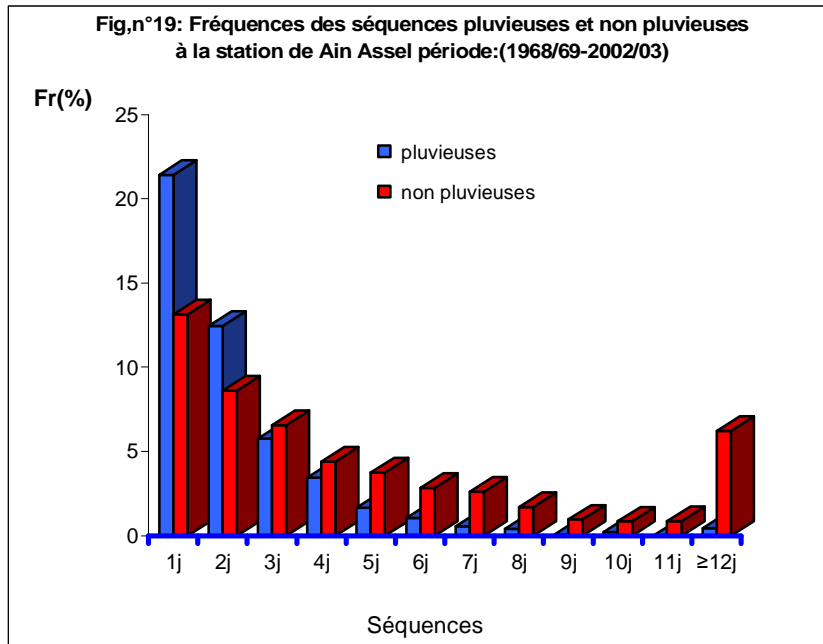
Une analyse minutieuse des données journalières des trois séries des stations étudiées nous a permis de relever les séquences pluvieuses (S_p) et celles non pluvieuses (S_{np}) et de faire ressortir des classes de différente durée. Les classes étudiées sont représentées dans les Fig.n°18, 19 et 20 avec les fréquences correspondantes.

Il s'avère que les fréquences des séquences pluvieuses d'une journée représentent respectivement 20.84 %, 21.42 % et 19.14 % pour les stations de Cheffia-Barrage, Ain El-Assel et Annaba les Salines, alors que pour les mêmes séquences sèches, les taux de fréquences sont de 20.84 %, 13.14 % et 13.7 % respectivement.

De même les fréquences des séquences pluvieuses de deux jours représentent respectivement 12.28 %, 12.45 % et 12.36 % alors que les fréquences des séquences non pluvieuses de deux jours représentent 12.28 %, 8.62 % et 8.70 %. On constate que la station de Cheffia-Barrage présente des taux différents par rapport aux deux autres stations et cela est dû peut être à la longueur de la série qui est inférieure à celle des deux autres stations.

En général le taux des fréquences pluvieuses d'une durée d'un jour jusqu'à trois jours est supérieur par rapport aux taux des séquences sèches pour l'ensemble des trois stations. A partir de quatre jours, c'est l'inverse, c'est-à-dire que ce sont les fréquences sèches qui sont plus fréquentes, ce qui explique encore l'irrégularité du climat de la région étudiée, car les séquences pluvieuses de douze jours (≥ 12 jours) et plus sont insignifiantes et ne représente qu'un taux de 0.12 %, 0.44 % et 0.17 % pour les trois stations respectivement, contrairement aux séquences sèches de même longueur qui représentent des taux plus important qui varient entre 5.57 % et 6.66 %.





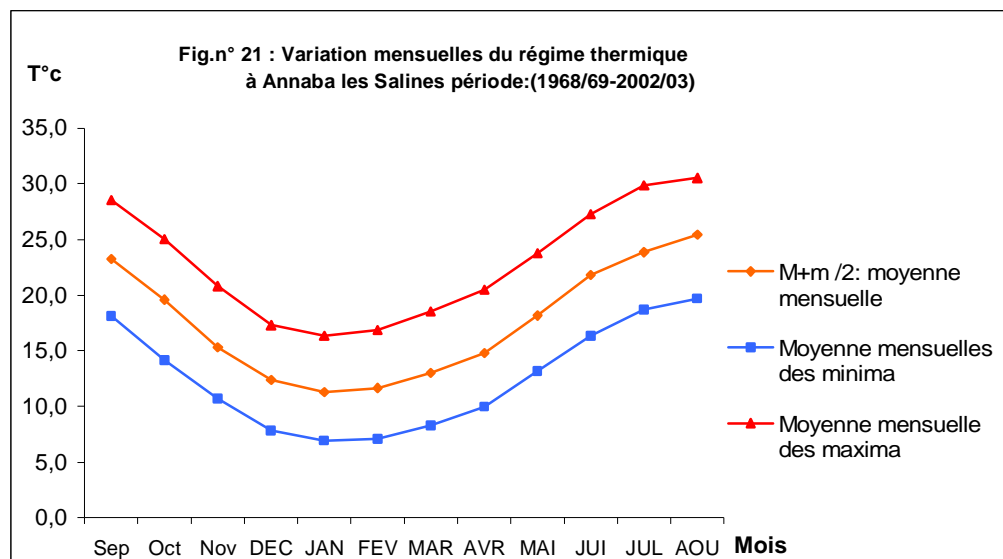
2-Les Facteurs Thermiques

La température paramètre essentiel du déficit d'écoulement

Les facteurs thermiques agissent directement en interaction avec d'autres, comme les facteurs météorologiques (précipitations, ensoleillement, vent, etc.) et bio-géographiques, sur l'évaporations et par conséquent sur le déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

Les données récentes disponibles au niveau de la station météorologique de Annaba les Salines pour la période 1971/72 à 2002/03, (moyennes mensuelles, maxima et minima (Cf.Fig.n°21), ainsi que les moyennes mensuelles des températures enregistrées au niveau de la Station Climatologique de l'Agence Nationale des Barrages (Cheffia-Barrage) pour la période de 1992/93 à 2002/03, font ressortir des oscillations thermiques très accusées, réparties sur deux périodes bien différenciées :

- Une saison chaude qui s'étend de Mai à Octobre où les températures sont supérieures à 20 °.
- Une saison froide de Novembre à Avril où les températures sont inférieures à 16 °.



2.1- Variations Mensuelles et Annuelles des Températures

La moyenne annuelle varie entre 17.57 °C à la station de Annaba les Salines et 18.70°C à Cheffia Barrage. Donc, la variation est faible entre les deux stations car elle n'est que d'un 1°C. L'absence d'une station qui représente la partie montagnarde (sud du bassin versant) des hautes altitudes ne permet pas de faire une analyse détaillée de ce paramètre. La moyenne durant la période froide oscille entre 13.07°C et 14.47°C aux mêmes stations. Cette différence devient insignifiante durant la période chaude car la température moyenne est de 22°C pour les deux stations. Il s'avère que les températures enregistrées sont homogènes (Cf. Tableau n°09).

Comme la station de Bouhadjar est située à l'amont du bassin versant, à 300m d'altitude, une estimation des températures de cette station par extrapolation par rapport à celle enregistrées à la station de Annaba les Salines s'avère nécessaire. Sachant que la température diminue de 0.5 °C par 100m d'altitude. Donc la différence entre les deux stations est de 1.5 °C, c'est-à-dire que les températures estimées à Bouhadjar sont théoriquement inférieure de 1.5 °C par rapport aux températures enregistrées à la station de Annaba les Salines (station de référence).

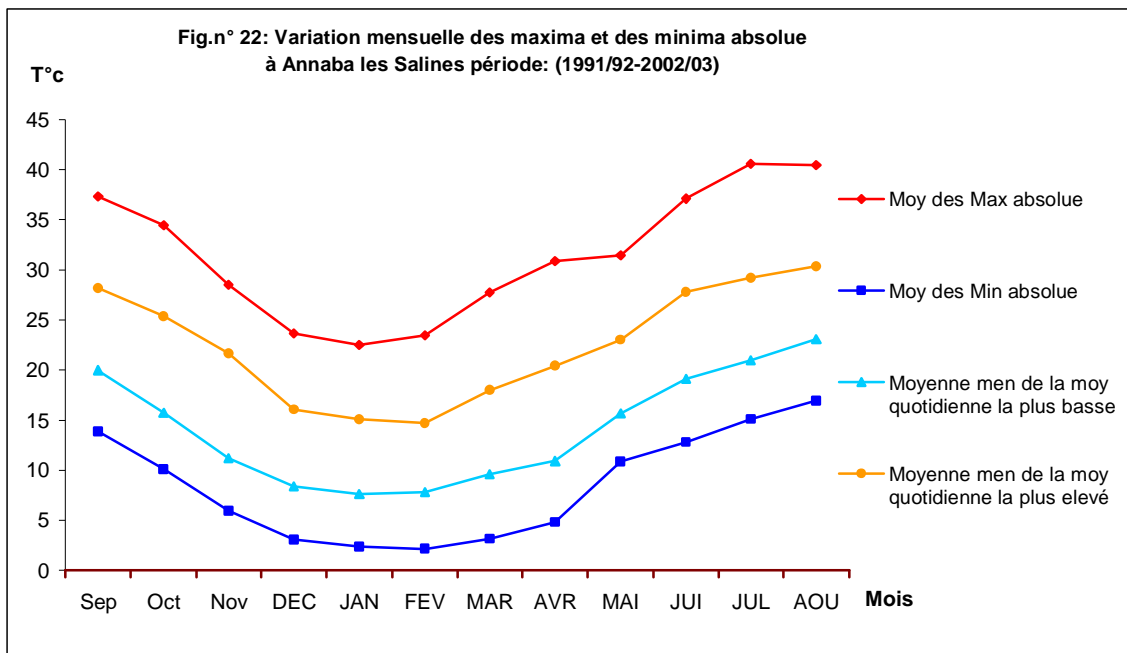
Tableau 09 : Variations mensuelles et annuelles des températures

| Stations Mois | Températures mesurées (T°C) | | T°C extrapolées |
|------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | Annaba les Salines 71/72-02/03 | Cheffia Barrage 90/91-02/03 | Bouhadjar 71/72-92/93 |
| Sep | 23,29 | 23,38 | 21,6 |
| Oct | 19,67 | 20,66 | 17,79 |
| Nov | 15,30 | 16,68 | 13,43 |
| Dec | 12,42 | 13,58 | 10,52 |
| Jan | 11,24 | 12,33 | 9,41 |
| Fev | 11,64 | 12,53 | 9,92 |
| Mars | 13,10 | 14,90 | 11,23 |
| Avril | 14,77 | 16,82 | 12,95 |
| Mai | 18,18 | 18,99 | 16,28 |
| Juin | 21,57 | 23,30 | 19,56 |
| Juill | 24,27 | 25,34 | 22,36 |
| Aout | 25,40 | 25,85 | 23,41 |
| Moyenne | 17,57 | 18,70 | 15,70 |

2.2- Etudes des Extrêmes: Minima et Maxima

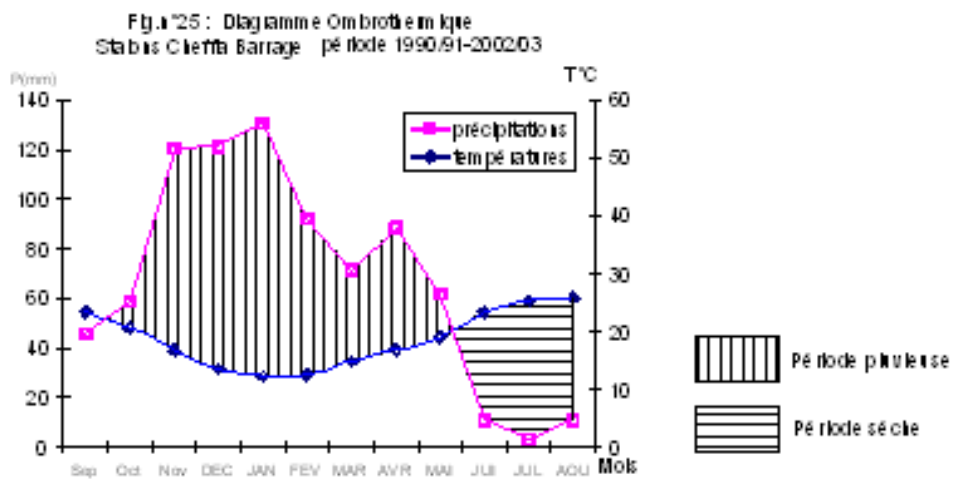
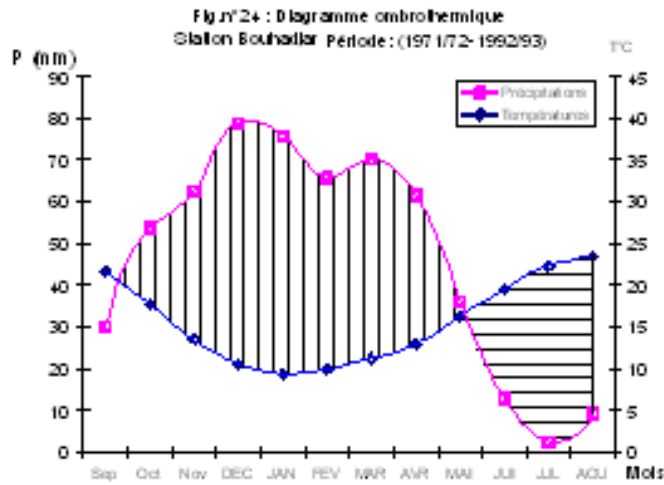
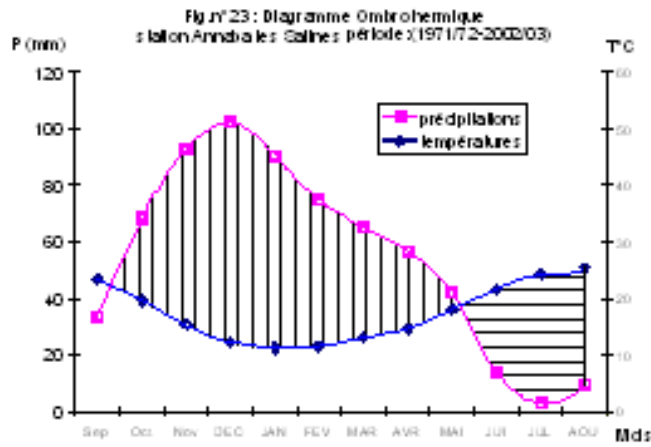
L'étude des valeurs extrêmes mensuelles des températures s'impose, car elles agissent directement sur le couvert végétal, et elles ont des répercussions directes sur l'évapo-transpiration, et par là, sur l'écoulement fluvial.

Pour ce qui est de la station de Annaba les Salines: durant la période chaude, les maxima absolus sont en Juillet et Août où ils atteignent leur maximum de 46°C. Exceptionnellement, on a enregistré une valeur de 47.5°C en juillet 1993. Elles s'abaissent durant la période froide à 27°C en Janvier et 28°C en Février. Les Minima absolus atteignent 19°C en Août et sont inférieurs à zéro (– 0.9°C en Décembre et – 10°C durant le mois de Février) durant la période froide (Cf.Fig n°22).



2.3- Les Diagrammes Ombrothermiques

Afin d'avoir une idée sur le caractère des saisons dans la régions du bassin versant de la Mafragh, nous avons établi les diagrammes ombrothermiques de GAUSSEN pour les trois stations : Annaba les salines, Bouhadjar et Cheffia Barrage. Selon la définition de GAUSSEN basée sur le comportement de la végétation aux mois où le total de la précipitation est égal ou inférieur au double de la température moyenne soit $P_{mm} \leq 2 t^{\circ}c$, comme le montre les diagrammes ombrothermiques(Cf.fig 23, 24 et 25) des trois stations précédentes, Les mois secs se succèdent de Mai à Septembre où on observe une coïncidence entre les deux extrêmes (Maxima thermique et minima pluviométrique), cela traduit une période de sécheresse où l'évapotranspiration atteint sa plus forte valeur ce qui se répercute sur le bilan hydrique.



3- Les Précipitations Solides

Contrairement aux pluies liquides, qui, par torrencialité ravagent les sols et alimentent les nappes, les précipitations solides laissent le sols s'imbiber lentement, et par conséquent s'humecter profondément en favorisant l'alimentation continue des nappes souterraines, ce qui explique les différentes réactions des sols et de la végétation face à ces deux formes de précipitations.

En raison de la rareté de plusieurs phénomènes météorologiques dans notre région d'étude, comme les chutes de neige, la gelée blanche et la grêle, et, par voie de conséquence des données relatives à ces paramètres, nous avons utilisés les données anciennes. Elles sont relatives à la période 1913-1938 (Seltzer. P, 1946) sur le climat de l'Algérie. Les stations utilisés pour l'analyse de ces paramètres sont les suivantes: la Calle, Munier et Souk-Ahras.

3.1- La Neige

D'après la série de Seltzer, portée dans le tableau n°10, on constate que la neige est présente dans la région de Souk-Ahras, qui se situe sur le versant Sud de Djebel M'Sid, qui fait la limite Sud du Bassin versant. Le nombre moyen de jours d'enneigement est de 4,5. Durant ces dernières années, les précipitations neigeuses persistent pendant un à deux mois avant leur fonte et effondrement, ce qui constitue une source d'alimentation des barrages non négligeables. (D'après les habitants des agglomérations limitrophes).

Tableau n°10 : Nombre moyen de jours de neige 1913-1938

| Stations | Nombre de jours de neige | Nombre des jours d'enneigement |
|------------|--------------------------|--------------------------------|
| Souk Ahras | 5.8 | 4.5 |

Source : SELTZER.P, 1946

3.2- La Grêle

Durant l'année, les jours de grêle sont faibles. Le nombre moyen de jours de grêle est de 6.8, 7.1 et 5.3 aux stations de la Calle, Munier, et Souk-Ahras (Seltzer. P, 1946). Les mois de Décembre, Janvier et Février sont les plus grêlex avec une moyenne de 1.2, 1.3 et 2.2 jours à la station de la Calle (Cf.tableau n°11). Les données récentes recueillies auprès de la station de Annaba les Salines pour la période de 1992-2003 déterminent l'absence de ce phénomène et avoisinent le Zéro à part les quelques rares chutes enregistrées durant le mois de Février.

Tableau 11 : Moyennes mensuelles et annuelle du nombre de jours de grêle (1913-1938)

| Stations | moyennes mensuelles du nombre de jours de grêle | | | | | | | | | | | | Année |
|-------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-------|
| | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | |
| La Calle | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 1.2 | 1.3 | 2.2 | 0.9 | 0.6 | 00 | 0.1 | 00 | 00 | 6.8 |
| Souk Ahras | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 0.6 | 0.1 | 00 | 00 | 5.3 |
| Munier | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 1.1 | 1.2 | 1.5 | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 0.1 | 00 | 00 | 7.1 |

Source: SELTZER.P, 1946

3.3- La Gelée Blanche

D'après les données récentes recueillies auprès de la station de Annaba les Salines pour la période de 1992-2003, les chutes de gelée blanche est égale à Zéro.

4- Le Vent

La connaissance de ce paramètre est très importante dans la limite des propositions de l'irrigation pour une meilleure utilisation de la double ressource sols et eaux. Dans la région du bassin versant de la Mafragh, où plusieurs périmètres d'irrigation existent déjà, on signale que le vent n'est pas un facteur incommodant pour le développement de toute mise en valeur.

4.1- La vitesse du Vent

La moyenne annuelle de la vitesse maximale instantanée du vent est de 19 m/s. Elle varie de 25 à 20 m/s entre Décembre et Avril. Elle a atteint les 37 m/s en Février (1984). Cette vitesse diminue durant la période estivale où elle atteint 15 m/s (Juin – Juillet) à la station de Annaba les Salines (Affoun. S, 1993). En moyenne, elle oscille entre 25 m/s (Cf. Tableau n°12). Cependant, les vents locaux, caractéristiques de la saison chaude, peuvent atténuer ou même renverser cette variation annuelle.

Tableau n°12 : Variation des moyennes mensuelles de la vitesse maximale instantanée du vent à la station de Annaba les salines période: (1971/72-2002/03)

| Annaba les Salines | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | Moy. Ann. |
|--------------------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|-----------|
| V (m/s) | 17.9 | 19 | 20.7 | 25.7 | 20.8 | 21.9 | 19.5 | 20.2 | 16.7 | 15.9 | 16.1 | 18 | 19.4 |

4.2- Le Sirocco

Ce vent poussiéreux, bien qu'il soit faible durant la période hivernale, apparaît tout au long de l'année. Il provoque une augmentation de la température, ce qui peut causer des dégâts quant à la croissance des cultures et les ressources en eaux (superficielles et souterraines) par l'augmentation de l'évaporation. Le nombre de jours de sirocco est de 14.2 ; 63.5 et 20.1 jours/an aux stations de la Calle, Munier et Souk Ahras (cf. Tableau n°13).

Tableau n°13 : Nombre moyen de jour de sirocco mensuel et annuel

| Stations | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | Année |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|-------|
| La Calle | 1.9 | 1.1 | 1.0 | 0.2 | 00 | 0.2 | 1.2 | 1.6 | 1.8 | 1.1 | <u>2.0</u> | <u>2.3</u> | 14.2 |
| Souk-Ahras | 2.6 | 1.3 | 0.7 | 00 | 00 | 0.7 | 1.1 | 1.3 | 1.7 | 2.7 | <u>4.0</u> | <u>4.0</u> | 20.1 |
| Munier | 9.2 | 7.2 | 3.9 | 1.0 | 0.6 | 1.2 | 4.3 | 4.8 | 6.3 | 6.3 | 8.8 | <u>9.9</u> | 63.5 |

Source : P.Seltzer, 1946

5- Conclusion

L'étude des paramètres climatiques exprime :

- Une irrégularité pluviométrique importante, surtout pendant les mois de faible pluviosité, où la différence entre les moyennes précipitées d'une année à une autre donnée par le coefficient de variation a atteint les 373 % durant le mois de juillet au niveau de la station de Ain Karma et 355 % à Bouhadjar.
- En plus de l'ampleur de l'irrégularité des précipitations de notre aire d'étude, elles se caractérisent aussi par une forte torrencialité, parce que pendant 72 heures en date du 27,28 et 29 Octobre 1982/83, on a enregistré plus que 80 % par rapport au total du mois considéré soit 142.1 mm à la station de Annaba les Salines.
- Les épisodes pluvieux les plus longs sont un autre paramètre de genèse et de propagation de crue, on note qu'il a tombé pendant une séquence de 12 jours (Novembre 1998) des lames d'eaux considérables allant jusqu'à 94 % par rapport au total mensuel et 25.5 % du total annuel à la station de Cheffia Barrage. L'efficacité de ces épisodes pluvieux sur l'écoulement superficiel est relative à leur intensité et inversement proportionnelle aux possibilités de rétentions par les nappes souterraines. Donc un autre facteur de recharge des nappes souterraines ou des réservoirs superficiels (barrages).
- En somme les températures moyennes annuelles dans l'ensemble de la région varient dans l'intervalle de 17° et 18° pour les deux stations de Annaba les Salines et Cheffia Barrage, elle n'est que de 15° à Bouhadjar où la station est située à 300m d'altitude. Les diagrammes ombrothermiques nous permettent de remarquer deux saison bien distinctes :
 - Une saison chaude qui s'étend de Mai à Octobre où les températures sont supérieures à 20 °.
 - Une saison froide de Novembre à Avril où les températures sont inférieures à 16°.

3- Bilan Hydrique

La connaissance du bilan hydrique, nous permettra d'évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan hydrique tel que l'écoulement, l'infiltration et l'évaporation. L'estimation de ces trois paramètres est un outil de base pour l'analyse de la ressource eau à différentes échelles temporelles et spatiales, afin de prévoir leurs impacts sur le développement et l'aménagement de ce type de bassin de vie.

La connaissance de ces différentes composantes du bilan hydrique demeure l'un des moyens fondamentaux d'intervention pour réussir un aménagement de protection {réalisation des ouvrages hydro-techniques} et/ou d'exploitation au maximum du potentiel naturel d'un bassin versant.

L'estimation de l'évapo-transpiration potentielle se fait à partir d'un où de plusieurs paramètres climatiques qui régissent en priorité ce phénomène et dont la fiabilité des résultats dépend du nombre de facteurs climatiques qu'elles intègrent, mais en tout état de cause, la température demeure l'élément le plus important dans cette évaluation car, sous l'effet de sa variation de 10°C en Janvier à 25°C en Août, une fraction des précipitations s'évapore avant même d'atteindre le sol. A cette action, s'ajoute la transpiration du couvert végétal. L'association de ces deux processus donne l'évapo-transpiration (ETP).

Plusieurs études réalisés sur la région d'Annaba ont été consultées (mémoires d'ingénieur, thèses, etc.). Selon leurs auteurs, les résultats du bilan Hydrique, selon la formule de Thornthwaite sont beaucoup plus proches de la réalité. Par contre, les résultats selon la formule de Turc sont en général sur-estimés. C'est ainsi que dans notre étude nous nous sommes limitée à l'application de la première formule, considérée comme la plus adéquate.

3.1- Calcul du bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite

Elle est donnée par la formule suivante :

$$ETP = 16 \times \left(\frac{t}{I} \right)^a \times K \quad \text{Où :}$$

ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle (en mm).

t : température moyenne mensuelle (mm).

K : facteur de correction qui dépend du temps et du lieu (donné par les tables)

I : indice thermique mensuel et calculé par la formule suivante :

$$a = \left(\frac{1.6}{100} \right) \times I + 0.5 \quad \text{Où :}$$

$$I = \sum_1^{12} i \quad \text{et} \quad i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

Dans notre région d'étude, pour le calcul de l'évapo-transpiration réelle (Etr), on estime pour la saturation du sol la valeur de 100mm (RU=100 mm) durant la période sèche et où les précipitations sont inférieures aux valeurs calculées de l'ETP (RU=0).

Deux stations de référence ont été choisies pour le calcul du bilan hydrique :

- Annaba les Salines, comme la station représentative de la partie aval du bassin.
- Cheffia-Barrage, comme la station représentative de la partie centrale du bassin.
- Bouhadjar, comme la station représentative de la partie amont du bassin. Notons ici que les températures utilisées dans le calcul du bilan hydrique sont des températures extrapolées.

3.2- Analyse du bilan hydrique

Le bilan hydrique selon la formule de Thornthwaite, pour le Bassin versant de la Mafragh, donne une ETP de l'ordre de 893.09, 826.24 et 972.85 mm/ans aux stations de Annaba les Salines, Bouhadjar et Cheffia-Barrage, soit un déficit de 419.09, 400.78 et 723.04 mm/ans, et cela durant la période déficitaire qui s'étalent de Juin à Septembre ou Octobre où l'ETP est nettement supérieure au volume des précipitations.

En outre, l'évapo-transpiration réelle se fait alors au détriment du stock qui se trouvent rapidement épuisés pendant le mois de Juillet. Le bilan est excédentaire durant les mois de Décembre à Mars ou Avril avec 182.87, 133.8 et 310.5 mm/ans respectivement (Cf. tableaux 14, 15 et 16).

D'après les résultats du bilan hydrique, on constate que la valeur de l'ETR oscille entre 474.01 et 425.45 mm/an. Elle atteint les 504.82mm à Cheffia-Barrage. Avec des taux de l'ordre de 72.16 %, 76.07 % et 61.91 % aux mêmes stations respectivement. Ces taux varient en fonction des moyennes annuelles des précipitations enregistrées au niveau de chaque station.

Cette analyse est représentée par les figures n°26, 27 et 28. Elle met en évidence quatre période bien différente qui sont à définir :

A- Période de constitution (deux mois) de la réserve utile : une reconstitution de la RU {recharge du sol} à partir du mois de Novembre jusqu'au mois de Décembre.

B- Période de saturation (quatre mois) : la réserve utile est à son maximum de saturation dès le mois de Janvier avec un excédent très important qui varie selon les quantités des précipitations.

C- Période d'utilisation (un mois) où l'évapotranspiration réelle se fait alors au détriment du stock de la réserve utile durant le mois de Mai.

D- Période de déficit (cinq mois) où le surplus est nul : mois de Juin la réserve utile est totalement épuisée et ce déficit hydrique est à prendre en considération dans

toutes propositions d'aménagement. Elle s'étend jusqu'au mois de Septembre ou Octobre début des précipitations.

En conclusion :

L'année hydrologique se divise en deux périodes presque égales :

- **La première, humide et où les précipitations dépassent l'évapo-transpiration,** avec un écoulement important dès que le sol est imbibé (RU=100 mm). C'est durant cette période qu'il faut estimer la productivité du système hydrologique où une grande quantité d'eau est emmagasinée par infiltration dans les nappes souterraines ou stockée dans les barrages.

- **La seconde, dite sèche où domine l'évapo-transpiration et où les précipitations utiles sont négatives,** avec un déficit hydrique maximum durant les mois de Juin à Septembre, avec une valeur extrême durant le mois de Juillet, ce qui nécessite une meilleur politique de mobilisation et de gestion de la ressource en eau.

Tableau n°14 : Bilan d'eau ; station de Cheffia Barrage période : (1990/91-2002/03)

| Mois | T°c | P | I | K | ETP | Bh | Vr | RU | ETR | Déf | Excé |
|--------------|-------|--------|-------|------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|
| S | 23,38 | 45,74 | 10,33 | 1,05 | 106,70 | -60,96 | 0 | 0 | 45,74 | 60,96 | 0 |
| O | 20,66 | 58,77 | 8,57 | 0,91 | 72,66 | -13,89 | 0 | 0 | 58,77 | 13,89 | 0 |
| N | 16,68 | 120,41 | 6,20 | 0,75 | 39,45 | 80,96 | 80,96 | 80,96 | 39,45 | 0 | 0 |
| D | 13,58 | 121,15 | 4,54 | 0,70 | 24,66 | 96,49 | 19,04 | 100 | 24,66 | 0 | 77,45 |
| J | 12,33 | 130,60 | 3,92 | 0,73 | 21,30 | 109,30 | 0 | 100 | 21,30 | 0 | 109,3 |
| F | 12,53 | 91,98 | 4,02 | 0,78 | 23,49 | 68,49 | 0 | 100 | 23,49 | 0 | 68,49 |
| M | 14,90 | 71,26 | 5,22 | 1,02 | 43,06 | 28,20 | 0 | 100 | 43,06 | 0 | 28,20 |
| A | 16,82 | 88,55 | 6,28 | 1,15 | 61,49 | 27,06 | 0 | 100 | 61,49 | 0 | 27,06 |
| M | 18,99 | 61,65 | 7,54 | 1,32 | 89,42 | -27,77 | -27,77 | 72,23 | 89,42 | 0 | 0 |
| J | 23,30 | 10,98 | 10,28 | 1,33 | 134,25 | -123,27 | -72,23 | 0 | 83,21 | 51,04 | 0 |
| J | 25,34 | 3,25 | 11,67 | 1,33 | 158,12 | -154,87 | 0 | 0 | 3,25 | 154,87 | 0 |
| A | 25,85 | 10,98 | 12,03 | 1,24 | 153,26 | -142,28 | 0 | 0 | 10,98 | 142,28 | 0 |
| Total | / | 815,32 | 90,60 | / | 927,85 | -112,53 | / | / | 504,82 | 423,04 | 310,5 |

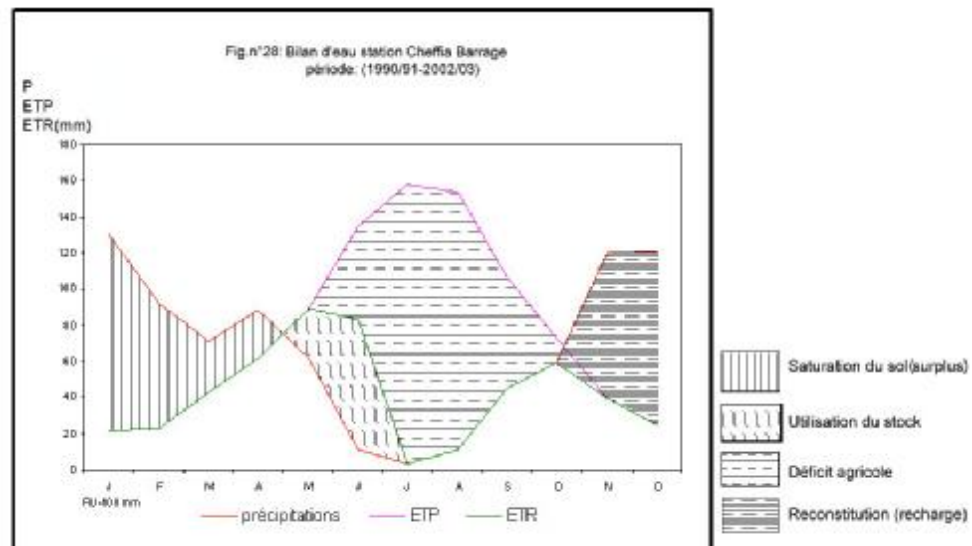
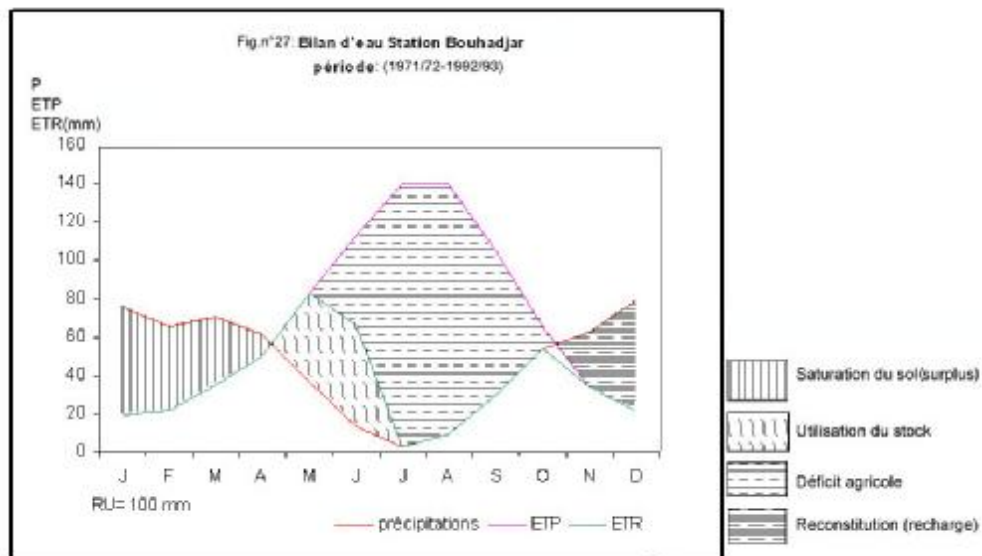
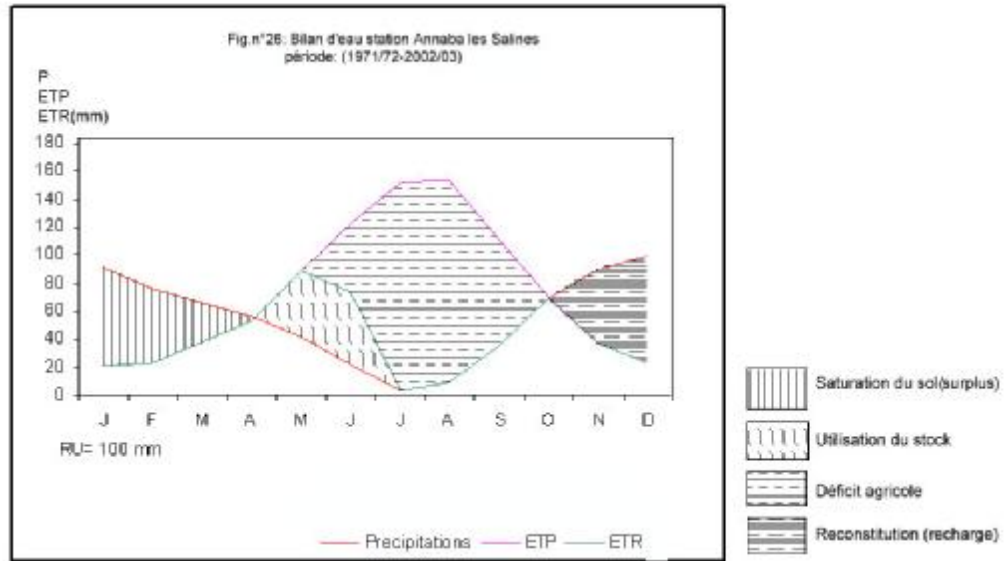


Tableau n°15 : Bilan d'eau ; station de Bouhadjar période : (1971/72-1992/93)

| Mois | T°c | P | I | K | Etp | Bh | Vr | RU | Etr | Def | Exce |
|--------------|-------|--------|-------|------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|
| S | 21,6 | 30,06 | 9,16 | 1,05 | 104,29 | -74,23 | 0 | 0 | 30,06 | 74,23 | 0 |
| O | 17,79 | 53,7 | 6,83 | 0,91 | 65,87 | -12,17 | 0 | 0 | 53,7 | 12,17 | 0 |
| N | 13,43 | 62,47 | 4,46 | 0,75 | 34,33 | 28,14 | 26,14 | 26,14 | 34,33 | 0 | 0 |
| D | 10,52 | 78,87 | 3,08 | 0,70 | 21,52 | 57,35 | 55,87 | 82,01 | 21,52 | 0 | 0 |
| J | 9,41 | 75,85 | 2,60 | 0,73 | 18,71 | 57,14 | 17,99 | 100 | 18,71 | 0 | 42,63 |
| F | 9,92 | 65,72 | 2,82 | 0,78 | 21,79 | 43,93 | 0 | 100 | 21,79 | 0 | 43,93 |
| M | 11,23 | 70,21 | 3,40 | 1,02 | 34,88 | 35,33 | 0 | 100 | 34,88 | 0 | 35,33 |
| A | 12,95 | 61,52 | 4,22 | 1,15 | 49,61 | 11,91 | 0 | 100 | 49,61 | 0 | 11,91 |
| M | 16,28 | 36,11 | 5,97 | 1,32 | 82,69 | -46,58 | -51,30 | 48,70 | 82,69 | 0 | 0 |
| J | 19,56 | 12,89 | 7,89 | 1,33 | 112,37 | -99,48 | -48,70 | 0 | 66,31 | 46,06 | 0 |
| J | 22,36 | 2,57 | 9,66 | 1,33 | 139,75 | -137,18 | 0 | 0 | 2,57 | 137,18 | 0 |
| A | 23,41 | 9,28 | 10,35 | 1,24 | 140,42 | -131,14 | 0 | 0 | 9,28 | 131,14 | 0 |
| Total | / | 559,25 | 70,47 | / | 826,24 | -266,99 | / | / | 425,45 | 400,78 | 133,8 |

Tableau n°16 : Bilan d'eau ; station de Annaba les Salines période : (1971/72-2002/03)

| Mois | T°c | P | I | K | Etp | Bh | Vr | Ru | ETR | Def | Excé |
|--------------|-------|--------|-------|------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|
| S | 23,29 | 35,54 | 10,27 | 1,05 | 111,18 | -75,64 | 0 | 0 | 35,54 | 75,64 | 0 |
| O | 19,67 | 68,92 | 7,96 | 0,91 | 70,73 | -1,81 | 0 | 0 | 68,92 | 1,81 | 0 |
| N | 15,30 | 89,55 | 5,44 | 0,75 | 36,81 | 52,74 | 52,74 | 52,74 | 36,81 | 0 | 0 |
| D | 12,42 | 98,82 | 3,97 | 0,70 | 23,47 | 75,35 | 47,26 | 100 | 23,47 | 0 | 28,09 |
| J | 11,24 | 91,05 | 3,41 | 0,73 | 20,36 | 70,69 | 0 | 100 | 20,36 | 0 | 70,69 |
| F | 11,64 | 75,60 | 3,60 | 0,78 | 23,22 | 52,38 | 0 | 100 | 23,22 | 0 | 52,38 |
| M | 13,10 | 65,42 | 4,30 | 1,02 | 37,67 | 27,75 | 0 | 100 | 37,67 | 0 | 27,75 |
| A | 14,77 | 56,86 | 5,15 | 1,15 | 52,90 | 3,96 | 0 | 100 | 52,9 | 0 | 3,96 |
| M | 18,18 | 41,32 | 7,06 | 1,32 | 88,82 | -47,50 | -47,50 | 52,50 | 88,82 | 0 | 0 |
| J | 21,57 | 21,57 | 9,15 | 1,33 | 122,34 | -100,77 | -52,50 | 0 | 74,07 | 48,27 | 0 |
| J | 24,27 | 3,02 | 10,93 | 1,33 | 151,77 | -148,75 | 0 | 0 | 3,02 | 148,75 | 0 |
| A | 25,40 | 9,21 | 11,71 | 1,24 | 153,83 | -144,62 | 0 | 0 | 9,21 | 144,62 | 0 |
| Total | / | 656,88 | 82,94 | / | 893,09 | -236,21 | / | / | 474,01 | 419,09 | 182,87 |

III- Un tapis végétal à vocation principalement forestière

1-Les Formations Superficielles

Avant de déterminer les types de formations d'occupation du sol du bassin versant de la Mafragh, on a jugé préférable de donner un aperçu sur les formations superficielles existantes.

Les bordures des massifs sont recouvertes en discordance par une puissante assise argileuse et grés-siliceuse du Numidien. Ces dépôts ont été soumis à des plissements NE-SW en rapport avec la direction générale de la chaîne numidique, trait structurale des formations anté-nappes.

Le bassin versant se trouve sous l'influence d'un climat méditerranéen sub-humide de pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 700-1200 mm. L'étude orographique du bassin versant est représenté par des formes diversifiées, à savoir la zone des plaines, les terres des bas et des hauts piémonts (glacis et versants), la zone de montagnes et le cordon dunaire. A ce type de morphologie correspond plusieurs types de sols. Les formations superficielles principales rencontrées sont :

1.1-Les Formations Quaternaires : ces formations couvrent la zone des plaines. Cette dernière reçoit chaque année des apports alluviaux issues de l'altération des roches sédimentaires (les Grés numidiens).

1.1.1- La Plaine Alluviale : qui couvre des zones déprimées (garâats) où les sols sont de texture très fines d'argile et limon avec tendance aux sols hydromorphes.

1.1.2- Les Marécages et Garâats :

Les sols des marécages ou Garâats de la plaine de Annaba sont constitués par des limons noirâtres de 30 cm à 1m d'épaisseur (Joleaud. L, 1936). Les dépressions, parfois encore en partie inondées, ont les mêmes formations et l'imperméabilité est liée à un sous sol formé d'argiles numidiennes.

Leur extension est souvent tributaire des précipitations. Deux types de marécages sont rencontrés dans la région :

a) Les Marécages Temporaires

Ces marécages dépendent des grandes quantités de pluie, et le haut niveau d'eau dans la nappe phréatique. Ils se forment pendant la saison humide : quand les nappes atteignent leur trop plein, l'eau va stagner à la surface du sol, donnant naissance aux marécages. Mais ces marécages disparaissent durant la saison sèche par évapotranspiration ou par drainage des oueds et des thalwegs, et à ce niveau, les marécages sont généralement temporaires.

b- Les Marécages Permanents

Ces marécages se caractérisent par la présence d'une importante quantité d'eau, même durant la période sèche.

1.1.3- Les Nechaâs

Les Nechaâs se forment dans les endroits où la végétation est abondante, soit sous forme de surfaces d'eaux libres, soit d'étendues humides où l'eau souterraine imbibe le sol. A la différence des Garâas, les Nechaâs représentent les affleurements de l'aquifère. Cela s'explique par le fait que dans les dunes, la nappe phréatique reproduit, en les atténuant les ondulations convexes et concaves de la topographie. Ainsi, dans les creux, les surfaces du sol et le niveau de l'eau se confondent et donnent naissance à un certain nombre de sources assurant la persistance de ces marais (Nechaâs). Les Nechaâs se localisent surtout au Sud-Est du massif dûnaire au contact de la nappe des graviers de Boutheldja (Cf.Photo n°07).



Photo 07: Les Nechaas village Righia
(Commune Berrihane, végétations hygrophiles)



Photo 08 : Les glacis de Cheffia
(Commune Cheffia)

1.2- La Zone des Glacis et Versants :

Elle montre une tendance de formation des sols marno-argileux sur substratum grés et argiles (sols brunifiés, Cf.Photo n°08). Plus vers le haut le substratum est composé de colluvion (cailloux, galets et blocs).

1.3- La Zone des Montagnes

Les sols sont couverts par des apports alluviaux colluviaux. Dans les versants du bassin versant de Zitouna et Ain Karma on rencontre des sols développés sur un substratum des marnes grises altérés et des bancs de grés (BNEDER, 2003).

1.4- La Zone du Cordon Dunaire

Où l'on rencontre les sols peu évolués d'apports éoliens humifères sur un substratum sablo-dunaire.

La contrainte principale de ces sols réside dans leur faible potentiel chimique et leur faible pouvoir d'emménagement d'eau. Ces deux facteurs limitants peuvent être maîtrisés, l'un par une fertilisation minérale lors de leur mise en culture, l'autre par l'apport considérable des précipitations annuelles et l'irrigation obligatoire.

Relativement à son caractère morphologique le bassin versant renferme des sols évolués et peu évolués, à savoir l'apport alluvial sur la plaine et l'apport de colluvions sur les versants qui résultent de l'altération des roches en place.

2- Occupation du Sol

Avant d'aborder l'étude du Tapis Végétal, signalons que le bassin versant de la Mafragh représente 77.87 % de la superficie totale de la Wilaya d'El Tarf (2252 Km² par rapport à une surface totale de 2891.75 Km²).

En raison de la disponibilité des données relatives à l'occupation des sols au niveau des services concernés (Conservation des forêts et Directions des Services Agricoles, D.S.A) soit par Commune ou à l'échelle de Wilaya, nous étions obligée de faire ressortir les surfaces réellement intégrée dans notre aire d'étude, étant donné que l'espace physique du bassin versant de la Mafragh ne correspond pas à l'espace administratif de la Wilaya d'El Tarf.

La wilaya d'El Tarf regroupe 24 communes, dont 20 sont situées dans le bassin versant de la Mafragh, excepté les communes de Dréan et Chbaita Mokhtar, qui se situent dans le bassin de la Seybouse. Par ailleurs, les communes de Besbes, Chihani Bachir et Chatt, chevauchent partiellement le bassin de la Seybouse et le bassin de la Mafragh.

De leurs côtés, les communes d'El Kala et de Souarekh se situent dans le sous-bassin des côtières d'El Kala qui fait avec la Mafragh la totalité des côtières Constantinois-Est. Par ailleurs, les communes de Berrihane, Raml-Souk et Laïoun empiètent partiellement le sous-bassin des côtières d'El Kala. Donc une partie de l'aire administrative de la Wilaya d'El Tarf, d'une surface de 639.75 Km², se trouve hors bassin versant (Cf. Tableau A7 et A8).

Le bassin versant de la Mafragh dispose de 66021 ha de terres agricoles soit 29.31%, dont 55000 ha de superficie agricole utile (S.A.U), soit 24.5 % de la superficie totale du bassin versant, ainsi que 11021ha de parcours et 129000ha de forêt soit 57.28 %. Le reste, à savoir, 30179ha, sont des terres non cultivables, soit 13.40 %.

L'analyse de l'occupation du sol nous montre la prédominance de la forêt qui couvre 42.19% de la superficie forestière totale (129000 ha), suivie par les maquis avec 38.97 %. Ces maquis indiquent le stade relativement important d'une dégradation de la forêt, qui était autre fois un potentiel forestier très important pour la région.

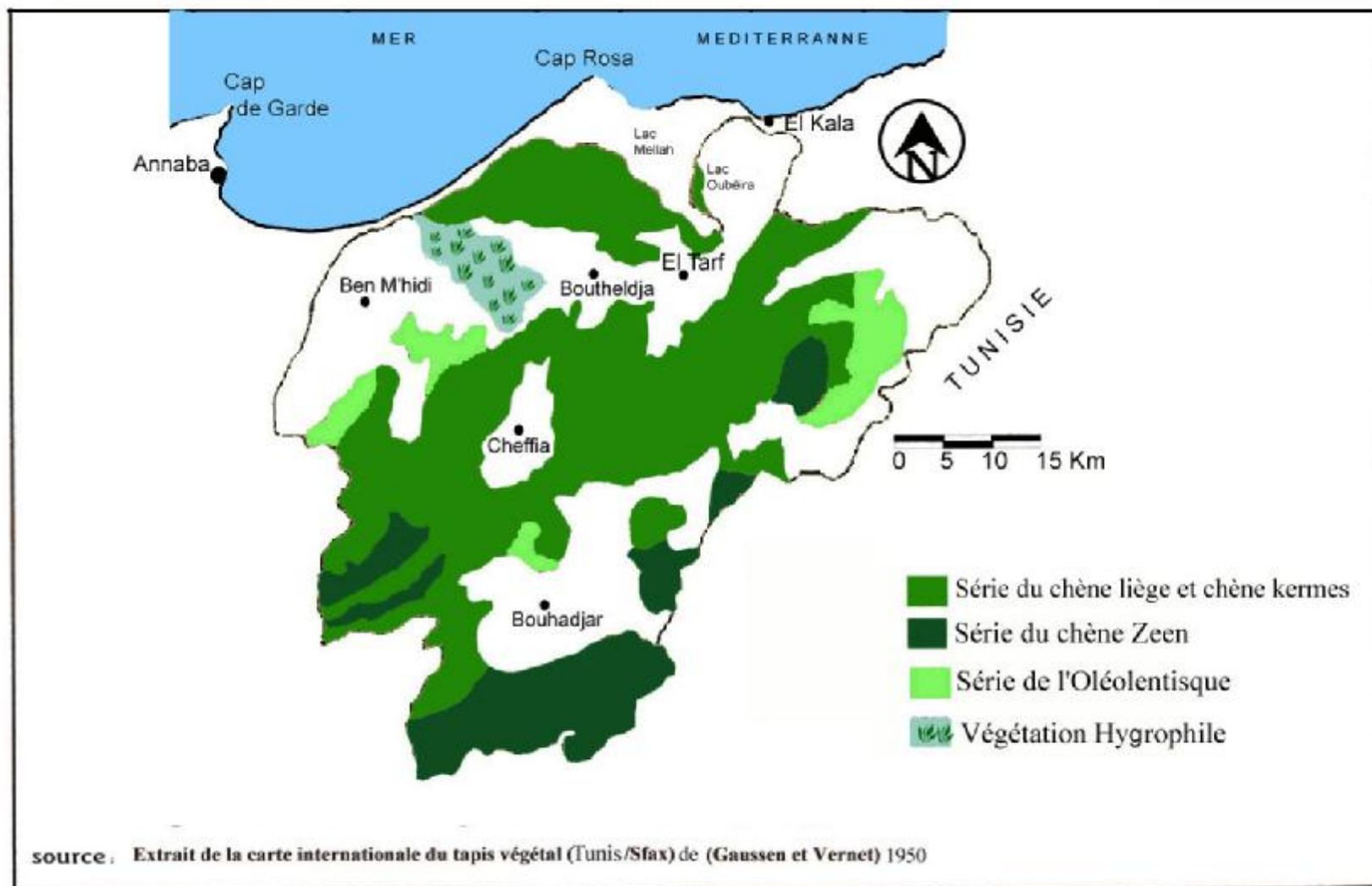
2.1-Le Couvert Végétal

Le couvert végétal constitue un isolant entre le sol et l'atmosphère. Cet isolant est d'autant plus efficace qu'il est plus dense et plus haut. La végétation est aussi la résultante des facteurs physico-géographiques étudiés précédemment: climat, relief, lithologie, auxquels s'ajoute le facteur humain (défrichement et mise en culture, reboisement).

A partir de la carte du couvert végétal extraite de la Carte Internationale du Tapis Végétal (Tunis Sfax) de H. Gaussen et A. Vernet 1950, (Cf. fig n°29), la Carte de la Végétation de l'Algérie au 1/200.000 établie par Aouadi, (Cf. fig n°30) et les quelques photos prises sur le terrain en date du 15,16 et 18/03/2006, on constate que le couvert végétal est assez dense. Ceci n'exclut pas la dégradation qui peut être due au surpâturage et au défrichement des grandes superficies surtout durant ces dernières années où les incendies sont un deuxième facteur à ne pas négliger, vu que la superficie a diminué, seulement entre 1987 et 2003, de 57138.46 ha, soit 34.35 % de la couverture forestière actuelle de la wilaya d'El Tarf, qui est de 166311ha (Conservation des Forêts).

Quatre types d'occupation du bassin versant de la Mafragh seront abordés ci-dessous.

Fig.n°29: Carte du couvert végétal du bassin versant de la Mafragh



2.1.1- La Forêt

Avec une superficie de 129000ha environ, les forêts occupent 57.28 % du territoire de l'aire d'étude. Cet écosystème, intégré en totalité dans l'aire bio-géographique du chêne liège, abrite un potentiel floristique dont l'inventaire compte entre 600 et 700 espèces et se caractérise par la dominance des essences de feuillus, de caducifoliées et d'une multiplicité phyto-géographique unique du genre dans la région. Au vu de l'importance de la bio-diversité et de l'intérêt écologique des différents milieux rencontrés, un Parc National de près de 80000ha a été institué dont près de 30000 sont situées dans le bassin versant de la Mafragh, soit 37.5 %.

Parmi la flore forestière du bassin versant, quatre essences principales, dont deux peuplements naturels (le Chêne Liège, le Chêne Zéen). Ces deux espèces occupent une surface de 49642ha, soit 40.02 %, et les deux autres, en reboisements artificiels, (Eucalyptus et Pin Maritime) occupent une surface de 20201ha, soit 15.65 %).

2.1.1.1- Peuplements naturels

a) Série de Chêne Liège et Chêne Kermès

Elle représente près de 35.02 %, ce qui correspond au tiers de la couverture forestière totale. C'est l'association la plus répandue dans le bassin versant. Sur les dunes consolidées, le Chêne Liège montre une exigence hygrophile et ne remplace le Chêne Kermès que dans les dépressions où la nappe est peu profonde (Cf. Photo 09).

Dans les situations ombragées et en présence de sources, le Chêne Liège est accompagné de Chêne Zéen, en pieds isolés à partir d'une altitude avoisinant les 50 m (route de Bordj Ali Bey).

Le Chêne Kermès reste subordonné au Chêne Liège jusqu'à 300 m d'altitude (Dj. Koursi au nord de Boutheldja et Forêt de Khanguet Aoun à Ain Assel). Alors que lorsque il y a un placage de sable sur les grès numidiens, une association de Chêne Kermès et de Chêne Liège se développe, car une certaine humidité est conservée au niveau des sols.

La subéraie à cystes (Chêne Liège pur) trouve son optimum sur les altitudes allant de 500 à 700m. Dans les cantons de El Fedden , Bougous, Oum Ali, El Ourda et une grande partie de la forêt d'Oued Souden , la subéraie est bien développée.

La série du chêne Kermès occupe les formations dunaires consolidées du littoral, résistant aux vents dominants. Ce type de végétation se développe en parasols, ce qui leur offre le privilège d'être recherché par le bétail aux moments les plus chauds de l'année. Actuellement, le Chêne Kermès s'étend sur le cordon dunaire de Berrihane à El Kala.



Photo 09: Chêne liège Eskhour
(Commune Cheffia)



Photo 10: Chêne Zéen (Djebel Hdid, Canton Oued Bougous) Commune Bougous.

b) La Série de Chêne Zéen

Très peu développé, il ne représente que 4.98 % de la superficie forestière totale. Dans un milieu frais et ombragé, le Chêne Zéen élimine les autres essences à partir de 700m. A l'état de peuplement pur, le Chêne Zéen crée des conditions ignifuges (inflammable) car les incendies qui se déclarent se réduisent à des feux de surface qui peuvent s'éteindre d'eux-mêmes à la tombée de la nuit (dans les conditions météorologiques normales) (Cf. Photo 10).

2.1.1.2- Peuplements Artificiels (les Reboisements)

Ce sont des espèces introduites par divers reboisements d'Eucalyptus et de Pin Maritime soit 15.65 % de la couverture forestière. Les conditions écologiques qui prévalent dans chaque zone du bassin versant (à savoir le littoral, les plaines et les montagnes) sont déterminantes dans la distribution de ces espèces. C'est ainsi qu'il existe dans le littoral la plus grande réserve d'Aulnaies et le plus important reboisement de Pin Maritime (Région de Berrihane, Lac des Oiseaux et Boutheldja, Besbes et Chihani) (Cf. Photo 11 et 12).

La zone des plaines s'individualise par la forte concentration des reboisements d'Eucalyptus : les Communes de Cheffia, Zitouna, El Tarf et Ain Assel renferment les plus grandes surfaces.



Photo 11: Reboisement du Pin Maritime (village Sebaa, Commune Berrihane).



Photo 12: Reboisement d'Eucalyptus (Ayous, Commune El Tarf)

2.1.2- Les Maquis

2.1.2.1- Série de l'Oléo-Lentisque

On les rencontre sur les terrains lourds et au niveau des piémonts dégradés, autrement dit sur les versants comme sur le versant méridional de Djebel Souani (entre Ain Karma et Bouhadjar), où elle se développe sur des marnes argileuses laissant apparaître entre la végétation éparse un sol nu. Elle couvre la majeure partie de la colline de Djebel Boukerma qui fait la limite Sud de Garaat El Mghada ainsi que sur les pieds du versant Nord de Djebel Bouabed.

2.1.3- L'association hygrophile

La stagnation temporaire des eaux a favorisée le développement de plusieurs types de végétations dont on peut citer : le Peuplier, le Tamaris et le Laurier-rose.

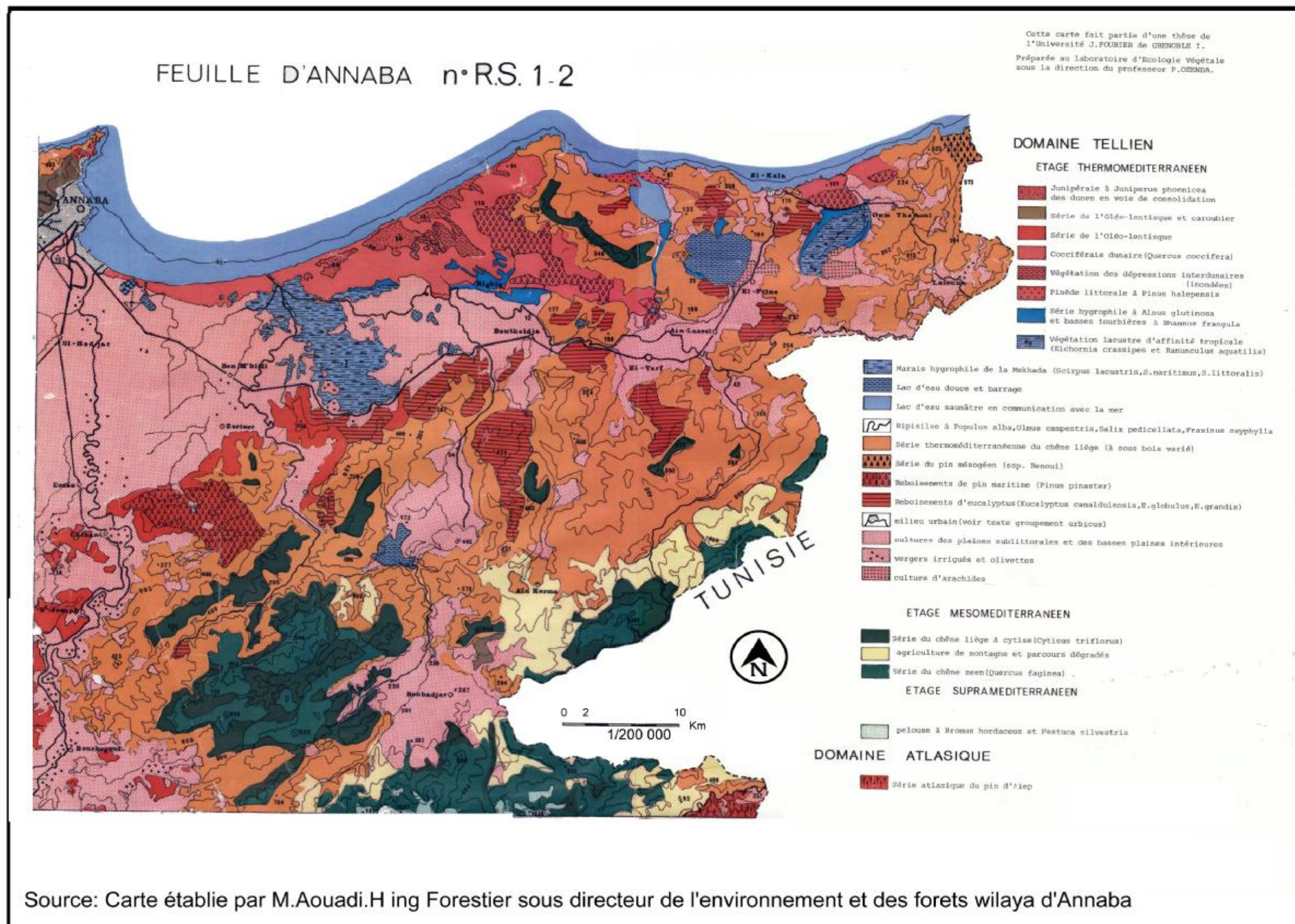
2.1.4- Les Parcours

Ils sont présents dans l'ensemble du bassin versant, couvrant une superficie totale de 11021ha ce qui représente 4.89 % de la superficie totale du bassin versant. Ils sont localisés surtout dans la zone montagneuse, car la commune d'Oued Zitoune recense à elle seule près de 4500ha et la commune de Ben M'Hidi 2300ha puisque Garaat El Mkhada, lors de son assèchement et même quand la nappe d'eau émerge, est utilisée comme terre de pacage par les riverains.

Au final, la forêt est à haut potentiel productif, vu sa diversité. Cette dernière est liée aux bonnes conditions climatiques favorisant l'exubérance, d'une végétation luxuriante : le peuplement de Chêne Liège, de Chêne Zéen, d'Aulne, de Frêne; le sous bois est très riche en plante mellifères, médicinales et en souche de Bruyères.

La végétation, par son aspect de couverture du sol, plus au moins modifiée par l'homme, exerce un effet très important sur la quantité d'eau interceptée. C'est, en effet, la densité d'occupation du sol qui intervient comme élément de différenciation tant au niveau de l'écoulement qu'au niveau de la dégradation des sols.

Fig.n°30: Carte de la végétation de l'algérie



Malheureusement, cette forêt qui constitue la meilleure protection du bassin contre l'érosion est le plus souvent sujette à des dégradations dont le facteur essentiel reste les incendies, et dans une moindre mesure la persistance des méthodes traditionnelles de conduite des troupeaux (cheptel errants en milieu forestier) et l'insuffisance des actions d'aménagement des parcours visant l'accroissement de l'offre fourragère.

Les incendies sont dus à la longueur de la période chaude qui s'étale sur cinq à six mois de l'année, influencé par le sirocco. La cause principale étant l'homme, et devant l'insuffisance des moyens de surveillance et d'interventions, ce problème risque d'échapper au contrôle au vu de la multiplication du nombre de foyer.

On note ici que l'essence qui a été la plus incendiée est le chêne liège avec 52.52 % de la superficie totale incendiée, suivi du maquis et de l'eucalyptus totalisant 85.93 % de la couverture forestière.

2.2-Le Potentiel Agricole

Les terres agricoles représentent une surface de 55000ha, réparties entre la zone montagneuse : 24000ha à l'amont du bassin versant et 31000ha dans la partie aval du bassin versant. Elles s'étendent sur des pentes inférieures à 6 % et elles sont utilisées en polyculture ou laissées en jachère. La végétation des terres cultivées au niveau de l'aire d'étude est répartie entre l'arboriculture et les céréalicultures avec jachère céréalières.

A l'échelle du bassin versant et comme le suggère la nature du milieu physique et d'après la carte altimétrique, notre aire d'étude peut être schématiquement subdivisée en trois ensembles :

- Une bande littorale.
- Une zone des plaines.
- Une zone de montagnes

La zone des plaines, où la couverture forestière est moins contraignante, dispose de l'essentiel de la SAU totale, alors que dans la zone du littoral et la zone montagneuse, la SAU se voit réduite. A ces variations de la SAU, s'ajoutent évidemment les différenciations pluviométriques et pédologiques individualisant des sous- espaces.

- Les plaines littorales (où domine l'irrigation en grande hydraulique) et sublittorales où se développe une polyculture riche basée sur les cultures maraîchères, le foin et les cultures industrielles.
- Les bassins côtiers non aménagés et utilisés surtout (à cause de leur tendance marécageuses comme garâat el M'khada) pour l'élevage extensif des bovins.
- Le domaine collinaire et montagneux, consacré aux forêts ainsi qu'à la polyculture vivrières sur sols pauvres (céréales, oliviers et jardinage) où la petite hydraulique introduit des îlots de maraîchères.

2.2.1- La valorisation du potentiel agricole

La surface de la SAU reste réduite par rapport à la surface totale du bassin versant. Ce rétrécissement de la SAU se trouve compensé par une variété de spéculations végétale et animale. L'exploitation extensive des terres reste dominante malgré les capacités agro-pédologiques des terres « sols fertiles ».

En effet, la céréaliculture occupe une place prédominante dans le système de culture. A titre d'exemple, si on prend le plan de culture du périmètre de la Bounamoussa qui s'étend sur une surface de 16500 ha dont 14800 équipés d'après l'Office des Périmètres d'Irrigation (OPI), dans l'étude de création de ce périmètre, la céréaliculture occupait 0 %. Actuellement d'après le plan de culture, elle occupe 72.4 % de la superficie totale, ce qui se répercute sur la valeur agricole du périmètre d'une part, et d'autre part, sur la production de toutes les autres cultures.

La zone montagneuse (partie amont du bassin versant) joue un rôle de second ordre en ce qui concerne les grandes cultures, l'arboriculture et la viticulture, ceci malgré les aptitudes offertes pour le développement de ses pratiques.

Sur les sols sableux (massif dunaires) et à la périphérie des lacs, surtout le Lac Oubeira, la culture de l'arachide suscite un intérêt économique particulier pour les populations locales, qui interviennent illicitement sur les espaces dunaires pour l'extension de cette culture (voir les risque de pollution des nappes superficielles et la déstabilisation du massif dunaire, car le cordon dunaire est un milieu sensible et toute libération de végétation « extension des surfaces cultivables » est une action d'érosion qui va vers l'irréversibilité et la menace de dégradation par suffusion sous l'effet de l'infiltration des eaux. Elle est à prendre en considération, car ce type d'érosion caché se déclenche avec un effondrement massif.

2- Conclusion

Le tapis végétal du bassin de la Mafragh est à vocation principalement forestière puisque la forêt occupe 57.28 % de la superficie totale. Ceci fait du couvert végétal un facteur limitant de l'érosion d'une part, et d'autre part, un facteur favorisant l'infiltration sur les Grés Numidiens fracturés, ces derniers constituant la source d'approvisionnement des aquifères à l'aval (Cf.Fig n° 35).

Néanmoins, l'accroissement de surfaces mises en pâtures tend à réduire le couvert végétal et conduit à la dégradation des sols, si la charge animale devient trop importante dans la zone amont du bassin versant (zone de montagne). Ce qui peut se traduire par de forte pression sur le patrimoine forestier, et, par conséquent, un risque permanent de dégradation du milieu naturel, surtout du fait de la présence d'autre facteurs favorable à la mise en place et à l'apparition des processus d'érosion, engendrant de ce fait la perte des sols (facteurs climatiques, lithologiques...).

L'impact de l'action anthropique n'est pas négligeable. Il est l'agent moteur d'une surexploitation ou d'une mal exploitation de son milieu naturel, ce qui se répercute sur les ressources en eaux superficielles et souterraines. Ce pendant, les facteurs potentiels de dégradation sont unanimement reconnus: ce sont les rejets urbains (eaux usées), les décharges publiques et le pompage d'eau des nappes.

Les coupes d'arbres forestiers (braconnage) ne sont pas aussi dangereuses que les incendies (de forêts) répétées, en l'absence de la vigilance citoyenne et de la mobilisation des populations locales qui ne participent guère à la lutte contre ces feux.

Au final, Il n'existe pas de risques majeurs de dégradation irréversible du milieu naturel au niveau du terrain d'étude.

IV- Les Caractéristiques Hydro-Géologiques

Pour une meilleure maîtrise de la ressource en eau souterraine dans l'espace étudié, il est nécessaire d'identifier les différents systèmes aquifères rencontrés (Cf.Fig n°31).

Le système hydrogéologique de la Mafragh peut être schématisé de la façon suivante (Derradji. F, 2004) :

- Des aquifères superficiels exploités en grande partie par des puits domestiques et dont la lithologie varie d'une zone à l'autre.
- Des nappes profondes reconnues par les forages profonds.

1- Les Différentes Nappes du Système Aquifère du Bassin Versant de la Mafragh

1.1- Plaines d'El Asfour

Le bassin d'El Asfour correspond à une plaine alluviale avec un fond parfaitement plat.

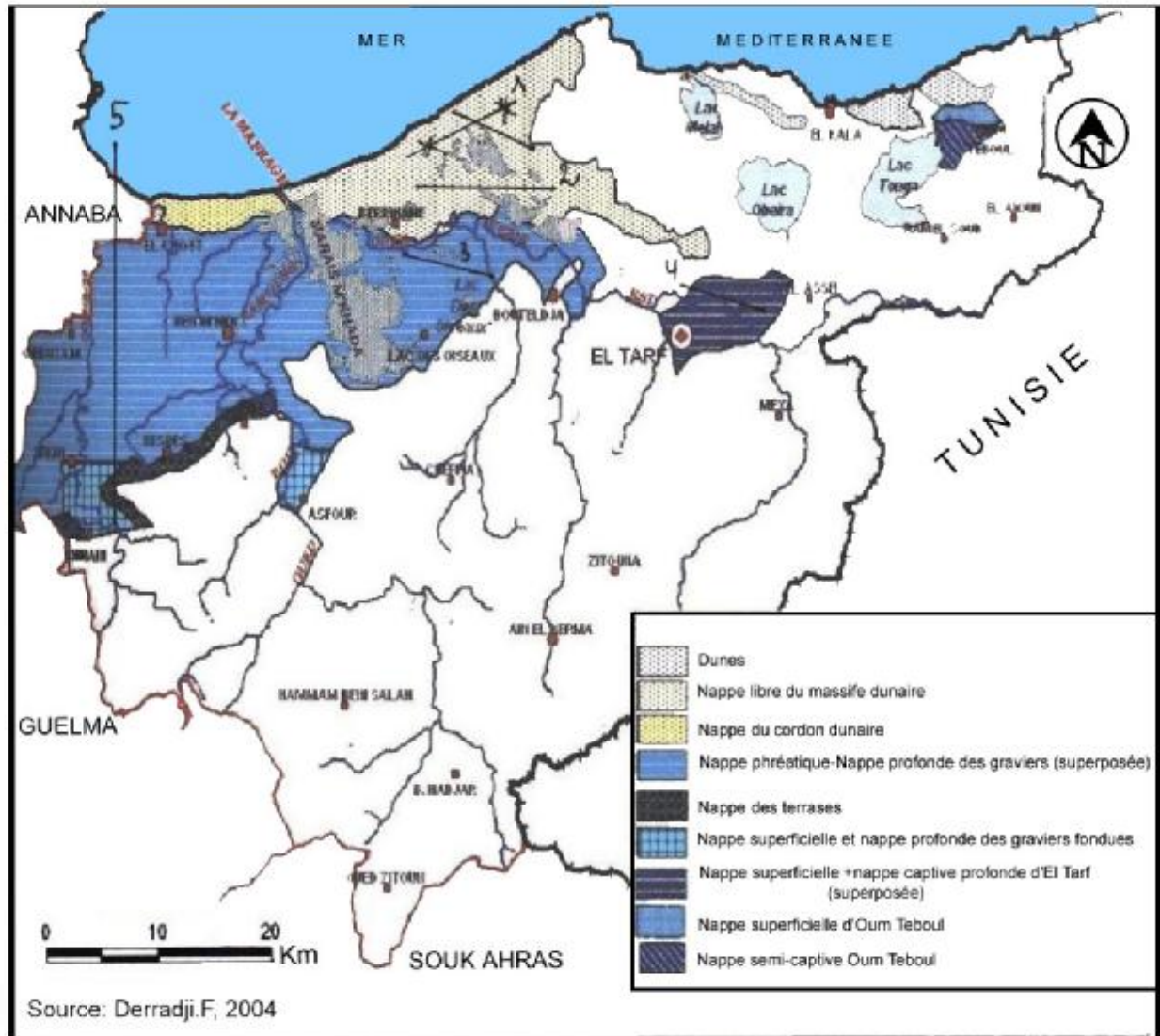
a- La Nappe Semi-captive

La Nappe semi-captive repose sur un substratum imperméable argileux par endroit et limoneux par d'autres. Les sables argileux forment le toit semi-captif de la nappe, et les graviers constituent le réservoir de cette nappe avec une épaisseur qui varie de 15 à 20m.

b- La Nappe superficielle

Cette nappe est contenue dans les cailloutis, entre cette nappe alluviale et celle des graviers se forme un horizon sablo-argileux semi-perméable (Cf.Fig n°31). Dans certaines zones de la plaine, les deux nappes sont totalement confondues en une seule à surface libre. L'alimentation et le drainage de la nappe sont en étroite liaison avec l'Oued Bounamoussa (Labar. S, 2003).

Fig.n°31: Différents aquifères de l'extrême Nord-Est algérien



1.2- La Plaine de Boutheldja

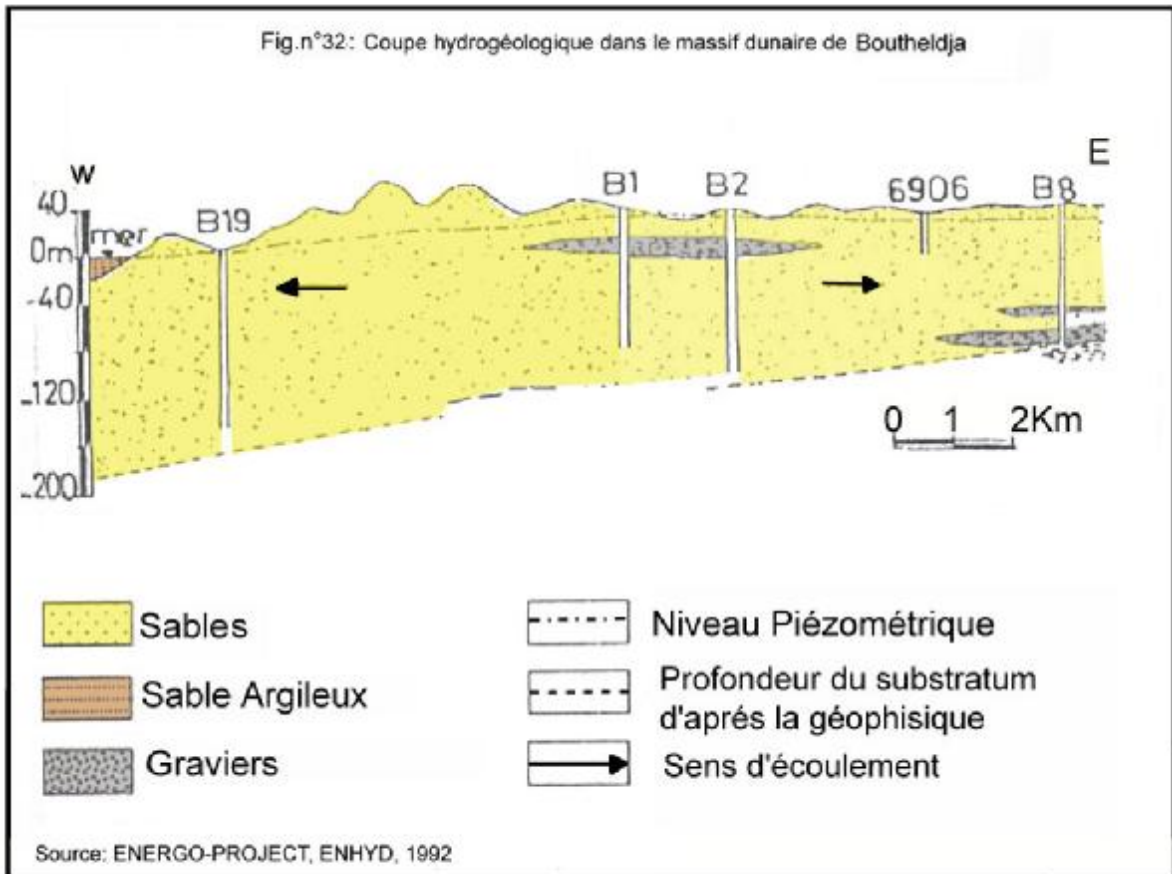
a- La Nappe Libre du Massif Dunaire

Le long du littoral, un énorme massif dunaire s'amplifie de l'Ouest vers l'Est. Il prend alors une orientation NW-SE conforme aux vents dominants. Le massif dunaire de Boutheldja forme une nappe libre reposant sur un substratum argilo-gréseux imperméable à semi-perméable. Il est constitué de sables éoliens épais de 20m (Est) à 120m (Ouest) souvent à intercalations argileuses sous formes de lentilles (Khérici. N, 1985) ; (Ramdani. D, 1996).

Cette nappe exploite des relations souterraines perméables avec la Méditerranée au Nord, les terrasses de l'Oued El Kébir-Est et la nappe profonde des graviers dans lesquelles elle se décharge (limite perméable de fuite) au Sud, les marécages à l'Ouest. Elle jouit de deux limites à Est, l'une perméable au niveau des grés numidiens et l'autre imperméable à la limite des formations argileuses (Cf.Fig n°32)

En plus des précipitations qui constituent la principale source du massif dunaire, les marécages (Marais Righia et Oum-Agareb), les eaux qui ruissellent des sommets numidiens et les affluents de L'Oued El Kébir-Est sont des sources additionnelles. Cet aquifère est considéré comme vulnérable du fait de la présence de la mer et des marécages salés à son pourtour (Derradji, F, 2004).

La profondeur de la nappe des dunes varie de 2 à 8 m, et les variations piézométriques de 0.7 à 3 m. La nappe est alimentée par l'infiltration des précipitations (25- 40 %), et les eaux qui ruissellent des sommets numidien ont un débits d'environ 1100 l/s ou $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ /an (ENERGOPROJECT-ENHYD, 1992). Les eaux du massif dunaire sont captées et exploitées par 28 forages qui fournissent 600 l/s d'eau.



b- Nappe captive

Selon la coupe hydrogéologique dans la plaine de Boutheldja (Cf.Fig n°33), il s'avère qu'il y a un contact entre les sables dunaires et les graviers par passage latéral de faciès qui induit des variations des caractères hydrochimiques, car la nappe du massif dunaire se décharge dans la nappe des graviers. Cette dernière repose sur une couche argileuse assurant l'étanchéité du substratum. Elle est constituée de graviers, galets et sables d'origines gréseuses issus des formations numidiennes, avec des passages de marnes, le tout toute surmonté par une couche argilo-limoneuse qui constitue le toit de la nappe captive (Fellah. R, 1998). Selon la morphologie de l'aquifère, l'épaisseur varie de 50 à 150m. La productivité d'un forage de cette nappe est de 7,0 - 35 l/s.

c- Nappe superficielle

Elle se distingue dans les formations argilo-sableuses et limoneuses et dans les argiles compactes avec un passage latéral de sables fins, d'une épaisseur allant de 40 à 50m. L'alimentation de cette nappe s'effectue par les eaux de pluie et l'Oued Kébir Est. Selon la carte de fluctuation piézométrique, l'amplitude est de l'ordre de 2.5 m au Sud de la plaine, due probablement au drainage de la nappe par l'Oued Boulathane et le Lac des Oiseaux car dans cette zone les puits ont une faible influence sur la nappe. Au centre de la plaine une fluctuation de 2 à 2.5 m due à l'influence des puits et des forages.

1.3- La Plaine d'El Tarf

a- Nappe profonde

Cette nappe s'étend de l'Est vers l'Ouest avec un substratum marneux et un toit argileux d'épaisseur importante, le réservoir est constitué de galets et de graviers. La puissance de la nappe varie suivant la morphologie du substratum de 5 à 15m. La productivité d'un forage de cette nappe est de 4.0- 10.0 l/s. (ENERGOPROJECT-ENHYD, 1992).

Fig.n°33: Coupe hydrogéologique dans la plaine de Boutheldja

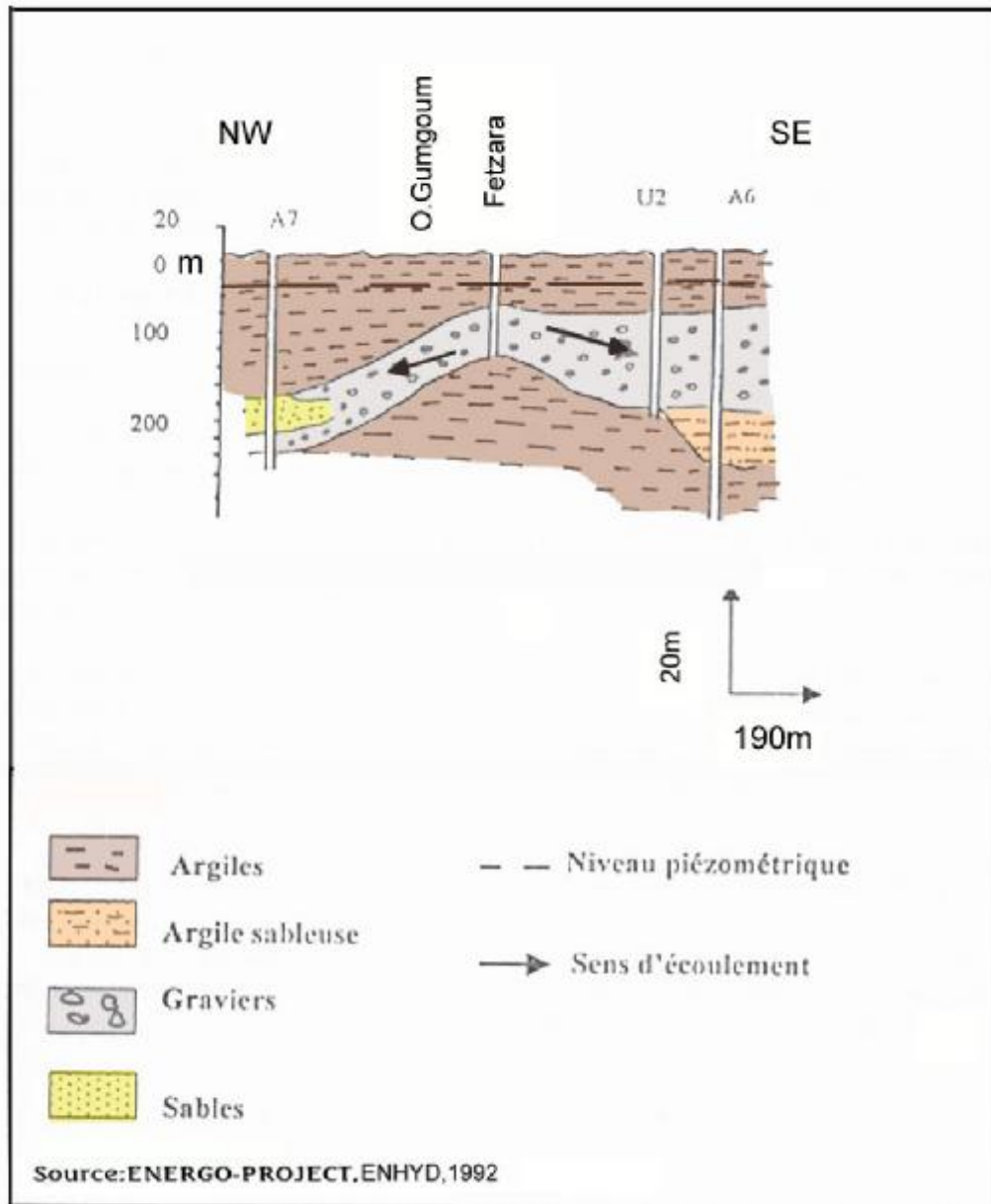
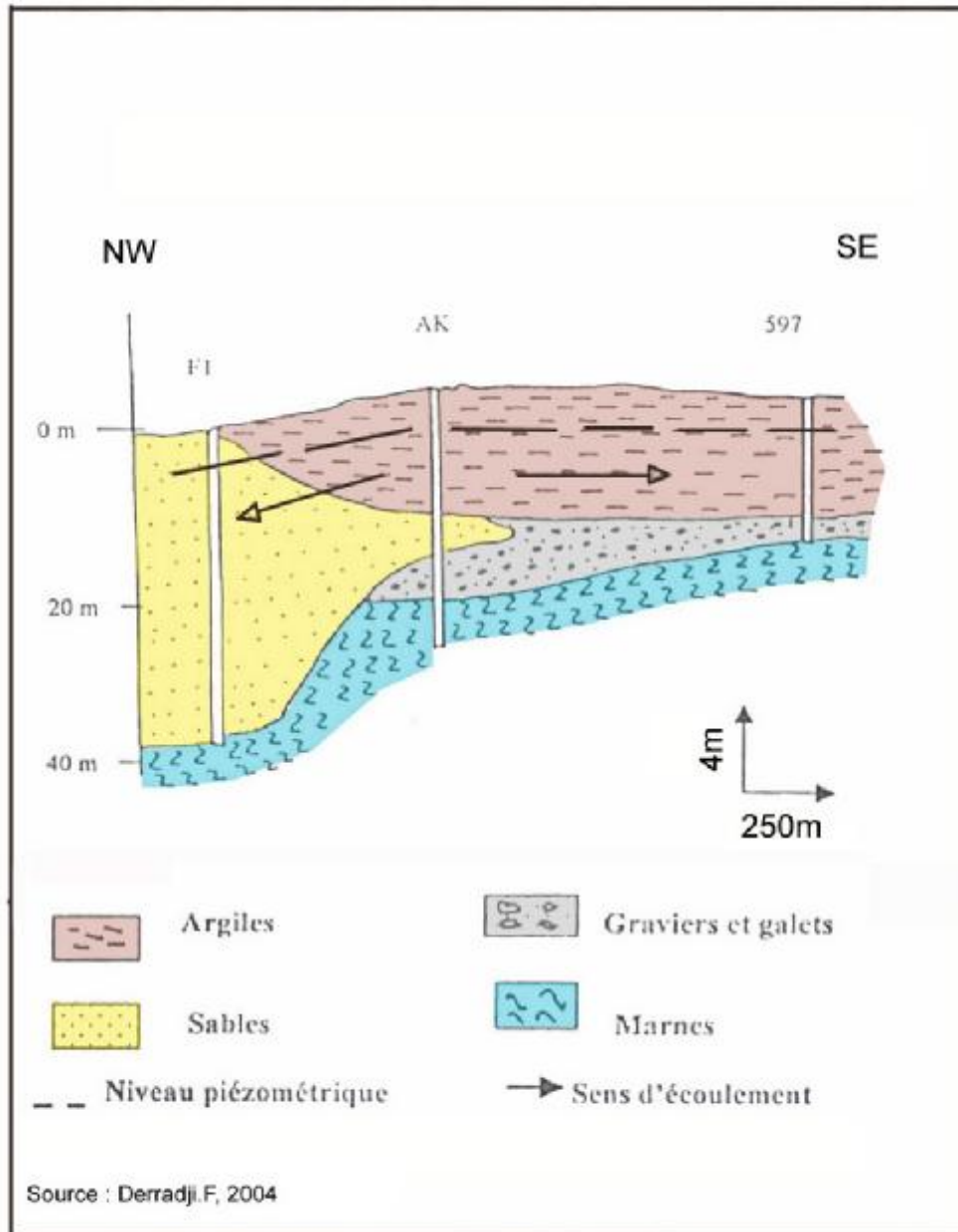


Fig.n°34: Coupe hydrogéologique dans la plaine d'El Tarf



b- Nappe superficielle

Elle couvre la totalité de la plaine d'El Tarf, elle est contenue dans les formations alluvionnaires et les argiles plus au moins Osableuses, elle est séparée de la nappe captive par un horizon argileux qui constitue le toit de la nappe captive et le substratum de cette nappe. Se sont les précipitations efficaces qui alimentent cette nappe (Cf.Fig n°34).

Au centre de la plaine la fluctuation est très importante avec une amplitude maximale de 4.5 m, cela est dû à l'exploitation par de nombreux puits, en allant vers le Nord de la plaine la fluctuation diminue ; ceci est peut être dû au drainage des Oueds : El Kébir-Est et Messida par la nappe. Par ailleurs au Sud-Ouest de la plaine la fluctuation varie de 1.5 à 2.5 m cela est dû à l'alimentation de la nappe par Oued Guergour.

1.4- Nappe de la Plaine d'Annaba

En réalité les nappes de la plaine de Annaba sont des nappes qui chevauchent les deux bassins la Mafragh et la Seybouse. Un examen cartographique nous a permis d'estimer que plus de 60 % de la surface géographique des nappes de la plaine de Annaba se localise dans le bassin de la Mafragh, sachant que la circulation des eaux souterraines n'obéit à aucune limite géographique (Cf.Fig n°31):

a- Nappe des alluvions récentes et actuelles (superficielle)

Cette nappe couvre la majorité de la plaine de Annaba, soit une superficie de 320 km². Elle est contenue dans les alluvions récentes et actuelles à texture argilo-sableuse, argilo-limoneuse ou sablo-argileuse avec quelques lentilles de sables.

b-Nappe des graviers (profonde)

Cette nappe est située en dessous de l'aquifère superficiel, elle s'étend sur toute la superficie de la plaine. Contenue dans les graviers, sables et galets plio-quaternaires et encaissé dans un bassin d'effondrement. L'épaisseur de l'horizon aquifère est variable de 2 à 70 m d'Ouest en Est et du Sud vers le Nord. Son toit est perméable, semi-perméable à imperméable formé de sables argileux, d'argiles sableuses ou

d'argiles. A travers ce toit intervient le phénomène de drainance dans la zone centrale.

2- Conclusion

L'étude hydrogéologique du bassin de la Mafragh a mis en évidence l'existence d'un important réservoir d'eau souterraine contenue surtout dans les formations alluvionnaires (galets, graviers, sable, avec parfois des intercalations argileuses). Cet ensemble est divisé en fait en plusieurs nappes dont les plus importantes (Cf.Fig n°31):

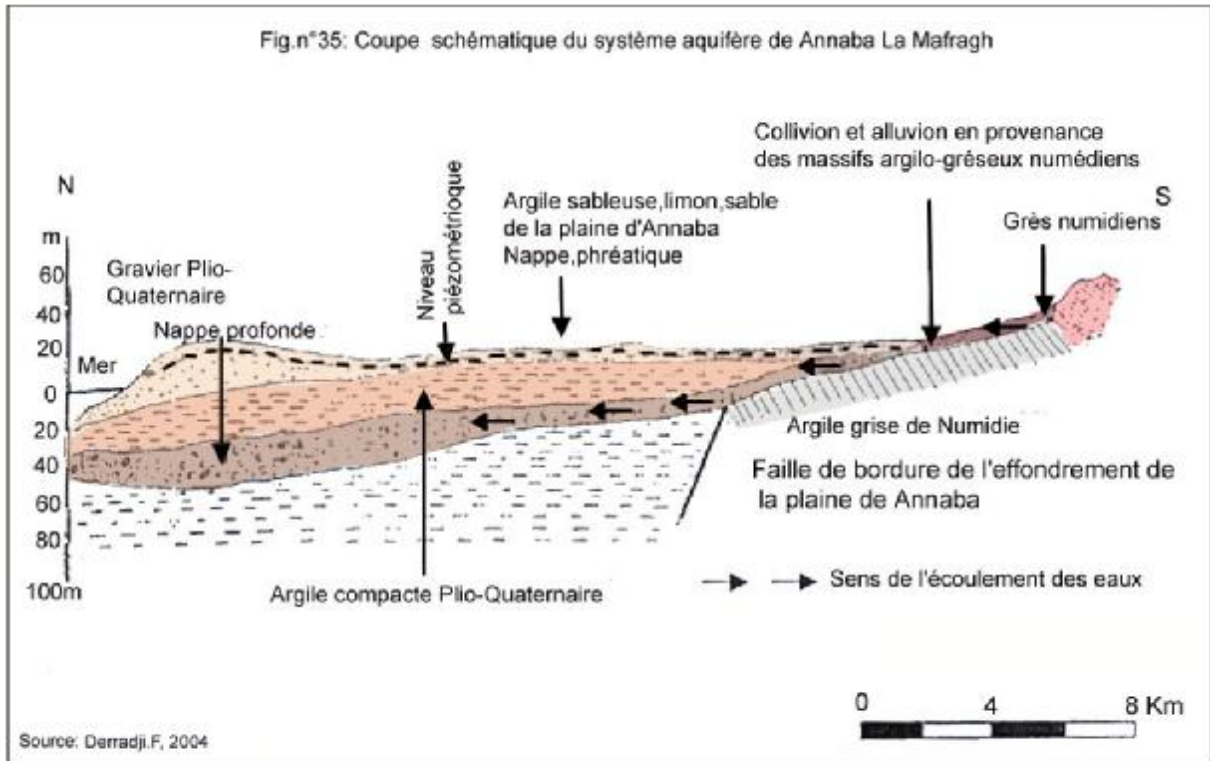
1-Un système aquifère constitué du massif dunaire de Boutheldja d'une superficie de près de 180 km² et d'une plaine alluviale résultant des dépôts de l'Oued Kébir-Est et ses affluents d'une superficie de 20 km². Le massif dunaire est essentiellement alimenté par les précipitations et par les reliefs bordant les sables à l'Est (Cf.Fig n°35):

2-Au Sud, le passage latéral aux graviers de la plaine de Boutheldja est marqué par de nombreux marécages (nechaats et garaas) d'une superficie de 15 km² ; ceux ci correspondent au niveau piézométrique de la nappe dunaire.

3-En ce qui concerne la plaine de Annaba d'une superficie de près de 320 Km², elle est caractérisé par :

- *- Une nappe superficielle exploitée en grande partie par des puits domestiques.
- *- Une nappe profonde, reconnue par les forages profonds.

L'analyse piézométrique (Derradji. F, 2004), a permis de mettre en évidence le rôle très important des précipitations dans la recharge des nappes. La relation Oued-nappe qui est mixte en plusieurs points a été également montrée. Par ailleurs, il faut souligner que les zones aquifères les plus vulnérables sont celles où le niveau de la nappe est le plus proche du de la surface du sol, et que le milieu non saturé constitue une barrière momentanée jouant un rôle de retard sur la migration verticale des polluants de surface (Derradji. F, 2004). Les nappes superficielles qui jouent un rôle indispensable dans l'alimentation des nappes profondes sont soumises à une exploitation intensive là où l'agriculture le nécessite.



V- Conclusion de la Première Partie

Le bassin versant de la Mafragh reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 734.78 mm (calculée par pondération), ce qui donne un volume de 2 milliards de m³ d'eau par an. Cette quantité énorme n'est pas utilisée intégralement à cause de l'écoulement et de la forte intensité de l'évapotranspiration qui diminue l'efficacité des précipitations. Il est évident de penser comment profiter de cette richesse hydrique aléatoire, alors, des aménagements rationnelles doivent être mis en place afin de :

- Lutter contre des phénomènes parfois catastrophiques tel que les inondations et la sécheresse, par la réalisation des barrages réservoir à l'amont accomplit par des aménagements localisés (régularisation des cours d'eau) à l'aval.

- Assurer une gestion plus rationnelle et une exploitation plus efficace de la ressource eau.

- Dans le cadre du développement durable, La protection de cet hydro-système aménagé nécessite la préservation de la qualité et de la quantité de l'eau notamment en période des basses eaux.

L'étude des facteurs climatiques fait ressortir deux période d'inégale durée, l'une froide et pluvieuse durant laquelle plus que 80 % des précipitations tombent, et la deuxième, sèche et chaude, où l'évaporation atteint sa plus forte valeur, autrement dit une période de stockage et une période d'utilisation de la ressource eau.

L'analyse du bilan hydrique nous a permis de différencier deux période :

ü **La première humide** et où les précipitations dépassent l'évapotranspiration avec un écoulement important dès que le sol est imbibé (RU=100 mm).

ü **La seconde sèche** où domine l'évapotranspiration et où les précipitations utiles sont négatives, avec un déficit hydrique maximum durant le mois de Juin jusqu'au mois de Septembre.

Dans ce qui suit nous allons voir qu'elle est l'impact de ces deux différentes périodes sur cette ressource superficielle et souterraine ? Nous essayerons d'expliquer comment il faut agir afin d'assurer une meilleur mobilisation de cette ressource et prévoir par conséquent une utilisation plus rationnelle soit à court, à moyen ou à long terme.

L'étude des facteurs physiques et climatiques va être complété par une analyse du potentiel hydrique fourni par les apports des oueds qui draine le bassin versant de la Mafragh

Introduction

Après avoir mis en relief, dans la première partie, les conditions naturelles qui caractérisent notre bassin, nous allons procéder au traitement des aspects quantitatifs des ressources en eaux superficielles et souterraines et cela pour évaluer les apports en eau (Oueds et Barrages).

Une évaluation précise des ressources en eau et de leur variabilité, nécessite la prise en compte de l'écoulement dans ses aspects fondamentaux.

Notre étude hydrologique va se limiter à l'évaluation des débits moyens annuels et au bilan hydrologique, ainsi que les régime saisonnier et la variation saisonnière des débits.

En deuxième lieu, on va aborder l'estimation des ressources souterraines et superficielles et en fin faire une estimation des besoins globaux tout en analysant la relation entre l'offre et la demande en eau au niveau du bassin versant, afin de voir l'impact de l'utilisation d'une ressource par rapport à l'autre.

1- Hydrologie du Bassin Versant de la Mafragh

Les ressources en eaux superficielles sont constituées par les eaux de surface tel que : les cours d'eau, les étendues libres (lacs) et les barrages. Les principaux oueds qui drainent notre bassin sont le Kébir-Est et la Bounamoussa, ainsi que leur affluents, qui sont moins importants mais qui jouent un rôle complémentaire dans l'écoulement superficiel, l'alimentation et surtout le drainage des nappes superficielles.

Le tableau n°17 nous permet d'avoir plus d'information sur le potentiel hydrique superficiel assuré par les apports des oueds qui drainent le bassin versant.

Tableau n°17 : Apports moyens annuels des principaux oueds

| Oueds | Apport moyen annuel Hm ³ | La part en % |
|-------------------------------|--|--------------|
| Kébir-Est (station Ain Assel) | 295 | 54.02 |
| Boulathane | 15 | 2.74 |
| Guergour | 8 | 1.46 |
| Zitouna (station Gue Zitouna) | 52 | 9.52 |
| Bouhaloufa | 49 | 8.97 |
| Bouamoussa (station Boutayeb) | 127 | 23.26 |
| Total La Mafragh | 546 | 100 |

Source : D.H.W, El-Tarf

Le potentiel mobilisable en eau est de l'ordre 546 Hm³/an, la part de contribution la plus importante étant celle d'Oued Kébir-Est et ses affluents avec 419 Hm³ (76.73 %), celle de la Bouamoussa étant de 127 Hm³ (23.26 %).

1-1- Hydrologie des Oueds Bouamoussa et Kebir-Est

Le réseau hydrométrique existant est de très faible densité. Actuellement, deux stations hydrométriques sont fonctionnelles, située à l'amont du bassin versant. Dans notre analyse du régime d'écoulement du bassin versant de la Mafragh, nous nous limiterons à l'analyse du régime d'écoulement en provenance des Oueds Kébir-Est et Bouamoussa.

La station de Ain Assel contrôle une surface de 680 Km² sur l'Oued Kébir avec une longueur de la série qui s'étend sur 29 ans de 1968/69-1996/97, alors que la station de Cheffia Barrage (Boutayeb) contrôle une surface de 575 Km² sur Oued Bouamoussa avec une série de 27 ans de 1976/77-2002/03.

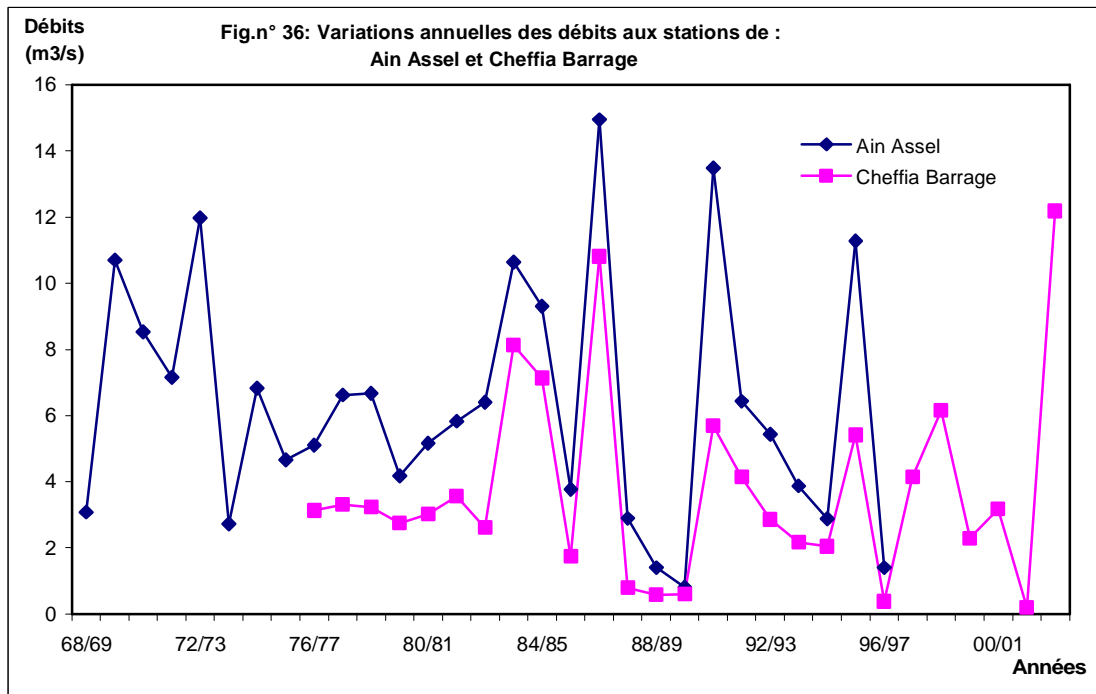
Tableau n°18 : Paramètres du bilan hydrique

| Paramètres Stations | P (mm) | ETP (mm) | R (mm) | ETR (mm) | I (mm) |
|------------------------|--------|----------|---------|-----------|--------|
| les Salines | 656,88 | 893,09 | 94,48 | 474,01 | 88,39 |
| Cheffia Barrage | 815,32 | 927,85 | 180,66 | 504,82 | 129,84 |
| Bouhadjar | 559.25 | 826.24 | 85.41 | 425.25 | 48.39 |

Selon les paramètres du bilan dans le tableau n°18, on remarque que l'infiltration et le ruissellement sont directement liés aux précipitations.

1.2- Irrégularité inter-annuelle des modules et leurs répartition statistique.

L'étude des variations interannuelles des modules des oueds nous permet de déceler les irrégularités des écoulements annuels au cours d'une période la plus longue que possible. Les séries hydrométriques des deux stations dont le graphe correspond à la figure 36 qui suit montre des variations de débits très fortes d'une année à une autre.



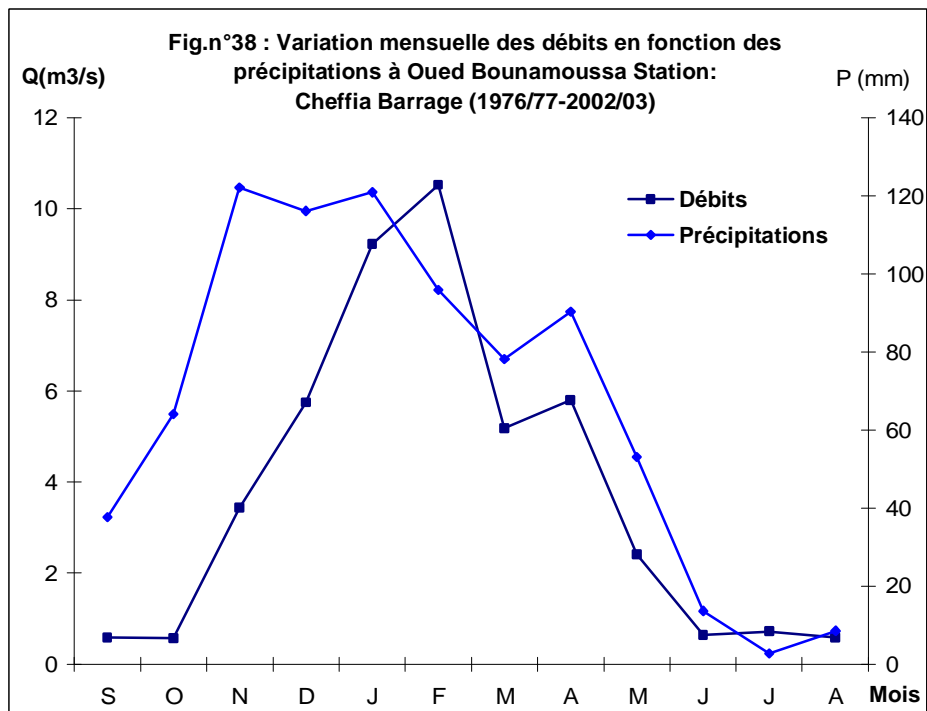
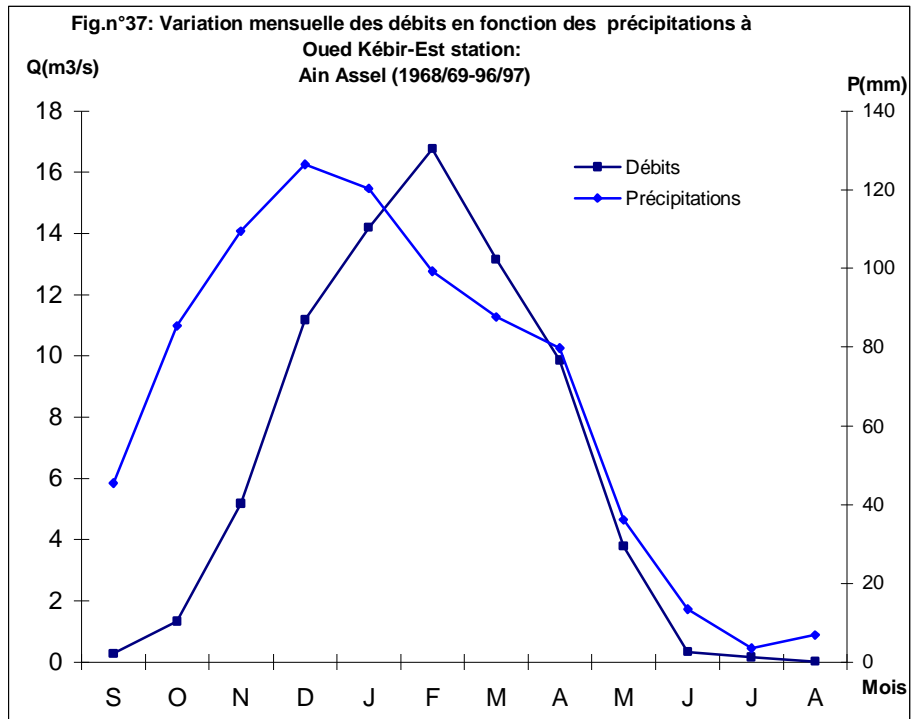
1.2.1- L'Hydraulicité

L'hydraulicité est définie par le rapport du débit d'une année particulière Q_i au débit moyen de la série d'observation étudiée $Q_{\bar{i}}$, ce paramètre peut être complétée par d'autres critères statistiques simples tels que l'écart type (δ), le coefficient de variation (CV) ainsi que le coefficient d'immodération (R) qui traduit le rapport des modules extrêmes. Les valeurs des coefficients d'hydraulicité se caractérisent par une forte amplitude (Cf. Tableau A9).

Ce coefficient atteint des valeurs extrêmes durant les années les plus pluvieuses (3.21 pour l'année 2002/2003 au niveau de la station de Cheffia Barrage et 2.35 pour la station de Ain Assel durant l'année 1986/87) caractérisées par une forte pluviosité, ce qui peut être attribué aux fortes crues. Par opposition, les valeurs les plus faibles traduisent nettement le fort déficit des années les plus sèches, où un coefficient égal à 0.10 et 0.20 a été enregistré durant l'année 1996/97. Les coefficients d'hydraulicité sont en moyenne une année sur trois inférieurs à l'unité. On compte 18 années sur vingt sept déficitaires à Cheffia- Barrage pour quatorze années sur 29 à Ain Assel.

1.3- Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations

D'après cette analyse, on constate une étroite relation entre les précipitations et le régime des débits, car les faibles débits enregistrés correspondent à la saison sèche à « faibles précipitations » et les forts débits correspondent à la saison pluvieuse à « fortes précipitations ». La représentation graphique des débits en fonction des précipitations exprime une évolution parallèle entre ces deux paramètres (débits et précipitations) durant toute l'année (Cf. Fig. n°37 et 38).



A partir du mois de Septembre, on a une croissance des deux courbes, mais la courbe des débits est plus faible par rapport à celle des précipitations (période de recharge du sol) qui est plus forte. Pour la station de Ain Assel, les débits montrent des valeurs plus fortes que les précipitations durant la période de Janvier à Mars, ce qui correspond à la période de saturation du sol et où l'eau qui tombe s'écoule.

Par contre, la courbe d'Oued Bounamoussa montre une allure différente à partir du mois de Mars où on constate malgré que la courbe des précipitations montre des valeurs plus élevées.

La courbe des débits reflète des valeurs plus faibles avec une cassure entre le mois de Mars et Avril. Ce qui pourrait être expliqué par des erreurs de prélèvement. Le fort débit au niveau des deux oueds est enregistré au mois de Février avec une moyenne mensuelle de 9.29 à Cheffia Barrage, ce débit est doublement plus fort à la station de Ain Assel il atteint un maximum de 16,55 m³/s.

1.4- Variations Saisonnières

L'analyse de la variabilité saisonnière des débits constitue le critère le plus simple pour définir le régime d'un cours d'eau. Cette étude peut être mise en évidence par l'étude des coefficients mensuels de débits et les coefficients de variation.

1.4.2- Les régimes saisonniers et les coefficients mensuels des débits

Le régime d'un cours d'eau est défini par les coefficients moyens des débits, c'est-à-dire les rapports des débits moyens mensuels au module de la période considérée. Les coefficients mensuels des débits sont supérieurs ou inférieurs à l'unité « 1 ».

CMD : Coefficients mensuels des débits.

CMD = débit moyen mensuel / module de la période considérée.

CMD > 1 : correspond aux mois des hautes eaux.

CMD < 1 : correspond aux mois des basses eaux.

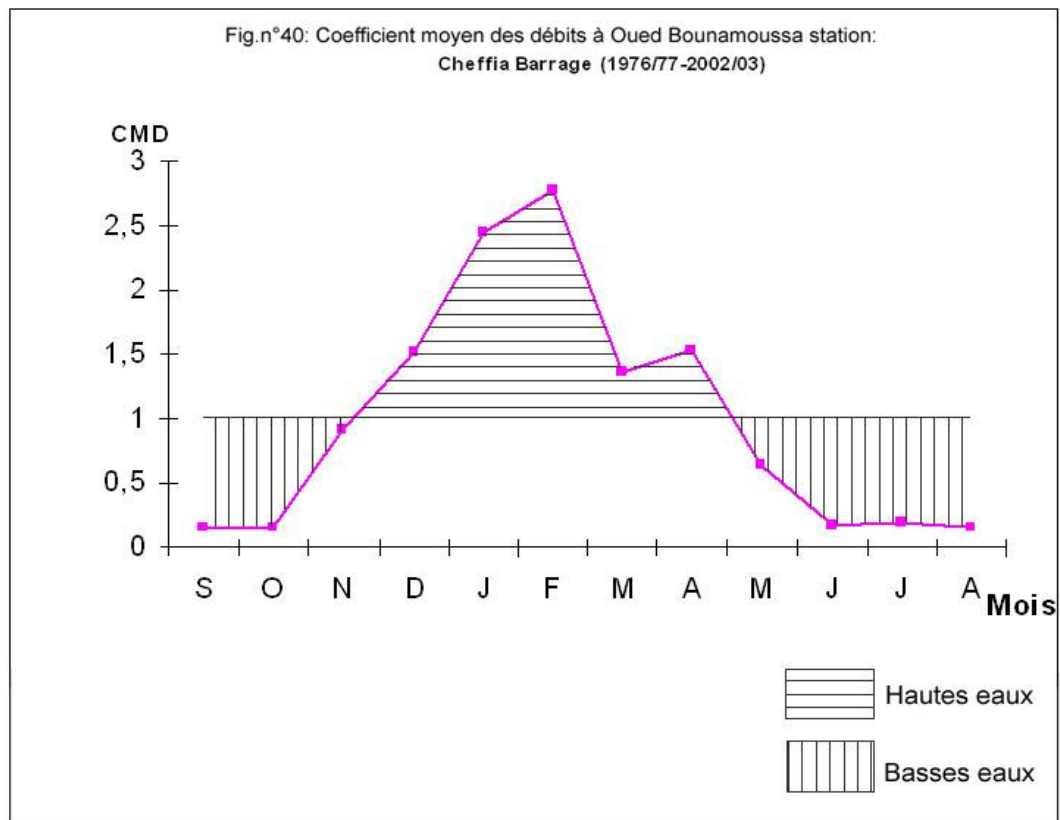
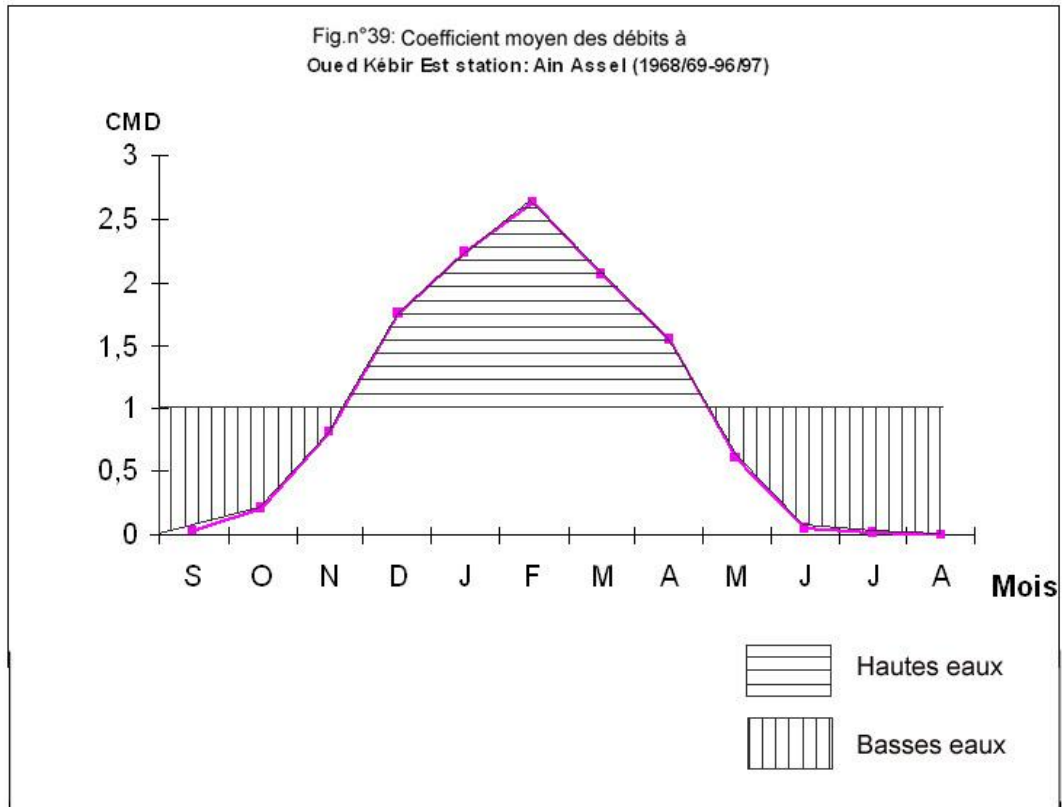
CV : Coefficient de variation.

Tableau n°19 : Coefficient moyen mensuels des débits et coefficient de variation

| Mois | Débits moyens mensuels (Qm ³) | | Apports moyens mensuels (Hm ³) | | CMD | | CV des débits | |
|-------|---|----------|--|----------|-----------|---------|---------------|---------|
| | Ain Assel | Chef fia | Ain Assel | Chef fia | Ain Assel | Cheffia | Ain Assel | Cheffia |
| S | 0.27 | 0.59 | 0.69 | 1.54 | 0.04 | 0.16 | 3.25 | 0.79 |
| O | 1.33 | 0.57 | 3.56 | 1.54 | 0.21 | 0.15 | 1.69 | 0.95 |
| N | 5.18 | 3.43 | 13.41 | 8.89 | 0.82 | 0.91 | 1.38 | 1.57 |
| D | 15.18 | 5.75 | 29.93 | 15.39 | 1.76 | 1.52 | 1.43 | 1.40 |
| J | 14.20 | 9.23 | 38.04 | 24.73 | 2.24 | 2.44 | 0.84 | 1.27 |
| F | 16.76 | 10.53 | 40.55 | 25.48 | 2.64 | 2.78 | 0.86 | 1.21 |
| M | 13.16 | 5.18 | 35.24 | 13.88 | 2.07 | 1.37 | 1.06 | 0.93 |
| A | 9.86 | 5.80 | 25.56 | 15.03 | 1.55 | 1.53 | 1.04 | 1.47 |
| M | 3.79 | 2.41 | 10.14 | 6.46 | 0.60 | 0.64 | 1.57 | 1.58 |
| J | 0.33 | 0.64 | 0.86 | 1.65 | 0.05 | 0.17 | 1.01 | 0.82 |
| J | 0.16 | 0.72 | 0.43 | 1.93 | 0.02 | 0.19 | 3.60 | 0.89 |
| A | 0.01 | 0.58 | 0.02 | 1.55 | 0.00 | 0.15 | 1.49 | 0.91 |
| année | 6.35 | 3.79 | 200.42 | 119.49 | / | / | 0.57 | 0.78 |

Ainsi, les coefficients moyens mensuels de débit calculés(cf.Tableau n°19), et leur représentation graphique établie pour les deux stations (Cf.Fig.n°38 et 39), permet de qualifier le régime fluvial par un écoulement important pendant la saison pluvieuse (l'hiver) et une pénurie considérable pendant la saison sèche (l'été).

Le régime moyen des deux oueds comporte une période **de hautes eaux** de Décembre à Mars et une période **de basses eaux** d'Avril à Novembre. Le maximum mensuel correspond au mois de Février avec 2.64 et 2.78, suivi du mois de Janvier avec un CMD de l'ordre de 2.24 et 2.44 aux stations de Ain Assel et Cheffia-Barrage respectivement. Quant au CMD du mois de Juillet est presque nul (0.02 et 0.15).



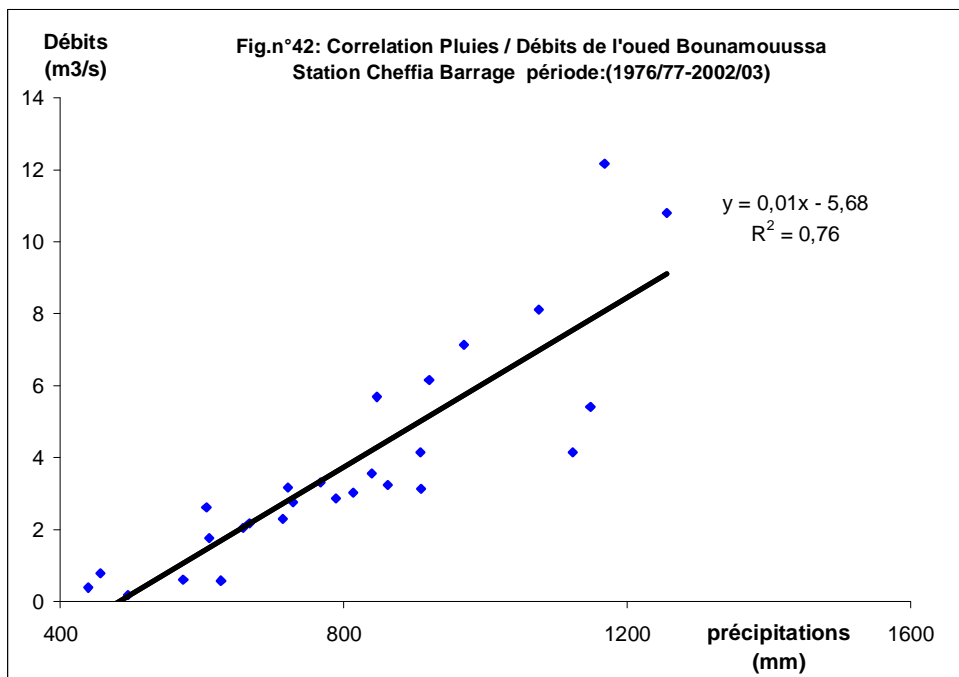
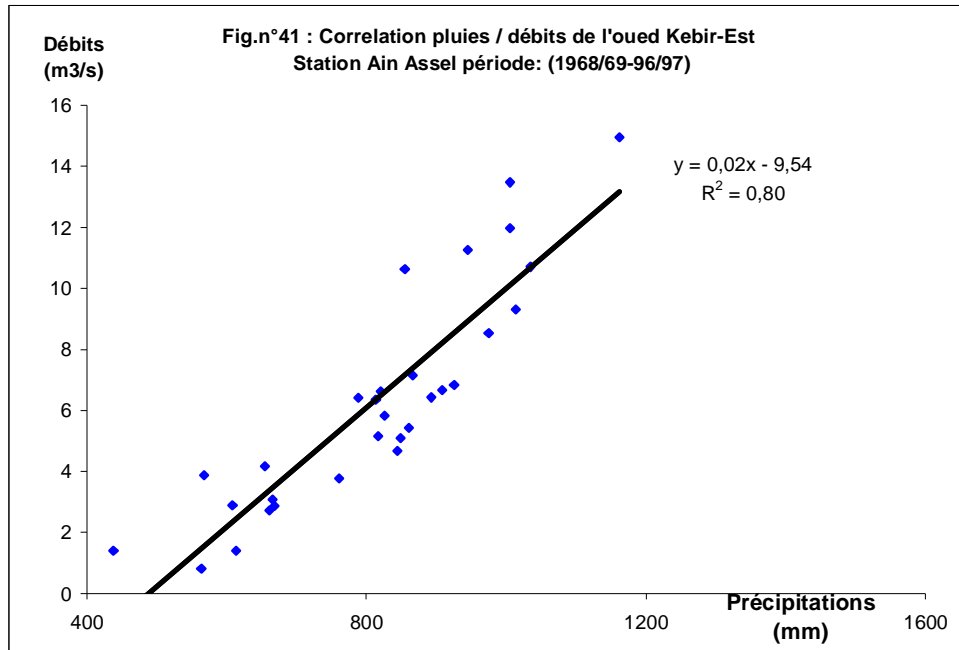
1.4.3- Disponibilités Saisonnières en Eau de Surface

D'après les données des apports mensuels enregistrés au niveau de la station de « Boutayeb » à Cheffia-Barrage et Ain Assel, les apports sont considérables pendant la saison des hautes eaux (25.48 Hm³ au mois de Février et 40.55 Hm³ à Ain Assel), tandis que les débits atteignent des valeurs négligeables durant la période des basses eaux (Juin, Juillet, Août et Septembre).

1.5- Application de la méthode de corrélation linéaire aux séries hydro-pluviométriques des oueds Bounamoussa et Kebir-Est

L'application de cette méthode aux deux séries d'observation disponibles (précipitations et débits annuels), relevées aux stations hydro-pluviométrique de Cheffia sur une période de 27 ans et Ain Assel sur une période de 29 ans afin d'établir une corrélation, c'est-à-dire trouver une relation simple qui lie les hauteurs annuelles des pluies tombées dans le sous-bassin de chaque oued avec les débits annuels écoulés, ainsi que le degré de liaison entre les deux paramètres (pluies/débits). Autrement dit, voir, à l'échelle annuelle, la réaction des deux oueds face aux précipitations reçues par chaque sous bassin (Cf.Fig n°41 et 42).

Le coefficient de corrélation est de l'ordre de 0.80 à Ain Assel et 0.76 à Cheffia-Barrage, ce qui détermine la bonne corrélation entre les deux séries étudiées. Signalons ici l'existence de deux points éloignés de la courbe de tendance au niveau de la station de Cheffia-Barrage : il s'agit des années 1997 et 98 avec un débit correspondant sous-estimé (P=1123.70 mm, Q= 4.14 m³/s) et 1995 et 96 avec un débit correspondant sous-estimé (P=1148.10 mm, Q= 5.41 m³/s).



1.6- Les Inondations (Etude de cas)

Le problème des inondations, qui se pose en permanence, a pour principale cause la forte intensité des pluies qui dépasse par fois les 100mm en l'espace d'une journée (voir études des maxima p 61).

Ces intensités provoquent des écoulements torrentiels qui affectent la plaine alluviale de la Mafragh drainée par l' Oued Kébir-Est et la Bounamoussa, parfois des inondations prolongées (stagnation des eaux superficielles sur des hauteurs qui dépassent les 50cm, et où des nappes d'eaux superficielles couvrent la plaine alluviales pendant des périodes qui varient de 3 jours au minimum jusqu'à une semaine en moyenne) qui peuvent empêcher l'utilisation des terres agricoles pendant des période allant jusqu'à trois mois, surtout durant ces dernières années, caractérisés par une forte pluviosité. Ceci en plus des excédents hydriques qu'elles infligent aux cultures et des risques d'hydromorphie.

En plus des causes naturelles, d'autres produites par l'homme, agissent en faveur de ce phénomène :

- § L'absence d'entretien des émissaires naturels : pratiquement tous les oueds qui drainent le bassin versant « Kebir Est, Bounamoussa, Boulathane, Bouhaloufa, La Mafragh), il s'agit là du curage périodique des oueds et de tous les émissaires naturels.
- § L'insuffisance et la dégradation du réseau d'assainissement dans le périmètre de la Bounamoussa et son absence dans la plaine d'El Tarf-Boutheldja malgré les nombreuses études qui ont été avancées dans ce sens, sachant que ce secteur de plaine est le réceptacle de toutes les eaux provenant des bassins versants de Bougous, Guergour, Bouhaloufa, Boulathan.
- § La réalisation de certains chemins communaux dans la commune de Boutheldja, du lac des oiseaux et de Berrihane, où quelques tronçons constituent de véritables obstacles pour l'écoulement normal des eaux vers les exutoires naturels.

Rapport sur les inondations du 04 et 05/04/2003 (Agence Nationale des Barrages, Barrage Cheffia 2003)

Un excès des précipitations durant 48 heures, du 04 au 05 /04/ 2003, a été la cause principale des fortes inondations, qui ont eu des effets néfastes sur la zone réceptrice (l'aval) du bassin versant.

Ces fortes précipitations enregistrées ont atteint 123.9 mm pendant 48 h avec un débit maximum de 1600 m³/s alors que le barrage était déjà à son niveau maximum. Des mesures d'urgence ont été mises en place pour la protection du barrage par des lâchés des quantités d'eau en fonction des apports entrant (voir le tableau ci-dessus).

Tableau n°20: Bilan des entrées et des sorties du barrage Cheffia durant les trois jours d'inondation

| Dates | Apports (Hm ³) | Les lâchés (Hm ³) |
|----------|----------------------------|-------------------------------|
| 04/04/03 | 10.615 | 08.586 |
| 05/04/03 | 37.386 | 40.10 |
| 06/04/03 | 11.477 | 05.40 |
| Total | 59.478 | 54.086 |

Source : D.H.W. ELTarf, 2004

Remarque : cette opération était la seule solution pour, d'un côté, assurer la protection du barrage, et, d'un autre, éviter le débordement des eaux sur le déversoir secondaire (El Karma vers la commune de Cheffia et ses environs)

Conséquences

Les conséquences étaient considérables, parce que en 48 heures les pertes ont été estimées selon les services de la D.H.W et la D.S.A, ELTarf par :

1-La perte d'un apport en eau très considérable voir même exceptionnel en un espace de trois jours 54 (Hm³) , ce qui représente un taux de 40 % par rapport aux entrées annuelles du barrage 134 (Hm³) autrement dit le volume régularisable du barrage de Mexa.

2-Avant les inondations, la superficie agricole exploitée était de l'ordre de 28050 ha, après la date du 06/04/03, les surfaces agricoles exploitées et qui ont été submergées étaient estimées à 8023ha dont 3188ha totalement perdues.

1.7 - Conclusion

Les ressources en eaux abondantes dans le bassin versant de la Mafragh sont principalement constituées par l'écoulement des oueds ($546 \text{ Hm}^3 / \text{an}$) qui est le produit direct des précipitations et du régime des débits.

Suivant l'analyse hydrologique des apports en eau du bassin versant de la Mafragh constituée essentiellement par l'apport moyen annuel d'oued Kébir Est et Oued Bounamoussa, ces entrées ont été estimées à $319,92 \text{ Hm}^3 / \text{an}$, tout deux contrôlant une surface de 1255 Km^2 . On note ici que d'après l'étude d'un cas des inondation du 04, 05 et 06 Avril 2003 au niveau du barrage de Cheffia, les apports ont été évalués à 54 Hm^3 pendant trois jours, ce qui confirme que le bassin versant de la Mafragh est un grand réservoir d'eau superficielle appelant ainsi le pouvoir public à une politique rationnelle de mobilisation et de gestion de cette ressource, richesse incontestable.

La mobilisation de la ressource superficielle est encore limitée puisque sur un volume mobilisable estimé à ($496 \text{ Hm}^3 / \text{an}$), un volume de $138 \text{ Hm}^3 / \text{an}$ est actuellement emmagasiné dans les deux barrages mis en exploitation, Cheffia et Mexa. Dans ce qui suit, on va essayer d'évaluer cette ressource et de voir les perspectives de son utilisation à différents termes.

Les résultats de l'étude hydrologique sont indispensables à de nombreuses interprétations tel que le drainage, l'irrigation, la régularisation des cours d'eau, la protection de l'environnement, l'allocation et la gestion de la ressource en eau.

2- Evaluation des Ressources en Eaux dans le Bassin Versant de la Mafragh

Après avoir mis en relief dans la première partie, les conditions naturelles qui caractérisent notre bassin, nous allons procéder au traitement des aspects quantitatifs des ressources en eau superficielles et souterraines et cela pour évaluer les apports en eau superficielle et souterraine.

2.1- Evaluation des Ressources en Eaux Souterraines

Les nappes souterraines constituent l'une des principales richesses naturelles et sont captées par plusieurs ouvrages destinés aux différents usages quotidiens (A.E.P, A.E.I, A.E.A).

L'estimation des réserves en eau souterraine d'après une analyse établie par (Derradji. F, 2004) reflète que la région du bassin versant de la Mafragh recèle des potentialités hydriques importantes, qui sont de l'ordre de 97.5 Hm^3 . Le tableau n°21 récapitule les réserves renouvelables des aquifères qui existent dans notre région d'étude.

Tableau n°21 : Aquifères existants et leurs réserves renouvelables dans le bassin versant de la Mafragh et la plaine d'Annaba.

| Les systèmes aquifères | | Superficie (Km ²) | H _{moy} (m) | Réserves renouvelables (10 ⁶ m ³ =Hm ³) |
|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------|--|
| Plaine de Boutheldja | N.Libre | 110 | 1 | 8 |
| | N.Captive | 110 | 42 | 8 |
| Plaine d'El Tarf | N.Libre | 100 | 2 | 15 |
| | N.Captive | 100 | 5 | 0.5 |
| Massif dunaire Boutheldja | N.Libre | 170 | 1 | 34 |
| Plaine de Annaba | N.des alluvions | 320 | 1 | 24 / 40 |
| | N.des graviers | 300 | 20 | 8 / 13 |
| Total | | | | 97.5 / 118.5 |

Source : Derradji.F, 2004

D'après les données de la DHW de la Wilaya d'El-Tarf (2005) les ressources souterraines sont recensées selon les nappes exploitées dont les capacités diffèrent comme suit (Cf. Tableau n°22) :

Tableau n°22 : Volume exploité par nappe et par secteur

| Les nappes | Destination AEP, AEA, AEI en (Hm ³) | | | |
|---|---|-------------------------------------|--|---|
| | Nombre de forages | Volume Théorique (Hm ³) | Volume utilisé en AEP (Hm ³) | Localités bénéficiaires |
| Nappe dunaire Boutheldja | 50 3 sources | 33 | 32.5 | Annaba 26 F ElKala, Berrihane 22 F; AEA et AEI : 02 F |
| Nappe alluviale ElTarf | 08 | 2.6 | 2.6 | El Tarf, Ain Assel, Bougous |
| Nappe de grés Bougous | 03 | 0.56 | 0.56 | Ain Assel, Bougous, Ramelssouk |
| Nappe alluviale Boutheldja | 12 | 7.65 | 7.04 | Annaba 06 F, Cheffia et lac des Oiseaux 05 F, AEI:01 F |
| Nappe alluviale Bounamoussa | 08 | 3.85 | 3.85 | Asfour, Ben Mhidi, Zerizer |
| Nappe alluviale Seybouse (1), (2), (3) | (129 / 2) 60 (3) | (44 / 2) 22 (3) | (24.5 / 2) 12 (3) | Dréan, Chatt, Besbes 33F(2) ; AEA 90 F ; AEI 06 F |
| Total | 109/141 03 sources | 69.66 ≈ 70 | 58.55 | |

Source : DHW El-Tarf, 2004

- (1) Nappe chevauchant les deux bassins : La Mafragh et la Seybouse.
- (2) L'eau de cette nappe est d'une mauvaise qualité le taux de salinité est de 1.7 g / l.
- (3) On a estimé environ 50 % des forages qui sont localisés dans le bassin versant de la Mafragh.

La mobilisation de la ressource souterraine, par 95 forages utilisés pour l'alimentation en eau potable avec un volume de 70 Hm³ (Cf. Tableau n°22 et Tableau A10) reste un volume relatif car ce volume diffère d'une année à une autre selon l'état et le nombre des forages fonctionnels, qui sont en général sous-exploités. Il est à noter que cette ressource est localisée pour l'essentiel dans la nappe de la plaine de Kébir Est (Boutheldja, El Tarf). L'absence d'étude spécialisée ne permet pas d'appréhender le degré d'exploitation des nappes. Toutefois, la nappe dunaire de

Boutheldja fournit jusqu'à 600 l/s et plus dans des conditions pluviométriques optimales.

Après le lancement des programmes d'appuis au développement agricole comme le programme FNRDA (Fond National de Régulation et de Développement Agricole) qui a connu la réalisation de plusieurs forages et puits destinés à l'irrigation par les agriculteurs, le nombre des forages est passé à **109** forages fonctionnels au niveau de la wilaya d'El Tarf et 350 puits de l'ensemble des 176 forages réalisés et 468 puits en destinés à l'irrigation, mobilisant un volume total de **20.35** Hm³(Cf.Tableau n°23), par rapport à un volume théorique estimé à de **43** Hm³ (D.H.W. El Tarf) dans de bonnes conditions d'exploitation des forages.

L'utilisation de l'eau pour les quelques unités industrielles localisés dans le bassin versant de la Mafragh reste limité elle n'atteigne que 1 Hm³ /an pour les 04 forages mis en service.

D'après (Derradji.F, 2004) le bilan hydrique des différentes plaines de l'extrême Nord Est algérien montre que dans le massif dunaire de Boutheldja, le volume d'eau infiltré est le plus grand avec 50×10^6 m³/an, suivi de la plaine d'Annaba avec 36.29×10^6 m³/an, ce qui démontre l'influence de la lithologie dans le processus d'infiltration (les sables).

En d'autre terme actuellement les ressources souterraines sont largement exploitées par un volume de **94.1** Hm³ sur 97.5 Hm³ soit **96.51 %** des réserves renouvelables du bassin de la Mafragh ou **94.1** sur **118.5** H soit **79.40 %** par rapport au réserves renouvelables des aquifères de Annaba la Mafragh (Cf.Fig.n°43).

Fig.n°43: Ouvrages de mobilisation des ressources en eaux souterraines et superficielles dans le bassin versant de la Mafragh

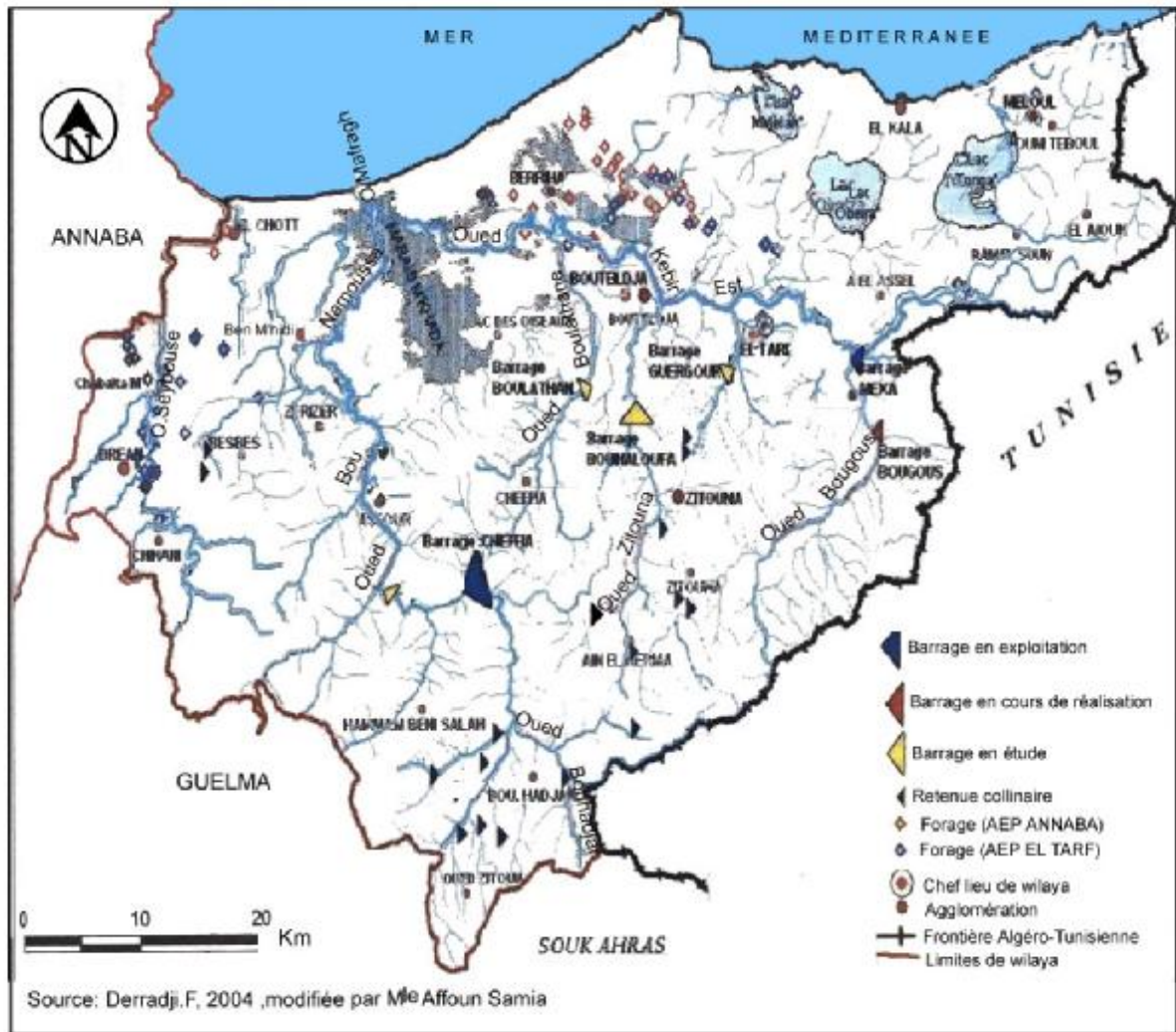


Tableau n°23 : Utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation des moyens et petits périmètres dans le bassin versant de la Mafragh

| Infrastructure de mobilisation | Nombre total | Ressources mobilisées (Hm ³) | Superficies irriguées (ha) |
|--------------------------------|--------------|--|----------------------------|
| Forages | 109 | 19 | 4.000 |
| Puits | 350 | 1.35 | 1.000 |
| Sources | 03 | / | 100 |
| Retenues collinaires | 06 | 01 | 20 |
| Pompages des oueds | / | / | 4510 |
| total | / | 21.35 | 9630 |

Source : D.H.W, 2005

2.2- Estimation de la Ressource en Eau Superficielle

D'après la DHW de la wilaya d'ELTarf 2005, les apports superficiels mobilisables sont estimés à **496 Hm³** dont **287.1 Hm³** régularisables par rapport à un potentiel hydrique estimé à **546 Hm³** selon L'étude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine d'El Tarf réalisée par (ENERGPROJECT et ENHYD, 1992).

Le potentiel hydrique superficiel actuellement mobilisé entre la grande hydraulique et la moyenne et petite hydraulique est résumé dans le tableau n°24.

Dans des conditions normale de précipitation, les deux barrages Cheffia et Mexa régularisent **138 Hm³** soit 27.82 % de la ressource mobilisable. Pour les retenues collinaires le bassin versant recense actuellement 26 retenues collinaires dont 6 fonctionnelles, contribuant à l'irrigation d'une centaines d'hectares.

La ressource souterraine totale affectée est estimée à **70 Hm³**, localisée dans le bassin versant de la Mafragh, soit 74.38 % de la ressource exploitée entre le bassin des côtières Constantinois-Est et la basse Seybouse (Cf.Tableau n°25).

Tableau n°24 : Mobilisation de la ressource superficielle à moyen et long terme 2015

| Nom du barrage | Volume total en (Hm ³) | Volume régularisé en (Hm ³) |
|-----------------------------|------------------------------------|---|
| Cheffia | 169 | 95 |
| Mexa | 60 | 42 |
| Bougous | 52 | 37 |
| Bouhaloufa | 116 | 42+17 =59* |
| Boulathane | 22 | 12 |
| Bounamoussa | 70 | 39 |
| Lac Oubaïra | 4 | 2 |
| Retenues collinaires | 3 | 1.1 |
| Volume total | 496 | 287.1 |

*Prise d'eau sur Oued Kébir d'un volume de 17 Hm³ (un barrage gonflant, par le transfert de ce volume vers un réservoir par le biais d'une station de pompage pour enfin alimenter le barrage par gravité).

Tableau n°25 : Les barrages existants, en cours de réalisation, en projets et les sites potentiels dans le bassin versant de la Mafragh (D.H.W 2005).

| B.v | Dénomination du barrage | Nom de l'Oued | Loc géog | Sup.du BV | Cap Hm ³ | V.reg Hm ³ /an | Appt moy Hm ³ /an | Destination | Obs |
|---|-------------------------|----------------|-------------------|-----------|---------------------|---------------------------|------------------------------|-------------|------------------------|
| 03.15 | Cheffia | Bou Namoussa | Cheffia | 570 | 169 | 95 | 154 | AEP+IRR | En service depuis 1969 |
| 03.16 | Mexa | El Kebir | Ain Assel Bougous | 365 | 60 | 42 | 103 | AEP+IRR | Réalisé2000 |
| Barrages en cours de réalisation | | | | | | | | | |
| 03.16 | Bougous | Bougous | Bougous | 236 | 57 | 37 | 103 | AEP+IRR | Travaux lancé 2005 |
| Barrages en projets de réalisation ou d'étude et site potentiel. | | | | | | | | | |
| 03.17 | Bouhalloufa | Bouhalloufa | Zitouna Cheffia | 180 | 174 | 42+17 59 | 50 | Irrigation | Programmé pour 2005 |
| 03.17 | Boulathan | Boulathan | Bouteldja | 98 | 30 | 12 | 20 | Irrigation | Programmé pour 2015 |
| 03.17 | Guergour | Guergour | Tarf | 30 | 40 | 8 | 20 | Irrigation | Etude de faisabilité |
| 03.17 | Bounamoussa | Bounamoussa | Asfour Zerizer | 222 | 70 | 39 | / | Irrigation | Etude de faisabilité |
| 03.17 | Oued Zitouna | Zitouna | Zitouna | 63 | 10 | 8 | 52 | Irrigation | Site Potentiel |
| 03.15 | Ain El Arg | Cht Ain El Arg | Asfour | 46 | 14 | 10 | / | Irrigation | Site Potentiel |
| 03.15 | Oued Hamam | Oude Hamam | Bouhadjar | 102 | 20 | / | / | Irrigation | Site Potentiel |

Le périmètre de la Bounamoussa qui s'étend sur sept communes et couvre une superficie de 16500Ha dont 14800 équipés, nécessite des besoins en eau estimés à 60 Hm³ selon l'O.P.I. Ce volume est alloué principalement à partir du barrage de Cheffia. Selon un bilan établi par l'O.P.I. sur cinq années, de 96/97 à 2000/2001, le volume moyen alloué est de 30 Hm³. En revanche, le volume réellement distribué ne dépasse pas les 22 Hm³ afin d'irriguer des surface de 3500 Ha en moyenne.

2.3- Affectation de la Ressource Superficielle et Souterraine

Comme indiqué dans le tableau n°26, la ressource totale affectée est estimée à 226.62 Hm³ /an, dont 53,50 % est destinée à la satisfaction des besoins en eau potable.

Par rapport à la ressource régularisée (235Hm³/an), la ressource totale affectée représente environ 96.43 % dont 40.81 % est transférée vers Annaba.

Tableau n°26: Affectation de la ressource superficielle et souterraine par secteurs.

| Ressources | Les secteurs | | | Total (Hm ³ /an) |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | A.E.P (Hm ³ /an) | A.E.A (Hm ³ /an) | A.E.I (Hm ³ /an) | |
| Superficielles | 41+31.50= 72.50 | 40 | 20 | 132.50 |
| Souterraines | 28.76+20= 48.76 | 43 | 2.36 | 94.12 |
| Total | 121.26 | 83 | 22.36 | 226.62 |

Source : D.H.W El Tarf, 2005

2.3- Affectation de la Ressource entre Wilaya

Comme il est illustré dans le tableau n°27, la wilaya d'El Tarf dispose, pour son approvisionnement quotidien, d'un volume de 134.12 (Hm³/an) (ressources superficielles et souterraines) soit 59.18 % des affectations totale. L'alimentation en eau potable utilise 36.55 % seulement de cette ressource (avec 60 % de l'eau souterraines soit 28.76 (Hm³/an) le reste soit 61.88 % est affectée pour l'irrigation.

Tableau n°27: Affectation de la ressource à Annaba et El Tarf

| Ressources | Volume total annuel affecté (Hm ³ /an) | | Wilaya d'El Tarf (Hm ³ /an) | | Wilaya d'Annaba (Hm ³ /an) | |
|-----------------------|---|-------|--|-------|---------------------------------------|-------|
| | (Hm ³ /an) | % | (Hm ³ /an) | % | (Hm ³ /an) | % |
| Superficielles | 132.50 | 58.46 | 60 | 44.73 | 72.5 | 78.37 |
| Souterraines | 94.12 | 41.53 | 74.12 | 55.26 | 20 | 21.62 |
| Total | 226.62 | 99.99 | 134.12 | 59.18 | 92.5 | 40.81 |

On note que l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation est dû au soutien de l'Etat aux agriculteurs. C'est par des programmes de développement rural et agricole tels que le Programme Sectoriel Décentralisé (PSD), le Programme de mise en valeur par la concession (Plan National du Développement Agricole, PNDA), le programme FNRDA (Fond National de régulation et du Développement Agricole) et enfin le Programme de Proximité et de Développement Rural que l'agriculture a connue une relance spécifique.

2.4- Qualité des eaux souterraines et superficielles

La connaissance de la qualité des eaux notamment superficielles est indispensable pour leur éventuelle utilisation, particulièrement pour l'AEP.

Ainsi l'origine de la salinité provient essentiellement des sulfates qui sont dus aux massifs gréseux de la région. En ce sens, une carte de qualité des eaux superficielles de l'extrême Nord-Est algérien a été établie par Derradji. F, 2004, à partir de la valeur des indices d'altération à différents points d'eaux en vue d'une éventuelle exploitation de cette ressource pour les différents usages (A.E.P, A.E.A, A.E.I).

Ainsi les eaux de l'Oued Seybouse sont les plus altérées, suivies des eaux du lac Oubëira (Cf.Fig n°44).

Pour les eaux souterraines on indique que uniquement la nappe alluviale de la Seybouse (nappe profonde des graviers) qui montre une mauvaise qualité des eaux avec un taux de salinité de 1.7g / l (D.H.W, ELTarf) cela est du au :

1-La surexploitation de la nappe ce qui provoque un rabattement du toit de la nappe en dessous du niveau de la mer (niveau 0) ce qui engendre automatiquement une intrusion marine «avancée du biseau salé, Saaidia.B, 1992 ». La longueur de ce biseau dépend de la différence entre le niveau du toit de la nappe et du niveau de la côte zéro.

2-Un déficit des apports en eau dû à un déficit pluviométrique durant les années non pluvieuses, accentué par les pompages incontrôlés.

Par ailleurs, dans son étude de la qualité des eaux souterraines de l'extrême Nord-Est algérien (Derradji. F, 2004) a montré la présence de certains faciès sulfaté-sodiques et chloruré-calciques et dont leur origine est liées probablement à la nature géologique et lithologique du terrain. Car la présence d'un aquifère hétérogène où apparaissent de nombreuses formations favorisant les minéralisations observées, ces formations sont :

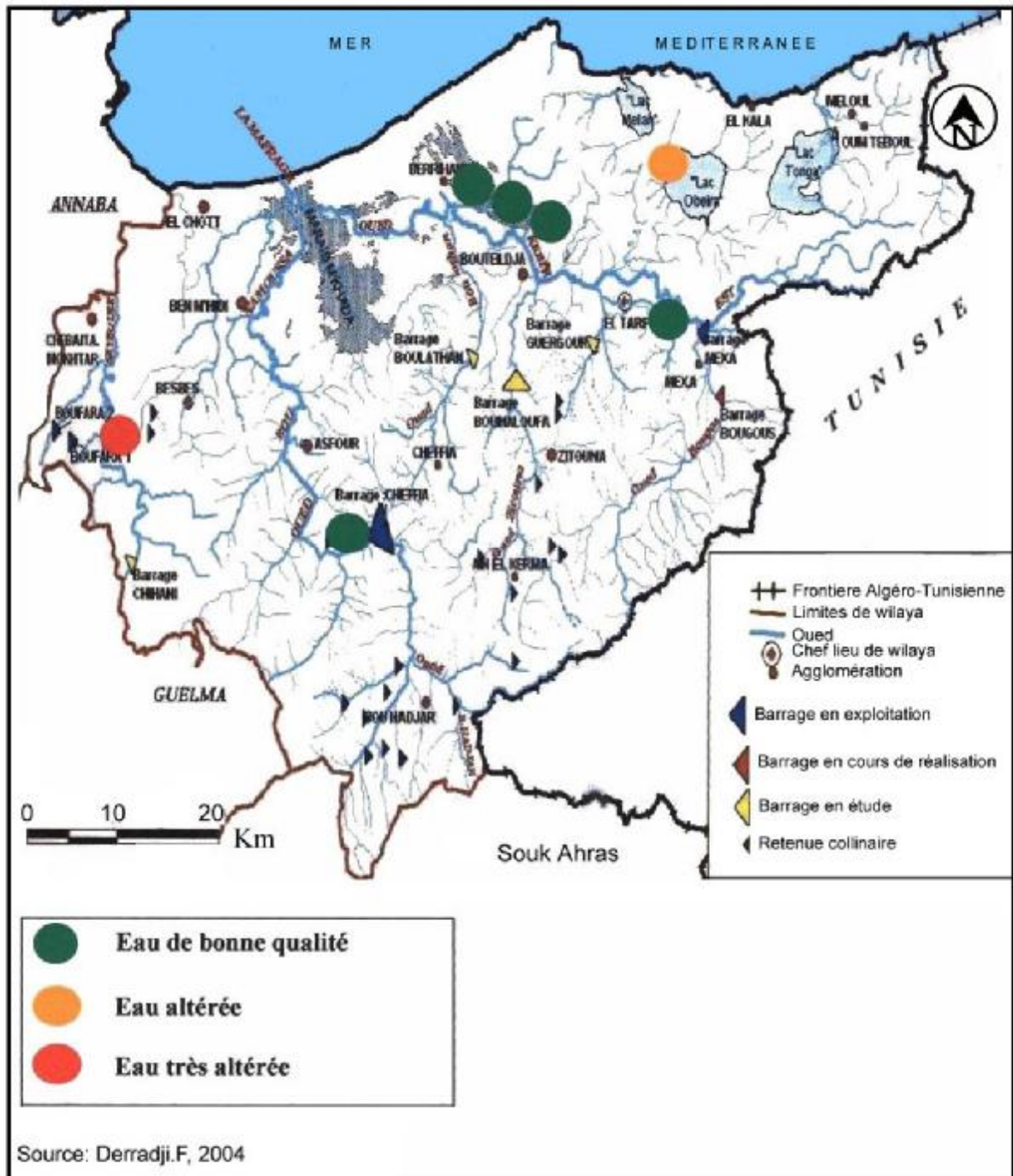
-Les sables, les argiles, les marnes et le alluvion ; riche en Cl^- , Na^+ , SO_4^{-2} , Ca^{+2}

-Les grés présents dans la région riche en Cl^- .

L'auteur dit que les eaux de la région se prêtent à l'utilisation agricole, mais nécessitent un contrôle préalable. Le plus important c'est que dans les zones de contact nappe-oued, la transmission des éléments toxique peut se faire facilement par dilution et drainage.

Ce pendant, la pollution des oueds Kebir Est et Bounamoussa par les métaux lourds est pratiquement négligeable. Ceci est du à l'absence des unités industrielles qui peuvent donner naissance à leur contamination. Il conclut donc qu'il s'agit d'une pollution naturelle provoquée par les formations géologiques de la région d'une part, et par les rejets industriels d'autre part.

Fig.n°44: Qualité des eaux superficielles de l'extrême Nord-Est algérien



La question qui se pose qu'elle est l'impact des changements climatiques sur les ressources en eaux ?

L'impact des changements climatiques constituent une difficulté majeure, cette dernière est accentuée par la distinction à prendre en considération entre variation ou anomalie (impliquons une différence saisonnière des écoulements). Cette réflexion est à manipuler avec prudence.

Les conséquences des changements climatiques sur les ressources en eaux seront principalement d'action quantitatives, cette perturbation du potentiel hydrique se manifesterait au détriment de la qualité des eaux.

Enfin, les changements des températures et des précipitations pourraient réduire l'humidité des sols et l'écoulement annuel ce qui engendre des conséquences importantes sur les ressources en eau disponibles.

2.5- Les eaux Usées : Source de pollution et /ou une Source d'Eau

Supplémentaire pour l'Irrigation

Il est à noter que les deux principaux exutoires qui sont El Kébir et la Bounamoussa reçoivent quotidiennement près de $11 \text{Mm}^3 = 11 \text{Hm}^3$ d'eaux usées, volume calculé sur la base d'une dotation journalière estimée, d'après la D.H.W, à 120 l / hab / j pour 250.000 habitants. Ces rejets, qui se jettent dans la Mafragh et ses affluents affectent les milieux sensibles (les zones humides), ce qui se répercute sur la qualité de l'eau des oueds surtout durant la période de faible étiage, posant de sérieux problèmes de santé publique (maladies à transmission hydrique), en plus du risque de pollution des nappes inféro-fluviales.

On note que deux stations d'épuration des eaux usées type biologique classique sont fonctionnelles, l'une se situe à Asfour pour une capacité équivalente à 7.000 habitants et la deuxième à Zerizer pour 3.000 habitants et ceci pour le traitement des eaux usées qui se jettent dans la Bounamoussa. Une nouvelle station est programmée

sur Oued Bouhadjar d'une capacité de 25.000 habitants pour la protection du barrage de Cheffia.

Le traitement des eaux usées permettra la réutilisation de cette eau pour l'irrigation d'une part et d'autre part réduire le risque de pollution des oueds durant les périodes d'étiage, car en toute état de cause et d'une façon frauduleuse les agriculteurs utilisent cette eau sans contrôle pour l'irrigation.

Conclusion

Les ressources en eaux du bassin de la Mafragh (souterraines et superficielles) s'élèvent donc à 643.5 Hm³, pour une aire de réception de 2652 Km² (limite naturelle du bassin versant). Essentiellement constituées par l'écoulement des oueds (546 Hm³), les ressources souterraines sont peu importante, puisque elles ne représentent que 15.15 % des ressources globales déterminées (643.5 Hm³).

Les eaux superficielles restent peu exploitées, vu que sur un volume moyen annuel de l'ordre de 546 Hm³, un volume très limité est régularisé 138 Hm³ par les deux barrages Cheffia, Mexa et les quelques retenues collinaires.

Les ressources souterraines sont extrêmement exploitées (94.1 Hm³) par rapport à la ressource renouvelable estimé à 97.5 Hm³ soit 96.51 %.

Au final, Les apports pluviométriques globaux, entre ressources superficielles et souterraines, sont estimés à 643.5.Hm³ dont 384.6 Hm³ mobilisables. Le bassin versant de la Mafragh recense (496+70) soit 566 Hm³.

3- Les Besoins en Eau

Il convient de suivre l'évolution des besoins en eau à court, moyen et long terme des différents secteurs usagers tel que l'alimentation en eau potable (A.E.P), l'alimentation en eau agricole (A.E.A) et l'alimentation en eau industrielle (A.E.I), afin de les confronter avec le potentiel hydrique disponible. Ceci nous permettra de faire ressortir les écarts prévisibles entre offre et besoins en fonction du temps et de prévoir quel sera l'impact de l'utilisation de la dualité eau (souterraine et superficielle) dans le futur.

Toutes les eaux souterraines et superficielles destinés à l'alimentation en eau potable ou industrielle de la région de Annaba se rejoignent à la station de traitement de Chaiba.

Les eaux provenant du barrage de Cheffia sont conduites dans une canalisation de 1500mm de diamètre jusqu'à un branchement vers le périmètre irrigué du côté de Zérizer à partir de laquelle le diamètre de la conduite est de 930 mm. Pour que ces eaux rejoignent la station de Chaiba qui se situe à une altitude plus haute, elles doivent passer à l'intérieur d'un supprimeur à deux grandes vannes (aspiration-refoulement). Or si la pression de ces eaux est suffisante, ce supprimeur ne fonctionne pas.

En ce qui concerne les eaux souterraines extraites de la batterie de forages implantés à Boutheldja, où l'eau extraite est rassemblée dans une station de collecte au même endroit, elle sont acheminées vers la station de traitement de Chaiba par une canalisation de 100mm de diamètre, et, pendant le parcours, d'autres canalisations sont branchées ramenant les eaux des aquifères des Salines, en plus d'une autre adduction transportant les eaux des forages de Pont-Bouchet dont la majorité est actuellement à l'arrêt.

3.1-Les Besoins en Eau Potable

Pour estimer quantitativement les besoins en eau potable, on doit tenir compte des paramètres démographiques.

L'évolution de la population est déterminée à partir de cette formule fréquemment utilisée : $P_F = P_0 (1 + a)^n$

Avec:

P_F : Population projetée à l'horizon voulu.

P_0 : Population recensée à une année de référence.

a : Taux d'accroissement de la population en % / an.

n : nombre d'années séparant l'année de référence à l'horizon voulu.

Dans notre étude les horizons voulus vont de 2005 à 2035.

Des normes de dotations journalières en eau sont fixées pour le court, moyen et long terme (2010, 2020, 2035) selon les recommandations du Ministère des Ressources en Eaux (150 l/hab/j minimum à garantir) et en fonction de la taille des agglomérations et de leur degré d'urbanisation.

Dans les besoins en eau potable, nous avons pris la grande ville de Annaba-El Hadjar, les villes moyennes, à savoir Dréan, Besbes, Elkala, Ben M'Hidi, Chatt, El Tarf, Chbaita Mokhtar et quelque centres relativement importants comme Bouhadjar, Boutheldja, Ain Karma et d'autres centres ruraux de moindre importance représentés par les chef lieux de communes.

Signalons ici que les villes d'Annaba, El Hadjar, Dréan, Chbaita Mokhtar, se situent dans le bassin de la Seybouse et que par ailleurs le centre urbain de Besbes et les communes de Chihani Bachir et Chatt chevauchent partiellement entre le bassin de la Seybouse et le bassin de la Mafragh. En revanche, la ville d'El Kala et la commune de Souarekh se situent dans le sous bassin des côtiers d'El Kala qui fait avec la Mafragh la totalité des côtiers Constantinois-Est. Par ailleurs, les communes de Berrihane, Raml-Souk et Laïoun empiètent partiellement le sous-bassin des côtiers

d'El Kala. Toutes ces villes sont dotées de l'eau potable à partir des ressources souterraines et/ou superficielles de la Mafragh.

3.1.1- Besoin en Eau Potable de la Zone Annaba-El Hadjar

Cette zone regroupe la ville d'Annaba, considérée comme le centre le plus important de l'extrême Nord-Est algérien, et l'une des plus grande zones industrielles de la région grosse consommatrice d'eau.

Les besoins de cette zone sont énorme d'où une partie de ses demandes est satisfaite à partir des eaux souterraines des nappes des graviers et du massif dunaire de Boutehdja. Ces besoins réelles sont assurée par les deux barrages de Cheffia et de Mexa à confirmé actuellement.

a) Accroissement démographique

La population résidente dans la ville d'Annaba était de 249.716 habitants au recensement de 1998, alors que la population agglomérée au niveau de la ville d'El-Hadjar était de 106.281 habitants selon les services des statistiques de la D.P.A.T d'Annaba.

Afin de connaître l'évolution de la population, on applique la formule suivante citée plus haut : $P_F = P_0 (1 + a)^n$

En prenant l'année 1998 comme année de référence où un R.G.P.H officiel a été effectué, le taux d'accroissement moyen national est 2.28 %.

Pour ce qui est de la wilaya d'Annaba, le taux d'accroissement est sensiblement différent ce dernier, et n'est que de 1.51 %. Vu l'influence directe du taux d'accroissement dans l'estimation de l'évolution de la population aux différents termes, nous avons utilisé les deux taux d'accroissement (national et wilaya). Les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau n°28 et la Fig.n°45.

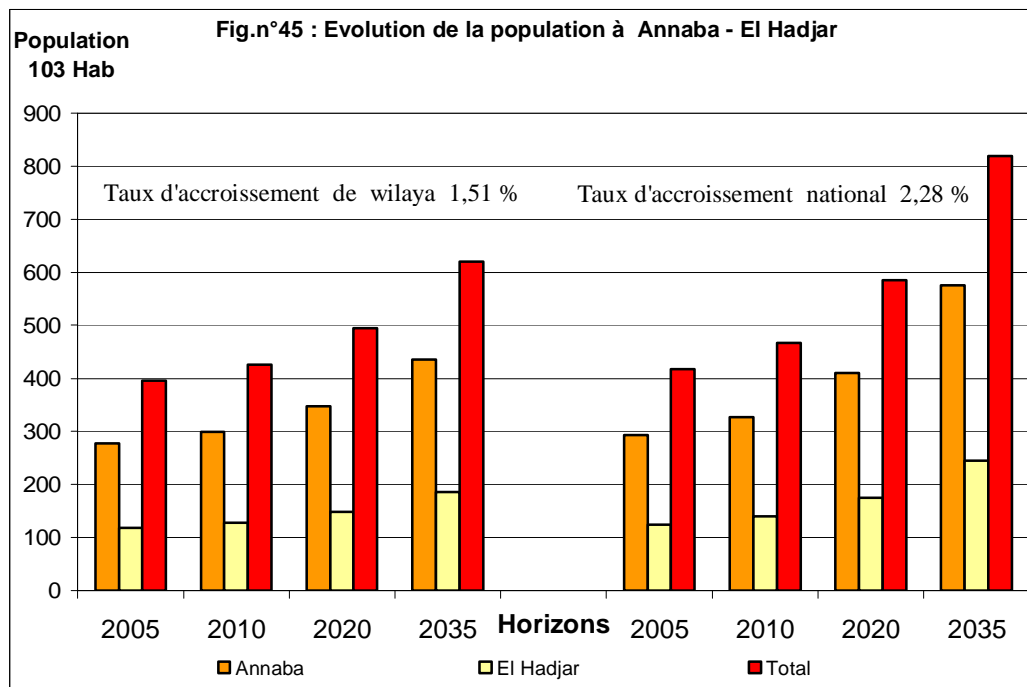


Tableau n°28: Perspectives d'évolution de la population de la zone de Annaba- El Hadjar

| Horizons | 2005 | | 2010 | | 2020 | | 2035 | |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Taux Nat | Taux Wil | Taux Nat | Taux Wil | Taux Nat | Taux Wil | Taux Nat | Taux Wil |
| Population (hab) | 2.28 % | 1.51 % | 2.28 % | 1.51 % | 2.28 % | 1.51 % | 2.28 % | 1.51 % |
| Population (Annaba) | 292403 | 277337 | 327292 | 298918 | 410055 | 347249 | 575047 | 434783 |
| Population (El Hadjar) | 124449 | 118037 | 139298 | 127222 | 174523 | 147792 | 244744 | 185047 |
| Population (Totale) | 416852 | 395374 | 466590 | 426140 | 584578 | 495040 | 819791 | 619831 |

b) Demande Unitaire en Eau Potable

Compte-tenu de l'importance de la ville d'Annaba (249.716 habitants au recensement de 1998) et de son degré d'urbanisation, il a été retenu les normes de dotations en eau selon le ministère des ressources en eaux:

- 200 l / hab / j pour le court terme.
- 250 l / hab / j pour le moyen terme.
- 300 l / hab / j pour le long terme.

Pour la ville d'El Hadjar, Ville de moindre importance par rapport à Annaba, les normes qui ont été retenues sont les suivantes :

- 180 l / hab / j pour le court terme.
- 200 l / hab / j pour le moyen terme.
- 250 l / hab / j pour le long terme.

c) Besoins en Eau Potable de la Zone d'Annaba-El Hadjar par Horizon

La projection des besoins en eau de la population par horizon est donnée par le tableau n°29 et Fig.n°46.

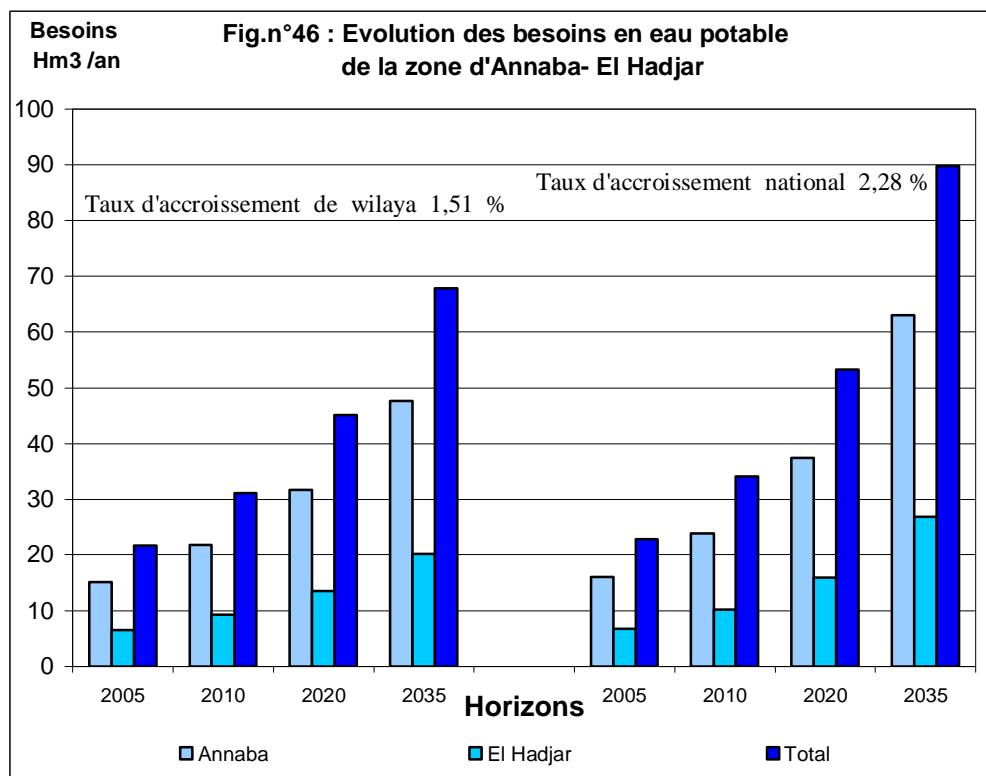


Tableau n°29 : Détermination des besoins en eau potable de la zone d'Annaba et El Hadjar

| Horizons | 2005 | | 2010 | | 2020 | | 2035 | |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Taux Nat | Taux Wil | Taux Nat | Taux Wil | Taux Nat | Taux Wil | Taux Nat | Taux Wil |
| Besoins (Hm³) | 2.28 % | 1.51 % | 2.28 % | 1.51 % | 2.28 % | 1.51 % | 2.28 % | 1.51 % |
| Besoins (Annaba) | 16.01 | 15.18 | 23.89 | 21.82 | 37.42 | 31.69 | 62.97 | 47.61 |
| Besoins (El Hadjar) | 6.81 | 6.49 | 10.17 | 9.29 | 15.93 | 13.49 | 26.80 | 20.26 |
| Total (Hm³) | 22.82 | 21.67 | 34.06 | 31.11 | 53.35 | 45.18 | 89.77 | 67.87 |

3.2- Besoins en Eau Potable des Villes Moyennes et des Communes Rurales Wilaya d' El Tarf

3.2.1-Les Villes Moyennes

Il s'agit des villes de Dréan, Besbes, El Kala, Ben M'Hidi, Chatt, El Tarf Chebaita Mokhtar. Le nombre total de la population de chaque agglomération est supérieur à 20.000 habitants.

3.2.2- Les Agglomérations Semi-Urbaines et Les Communes Rurales

Bouhadjar, Boutheldja, Ain Karma sont des centre semi-urbains où la population de est inférieure à 20.000 habitants, en plus de la totalité des communes rurales de la wilaya d'El Tarf (Chihani, Zerizer, Asfour, Berrihane, Cheffia, Lac des oiseaux, Zitouna, Oued Zitoun, Hammam Beni-Salah, Bougous, Ain Assel, Raml Souk, Laïoun, Souarekh).

3.2.2.1- Accroissements Démographiques des Villes Moyennes et des Communes Rurales

D'après le recensement effectué en 1998, la population globale des villes moyennes était de 196.298 habitants et celle des communes rurales de 165.290 habitants (D.P.A.T El Tarf). Pour évaluer l'évolution de la population jusqu'à 2035, nous avons utilisé la formule précédemment décrite avec le taux d'accroissement moyen national qui est de 2.28 %, à savoir que le taux d'accroissement de la wilaya d'El Tarf est très proche du taux national qui est de 2.25 % (Cf.Tableau n°30 et Fig.n°47).

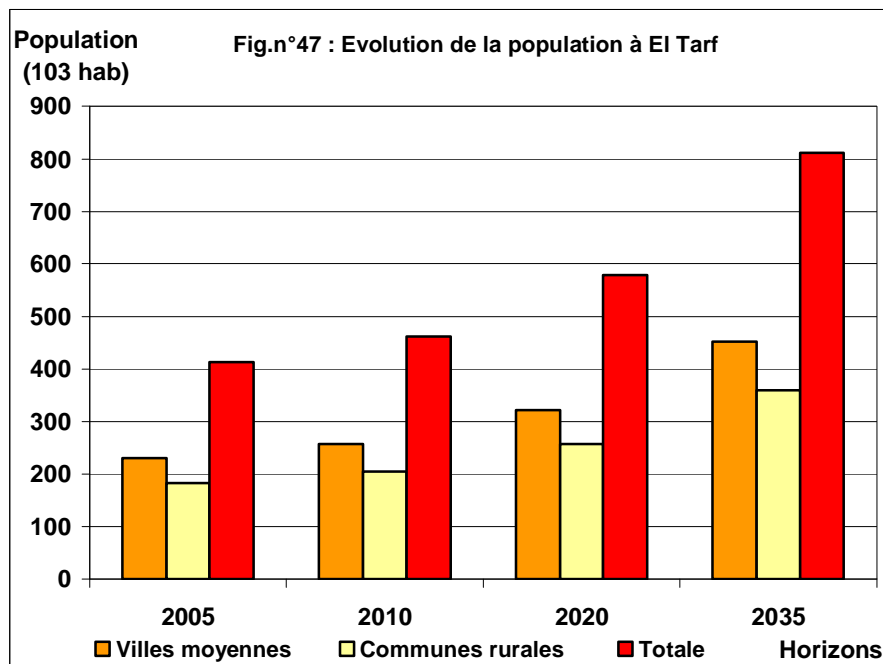


Tableau n°30: Perspectives d'évolution de la population à El Tarf.

| Horizons | Populations | | |
|------------------|-----------------|------------------|--------|
| | Villes moyennes | Communes rurales | Total |
| RGPH 1998 | 196298 | 156290 | 352588 |
| 2005 | 229853 | 183006 | 412859 |
| 2010 | 257279 | 204842 | 462121 |
| 2020 | 322338 | 256642 | 578980 |
| 2035 | 452035 | 359905 | 811940 |

3.2.2.2- Demande unitaire en eau potable

Selon la taille actuelle des agglomérations et les recommandations du ministère des ressources en eau, les normes de dotations journalières en eau pour les agglomérations de la Wilaya d'El Tarf ont été fixées pour le court, le moyen et le long terme comme suit :

- 150 l / hab / j pour le court terme.
- 200 l / hab / j pour le moyen terme.
- 250 l / hab / j pour le long terme.

Signalons ici qu'actuellement le taux de satisfaction de la wilaya d'El Tarf est de 120 l / hab / j, taux qui diffère d'une daïra à une autre d'après les services de la D.H.W de la wilaya et il se trouve que la daïra de Bouhadjar est la moins affectée en eau potable avec un taux de satisfaction de 50 l/hab / j (Cf. tableau n°31).

Tableau n°31: Dotation journalière réelles de la Wilaya d'El-Tarf en 2005

| Daïra | Dotation journalière l / hab/ j au 31 /12 2005 | Observations |
|-------------------|---|--------------------------|
| Elkala | 127 | |
| Besbes | 126.6 | Taux de salinité 1.7 g/l |
| Dréan | 145 | Taux de salinité 1.7 g/l |
| Ben M'Hidi | 105 | |
| Boutheldja | 106 | |
| ElTarf | 161.5 | |
| Bouhadjar | 50 | |
| Moyenne | 117.3 | |

Source : D.H.W, El Tarf, 2005

3.2.2.3- Besoin en Eau : Wilaya d'El Tarf

L'estimation des besoins en eau potable de la wilaya d'El Tarf aux différents termes est indiquée dans le tableau n°32 et la Fig.n°48.

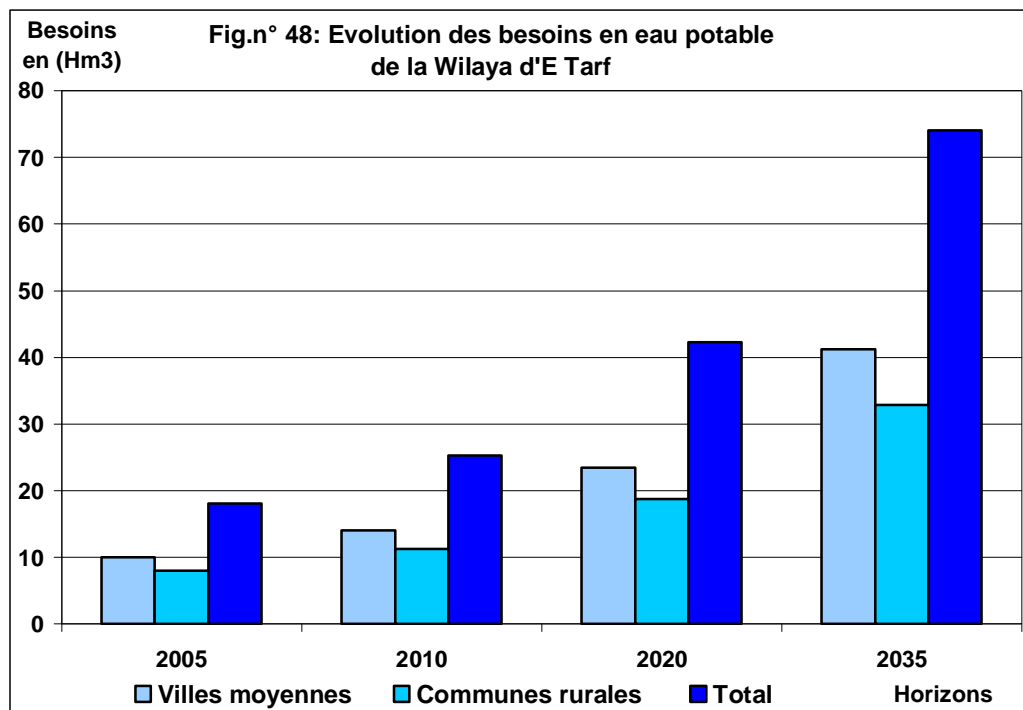


Tableau n°32 : Détermination des besoins en eau potable de la wilaya d'El Tarf

| Horizons | 2005 | 2010 | 2020 | 2035 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Populations (hab) | 412859 | 462121 | 578980 | 811940 |
| Besoins en (Hm ³) | 18.08 | 25.30 | 42.27 | 74.09 |

3.2.3- Besoins Globaux en Eau Potable par Horizon

La zone d'Annaba-El Hadjar est la plus consommatrice en eau potable en raison du nombre de la population qu'elle abrite soit 466590 habitants en 2010 et dont les demandes en eau pour la même année représentent près de 34.06 Hm³ soit 57.38 % des besoins globaux. Néanmoins, les besoins de la wilaya d'El Tarf connaissent une progression considérable à cause d'une évolution importante de la population liée à un taux d'accroissement supérieur à celui de la zone de Annaba-El Hadjar, où on enregistre pour le même terme des besoins estimés à près de 25.30 % soit 42,62 % des besoins globaux (Cf.Fig.n°49 et Tableau n°33).

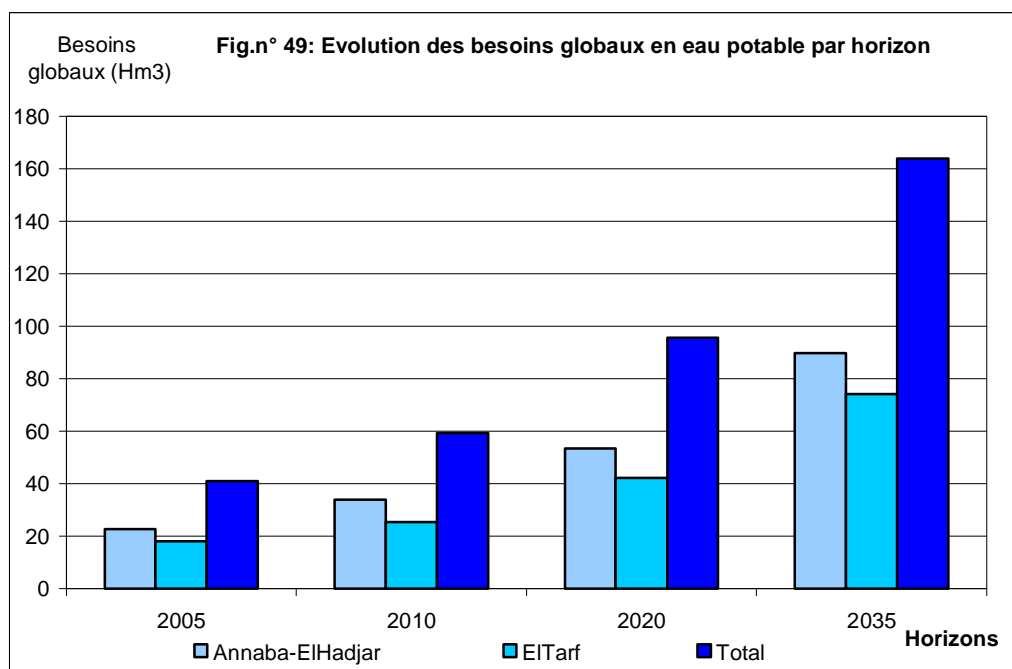


Tableau n°33 : Déterminations des besoins globaux en eau potable par horizon.

| Horizons | 2005 | 2010 | 2020 | 2035 |
|----------------------------------|--------|--------|---------|---------|
| Populations (hab) | 829711 | 928711 | 1163558 | 1631731 |
| Besoins (Hm³). | 40.36 | 59.36 | 95.62 | 163.86 |

3.3- Besoins en Eaux Industrielles

Malgré qu'aucune unité industrielle grosse consommatrice d'eau n'est située au sein du bassin versant de la Mafragh, ce dernier se trouve le principal fournisseur d'eau industrielle de la zone d'Annaba-El Hadjar située dans le bassin limitrophe de la Basse Seybouse.

Néanmoins, le bassin versant de la Mafragh a connu durant ces dernières années la réalisation de quelques unités industrielles qui relèvent de la petite et moyenne industrie dont le fonctionnement est largement développé. Entre autre, selon l'étude réalisée par SOGREAH, une usine de tomate produisant 2500 tonnes de concentré par an, nécessite un volume d'eau de 200.000 m^3 /an, c'est à dire qu'un Kilogramme de tomate fraîche nécessite 16 litre d'eau. Il est difficile de faire une évaluation exacte de la consommation en eau des unités de transformation des tomates, car cette dernière est fonction de la production annuelle. Par ailleurs, on signale que toutes les unités industrielles de la wilaya d'El Tarf sont alimentées par les eaux souterraines (forages) et par conséquent la consommation se trouve tributaire du degré d'exploitation de ces forages.

Après enquête auprès des services de l'hydraulique de la wilaya de Annaba et de celle d'El Tarf, les besoins en eau exprimés par ces unités industrielles s'élèvent à 22.36 Hm^3 /an répartis entre ressources superficielles (20 Hm^3 /an pour Annaba) et souterraines (2.36 Hm^3 /an pour El Tarf).

On remarque que les besoins en eau des unités industrielles situées en dehors du bassin-versant de la Mafragh s'élèvent à 20 Hm^3 /an soit 89.44 % des besoins globaux, alors que les besoins en eaux industrielles des unités situées dans le bassin n'atteignent que 2.36 Hm^3 , représentant 10.55 % des besoins globaux, ce qui témoigne encore que le bassin versant de la Mafragh est un grand réservoir d'eau du bassin des côtiers Constantinois-Est.

3.4- Besoins en Eaux agricoles

Le bassin-versant de la Mafragh dispose de 55000 ha de terres agricoles (S.A.U) soit 24.5 % de la superficie totale du bassin versant, ainsi que la wilaya d'El Tarf avec 72226 ha (S.A.U) soit 25 % de la superficie totale de la wilaya. La région d'El Tarf a connu de grands bouleversements dans les années 1970 avec le développement des unités industrielles d'Annaba et surtout du complexe sidérurgique d'El Hadjar où l'agriculture a été délaissée pendant longtemps.

En 1978, la création des périmètres irrigués et la politique agricole engagé par l'Etat (aides aux petits agriculteurs), mobilisation des eaux superficielles par un vaste programme de retenues collinaires, a été le point de départ vers une agriculture réelle répondant à la vocation de la région.

3.4.1- Besoins en eau agricole dans la région d'El Tarf :

L'intensification de l'agriculture est un impératif primordiale qui permet de créer de nouvelles terres cultivables, là où les conditions naturelles ne permettaient aucune culture suite à un manque d'eau, mais aussi d'atteindre de haut rendement même dans les régions humides par l'introduction de nouvelles spéculations, et où l'eau durant certaines années est un facteurs limitant. La réalisation des ouvrages hydrotechniques permet une utilisation plus rationnelle des eaux superficielles. L'aménagement hydro-agricole dans la wilaya d'El Tarf est représenté par deux types, la grande et la petite hydraulique.

3.4.1.1- La Grande Hydraulique

L'une des richesses de la wilaya est incontestablement son potentiel hydro-agricole. La ressource initialement mobilisée pour l'irrigation permet l'irrigation de 14800 ha (soit 60% de la superficie irrigable). Mais au vu de certaines contraintes, la superficie actuellement irriguée ne dépasse guère les 7500 ha.

Le périmètre de la Bounamoussa (dont les 2/3 sont situés dans le bassin de la Mafragh), constitue actuellement le seul grand périmètre irrigué de la wilaya. D'une superficie totale de 16500ha dont 14800ha de superficie irrigable, le programme initial de mise en valeur de ce périmètre comportait l'irrigation de près de 13500ha qui étaient consacrés à des cultures industrielles très diversifiées (tomate, tabac, coton, betterave sucrière), aux cultures maraîchères et à des prairies artificielles. On constate d'après le tableau n°34, le non-respect de la vocation initiale du périmètre parce que des cultures spéculatives et les cultures conduites en sec ont été introduites par les agriculteurs. Le tableau ci-dessous illustre l'état du plan de culture du périmètre de la Bounamoussa :

Le tableau n°34 : Etat du plan de culture du périmètre de la Bounamoussa

| Types de cultures | Taux d'occupation selon le plan de culture de l'étude (en %) | Taux d'occupation selon le plan de culture actuel (en %) |
|------------------------|--|--|
| Arboriculture | 22 | 04 |
| Cultures industrielles | 26 | 15 |
| Prairies artificielles | 30 | 0.6 |
| sole céréalière | 0 | 72.4 |
| Cultures maraîchères | 22 | 08 |

Source : O.P.I, 2003

Actuellement et d'après le tableau n°34, les résultats sont loin d'être atteints, si bien que l'on assiste à des fluctuations en matière de superficies irriguées qui ne dépassent pas et depuis des années le tiers du périmètres (4.000 ha). De plus, ce dernier, dont les équipements sont dans un état de dégradation avancé, nécessite une véritable action de réhabilitation. Les causes de la récession de la superficie irriguée semblent trouver une explication dans :

- ü les fluctuations de la pluviométrie,
- ü la vétusté du réseau d'irrigation,
- ü le manque d'entretien des infrastructures hydraulique,
- ü l'importance de la sole céréalière au niveau du périmètre,
- ü le morcellement du foncier agricole,
- ü la faiblesse de la superficie équipée,
- ü la stagnation prolongée des eaux pluviales au niveau des terres de haute valeur agricole.

Si on prend les données relatives à l'évolution de l'irrigation du périmètre de la Bounamoussa à partir du Barrage de Cheffia de 1997 à 2002, d'après l'O.P.I, on constate que les besoins en eau réels des superficies réellement irriguées sont inexacts, puisque les fuites d'eau sont estimés entre 40 et 50 % du volume distribué (O.P.I et D.H.W, 2003 ; Cf. tableau n°35).

Tableau n°35 : Evolution de l'irrigation du périmètre de la Bounamoussa à partir du barrage de Cheffia de 1997 à 2003

| Années agricoles | Volume alloué (Hm ³) | Volume distribué en (Hm ³) | Superficies irriguées en (ha) |
|------------------|----------------------------------|--|-------------------------------|
| 1996/97 | 25 | 23.60 | 4132 |
| 1997/98 | 35 | 21.25 | 3184 |
| 1998/99 | 30 | 21.25 | 3300 |
| 1999/00 | 35 | 29.37 | 3841 |
| 2000/01 | 26.4 | 22.5 | 3500 |
| 2001/02 | 0 | / | / |
| 2002/03 | 40 | 29 | 3726 |

Source : O.P.I, 2003

Postérieurement à ce bilan du périmètre, on a conclu que les besoins en eau destinés à l'irrigation restent théoriques car la réalité se trouve controversée.

3.4.1.2- La Petite Hydraulique :

Ce type d'irrigation utilise les eaux des retenues collinaires, des forages, des sources, des oueds et même des lacs. La superficie totale irriguée est estimée à 10167.98 ha.

Tableau n°36: Saison d'irrigation 2002/2003 par type de culture

| Cultures irriguées | Superficies irriguées en (ha) à partir de : | | | | | | | |
|------------------------------------|---|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|
| | B.Cheffia | Forages | Puits | Oueds | Sources | Retenues | Lâchés | Total |
| Arbres fruitiers Agrumes | 881 | 480 | 272 | 896 | 05 | 08 | 238 | 2780 |
| Industrielles | 2405 | 442 | 278 | 2537 | 228 | 105 | 1018 | 7013 |
| Fourragères | 30.5 | 11 | 04 | / | / | / | / | 45.5 |
| Maraîchères | 410 | 516 | 97.5 | 1832 | 42 | 53 | 1097 | 4047.5 |
| Sous serres | 0.4 | 0.68 | 1.24 | 5.28 | 0.08 | 1.2 | / | 8.88 |
| Total | 3726.9 | 1449.68 | 652.74 | 5270.28 | 275.08 | 167.2 | 2353 | 13894.88 |

Source : D.S.A, El Tarf, 2003

Selon le tableau n°36, la contribution des retenues collinaires est très faible, malgré que la réalisation des retenues dans la région montagneuse, permet le développement de l'agriculture de montagne. Sur ce plan, il y'a lieu d'optimiser la prospection de sites potentiels pour un double objectif, la lutte contre les inondations dans les secteurs de plaine et l'augmentation des disponibilités hydriques pour un multi-usage.

3.5- Conclusion

Le volume théorique annuel destiné à l'irrigation à partir du barrage de Cheffia (40 hm³) réparti entre la saison et l'arrière saison agricole) semble très satisfaisant et cela durant les années de conditions pluviométriques favorable, complété par l'utilisation de la ressource souterraine avec un volume de 40 hm³ dans de bonnes conditions d'exploitation des forages.

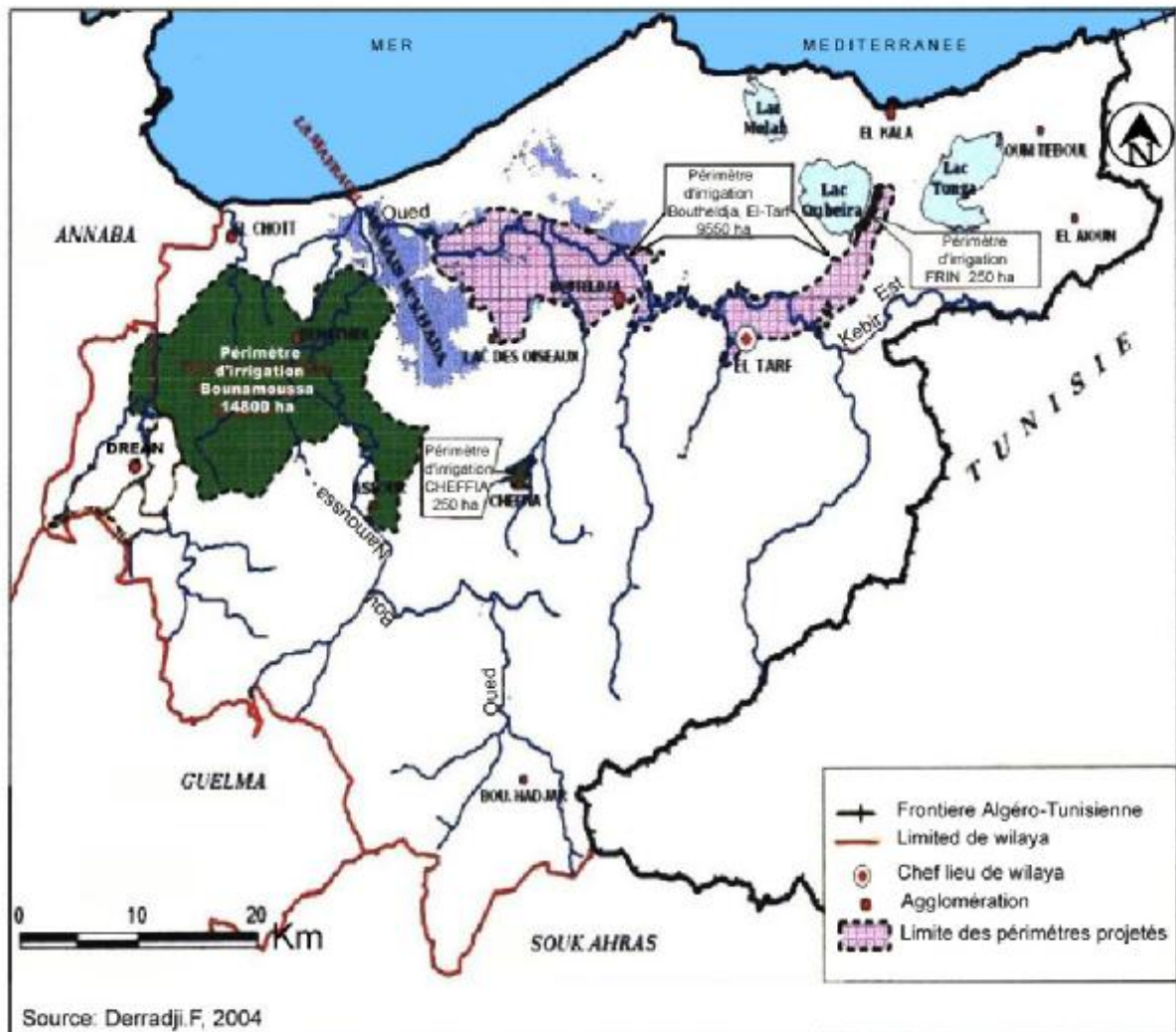
La wilaya d'El Tarf a bénéficié d'une étude d'aménagement hydro-agricole de la vallée d'El Tarf (périmètre de Boutheldja, El Tarf et Ain Assel) sur 9550ha de terres irrigables et le drainage de 16.000 ha de terres inondables. Mais le problème que rencontre la mise en service de ces périmètres à part l'étude qui est encore en cours d'achèvement, c'est le défaut des ressources hydriques destinées à l'irrigation (Cf.Fig.n°50).

L'investissement de ces périmètres est conditionné par la réalisation des barrages de Bougous (réception pour 2007-2008), Bouhalloufa (programmé pour 2005), Boulathane (programmé pour 2015), d'après les services de la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d' El Tarf (DHW, 2005), ce qui permettra de mobiliser un volume total de 113 Hm³.

Tableau n°37 : Besoins en eau agricole dans la région du bassin versant de la Mafragh

| périmètres | Superficies irrigables (ha) | Besoin en eau (m ³ / ha /an) | Besoins en eau (Hm ³ / an) |
|-----------------------|-----------------------------|---|---------------------------------------|
| Bouamoussa | 12000 | 5400 | 64.8 |
| Vallée El Tarf | 9550 | 5400 | 51.57 |
| Total | 21550 | 5400 | 116.37 |

Fig.n°50: Périmètres d'irrigation dans le bassin versant de la Mafragh



En fin, si on prévoit le fonctionnement de tous les périmètres irrigables avec une surface totale de 21550 ha (Cf. tableau n°37), en prenant comme volume moyen nécessaire à l'irrigation d'un hectare par an équivalent à 5400 m³/ha/an, les besoins seront de 116.37 Hm³/an.

Ce volume est un besoin théorique, car la réalité indique qu'actuellement des superficies très limitées sont irriguées, sans jamais dépasser pour autant les 7500ha dans le périmètre de la Bounamoussa depuis sa mise en service en 1980. A savoir que le volume réellement utilisé ne dépasse en aucun cas les 30 Hm³, et que les superficies réellement irriguées au niveau de la wilaya d'El Tarf, sur et hors périmètre à partir de toutes les ressources disponibles (Barrage, sources, forages, puits, retenues collinaires, lac, lâchés des barrages et enfin les oueds) n'ont jamais atteint les 14000ha d'après les bilans d'irrigation sur 12 ans (1993/94-2004/05, D.S.A, d'El Tarf).

En fin, le problème de développement de l'agriculture est loin d'être un problème de disponibilité des ressources hydriques, mais un problème de politique de gestion et de contrôle des plans de mise en cultures. A titre d'exemple, le creusement des forages et le programme d'appui pour l'intensification des céréalicultures lancé par l'état à l'intérieur du périmètre de la Bounamoussa durant les cinq dernières années ont contribué à contrarier la vocation du périmètre.

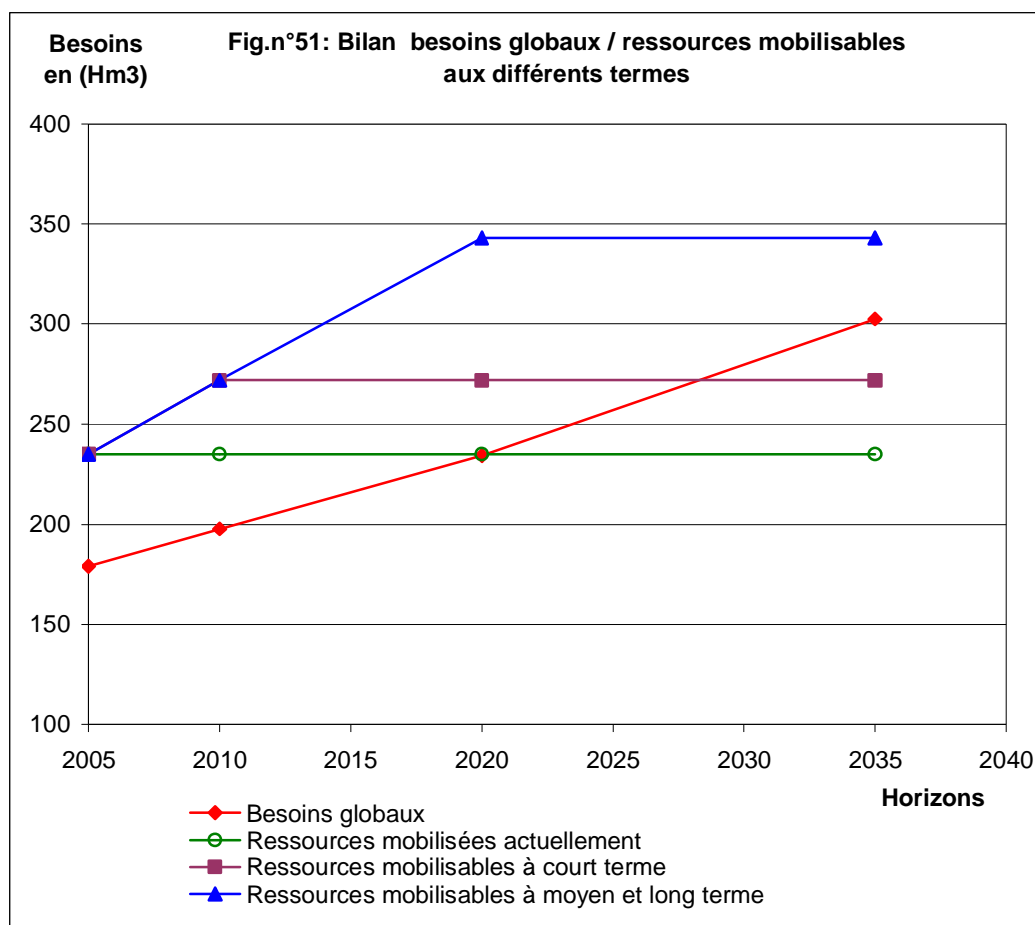
4.- Bilan : Besoins Globaux/ Ressources Mobilisées

Il s'avère d'après notre analyse qu'on se trouve dans des situations paradoxales de régions connues riches en eau voir même des régions-réservoirs, mais qui, toutes activités confondues voient leurs besoins loin d'être satisfaits. Le plus étonnant est que la majorité des habitants de la wilaya d'El Tarf (plus que 50 %) souffre d'une dotation pitoyable en eau potable comme c'est le cas de la daïra de Bouhadjar avec 38760 habitants (R.G.P.H, 1998) soit 45293 habitants en 2005, dont la dotation journalière n'est que de 50 l /hab / j en 2005.

Tableau 38: Déterminations des besoins globaux des différents secteurs aux différents horizons

| Horizons | 2005 | 2010 | 2020 | 2035 |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Besoins (Hm ³) | 179.09 | 197.73 | 234.35 | 302.59 |
| Ressources régularisables (Hm ³) | 235 | 272 | 343 | 343 |

Une confrontation des besoins globaux antérieurement estimés de tous les secteurs (AEP, AEI, AEA) aux différents horizons avec le potentiel hydrique actuel (ressources en eau mobilisées et mobilisables à moyen et à long terme), nous permettra de voir l'évolution de cette relation (Cf. Tableau 38).



La figure 51 indique nettement les différents cas aux différents horizons :

Premier cas : Ressources mobilisées actuellement / besoins globaux

Les besoins globaux dépassent largement les ressources en eaux actuellement mobilisées (barrages Cheffia, Mexa, retenues collinaires et ressources souterraines), puisque à partir de 2020 on enregistre un déficit annuel de l'ordre de $67.59 \text{ Hm}^3/\text{an}$ pour répondre aux besoins globaux.

Deuxième cas : Ressources mobilisables à moyen terme/besoins globaux

Les besoins globaux ne dépasseront les ressources mobilisées (Barrages Cheffia, Mexa et Bougous ainsi que les ressources souterraines) qu'à partir de 2030 où on enregistre un déficit annuel de l'ordre de $30.59 \text{ Hm}^3/\text{an}$ pour répondre aux besoins globaux.

Troisième cas : Ressources mobilisables à moyen et long terme/besoins globaux

Les ressources mobilisables à moyen et à long terme vont satisfaire les besoins globaux estimés, où on enregistre un volume surplus de l'ordre de 40.41 Hm^3 . Enfin, l'eau qui provient du bassin de la Mafragh constitue $248 \text{ Hm}^3/\text{an}$ soit 91.17 % de la ressource régularisée et utilisée par les wilaya de Annaba et El Tarf.

Ceci confirme que la région étudiée n'est rien d'autre qu'un grand réservoir d'eaux superficielles et souterraines qui se révèlent largement suffisantes et importantes pour répondre à des besoins sans cesse croissants.

Conclusion

A l'issue de cette étude, on peut affirmer que les ressources hydriques sont très abondantes dans la région du Bassin de la Mafragh et que ces ressources du bassin des côtières Constantinois-Est sont surtout constituées par les écoulements des oueds Kébir-Est, la Bounamoussa et leurs affluents.

Cependant, ces ressources sont peu utilisées parce que sur un volume de 546 Hm³/an, seule une quantité assez limitée est emmagasinée par les barrages de Cheffia (Oued Bounamoussa) et Mexa (Oued Kébir-Est) et les quelques retenues collinaires, tandis que le reste du volume s'écoule vers la mer.

Cette situation s'améliorera avec la réalisation à court terme du barrage de Bougous qui permettra emmagasiner un volume de 37 Hm³/an et, à moyen et à long terme, des deux barrages déjà prévus (Bouhallofa et Boulathane) qui pourront à leur tour emmagasiner un volume régularisable de 343 Hm³/an.

La région du bassin versant de la Mafragh est l'une des plaines d'Algérie où les ressources en eaux souterraines sont les plus exploitées, surtout durant les cinq dernières années où l'Etat a pris conscience de la place suprême de l'agriculture par l'application de plusieurs programmes de développement ruraux et/ou agricoles. L'accroissement des terres cultivées, le développement des agglomérations limitrophes et des unités industrielles ont nécessité l'intensification des pompages par la réalisation de plusieurs forages, ce qui a conduit à la sur-exploitation des nappes et la dégradation de la qualité de l'eau, surtout dans la nappe alluviale de la Seybouse où la salinité atteint 1.7 g/l.

D'après les services de la DHW de la wilaya d'El Tarf (2005), la capacité d'eau disponible réellement est confrontée à deux problèmes majeurs :

1- Vétusté des réseaux d'alimentation en eau potable et même du réseau d'irrigation du périmètre de la Bounamoussa où on enregistre des pertes dues aux fuites qui peuvent atteindre les 50 % des volumes distribués.

2- Une partie des puits se trouve à sec et une partie non négligeable des forages est soit sous-exploitée ou hors service, ce qui diminue d'une façon importante les quantités d'eau mobilisées.

5-Conclusion de la Deuxième Partie

D'après les taux d'exploitation, il s'avère que la ressource souterraine est totalement exploitée. Par contre, le taux d'exploitation de la ressource superficielle mobilisable ne dépasse pas les 30 %. L'exploitation excessive de la ressources souterraine, surtout durant des conditions climatiques défavorables, peut avoir un impact négatif, surtout à cause du nombre élevé des forages et des puits creusés sur l'ensemble des nappes (95 forages destinés à l'AEP, 109 forages à l'irrigation en plus des 350 puits destinés à L'AEA et des 6 forages à l'industrie).

La réalisation du barrage Bougous, dont l'apport s'élèvera à 37 Hm³, permettra d'avoir un volume régularisable dans un proche avenir ou à court terme s'élevant à 174 Hm³ dans des conditions pluviométrique optimales ce qui permettra une meilleure utilisation de la ressource superficielle au profit de la ressource souterraine.

Au terme de cette étude, l'ensemble des résultats obtenus permettent de mettre le point sur les faits suivants :

Le bassin versant de l'Oued Mafragh, d'une superficie de 2252 Km², situé à l'extrême Nord Est Algérien, forme avec les côtières de la Calle le bassin versant des côtières Constantinois-Est. Il est drainé par deux oueds : la Bounamoussa à l'Ouest et le Kébir-Est à l'Est, rejoignant la mer par un seul exutoire, l'Oued Mafragh.

La région d'étude présente des caractères topographiques et morphologiques diversifiés, des bassins intra-montagnards en amont et des plaines mal drainées en aval où la pente de l'Oued Mafragh est faible (indice de pente: $I_g=1.3\%$) et le temps de concentration long ($T_c=14.62$ heures) du fait de l'imposant cordon dunaire qui se dresse en véritable barrière entre la plaine et la mer.

D'une manière générale, le bassin versant présente des formations géologiques antérieures à la mise en place des nappes (le Numidien, Tellien) et des formations post-nappes (les formations récentes). Ces formations sont d'âge tertiaire et quaternaire. Le tertiaire est composé des formations grés-argileuses du Numidien, alors que le quaternaire est représenté comme un remplissage des bas-fonds de la dépression tectonique de Annaba-El-Kala. Ce remplissage constitue l'essentiel du réservoir aquifère de la plaine d'Annaba-La Mafragh.

La diversité lithologique offre au bassin versant de la Mafragh la particularité d'être un milieu favorisant l'écoulement, d'une part, et l'infiltration d'énormes quantités d'eaux d'autre part, diversité lithologique qui entraîne obligatoirement des conséquences sur la stabilité du régime des eaux souterraines.

L'énergie de ce relief montre une sensibilité faible à l'érosion, parce que 70 % de la superficie totale présente une pente inférieure à 12 %.

La région étudiée jouit d'un climat méditerranéen, caractérisé par deux saisons distinctes d'inégales durées:

L'une froide et humide, allant d'Octobre à Avril, durant laquelle plus que 80 % des précipitations tombent, et l'autre, sèche et chaude, s'étalant entre Mai à Septembre, où l'évaporation atteint sa plus forte intensité.

La région d'étude reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 734mm, sous une température moyenne annuelle de 18°. Une forte probabilité de jours de pluie est enregistrée en hiver avec un maximum pour les mois de forte pluviosité (Décembre, Janvier et Février) et un minimum durant le mois le plus sec de l'année (Juillet). Les hauteurs maximales de pluies durant de courtes périodes sont un autre facteur indiquant l'ampleur de l'irrégularité des précipitations ainsi que leur caractère torrentiel, facteur générateur de crues : à titre d'exemple, il a été enregistré durant seulement 72 heures, entre le 27 et le 29 Octobre 1982/83, plus que 80 % du total du mois considéré, soit 142.1mm, ce qui représente 20 % du total annuel de l'année considérée.

Par contre, les séquences pluvieuses les plus longues assurent la réalimentation des réservoirs superficiels (barrages) et souterrains (nappes).

Le bilan hydrique établi selon la méthode Thorntwaite donne un déficit moyen annuel en eau de l'ordre de 423.04 mm à Cheffia Barrage, 419.09 mm à Annaba les Salines et 400.78 mm à Bouhadjar, avec un excédent de l'ordre de 310.5 mm, 182.87 mm et 133.8 mm, respectivement.

Relativement à son caractère morphologique, le bassin versant renferme des sols évolués et peu évolués. Ces sols ont permis le développement d'un couvert végétal assez dense, qui constitue un deuxième facteur stimulant des infiltrations et de protection contre l'agressivité du climat. La couverture forestière représente 57 % de la superficie totale du bassin versant.

L'étude hydro-géologique du bassin de la Mafragh a mis en évidence l'existence d'un important réservoir d'eau souterraine contenue surtout dans les formations alluvionnaires (galets, graviers, sable, avec parfois des intercalations argileuses).

L'année hydrologique de notre région d'étude se divise en deux périodes presque égales :

1- La première, humide, et où les précipitations dépassent l'évapo-transpiration avec un écoulement important dès que le sol est imbibé (RU=100 mm).

2- La seconde, dite sèche, où domine l'évapo-transpiration et où les précipitations utiles sont négatives, avec un déficit hydrique maximum durant la période estivale (Juin jusqu'à Septembre).

L'analyse de la relation des débits en fonction des précipitations révèle une étroite relation entre les précipitations et le régime des débits, les faibles débits enregistrés correspondant à la saison sèche et ceux forts à la saison pluvieuse, où le régime moyen des deux oueds comporte une période de hautes eaux de Décembre à Mars et une période de basses eaux d'Avril à Novembre.

Les coefficients moyens mensuels de débits nous ont permis de qualifier le régime fluvial par un écoulement important pendant la saison pluvieuse (l'hiver) et une pénurie considérable pendant la saison sèche (l'été).

L'étude d'un cas d'inondation entre le 04 et le 05 Avril 2003 au niveau du Barrage de Cheffia, où les fortes précipitations étaient la cause principale des inondations et où la quantité des précipitations enregistrée a atteint les 123.9mm pendant 48 h avec un débit maximum de 1600 m³/s, a engendré la perte d'un apport en eau très considérable, voir même exceptionnel (54 Hm³), qui représente 40 % des entrées annuelles du barrage (134 Hm³), autrement dit l'équivalent du volume régularisable du barrage de Mexa.

D'après notre analyse, il ressort que les apports du bassin versant de la Mafragh sont considérables car les apports moyens annuels des sous bassins de l'Oued Kébir-Est sont estimés à 200.42Hm³ /an sur 29 ans et ceux du sous bassin de l'Oued Bounamoussa à 119.5 Hm³/an sur 27 ans, les deux contrôlant une surface de 1255 km² soit 47 % de la superficie totale du bassin versant (avec ses limites naturelles).

Les ressources en eaux, abondantes dans le bassin versant de la Mafragh sont principalement constituées par l'écoulement des oueds ($546 \text{ Hm}^3 / \text{an}$), qui sont le produit direct des précipitations, qui a été confirmé par l'analyse du coefficient moyen des débits en montrant la relation étroite entre les précipitations et le régime des débits.

Les ressources en eaux superficielles sont peu utilisées puisque sur un volume mobilisable de $496 \text{ Hm}^3 / \text{an}$, seule une quantité assez limitée est emmagasinée dans les deux barrages de Cheffia (95 Hm^3), Mexa (42 Hm^3) et dans les 26 retenues collinaires (1 Hm^3), le reste du volume s'écoulant tout simplement vers la mer.

Les eaux souterraines, peu importantes par rapport à la ressource superficielle, sont déjà exploitées de façon optimale (94.1 Hm^3 sur 97.5 Hm^3) soit 96.51 % des réserves renouvelables du bassin de la Mafragh. Ce volume est extrait à partir de la nappe du massif dunaire de Boutheldja ainsi que de la nappe profonde des graviers de la plaine d'Annaba.

Toutes ces ressources, superficielles et souterraines, constituent la source principale d'approvisionnement de la région de Annaba-El Tarf, dont les besoins sont sans cesse croissants.

Le secteur de l'AEP a demandé à lui seul plus de 40.36 Hm^3 en 2005. De ce fait, les projections établies pour les court, moyen et long termes indiquent une très forte progression des besoins. Cette progression réside en l'hypertrophie d'Annaba-El Hadjar, situé en dehors du bassin, dont les besoins en eau potable en 2005 s'élevaient à plus de 22 Hm^3 soit 55% des besoins globaux, tandis que les besoins de la Wilaya d'El Tarf sont de l'ordre de 18 Hm^3 soit 45 % des besoins globaux.

Quant au secteur de l'industrie, ses besoins en eau s'élèvent à 20 Hm^3 . Ces besoins en eau des unités industrielles situées en dehors du bassin versant de la Mafragh s'élèvent à $20 \text{ Hm}^3 / \text{an}$ soit 89.44 % des besoins globaux qui sont affectées à la Wilaya d'Annaba.

Les besoins en eau pour le développement de l'agriculture sont de l'ordre de 116.37Hm^3 pour la totalité des périmètres situés à l'intérieur du bassin versant.

La réalisation du barrage de Bougous, qui régularisera un volume de 37Hm^3 permettra d'atteindre dans un proche avenir ou à court terme un volume régularisable total de l'ordre de 174Hm^3 dans des conditions pluviométriques optimales. Ces ressources mobilisables à moyen et à long terme pourront satisfaire les besoins globaux estimés, avec un volume surplus qui sera de l'ordre de 40.41Hm^3 .

Finalement, on constate que la ressource souterraine est presque totalement exploitée alors que le taux d'exploitation de la ressource superficielle mobilisable ne dépasse pas les 30 %.

L'exploitation outrancière de la ressource souterraine, surtout durant les conditions climatiques défavorables peut avoir un impact négatif sur la qualité des eaux pompées, surtout du fait du nombre élevé des forages et des puits creusés sur l'ensemble des nappes, ce qui exige la préservation de cette ressource vulnérable par l'utilisation de la ressource superficielle jugée disponible.

Le problème de cette région, très riche en eau, se pose beaucoup plus en terme de mobilisation et maîtrise de la ressource qu'en terme de disponibilité. La solution réside dans une meilleure gestion de son utilisation pour éviter la surexploitation par des prélèvements qui dépassent la possibilité de recharge par le cycle de l'eau surtout pour les ressources souterraines.

Le modeste travail effectué dans le cadre de cette étude est une contribution à une reconnaissance des paramètres physiques favorisant l'écoulement et les facteurs stimulant des infiltrations du bassin hydrographique de la Mafragh, afin d'évaluer les apports en eau (oueds et barrages) et par conséquent de prévoir une politique de gestion plus rationnelle et une exploitation plus efficace de la ressource eau, afin d'assurer une meilleure protection de cet hydro-système aménagé qui nécessite la préservation de la qualité et de la quantité de l'eau particulièrement en période des basses eaux.

Le présent travail, qui n'est pas exhaustif, ouvre la voie à d'autres études, afin d'aboutir à un aménagement intégré des ressources en eau par bassin, et pour déterminer d'une façon plus incontestable l'impact de la mobilisation des eaux superficielles sur les eaux souterraines.

Nous terminerons par ces modestes recommandations :

Dans le cadre des nouvelles approches de la gestion de la ressource en eau par bassin et d'une manière plus concrète, il faut repenser en profondeur les approches qui permettront de satisfaire les besoins de l'homme tout en maintenant la qualité des systèmes naturels qui supportent l'existence même de la collectivité humaine. On parlera donc de la gestion de l'eau d'une manière plus intégrée au lieu de la faire par secteurs d'activité, afin d'atteindre une gestion durable des ressources.

La mise en valeur et la gestion de l'eau doivent avoir un caractère participatif et associer aussi bien les utilisateurs, que les planificateurs et les décideurs à tous les niveaux.

Il est recommandable :

- D'instaurer la tarification de tous les services d'eau en fonction de la totalité des coûts : à titre d'exemple, au niveau des périmètres d'irrigation, le mètre cube d'eau (m^3) se vend avec un prix symbolique, à savoir 1.20 DA / m^3 et ce depuis des années. Malgré le fait qu'il ait connu une nouvelle tarification en 2005 où son prix a atteint les 2.50 DA, il reste toujours inférieur aux charges de son offre.

Les années de sécheresse consécutives aggravent la situation par diminution des précipitations d'un côté et par l'augmentation de la demande en eau de tous les secteurs de l'autre.

- D'élaborer une stratégie de l'eau préférant la mobilisation des eaux de surface (barrages et retenues collinaires) et l'exploitation rationnelle des eaux souterraines. En effet, l'abaissement du niveau des nappes est plus qu'inquiétant, jusqu'au risque

(souvent non perçu), de voir le biseau salé pénétrer toujours plus profondément les nappes d'eau douce ou saumâtre (comme c'est le cas dans la nappe alluviale de la Seybouse et Garâat M'khada).

- D'augmenter la productivité de l'eau dans l'agriculture en limitant le gaspillage par l'introduction de nouvelles techniques d'irrigations (irrigation par le système goutte à goutte) et l'emploi des eaux usées récupérées et traitées.
- De réorganiser et réhabiliter les réseaux de distribution suite à leurs vétustés.
- De lutter contre les pertes très élevées par manque d'entretien ordinaire des installations et des réseaux (réseau AEP, et AEA du périmètre de la Bounamoussa).

Pour une meilleure protection de la ressource en eau souterraine contre la pollution, il est proposé :

- La surveillance quasi-permanente de la qualité des eaux au niveau des oueds Kébir-Est et Bounamoussa après un traitement préalable des rejets urbains et industriels rencontrés sur leurs parcours.
- L'établissement, du fait de la relation mixte oueds-nappes, d'un programme de pompage afin de diminuer au maximum l'apport d'eau polluée vers les nappes.,
- L'aménagement de zones de protections autour des ouvrages pour la préservation des ressources en eau.

Quant au problème du sapement de berge, il est surtout rencontré le long de l'Oued Kébir- Est. Il est difficile d'avancer une quelconque estimation, mais en l'absence de dispositif de protection, l'évolution a atteint un seuil d'irréversibilité.

Enfin, notre ambition est l'Algérie comme tout les pays du monde puisse envisager une politique qui passera de la vision à l'action, par la mise en application d'un programme ou d'un plan d'action dont les objectifs vont en parallèle avec les trois recommandations qui font office de synthèse quant au consensus dégagé lors des conférences internationales récentes :

- Gérer l'eau pour tous les hommes et leurs descendants, en préservant l'environnement avec une politique de développement durable (Rio, 1992).
- Associer étroitement les usagers aux choix d'aménagement (Dublin, 1992).
- Considérer l'eau comme un bien économique et social et prévoir son accès pour tous (Dublin 1992 ; Paris, 1998)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDESSAMED D, OUDINI D, 1998, *Esquisse méthodologique de planification des ressources en eaux superficielles : cas du Kebir-Est*, Mémoire d'ingénieur en Hydrogéologie, Faculté des Sciences de la terre, Université de Annaba.

AFFOUN S, 1993, *Contribution à l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Kherraza*, Mémoire d'ingénieur en Aménagement des milieux physiques et ruraux, Université de Annaba.

A.B.H. Agence de Bassin Hydrographique. Constantinois-Seybouse-Mellegue, *Les cahiers de l'Agence*, Cahier numéro 1 ; Cahier numéro 4, Sep 2000 ; Cahier n°6, sep 2001. Ennakhla.

ALIBOU J, 2002, *Impact des changements climatiques sur les ressources en eau et les zones humides du Maroc*, Centre d'Etude et de Recherche sur les Systèmes Hydrauliques et environnementaux, CERSHE.

ANSER A, 1998, *La pluviométrie en Algérie du Nord, évolution et variabilité (1931-1995)*, Thèses de doctorat, Université de Constantine.

A.N.R.H, 1993, *Carte pluviométrique de l'Algérie du nord à l'échelle du 1/500 000*, Notice explicative, Ministère de l'Equipement, Alger, Ed. I.N.C.

A.N.A.T, 2002, *Plan d'aménagement de la wilaya d'El Tarf* (Perspectives d'aménagement et programme d'action), Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.

A.N.B, 1994, *Etude d'impact sur l'environnement du barrage de Bouhaloufa*, Wilaya d'El Tarf, Agence National Des Barrages.

A.N.R.H, 1993, *Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle du 1/500 000*, Notice explicative, Ministère de l'Equipement, Alger, Ed. I.N.C.

ASKRI H., BELMECHERI A et al, ?, *Géologie de l'Algérie*, SCHLUMBERGER-WEC SONATRACH.

Atlas Climatologique National, ? : Ministère des transports, Office National de la Météorologie, partie 1, recueil de données, Station : Annaba les Salines période 1975-1984.

AOUADI H, 1989, *Végétation de l'Algérie Nord-Orientale*, Université de Grenoble I.

BACCAR L , MOUSSA M., BENHAMZA Ch., 2001, *Conservation des zones humides littorales et des écosystèmes côtiers du Cap-Bon*, Rapport de diagnostic des sites : partie relative à : l'Hydraulique des zones humides de Maamoura Tazarka et Korba, Tunisie.

BARROCU G, 1992, « Problème de gestion des eaux de surface et souterraines en Italie », *Hydrologie* n°4, 1992, pp. 153-159.

B.E.R.H.Y.D snc, 2003, *Etude du schéma général d'assainissement de la Wilaya d'El Tarf*, Rapport N° 2 : Elaboration d'une étude hydro- climatique.

B.E.I.C.I.P, (1969), *Etude géologique du permis BOU-ABED*, SONATRACH, Texte, Ref. 30 054.

BENZOUAI R, 1987, *Elaboration et utilisation d'un modèle de simulation pour la planification et l'exploitation des eaux superficielles d'un bassin versant – Cas de la Mafragh*, Thèses de doctorat, Université de Nancy.

BEAUD M, 1999, *L'Art de la thèse : Comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, de magister ou un mémoire de fin de licence* », Ed. Casbah.

BNEDER. 2003, Bureau National d'Etude pour le Développement Rural, Direction des services Agricoles (Programme de mise en valeur des terres par le biais de la Concession). *Etude de mise en valeur des terres (Périmètre de la Wilaya d'El Tarf)*, Rapport préliminaire.

BOULANOUAR Y, 1994, *La prise en compte de la sensibilité du milieu en aménagement : le cas d'El Kala*, Mémoire d'ingénieur en Aménagement des milieux physiques et ruraux, Université de Annaba.

BURTON J. 2001, *La gestion intégrée des ressources en eau par bassin. Manuel de formation*, Institut de l'Energie et de l'Environnement de la Francophonie. I.E.P.F

CASTANY G, 1982, *Hydrogéologie. Principes et méthodes*. Paris, Ed. Dunod.

C.N.E.S, 2000, Conseil National Economique et Social, projet de rapport, *L'eau en Algérie : le grand défi de demain* », Document de synthèse.

C.N.E.S, 2002, Conseil National Economique et Social, projet de rapport, *L'eau en Algérie le grand défi de demain*, Document de synthèse.

COTE M, 1983, *L'eau en Algérie, mise en œuvre et utilisation. Essai de mise au point*, Colloque : L'eau en Algérie : Ressources et utilisations, Constantine, 10-13, avril 1983.

DAËS-AMIOUR S ., KACHABIA G., 1999, *Analyse et synthèse des données hydro géologiques et hydro-chimiques de la vallée du Kébir-Est*, Mémoire d'ingénieur en Hydrogéologie, Faculté des Sciences de la Terre, Université de Annaba.

DERRADJI F, 2004, *Identification quantitative et qualitative des ressources en eau de la région d'Annaba-El Tarf (Nord Est de l'Algérie)*, Thèses de doctorat, Université d'Annaba.

DJOUAD N. D., BENDIB N. E, 1992, *Ressource en eaux et aménagement hydraulique dans la région de Annaba*, Mémoire d'ingénieur en Aménagement des milieux physiques et ruraux, Université de Annaba.

D.P.R.H.W, 2002, *Potentialités aquacoles des sites hydriques naturels et artificiels de la wilaya d'El Tarf*, Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya d'El Tarf.

DE SAINT SEINE J, 1994, *Monographie hydrologique et hydraulique du Paillon de Nice en vue de la gestion du risque inondation*, Institut National Polytechnique de Grenoble.

DUBREUIL P, 1974, *Initiation à l'analyse hydrologique*, Paris, Masson-ORSTOM.

ENERGO - PROJEKT -E.N.H.Y.D, 1992, *Etude de l'Aménagement Hydro-Agricoles de la Plaine D'El Tarf*. Analyse des ressources en eaux. *Hydrologie*, dossier I-C, II-C, volume définitif I-C-1.

FELLAH R, 1998, *Bilan et perspectives de gestion des eaux ressources en eau dans le bassin versant de la Mafragh (Extrême Nord Algérien)*, Mémoire d'ingénieur en Hydrogéologie, Faculté des Sciences de la terre, Université de Annaba.

GHACHI A, 1982, *Hydrologie et utilisation des ressources en eau de la Seybouse*, Thèse de 3ème Cycle, Nancy.

GADDAS F, 2001, *Proposition d'une méthode de cartographie des pédopaysages : application à La moyenne Vallée du Rhone*, Institut National Agronomique, Paris-Grignon.

GAUSSEN H. et VERNET A, 1958, *Carte Internationale du Tapis Végétal et des Conditions Ecologiques*, Feuille de Tunis- Sfax au 1/ 1000.000, Bull. Serv. Carte Phytogéographie, Toulouse.

GEF/BIRD, 2002, *Rapport National sur la Diversité Biologique*, Tunisie

HALIMI A.K, 1986, *L'Atlas Blidéen, climats et étages végétaux*, O.P.U, Alger, p.523

HYDROTECHNIC CORPORATION INGENIEURS CONSEIL, NEW YORK, USA-MADRID, ESPAGNE, 1979, *Rapport sur l'Etude des conditions générales du bassin versant (Etude hydrologique), Barrage de Mexanna-El Afia*.

JELLALI M, 1999, 2000, (*The world commission on dams*). *Large dams in Morocco, Experience and perspectives for the future*, Serial No: opt. 063. *Le rôle des barrages dans l'économie nationale*, (<http://www.dams.org/kbase/submissions/showsub.php>).

JOLEAUD L, 1936, *Etude géologique de la région de Bône et de la Calle*, Ed Imp. La Typo- et Jules Carbonnel Réunion.

KHERICI N, 1993, *Vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines d'un système de nappes superposées en milieu industriel et agricole (Annaba-La Mafragh) Nord-Est Algérien*, Université de Annaba.

KREBECH S. et KHACHA S., 199 ?, *Contribution à l'étude du milieu physique du Bas Kebir-Est*, Mémoire d'ingénieur en Hydrogéologie, Faculté des Sciences de la terre, Université de Annaba.

KINGUMBI A, 1996/97, *Caractérisation morphométrique du bassin versant du Marguellil, application à la simulation des écoulements de surface et à l'érosion*, Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'équipement Rural, Mdjez El Beb, Projet de fin d'étude d'ingénieur, ESIER, ORSTOM.

LE CŒUR Ch. et al, 1996, *Eléments de Géographie Physique*, Ed. Breal.

LISAH, 2003, *Processus de ruissellement et d'érosion en relation avec les caractéristiques des sols, les itinéraires culturaux et les aménagements Hydro-agricoles*, (<http://.ensam.inra.fr/lisah/internet.asp>.)

MARRE A, 1987, «Le Tell Oriental Algérien de Collo à la Frontière Tunisienne », *Etude Géomorphologique*, Volume 1, Office Des Publications Universitaires.

MEBARKI A, 2005, *Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressource en eau, Aménagement et environnement*, Thèses de doctorat, Université de Constantine.

MOHAMMED YACOUBI S, 1999, *Rapport sur les ressources en eau au Maroc : Bilan, perspectives et plan d'action*, Institut Méditerranéen de l'eau I.M.E.

MEBARKI A, 1984, *Ressources en Eau et Aménagement en Algérie, Le Bassin du Kebir Rhumel Algérie*, Ed Office Des Publications Universitaires

MEBARKI A, 2002, «Etiages rejets et protection des ressources en eau des bassins « Méditerranéens » de l'Algérie orientale », *Geocarrefour*, vol. 75 4 / 2000, pp399-416.

MOHAMMED YACOUBI S, 1999, *Rapport sur les ressources en eau au Maroc : Bilan, perspectives et plan d'action*, Institut Méditerranéen de l'eau I.M.E.

NOUACER R., 1993, *Essaie de synthèse des caractéristiques hydrologiques et hydrochimiques de la nappe du massif dunaire de Boutheldja*, Thèse de Magister, Université de Annaba.

RAMDANI R, 1996, *Etude hydrologique et simulation par modèle mathématique de la nappe dunaire de la région de Boutheldja*, Thèse de Magister, Université de Annaba.

REBAH M, 2000, *L'écologie oubliée, problème de l'environnement à la veille de l'an 2000*, Ed. Marinoor.

REMENIERAS G, 1980, *L'Hydrologie de l'ingénieur*, Paris, Ed. Eyrolles.

SAADALI R, BOUCENNA N., 2003, *Evaluation de la ressource en eau dans la région de Tamalous. Etude de faisabilité d'une retenue collinaire sur l'oued El Ahrach*, Mémoire d'ingénieur en Hydrogéologie, Faculté des Sciences de la terre, Université de Annaba.

SELTZER P, 1946, *Climat de l'Algérie*, Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie, Ed Imp. La Typo- et Jules Carbonnel Réuniones.

SIBARI H. et al, 2001, « Typologie des crues et érosion mécanique dans un bassin versant de zone semi-aride : bassin versant de l'Inaouène », *Science et changements planétaires/ Sécheresse*. Vol. 12, Numéro 3, Septembre 2001 : 187-93, Notes de recherche, Maroc.

SOGREAH, 1996, *Etude d'approvisionnement en eau potable de la ville de Annaba et sa zone industrielle et du couloir El Kala-El Tarf à partir du barrage de Mexanna (Mexa)*.

TRICART J. et al, 1972, *Initiation aux travaux pratiques de géographie*, « Commentaires de cartes », Ed. Sedes.

VEYRET Y, 2001, *Géo-environnement*, Ed. Armon Colun /VUEF.

VILLA J. M, 1980, *La chaîne Alpine d'Algérie Orientale et des Confins Algéro-tunisiens*, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI).

ZAIDA F ., HASSAD A H, 2002, *L'inventaire et l'actualisation de la ressource en eaux de surface et souterraines du bassin versant de la Mafragh*, Mémoire d'ingénieur en Hydrogéologie, Faculté des Sciences de la Terre, Université de Annaba.

Liste des figures

| | |
|---|-----|
| Fig.n°01 : Cadre géographique du bassin versant de la Mafragh..... | 06 |
| Fig.n°02 : Carte altimétrique..... | 16 |
| Fig.n°03 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Mafragh..... | 18 |
| Fig.n°04 : Carte géologique..... | 12 |
| Fig.n°05 : Colonne litho-Stratigraphique du bassin versant de la Mafragh..... | 22 |
| Fig.n°06 : Carte des pentes..... | 31 |
| Fig.n°07 : Courbes hypsométriques par sous-bassins..... | 37 |
| Fig.n°08 : Réseaux hydrographiques par sous-bassins (Oued Bougous et Oued Bourdim)..... | 40 |
| Fig.n°09 : Situation géographiques des stations pluviométriques et hydrométriques..... | 48 |
| Fig.n°10 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station El Kala)..... | 51 |
| Fig.n°11 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Boutheldja)..... | 51 |
| Fig.n°12 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Bouhadjar)..... | 52 |
| Fig.n°13 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Cheffia)..... | 52 |
| Fig.n°14 : Corrélation des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Ain Karma)..... | 53 |
| Fig.n°15 : Variations interannuelles des précipitations dans le bassin versant de la Mafragh... | 56 |
| Fig.n°16 : Variations mensuelles du coefficient de Variations..... | 58 |
| Fig.n°17 : Fréquences des jours pluvieux..... | 61 |
| Fig.n°18 : Fréquences des séquences pluvieuses et non pluvieuses à la station de Annaba les Salines période (1971/72-2002/03)..... | 66 |
| Fig.n°19 : Fréquences des séquences pluvieuses et non pluvieuses à la station de Ain Assel période (1968/69-2002/03)..... | 67 |
| Fig.n°20 : Fréquences des séquences pluvieuses et non pluvieuses à la station de Ain Assel période (1976/77-2002/03)..... | 67 |
| Fig.n°21 : Variation mensuelle du régime thermique à Annaba les Salines période : (1968/69-2002/03)..... | 68 |
| Fig.n°22 : Variation mensuelle des maxima et des minima absolue à Annaba les Salines période : (1991/92-2002/03)..... | 70 |
| Fig n°23 : Diagramme ombrothermique station Annaba les Salines période : (1971/72-2002/03) | 72 |
| Fig n°24 : Diagramme ombrothermique station Bouhadjar période : (1971/72-1992/93)..... | 72 |
| Fig n°25 : Diagramme ombrothermique station Cheffia Barrage période : (1990/91-2002/03)... | 72 |
| Fig.n°26 : Bilan d'eau; station de Annaba les Salines période : (1971/72-2002/03)..... | 81 |
| Fig.n°27 : Bilan d'eau ; station de Bouhadjar période : (1971/72-1992/93)..... | 81 |
| Fig.n°28 : Bilan d'eau ; station de Cheffia Barrage période : (1990/91-2002/03)..... | 81 |
| Fig.n°29 : Carte du couvert végétal du bassin versant de la Mafragh..... | 88 |
| Fig.n°30 : Carte de la végétation de l'Algérie au 1/200.000..... | 93 |
| Fig.n°31 : Différents aquifères de l'extrême Nord-Est algérien..... | 99 |
| Fig.n°32 : Coupe hydrogéologique dans le massif dunaire de Boutheldja..... | 101 |
| Fig.n°33 : Coupe hydrogéologique dans la plaine de Boutheldja..... | 103 |
| Fig.n°34 : Coupe hydrogéologique dans la plaine d'El Tarf..... | 104 |
| Fig.n°35 : Coupe Schématique du système aquifère de Annaba la Mafragh..... | 107 |

Références bibliographiques

| | |
|--|-----|
| Fig.n°36 : Variation annuelles des débits aux station de Ain Assel et Cheffia Barrage..... | 113 |
| Fig.n°37 : Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations à Oued Kébir Est station Ain Assel période : (1968/69-1996/97) | 115 |
| Fig.n°38 : Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations à Oued Bounamoussa station Cheffia Barrage période : (1976/77-2002/03)..... | 115 |
| Fig.n°39 : Coefficient moyen des débits à Oued Kébir Est station Ain Assel période : (1968/69-1996/97)..... | 118 |
| Fig.n°40 : Coefficient moyen des débits à Oued Bounamoussa station Cheffia Barrage période : (1976/77- 2002/03)..... | 118 |
| Fig.n°41 : Corrélation pluies /débits de l'Oued Kébir-Est station Ain Assel période : (1968/69/1996/97)..... | 120 |
| Fig.n°42 : Corrélation pluies /débits de l'Oued Bounamoussa station Cheffia Barrage période (1968/69/1996/97)..... | 120 |
| Fig.n°43 : Ouvrages de mobilisation des ressources en eaux souterraines et superficielles dans le bassin versant de la Mafragh..... | 127 |
| Fig.n°44 : Qualité des eaux superficielles de l'extrême Nord-Est algérien | 133 |
| Fig.n°45 : Evolution de la population à Annaba El Hadjar..... | 139 |
| Fig.n°46 : Evolution des besoins en eau potable de la zone d'Annaba El Hadjar..... | 141 |
| Fig.n°47 : Evolution de la population à El Tarf..... | 143 |
| Fig.n°48 : Evolution des besoins en eau potable de la wilaya d'El Tarf..... | 145 |
| Fig.n°49 : Evolution des besoins globaux en eau potable par horizon..... | 146 |
| Fig.n°50 : Périmètres d'irrigation dans le bassin versant de la Mafragh..... | 153 |
| Fig.n°51 : Bilan besoins globaux / ressources mobilisées aux différent termes | 155 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau n°01 : Répartition du relief par classes de pentes..... | 33 |
| Tableau n°02 : Paramètres morphométriques par sous-bassin..... | 43 |
| Tableau n°03 : Coordonnées géographiques des différentes stations..... | 46 |
| Tableau n°04 : Variations mensuelles et annuelles du coefficient de variations..... | 57 |
| Tableau n°05 : Ecart à la moyenne des précipitations annuelles par rapport aux années extrêmes | 59 |
| Tableau n°06 : Répartitions saisonnières des précipitations par stations et Indice de PEGUY | 60 |
| Tableau n°7a : Les maxima enregistrées à la Station de: Annaba les Salines (Octobre, 1982/83) | 62 |
| Tableau n°7b : Les maxima enregistrées à la Station de : Ain Assel (Novembre, 1992/93)... | 62 |
| Tableau n°7c : Les maxima enregistrées à la Station de : Cheffia Barrage (Avril, 1978/79)... | 63 |
| Tableau n°08 : Nombre de jours de pluies torrentielles ($P \geq 30$ mm/24h) observées aux différentes stations..... | 64 |
| Tableau n°09 : Variations mensuelles et annuelles des températures..... | 69 |
| Tableau n°10 : Nombre moyen de jours de neige (1913-1938) | 73 |
| Tableau n°11 : Moyennes mensuelles et annuelle du nombre de jours de grêle (1913-1938)... | 74 |
| Tableau n°12 : Variation des moyennes mensuelles de la vitesse maximale instantanée du vent à la station de Annaba les salines (période:1971/72-2002/03)..... | 75 |
| Tableau n°13 : Nombre moyen de jour de sirocco mensuel et annuel..... | 75 |
| Tableau n°14 : Bilan d'eau ; station de Cheffia Barrage ; période (1990/91-20002/03)..... | 80 |
| Tableau n°15 : Bilan d'eau ; station de Bouhadjar Période : (1971/72-1992/93) températures extrapolées)..... | 82 |
| Tableau n°16 : Bilan d'eau ; station de Annaba les Salines période : (1971/72-2002/03)..... | 82 |
| Tableau n°17 : Apports moyens annuels des principaux oueds..... | 111 |
| Tableau n°18 : Paramètres du bilan hydrique..... | 113 |
| Tableau n°19 : Coefficient moyen mensuels des débits et Coefficient de variation..... | 117 |
| Tableau n°20 : Bilan des entrées et des sorties du barrage Cheffia durant les trois jours d'inondation..... | 122 |
| Tableau n°21 : Aquifères existants et leurs réserves renouvelables dans le bassin versant de la Mafragh et la plaine d'Annaba..... | 124 |
| Tableau n°22 : Volume exploité par nappe et par secteur..... | 125 |
| Tableau n°23 : Utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation des moyens et petits périmètres dans le bassin versant de la Mafragh..... | 125 |
| Tableau n°24: Mobilisation de la ressource superficielle à moyen et long terme 2015..... | 128 |
| Tableau n°25 : Les barrages existants, en cours de réalisation, en projets et les sites potentiels dans le bassin versant de la Mafragh (D.H.W, 2005)..... | 129 |
| Tableau n°26 : Affectation de la ressource superficielle et souterraine par secteurs..... | 130 |
| Tableau n°27 : Affectation de la ressource à Annaba et El Tarf..... | 131 |
| Tableau n°28 : Perspectives d'évolution de la population de la zone de Annaba- El Hadjar | 139 |
| Tableau n°29 : Détermination des besoins en eau potable de la zone d'Annaba et El Hadjar | 141 |
| Tableau n°30 : Perspectives d'évolution de la population à El Tarf..... | 143 |
| Tableau n°31 : Dotation journalière réelles de la Wilaya d'El-Tarf en 2005..... | 144 |
| Tableau n°32 : Détermination des besoins en eau potable de la wilaya d'El Tarf..... | 145 |
| Tableau n°33 : Déterminations des besoins globaux en eau potable par horizon..... | 146 |
| Tableau n°34 : Etat du plan de culture du périmètre de la Bounamoussa..... | 149 |
| Tableau n°35 : Evolution de l'irrigation du périmètre de la Bounamoussa à partir du barrage de Cheffia de 1997 à 2003..... | 150 |
| Tableau n°36 : Saison d'irrigation 2002/2003 par type de culture..... | 151 |
| Tableau n°37 : Besoins en eau agricole dans la région du bassin versant de la Mafragh..... | 152 |
| Tableau n°38 : Déterminations des besoins globaux des différents secteurs aux différents horizons..... | 155 |

Listes des photos

| | |
|--|----|
| Photo 01 : Pâturage dans Garaat M'Khada (Village El Feid Commune de Ben M'Hidi) | 08 |
| Photo 02 : Des poissons pêchés à l'embouchure de la Mafragh | 12 |
| Photo 03 : Glissement de terrain..... | 46 |
| Photo 04 : Coulée boueuse. | 46 |
| Photo 05 : Glissement de la route nationale n° 02 El Tarf- Bouhadjar (Commune Ain Karma) | 46 |
| Photo 06 : Destruction de la conduite de refoulement de l'eau potable de la Commune de Cheffia par ravinement (CW n°118)..... | 46 |
| Photo 07 : Les Nachaas village Righia (Commune Berrihane) Végétations hygrophiles..... | 85 |
| Photo 08 : Les glacis de Cheffia (Commune Cheffia)..... | 85 |
| Photo 09 : Chêne liège Eskhour (Commune Cheffia) | 90 |
| Photo 10 : Chêne Zéen (Djebel Hdid, Canton Oued Bougous) Commune Bougous..... | 90 |
| Photo 11 : Reboisement du Pin Maritime (Village Sebaa, Commune Berrihane)..... | 91 |
| Photo 12 : Reboisement d'Eucalyptus (Ayous, Commune El Tarf) | 91 |

ANNEXE

Tableau A1 : Les Formules de calcul des indices morphométriques

| Type d'indice | Formules utilisées |
|----------------------------------|---|
| Altitude moyenne | $\bar{H} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2} + H_{\min}$ $\bar{H} = \frac{V}{S}$ $V = \sum V_i$ $V_i = \frac{H_1 + H_2}{2} \times S_i$ |
| Indice de compacité de Gravilus | $C = \frac{0,28 * P}{\sqrt{S}}$ |
| Indice de pente de Roche | $IP = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{a_i d_i}$ |
| Longueur du rectangle équivalent | $L = \frac{C \cdot \sqrt{S}}{1,128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{C} \right)^2} \right]$ |
| Largeur du rectangle équivalent | $l = \frac{C \cdot \sqrt{S}}{1,128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{C} \right)^2} \right]$ |
| Indice de pente moyenne d'oued | $\bar{I} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L \cdot 10^3}$ |
| Dénivelée spécifique | $D_s = I g \sqrt{S}$ |
| Indice de pente globale | $I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$ |
| Indice hypsométrique | $I_{\text{hypso}} = \frac{H_r \%}{S_r \%}$ $H_r = \frac{h_m}{H_{\max}} \cdot 100$ $S_r \% = \frac{S'}{S} \cdot 100 =$ |
| Densité de drainage | $D = \frac{\sum L_i}{S}$ |
| Densité relative | <p>Li : la somme des longueurs de tous les talwegs y compris le talweg principal</p> $D_r = F / D^2$ <p>F: Fréquence D: densité de drainage.</p> |
| Fréquence du Talweg | $F = \frac{N}{S}$ <p>N : nombre des Talwegs d'ordre 1 (Temporaires + permanents) S : surface du bassin versant</p> |

| | |
|---|--|
| <p align="center">Formule de Giordotti II</p> | $t_c = \frac{4\sqrt{S+1,5Lp}}{0,8\sqrt{H_{moy}-H_{min}}}$ <p>S : surface du bassin versant (Km²) Lp : longueur du talweg principal (Km) H_{min} : altitude minimale H_{moy} : altitude moyenne</p> |
| <p align="center">Formule de Ventura</p> | $T_c = 76,3 \times \sqrt{\frac{S}{I}}$ <p>I : pente moyenne d'oued</p> |
| <p align="center">Formule de Passini</p> | $T_c = \frac{64,8 \sqrt{Lp \times S}}{\sqrt{I}}$ |
| <p align="center">Coefficient de torrentialité</p> | $C_t = Dd \times Fi$ $Fi = \frac{N}{S}$ <p>Dd : densité de drainage Fi : nombre de cours d'eau élémentaires (drains d'ordre 1) ou coefficient de drainage. N : nombre de drains selon la classification d' Horton</p> |

Tableau A2 : Classe du relief par sous-Bassin

| Sous bassin | Dénivelée spécifique | Classe du relief |
|------------------|----------------------|------------------|
| Mafragh | 429.94 | Fort |
| Kébir-Est | 219.17 | Assez fort |
| Bougous | 301.52 | Fort |
| Cheffia | 307.98 | Fort |
| Bourdim | 120.39 | Assez fort. |
| Bhaim | 122.74 | Assez fort. |

Tableau A3 : Caractéristiques du bassin versant de la Mafragh au 1/200.000

| Sous-bassin | Sup (Km ²) | | Périmètre (Km) | | Longueur des ordres en (Km) | | | | | | |
|---------------------|------------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------------|-------|-------|-------|------|-----|-------|
| | Limite naturel | Limite d'état | Limite naturel | Limite d'état | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ltp | tot |
| | Plan | Plan | | | | | | | | | |
| Bouamoussa | 984 | 929 | 176 | 189.6 | 367.6 | 144.6 | 50 | 63.4 | - | - | 625.6 |
| El Kébir-Est | 1528 | 1183 | 212 | 206 | 540 | 174 | 98.6 | 59 | 50.8 | - | 922.4 |
| La Mafragh | 2652 | 2252 | 268 | 278 | 958 | 335.4 | 168.8 | 122.4 | 50.8 | 2.6 | 1638 |

Remarque : on a pris les limites naturelles du bassin versant (Pour les ordres Y compris le territoire tunisiens).

Tableau A4 : Hiérarchisation du réseau hydrographique par Sous-bassins au 1/200.000

| Sous-bassins | Nombre total des ordres | | | | | |
|-------------------|-------------------------|----|----|---|---|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| Bouamoussa | 162 | 30 | 7 | 4 | 1 | 204 |
| Kébir Est | 252 | 47 | 12 | 5 | 1 | 317 |
| Mafragh | 430 | 81 | 20 | 9 | 2 | 542 |

Tableau A5 : Hiérarchisation du réseau hydrographique par Sous-Bassins au 1/50.000

| Sous-bassins | Ordre des affluents par Sous-bassin | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|------|---------|------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|----|---------|------|
| | Ordre 1 | | Ordre 2 | | Ordre 3 | | Ordre 4 | | Ordre 5 | | Ordre 6 | | Total | |
| | L(Km) | No | L(Km) | No | L(Km) | No | L(Km) | No | L(Km) | No | L(Km) | No | L(Km) | No |
| Kébir Est | 972.5 | 3784 | 564.75 | 1692 | 237.75 | 688 | 154.50 | 398 | 109 | 174 | 56.25 | 40 | 2094.75 | 6776 |
| Bougous | 212.1 | 245 | 69.3 | 54 | 41.45 | 13 | 9.6 | 04 | 24.6 | 01 | / | / | 357.05 | 317 |
| Cheffia | 220.65 | 500 | 94.95 | 120 | 48.2 | 34 | 24.85 | 10 | 9.75 | 3 | 8.2 | 1 | 406.6 | 668 |
| Bourdim | 47.85 | 163 | 14.9 | 26 | 7.8 | 7 | 9.85 | 4 | 1.05 | 1 | / | / | 81.45 | 201 |
| Bhaim : Ch Mabdoua Ch Ain Hamida | 19.35 | 58 | 11.75 | 16 | 7.40 | 5 | 8.75 | 2 | 7.05 | 1 | / | / | 54.30 | 81 |
| | 8 | 30 | 5 | 07 | 4.05 | 02 | 2.15 | 1 | / | / | / | / | 19.2 | 40 |
| | 11.35 | 28 | 6.75 | 9 | 3.35 | 3 | 6.6 | 1 | / | / | / | / | 28.05 | 41 |

Tableau A6 : Paramètres morphométriques du bassin versant de l'Oued Mafragh.

| Paramètres | Symbole | Unité | Valeur au | Valeur au | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|------------------------|-------------|---------|-------------|--------|
| | | | 1/200.000 Mafragh | 1/50.000 Kébir- Est | Cheffi a | Bougous | Bourdi m | Bhaim |
| Coordonnées géographiques | Longitude | - | 7°45'E | 7°58'E | / | / | / | / |
| | Latitude | - | 36°20'N | 36°30'N | / | / | / | / |
| Superficie naturelle | S | Km ² | 2652 | - | 117.48 | 201.06 | 22.485 | 44.95 |
| Superficie limite d'Etat | S | Km ² | 2252 | 1183.85 | / | / | / | / |
| Périmètre naturel | P | Km | 268 | - | 47.4 | 77.55 | 23.6 | 31.55 |
| | P | Km | 278 | 215.5 | / | / | / | / |
| Coefficient de compacité de Gravius | C | - | 1.45 1.64 | 1.75 | 1.22 | 1.53 | 1.39 | 1.31 |
| Longueur du rectangle équivalent | L | km | 107.74 | 94.12 | 16.17 | 32.23 | 9.25 | 11.73 |
| Largeur du BV | l | km | 24.62 | 12.59 | 7.26 | 6.23 | 2.43 | 3.82 |
| Longueur du TP | | Km | 2.6 | 78 | 8.2 | 24.6 | 1.05 | 7.05 |
| Altitude minimale | H _{min} | m | 0 | 0 | 17 | 40 | 20 | 08 |
| Altitude maximale | H _{max} | m | 1406 | 1100 | 700 | 1202 | 325 | 329 |
| Altitude moyenne | H _{moy} | m | 321.94 | 191.06 | 176.12 | 416.91 | 79.66 | 68.33 |
| | $\bar{H} = H_{50\%}$ | m | 340 | 190 | | 430 | 95 | 75 |
| Dénivelée spécifique | D _s | m | 429.94 | 219.17 | 301.52 | 307.98 | 120.39 | 122.74 |
| Indice de pente moyenne d'oued | P _{moy} /I | % | 1.30 | 1.16 | 4.22 | 3.60 | 3.29 | 2.73 |
| Indice de pente globale | I _g | m/Km | 8.35 | 6.37 | 27.82 | 21.72 | 25.40 | 18.32 |
| Indice de pente de ROCHE | I _p | % | 9.64 | 9.7 | 15.75 | 17.17 | 15.59 | 13.95 |
| Indice hypsométrique | I _{hy100m} | % | / | / | / | / | 1.58 | 1.44 |
| | I _{hy300m} | | - | - | 2.61 | / | | |
| | I _{hy400m} | | 0.88 | 2.88 | 9.08 | 0.72 | | |
| | I _{hy600m} | | 2.77 | 21.47 | | 3.07 | | |
| | I _{hy1000m} | | 48.38 | 7.75 | | / | | |

| | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Densité de drainage | D _d | Km/Km ² | 0.61 | 1.77 | 3.45 | 1.77 | 3.62 | 1.20 |
| Densité relative | Dr | % | 42.99 | 102.23 | 35.71 | 38.97 | 55.32 | 89.58 |
| Fréquence des Thalwegs d'ordre1 | F _i | | 0.16 | 3.20 | 4.25 | 1.22 | 7.25 | 1.29 |
| Fréquence des Thalweg de tous les ordres. | | | 0.20 | 5.72 | 5.68 | 1.57 | 8.93 | 1.80 |
| Coefficient de Torrentialité | C _t | / | 0.0976 | 5.66 | 14.66 | 2.16 | 26.25 | 1.54 |
| Temps de Concentration : | Tc | heure | | | | | | |
| Formule de Giordotti II | | | 14.62 | 23.04 | 6 | 6 | 3 | 6 |
| Formule de Ventura | | | 57.43 | 40.62 | 7 | 9.50 | 3 | 5.50 |
| Formule de Passini (appliquée au sud d'Italie) | | | 18.02 | 45.62 | 5 | 9.70 | 1.71 | 4.45 |

Tableau A7: Répartition des superficies forestières dans le bassin versant de la Mafragh

| Espèces | Forêts | Maquis | Reboisements | Plant-Frutières | Vides labourables | Sup.Total (ha) | % / la Sup Total |
|-------------------------|--------|--------|--------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|
| Chêne liège | 45205 | - | - | - | - | 45205 | 35.04 |
| Chêne Zéen | 6437 | - | - | - | - | 6437 | 4.98 |
| Peupliers | 925 | - | - | - | - | 925 | 0.71 |
| Oléastres | 900 | - | - | - | - | 900 | 0.69 |
| Aulnaie | 348 | - | - | - | - | 348 | 0.27 |
| Autres | 613 | 50280 | 200 | - | 3700 | 54793 | 42.47 |
| Eucalyptus | - | - | 11414 | - | - | 11414 | 8.84 |
| Pins Maritimes | - | - | 8587 | - | - | 8587 | 6.65 |
| Noy.Pep.Rust | - | - | - | 391 | - | 391 | 0.30 |
| Total | 54428 | 50280 | 20201 | 391 | 3700 | 129000 | 100 |
| % / la Sup Total | 42.19 | 38.97 | 15.65 | 0.30 | 2.86 | 100 | / |

Tableau A8 : Répartition des superficies forestières dans la Wilaya D'EITarf

| Espèces | Forêts | Maquis | Reboisements | Plant-Frutières | Vides labourables | Sup.Total (ha) | % / la Sup Total |
|-------------------------|--------|--------|--------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|
| Chêne liège | 59563 | - | - | - | - | 59563 | 35.81 |
| Chêne Zéen | 6492 | - | - | - | - | 6492 | 3.90 |
| Peupliers | 1278 | - | - | - | - | 1278 | 0.77 |
| Oléastres | 1024 | - | - | - | - | 1024 | 0.61 |
| Aulnaie | 730 | - | - | - | - | 730 | 0.44 |
| Autres | 760 | 60672 | 200 | - | 3612 | 64484 | 38.77 |
| Eucalyptus | - | - | 13047 | - | - | 13047 | 7.84 |
| Pins Maritimes | - | - | 18542 | - | - | 18542 | 11.15 |
| Noy.Pep.Rust | - | - | - | 391 | - | 391 | 0.23 |
| Total | 69847 | 60672 | 31789 | 391 | 3612 | 166311 | 100 |
| % / la Sup Total | 41.99 | 36.48 | 19.11 | 0.23 | 2.17 | 100 | / |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

TableauA9 :Coefficients d'hydraulicité

Station Cheffia Barrage
Période :(1976/77-2002/03)

| Années | Qmoy /an M ³ / s | Coefficient D'hydraulicité |
|---------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1976/77 | 3,13 | 0,82 |
| 1977/78 | 3,31 | 0,87 |
| 1978/79 | 3,24 | 0,86 |
| 1979/80 | 2,75 | 0,73 |
| 1980/81 | 3,02 | 0,80 |
| 1981/82 | 3,57 | 0,94 |
| 1982/83 | 2,61 | 0,69 |
| 1983/84 | 8,12 | 2,14 |
| 1984/85 | 7,13 | 1,88 |
| 1985/86 | 1,75 | 0,46 |
| 1986/87 | 10,81 | 2,85 |
| 1987/88 | 0,79 | 0,21 |
| 1988/89 | 0,58 | 0,15 |
| 1989/90 | 0,60 | 0,16 |
| 1990/91 | 5,69 | 1,50 |
| 1991/92 | 4,15 | 1,09 |
| 1992/93 | 2,86 | 0,76 |
| 1993/94 | 2,17 | 0,57 |
| 1994/95 | 2,05 | 0,54 |
| 1995/96 | 5,41 | 1,43 |
| 1996/97 | 0,38 | 0,10 |
| 1997/98 | 4,14 | 1,09 |
| 1998/99 | 6,15 | 1,62 |
| 1999/00 | 2,29 | 0,60 |
| 2000/01 | 3,17 | 0,84 |
| 2001/02 | 0,19 | 0,05 |
| 2002/03 | 12,18 | 3,21 |

Station Ain Assel
Période : (1968/69-1996/97)

| Années | Qmoy /an M ³ / s | Coefficient D'hydraulicité |
|---------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1968/69 | 3,08 | 0,49 |
| 1969/70 | 10,70 | 1,69 |
| 1970/71 | 8,53 | 1,34 |
| 1971/72 | 7,15 | 1,13 |
| 1972/73 | 11,97 | 1,89 |
| 1973/74 | 2,73 | 0,43 |
| 1974/75 | 6,83 | 1,08 |
| 1975/76 | 4,67 | 0,74 |
| 1976/77 | 5,10 | 0,80 |
| 1977/78 | 6,63 | 1,04 |
| 1978/79 | 6,66 | 1,05 |
| 1979/80 | 4,17 | 0,66 |
| 1980/81 | 5,16 | 0,81 |
| 1981/82 | 5,83 | 0,92 |
| 1982/83 | 6,40 | 1,01 |
| 1983/84 | 10,64 | 1,68 |
| 1984/85 | 9,31 | 1,47 |
| 1985/86 | 3,77 | 0,59 |
| 1986/87 | 14,95 | 2,35 |
| 1987/88 | 2,89 | 0,46 |
| 1988/89 | 1,40 | 0,22 |
| 1989/90 | 0,82 | 0,13 |
| 1990/91 | 13,48 | 2,12 |
| 1991/92 | 6,43 | 1,01 |
| 1992/93 | 5,43 | 0,85 |
| 1993/94 | 3,87 | 0,61 |
| 1994/95 | 2,88 | 0,45 |
| 1995/96 | 11,27 | 1,77 |
| 1996/97 | 1,41 | 0,22 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

Tableau A10 : Ressources souterraines exploitées au niveau de la wilaya d'ElTarf

| Les nappes | Destination AEP en (Hm ³) et autres. | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | Nombre de forages | Volume Théorique (Hm ³) | Volumes utilisés (Hm ³) | Localités bénéficiaires |
| Nappe dunaire Boutheldja | 50 3 sources | 33 | 32.5 | Annaba 26 F ElKala, Berrihane 22 F; AEA et AEI : 02 F |
| Nappe dunaire Oum Teboul | 07 | 1.84 | 1.59 | OTeboul, Laïoun, OElhout, 04 F ; AEA 02 F |
| Nappe dunaire El Kala | 02 | 0.6 | 0.6 | Malha, Souk Rguibet |
| Nappe alluviale ElTarf | 08 | 2.6 | 2.6 | El Tarf, Ain Assel, Bougous |
| Nappe de grés Bougous | 03 | 0.56 | 0.56 | Ain Assel, Bougous, Ramel Esouk |
| Nappe alluviale Boutheldja | 12 | 7.65 | 7.04 | Annaba 06 F, Cheffia et lac des Oiseaux 05 F, AEI : 01 F |
| Nappe alluviale Bounamoussa | 08 | 3.85 | 3.85 | Asfour, Ben Mhidi, Zerizer |
| Nappe alluviale Seybouse (1), (2), (3) | 129 | 44 22* | 24.5 12* | Dréan, Chatt, Besbes 33F ; AEA 90 F ; AEI 06 F |
| Total | 219 03 sources | (69.66)* 94.1 | (58.55) 73.24 | |

* volume exploité par des forages situés au niveau du bassin versant de la Mafragh.

Source : DHW de la Wilaya d'El-Tarf, 2005.

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

Tableau A12 : Variations mensuelles et annuelles des précipitations à la station de
Annaba les Salines période 1968/69/2002/2003

| Année | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | Total |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|-------|--------|
| 1968/69 | 61,10 | 94,50 | 36,40 | 201,10 | 78,90 | 44,40 | 38,60 | 57,30 | 10,10 | 14,10 | 14,00 | 28,00 | 678,50 |
| 1969/70 | 1,50 | 58,20 | 10,20 | 83,90 | 42,00 | 65,90 | 79,10 | 90,50 | 33,70 | 0,60 | 0,00 | 3,00 | 468,60 |
| 1970/71 | 58,70 | 66,50 | 42,10 | 47,80 | 99,70 | 128,70 | 80,00 | 36,50 | 37,90 | 1,10 | 7,60 | 0,30 | 606,90 |
| 1971/72 | 68,70 | 81,80 | 33,90 | 40,20 | 100,30 | 44,40 | 60,90 | 78,10 | 25,20 | 31,60 | 0,20 | 3,40 | 568,70 |
| 1972/73 | 58,80 | 66,50 | 4,20 | 147,80 | 149,30 | 78,60 | 223,50 | 15,50 | 0,00 | 41,50 | 0,00 | 4,80 | 790,50 |
| 1973/74 | 11,60 | 78,20 | 11,60 | 115,80 | 15,10 | 87,00 | 46,50 | 46,10 | 23,80 | 2,30 | 2,20 | 0,70 | 440,90 |
| 1974/75 | 13,70 | 117,10 | 41,90 | 54,80 | 32,80 | 55,00 | 56,00 | 5,50 | 52,50 | 1,40 | 0,00 | 18,90 | 449,60 |
| 1975/76 | 2,20 | 11,90 | 118,20 | 55,10 | 43,30 | 59,50 | 70,80 | 33,90 | 47,50 | 18,50 | 18,50 | 19,10 | 498,50 |
| 1976/77 | 50,60 | 176,20 | 171,80 | 37,90 | 71,30 | 11,90 | 11,80 | 118,40 | 48,90 | 31,70 | 0,80 | 27,20 | 758,50 |
| 1977/78 | 30,20 | 16,90 | 125,90 | 17,20 | 110,30 | 88,40 | 62,60 | 48,80 | 33,30 | 7,80 | 0,00 | 3,00 | 544,40 |
| 1978/79 | 5,50 | 53,70 | 81,40 | 18,80 | 64,60 | 116,30 | 106,00 | 175,50 | 171,80 | 28,60 | 4,30 | 5,30 | 831,80 |
| 1979/80 | 58,50 | 46,00 | 130,20 | 19,40 | 53,10 | 39,20 | 70,00 | 93,40 | 61,30 | 0,00 | 0,00 | 1,50 | 572,60 |
| 1980/81 | 12,10 | 53,00 | 71,40 | 175,20 | 105,20 | 77,10 | 49,70 | 38,70 | 14,00 | 37,10 | 0,00 | 7,60 | 641,10 |
| 1981/82 | 21,00 | 30,80 | 39,40 | 141,20 | 131,10 | 145,30 | 133,70 | 69,10 | 33,20 | 3,90 | 0,00 | 14,50 | 763,20 |
| 1982/83 | 24,50 | 173,40 | 134,80 | 128,70 | 35,00 | 22,80 | 73,60 | 10,20 | 20,20 | 13,80 | 1,30 | 1,00 | 639,30 |
| 1983/84 | 81,80 | 67,40 | 172,60 | 85,50 | 226,70 | 159,80 | 76,50 | 41,70 | 14,60 | 7,50 | 1,70 | 5,80 | 941,60 |
| 1984/85 | 20,10 | 262,50 | 67,50 | 240,90 | 101,10 | 48,90 | 130,10 | 43,30 | 49,70 | 0,40 | 0,00 | 1,40 | 965,90 |
| 1985/86 | 30,70 | 37,80 | 42,00 | 66,10 | 117,60 | 71,60 | 104,50 | 37,40 | 3,70 | 23,00 | 3,40 | 2,30 | 540,10 |
| 1986/87 | 17,70 | 125,90 | 147,10 | 181,50 | 124,40 | 126,80 | 73,70 | 37,10 | 68,50 | 3,40 | 9,90 | 4,10 | 920,10 |
| 1987/88 | 40,50 | 28,20 | 69,50 | 14,80 | 87,90 | 86,50 | 47,30 | 19,40 | 29,50 | 33,20 | 3,10 | 0,00 | 459,90 |
| 1988/89 | 51,80 | 6,70 | 81,90 | 138,30 | 37,10 | 53,20 | 42,20 | 100,20 | 19,00 | 14,40 | 3,00 | 5,80 | 553,60 |
| 1989/90 | 21,70 | 78,70 | 55,90 | 105,60 | 131,40 | 6,20 | 25,30 | 36,70 | 30,20 | 18,60 | 0,00 | 6,40 | 516,70 |
| 1990/91 | 1,60 | 30,00 | 106,50 | 180,70 | 91,50 | 73,20 | 95,80 | 23,60 | 60,70 | 13,80 | 0,30 | 8,60 | 686,30 |
| 1991/92 | 52,20 | 100,50 | 66,60 | 29,00 | 69,90 | 80,50 | 65,10 | 111,50 | 83,10 | 14,90 | 10,80 | 0,60 | 684,70 |
| 1992/93 | 2,20 | 36,40 | 126,20 | 143,20 | 83,80 | 42,00 | 81,00 | 58,70 | 66,20 | 3,10 | 0,00 | 4,30 | 647,10 |
| 1993/94 | 29,10 | 54,80 | 20,20 | 159,60 | 83,80 | 85,50 | 5,10 | 79,20 | 16,70 | 13,20 | 0,10 | 0,40 | 547,70 |
| 1994/95 | 17,30 | 46,80 | 19,40 | 109,90 | 181,00 | 20,10 | 74,10 | 37,00 | 10,10 | 28,60 | 0,10 | 4,10 | 548,50 |
| 1995/96 | 74,60 | 10,10 | 79,80 | 65,80 | 91,50 | 208,50 | 70,90 | 105,70 | 65,30 | 15,60 | 5,50 | 10,70 | 804,00 |
| 1996/97 | 26,70 | 40,80 | 45,00 | 63,10 | 61,60 | 49,00 | 43,10 | 32,90 | 6,20 | 33,70 | 0,00 | 20,80 | 422,90 |
| 1997/98 | 118,40 | 103,40 | 214,80 | 141,00 | 70,10 | 86,60 | 34,80 | 84,70 | 49,20 | 6,20 | 0,00 | 32,00 | 941,20 |
| 1998/99 | 63,00 | 60,90 | 236,90 | 64,40 | 157,00 | 101,40 | 48,00 | 44,70 | 37,60 | 9,00 | 13,40 | 4,30 | 840,60 |
| 1999/00 | 16,60 | 29,60 | 111,00 | 135,70 | 50,20 | 31,00 | 24,20 | 19,70 | 114,80 | 9,50 | 0,00 | 15,60 | 557,90 |
| 2000/01 | 19,30 | 104,70 | 37,00 | 107,60 | 11,50 | 74,90 | 18,70 | 40,00 | 28,30 | 0,40 | 0,40 | 2,50 | 445,30 |
| 2001/02 | 47,40 | 4,10 | 60,30 | 81,50 | 29,10 | 48,90 | 32,40 | 62,40 | 14,60 | 0,30 | 13,00 | 67,00 | 461,00 |
| 2002/03 | 24,10 | 72,90 | 188,20 | 147,10 | 186,40 | 86,10 | 21,00 | 90,90 | 26,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 842,70 |
| p' | 35,30 | 69,34 | 85,77 | 101,32 | 89,30 | 74,43 | 65,05 | 57,84 | 40,21 | 13,79 | 3,25 | 9,57 | 645,17 |
| & | 27,09 | 53,77 | 60,60 | 59,00 | 50,11 | 42,93 | 41,34 | 36,57 | 33,72 | 12,52 | 5,09 | 13,24 | 164,40 |
| CV | 0,77 | 0,78 | 0,71 | 0,58 | 0,56 | 0,58 | 0,64 | 0,63 | 0,84 | 0,91 | 1,57 | 1,38 | 0,25 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

Variations mensuelles et annuelles des précipitations à la station de: Cheffia Barrage (Période 1976/2003)

| année | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | Tot |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|-------|---------|
| 1976/77 | 57,50 | 174,00 | 228,70 | 54,70 | 53,20 | 18,20 | 29,10 | 135,60 | 71,40 | 52,50 | 0,00 | 34,60 | 909,50 |
| 1977/78 | 18,50 | 13,80 | 140,00 | 27,00 | 111,80 | 190,70 | 82,70 | 132,80 | 37,60 | 12,40 | 0,00 | 0,00 | 767,30 |
| 1978/79 | 0,00 | 64,60 | 68,60 | 25,40 | 97,40 | 162,60 | 80,30 | 287,60 | 42,40 | 20,30 | 8,80 | 3,90 | 861,90 |
| 1979/80 | 65,40 | 33,10 | 199,60 | 21,70 | 58,10 | 59,00 | 124,00 | 93,30 | 66,20 | 3,20 | 0,00 | 4,70 | 728,30 |
| 1980/81 | 23,50 | 52,40 | 150,50 | 179,00 | 120,70 | 95,70 | 51,40 | 61,70 | 41,60 | 33,60 | 0,20 | 3,00 | 813,30 |
| 1981/82 | 2,70 | 33,60 | 39,70 | 141,20 | 126,00 | 159,00 | 165,80 | 99,30 | 66,80 | 0,00 | 0,00 | 5,50 | 839,60 |
| 1982/83 | 23,30 | 50,50 | 146,30 | 171,90 | 50,90 | 21,50 | 107,10 | 2,20 | 22,30 | 6,80 | 0,50 | 2,70 | 606,00 |
| 1983/84 | 46,50 | 71,20 | 267,50 | 104,20 | 243,10 | 182,40 | 86,40 | 57,50 | 6,90 | 7,20 | 0,00 | 2,60 | 1075,50 |
| 1984/85 | 34,00 | 156,50 | 36,10 | 332,60 | 153,50 | 56,70 | 82,50 | 53,10 | 64,70 | 0,30 | 0,00 | 0,10 | 970,10 |
| 1985/86 | 41,10 | 26,80 | 21,50 | 65,20 | 148,40 | 77,40 | 125,70 | 59,20 | 6,50 | 28,50 | 10,20 | 0,00 | 610,50 |
| 1986/87 | 45,50 | 148,70 | 184,90 | 229,30 | 130,90 | 240,40 | 66,30 | 112,80 | 91,30 | 0,60 | 5,10 | 0,00 | 1255,80 |
| 1987/88 | 0,40 | 40,90 | 90,20 | 8,40 | 103,40 | 58,80 | 67,80 | 10,50 | 38,00 | 37,90 | 0,00 | 0,00 | 456,30 |
| 1988/89 | 42,00 | 10,10 | 89,30 | 134,70 | 44,10 | 72,00 | 58,70 | 137,60 | 20,00 | 9,60 | 5,20 | 3,40 | 626,70 |
| 1989/90 | 22,00 | 89,90 | 70,20 | 66,00 | 126,10 | 0,60 | 55,90 | 41,70 | 57,50 | 13,10 | 2,30 | 28,00 | 573,30 |
| 1990/91 | 0,00 | 20,90 | 135,70 | 240,30 | 103,90 | 72,10 | 132,40 | 75,80 | 42,40 | 17,00 | 0,00 | 5,90 | 846,40 |
| 1991/92 | 40,50 | 154,70 | 88,80 | 23,90 | 38,70 | 63,20 | 72,40 | 204,00 | 175,10 | 23,70 | 23,10 | 0,20 | 908,30 |
| 1992/93 | 0,00 | 89,00 | 133,70 | 172,00 | 109,50 | 43,40 | 105,10 | 34,80 | 96,30 | 3,70 | 0,00 | 1,50 | 789,00 |
| 1993/94 | 14,00 | 31,90 | 10,90 | 142,10 | 128,90 | 180,80 | 8,60 | 89,10 | 53,00 | 4,90 | 0,00 | 2,50 | 666,70 |
| 1994/95 | 49,90 | 81,80 | 16,70 | 81,00 | 235,00 | 5,60 | 100,30 | 43,60 | 2,90 | 22,30 | 0,00 | 19,00 | 658,10 |
| 1995/96 | 93,20 | 19,90 | 138,30 | 122,00 | 145,30 | 225,20 | 125,40 | 167,10 | 89,20 | 15,00 | 3,40 | 4,10 | 1148,10 |
| 1996/97 | 21,80 | 40,00 | 37,00 | 56,60 | 105,10 | 51,50 | 27,10 | 47,90 | 5,00 | 26,20 | 0,00 | 21,00 | 439,20 |
| 1997/98 | 118,10 | 71,40 | 255,00 | 196,20 | 103,50 | 85,20 | 96,70 | 95,70 | 49,80 | 7,20 | 0,00 | 44,90 | 1123,70 |
| 1998/99 | 88,20 | 52,40 | 249,80 | 61,30 | 204,90 | 91,90 | 72,30 | 53,20 | 33,80 | 3,60 | 8,70 | 0,50 | 920,60 |
| 1999/00 | 50,20 | 13,70 | 157,50 | 159,10 | 55,10 | 43,20 | 21,00 | 32,60 | 144,70 | 14,00 | 0,00 | 23,00 | 714,10 |
| 2000/01 | 22,10 | 125,00 | 31,90 | 89,80 | 150,60 | 154,50 | 20,70 | 61,40 | 61,00 | 0,00 | 0,50 | 3,60 | 721,10 |
| 2001/02 | 51,10 | 19,40 | 73,30 | 61,00 | 45,40 | 45,10 | 111,30 | 58,00 | 4,60 | 3,60 | 6,50 | 16,50 | 495,80 |
| 2002/03 | 45,50 | 43,90 | 236,70 | 169,60 | 271,90 | 134,00 | 33,10 | 188,00 | 43,60 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 1167,80 |
| p' | 37,67 | 64,08 | 122,16 | 116,16 | 120,94 | 95,95 | 78,15 | 90,23 | 53,13 | 13,66 | 2,76 | 8,56 | 803,44 |
| & | 29,71 | 48,64 | 80,24 | 79,38 | 61,81 | 68,06 | 39,80 | 64,63 | 40,98 | 13,32 | 5,18 | 12,08 | 221,29 |
| CV | 0,79 | 0,76 | 0,66 | 0,68 | 0,51 | 0,71 | 0,51 | 0,72 | 0,77 | 0,98 | 1,88 | 1,41 | 0,28 |

Variations mensuelles et annuelles des précipitations à la station de:

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

El Kala période de (1968/69-002/03)

| année | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | Tot |
|---------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|
| 1968/69 | 44,8 | 35 | 107,4 | 122,6 | 133,4 | 60,2 | 54,6 | 46,4 | 7,6 | 7,7 | 14,3 | 53,7 | 687,7 |
| 1969/70 | 87,9 | 164,7 | 56,4 | 107,6 | 93,9 | 76,5 | 100,9 | 56,9 | 60,8 | 2 | 1 | 1,8 | 810,4 |
| 1970/71 | 17,8 | 100,6 | 42 | 150,2 | 124 | 121,3 | 103,6 | 67,6 | 64 | 5,4 | 5,1 | 0,3 | 801,9 |
| 1971/72 | 99,6 | 122,4 | 57,4 | 57,4 | 149,1 | 82,8 | 84,6 | 130,6 | 51,1 | 25,5 | 2,3 | 10,2 | 873 |
| 1972/73 | 81,3 | 80 | 35,7 | 101,4 | 230,7 | 104,5 | 164,5 | 53,9 | 0 | 12,5 | 1,2 | 8,3 | 874 |
| 1973/74 | 34,2 | 121 | 53,9 | 104,3 | 38,4 | 108,7 | 59 | 91,8 | 14,1 | 4,4 | 4,6 | 1,5 | 635,9 |
| 1974/75 | 91 | 200 | 190 | 98 | 85 | 137 | 88,3 | 21 | 45,5 | 0,5 | 0 | 51 | 1007,3 |
| 1975/76 | 2,5 | 37 | 200 | 75 | 66 | 104 | 126 | 44 | 36 | 28 | 23 | 49 | 790,5 |
| 1976/77 | 43 | 253 | 255 | 55 | 110 | 86 | 12,5 | 78,1 | 31 | 23,5 | 0 | 27,8 | 974,9 |
| 1977/78 | 20 | 10,5 | 204,4 | 50,5 | 199 | 134 | 94 | 93,4 | 33,8 | 3,1 | 0 | 0 | 842,7 |
| 1978/79 | 12,5 | 99,9 | 164,1 | 33,5 | 104,2 | 172,3 | 93,8 | 161 | 13 | 15,5 | 0 | 1,1 | 870,9 |
| 1979/80 | 44,5 | 42 | 229,6 | 31 | 49,3 | 20,5 | 128,1 | 91,3 | 58,5 | 0 | 0 | 8 | 702,8 |
| 1980/81 | 45 | 97,7 | 148 | 200 | 140 | 90 | 70 | 50 | 50 | 30 | 14,5 | 7 | 942,2 |
| 1981/82 | 6,5 | 45 | 57,1 | 150 | 186 | 169,6 | 113 | 84 | 36 | 0 | 0 | 45 | 892,2 |
| 1982/83 | 54,5 | 110,3 | 147,7 | 213,6 | 20,75 | 35,4 | 91,8 | 5,4 | 14,7 | 2,5 | 0 | 0 | 696,65 |
| 1983/84 | 80,5 | 108,4 | 127,7 | 130 | 142,1 | 86,6 | 112,9 | 48,2 | 8,1 | 4,7 | 0,5 | 4 | 853,7 |
| 1984/85 | 85,5 | 172,3 | 66 | 287,5 | 223 | 82,2 | 76,7 | 21,2 | 41,4 | 0 | 0 | 0 | 1055,8 |
| 1985/86 | 15,6 | 80,9 | 58,2 | 59,5 | 146,1 | 102,5 | 53,4 | 39,7 | 0,8 | 4,1 | 6,9 | 0,6 | 568,3 |
| 1986/87 | 44,1 | 99,6 | 134,4 | 189,6 | 131,2 | 126,6 | 110,2 | 46,6 | 77,4 | 0,3 | 2,8 | 0 | 962,8 |
| 1987/88 | 62,8 | 28,3 | 133,4 | 42,9 | 99,8 | 99,9 | 60,7 | 22,8 | 15,9 | 27,3 | 0 | 2,6 | 596,4 |
| 1988/89 | 70,4 | 19,4 | 119,7 | 124,8 | 39 | 54,7 | 25,7 | 118,8 | 11,5 | 21,5 | 0,2 | 1,9 | 607,6 |
| 1989/90 | 20,5 | 132,6 | 73,7 | 75 | 113,7 | 14,8 | 51,4 | 60 | 55,3 | 11,7 | 1,8 | 2 | 612,5 |
| 1990/91 | 0,7 | 49,3 | 86,2 | 61,1 | 72,6 | 68,4 | 48 | 20,8 | 3,5 | 0 | 0 | 2,1 | 412,7 |
| 1991/92 | 59,7 | 168,4 | 107 | 10,2 | 0 | 102,5 | 68,8 | 99 | 110,7 | 6,5 | 14,2 | 0,4 | 747,4 |
| 1992/93 | 2 | 89,4 | 198,3 | 237,7 | 92,8 | 63 | 45,4 | 51,5 | 50,9 | 0 | 0 | 0,5 | 831,5 |
| 1993/94 | 26,1 | 83,3 | 48,4 | 125,6 | 106,6 | 97,9 | 2 | 66,9 | 5,6 | 0 | 0 | 0 | 562,4 |
| 1994/95 | 29,1 | 107,9 | 24,2 | 161,3 | 141 | 4,2 | 94,2 | 44,5 | 0,3 | 25,6 | 0 | 8,9 | 641,2 |
| 1995/96 | 13,24 | 56,4 | 109,9 | 126,8 | 84,3 | 245,1 | 51,9 | 84,5 | 112,6 | 44 | 0,3 | 0,9 | 929,94 |
| 1996/97 | 25,4 | 88,6 | 43,2 | 57,8 | 111,8 | 39 | 20,7 | 53 | 11 | 12,2 | 0 | 0,9 | 463,6 |
| 1997/98 | 82,7 | 155,3 | 199 | 136,8 | 97,2 | 101,2 | 41,5 | 83,4 | 56,8 | 1,3 | 0 | 41,2 | 996,4 |
| 1998/99 | 54,1 | 90 | 241,2 | 95,2 | 142,6 | 105,5 | 24,8 | 70,1 | 42,1 | 3,1 | 9,6 | 13,5 | 891,8 |
| 1999/00 | 28,5 | 4,1 | 181,2 | 146,7 | 48,7 | 26,6 | 21,4 | 42 | 61,8 | 11,4 | 0 | 1,2 | 573,6 |
| 2000/01 | 33,8 | 118,5 | 49,9 | 85,2 | 159,2 | 79,5 | 21,9 | 57,8 | 60,9 | 0 | 0 | 0 | 666,7 |
| 2001/02 | 17,9 | 3,7 | 150,7 | 112,3 | 40,3 | 35,6 | 46,6 | 60,2 | 8 | 0,3 | 11,3 | 69,5 | 556,4 |
| 2002/03 | 62,3 | 20,3 | 214,9 | 213,22 | 238,2 | 103,6 | 42,3 | 115,4 | 37,8 | 0,8 | 0 | 0 | 1048,8 |
| P' | 42,86 | 91,31 | 123,31 | 115,12 | 113,14 | 89,78 | 68,72 | 65,19 | 36,81 | 9,58 | 3,25 | 11,85 | 770,93 |
| & | 28,86 | 58,26 | 68,17 | 63,95 | 58,30 | 48,38 | 38,05 | 33,69 | 29,32 | 11,51 | 5,72 | 19,47 | 170,30 |
| CV | 0,67 | 0,64 | 0,55 | 0,56 | 0,52 | 0,54 | 0,55 | 0,52 | 0,80 | 1,20 | 1,76 | 1,64 | 0,22 |

Variations mensuelles et annuelles des précipitations à la station de Ain El Karma (période (1968/69-2000/2001))

| année | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | Tot |
|---------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 1968/69 | 56,90 | 19,30 | 142,70 | 146,00 | 156,10 | 58,70 | 54,40 | 41,60 | 11,70 | 12,10 | 40,40 | 55,60 | 795,5 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 1969/70 | 149,80 | 247,20 | 45,00 | 375,10 | 105,50 | 94,30 | 121,40 | 57,20 | 66,00 | 0,00 | 0,00 | 1,20 | 1262,7 |
| 1970/71 | 11,10 | 139,80 | 17,80 | 24,50 | 148,10 | 201,10 | 126,40 | 71,70 | 72,30 | 7,00 | 16,50 | 0,00 | 836,3 |
| 1971/72 | 221,30 | 203,10 | 47,70 | 33,90 | 186,80 | 114,10 | 98,50 | 116,10 | 60,90 | 138,50 | 7,10 | 8,90 | 1236,9 |
| 1972/73 | 72,10 | 33,70 | 0,00 | 105,00 | 224,50 | 137,00 | 391,40 | 29,50 | 2,20 | 7,40 | 0,00 | 4,00 | 1006,8 |
| 1973/74 | 1,00 | 177,30 | 14,80 | 81,60 | 27,60 | 69,60 | 45,00 | 104,20 | 12,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 535,1 |
| 1974/75 | 30,80 | 144,90 | 88,10 | 82,00 | 85,60 | 56,30 | 104,30 | 14,50 | 93,50 | 8,00 | 0,00 | 16,80 | 724,8 |
| 1975/76 | 0,00 | 6,70 | 18,60 | 56,80 | 62,70 | 98,80 | 163,90 | 28,20 | 16,70 | 4,30 | 0,00 | 0,00 | 456,7 |
| 1976/77 | 49,00 | 177,30 | 110,00 | 53,20 | 37,20 | 10,30 | 12,30 | 282,20 | 21,90 | 26,70 | 0,00 | 40,70 | 820,8 |
| 1977/78 | 2,70 | 12,00 | 91,10 | 3,10 | 83,40 | 59,90 | 68,60 | 69,90 | 34,40 | 4,40 | 0,00 | 0,30 | 429,8 |
| 1978/79 | 3,00 | 51,60 | 100,60 | 57,70 | 84,40 | 131,80 | 66,30 | 87,30 | 37,70 | 11,50 | 0,00 | 2,10 | 634,0 |
| 1979/80 | 44,10 | 25,10 | 200,20 | 17,50 | 40,00 | 124,60 | 12,70 | 20,00 | 83,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 567,7 |
| 1980/81 | 6,30 | 46,10 | 65,30 | 148,60 | 97,50 | 71,70 | 63,20 | 43,50 | 17,20 | 21,30 | 2,00 | 5,00 | 587,7 |
| 1981/82 | 6,10 | 11,10 | 26,30 | 71,10 | 116,30 | 111,60 | 128,80 | 56,90 | 49,70 | 0,00 | 0,00 | 7,20 | 585,1 |
| 1982/83 | 56,10 | 61,00 | 70,50 | 56,70 | 12,60 | 6,10 | 77,70 | 0,00 | 42,80 | 15,00 | 0,00 | 0,00 | 398,5 |
| 1983/84 | 13,20 | 67,00 | 43,20 | 68,60 | 43,40 | 28,20 | 37,80 | 16,20 | 81,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 398,6 |
| 1984/85 | 10,30 | 46,40 | 11,80 | 314,90 | 63,40 | 16,70 | 46,20 | 24,60 | 36,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 570,6 |
| 1985/86 | 12,80 | 14,00 | 3,00 | 35,20 | 56,60 | 15,40 | 40,10 | 25,00 | 0,10 | 7,90 | 3,00 | 2,30 | 215,4 |
| 1986/87 | 37,10 | 120,60 | 144,30 | 102,80 | 345,00 | 174,00 | 55,80 | 15,10 | 3,00 | 6,00 | 0,00 | 0,00 | 1003,7 |
| 1987/88 | 54,00 | 19,00 | 137,00 | 13,10 | 80,30 | 94,40 | 177,10 | 29,70 | 31,70 | 13,00 | 0,00 | 0,00 | 649,3 |
| 1988/89 | 44,00 | 16,50 | 90,80 | 272,00 | 102,80 | 104,00 | 49,10 | 157,30 | 32,40 | 12,30 | 0,00 | 0,00 | 881,2 |
| 1989/90 | 0,00 | 74,40 | 58,40 | 64,20 | 383,80 | 0,00 | 90,00 | 141,00 | 163,60 | 15,30 | 0,00 | 40,00 | 1030,7 |
| 1990/91 | 0,00 | 50,40 | 224,10 | 268,60 | 161,90 | 90,70 | 135,20 | 160,40 | 64,50 | 13,00 | 0,00 | 0,00 | 1168,8 |
| 1991/92 | 0,00 | 159,10 | 56,30 | 52,00 | 26,30 | 81,90 | 63,50 | 111,60 | 45,50 | 13,90 | 132,00 | 5,00 | 747,1 |
| 1992/93 | 3,40 | 94,80 | 120,70 | 149,50 | 119,90 | 66,30 | 119,70 | 89,80 | 52,20 | 13,90 | 0,00 | 0,00 | 830,2 |
| 1993/94 | 23,90 | 17,40 | 21,10 | 54,90 | 42,50 | 151,30 | 4,20 | 73,80 | 40,50 | 11,10 | 0,00 | 0,00 | 440,7 |
| 1994/95 | 21,00 | 68,10 | 28,30 | 72,50 | 219,80 | 9,20 | 46,50 | 44,40 | 20,70 | 35,10 | 0,00 | 0,00 | 565,6 |
| 1995/96 | 28,00 | 26,50 | 93,10 | 95,80 | 66,50 | 82,60 | 176,20 | 89,80 | 166,80 | 29,60 | 0,50 | 8,00 | 863,4 |
| 1996/97 | 27,60 | 55,30 | 0,00 | 30,10 | 144,70 | 56,60 | 44,30 | 49,30 | 12,20 | 6,50 | 0,00 | 6,60 | 433,2 |
| 1997/98 | 121,10 | 91,50 | 160,80 | 230,30 | 73,50 | 44,60 | 78,80 | 53,50 | 61,50 | 8,10 | 0,00 | 14,60 | 938,3 |
| 1998/99 | 17,00 | 115,20 | 81,20 | 158,00 | 88,80 | 136,40 | 76,00 | 17,10 | 29,00 | 8,00 | 8,10 | 5,00 | 739,8 |
| 1999/00 | 0,00 | 8,60 | 231,40 | 98,90 | 63,10 | 64,50 | 118,10 | 33,20 | 134,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 752,3 |
| 2000/01 | 8,10 | 0,00 | 69,50 | 128,80 | 199,70 | 132,90 | 8,50 | 119,00 | 14,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 680,8 |
| p' | 34,30 | 72,76 | 79,20 | 106,76 | 113,65 | 81,68 | 87,94 | 68,90 | 48,86 | 13,66 | 6,38 | 6,77 | 720,8 |
| & | 48,07 | 65,39 | 63,44 | 91,17 | 85,72 | 50,76 | 71,84 | 57,88 | 42,24 | 24,05 | 23,79 | 13,31 | 255,4 |
| CV | 1,40 | 0,90 | 0,80 | 0,85 | 0,75 | 0,62 | 0,82 | 0,84 | 0,86 | 1,76 | 3,73 | 1,97 | 0,35 |

Variations mensuelles et annuelles des précipitations à la station de : Ain El Assel période de (1968/69-2002/03)

| année | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | Tot |
|---------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|---------|------|--------|
| 1968/69 | 47,0 | 15,1 | 99,6 | 133,3 | 139,4 | 52,6 | 55,7 | 47,0 | 9,6 | 10,1 | 19,6 | 37,3 | 666,3 |
| 1969/70 | 107,8 | 165,9 | 33,9 | 310,0 | 95,0 | 82,0 | 116,4 | 73,2 | 50,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 1035,2 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|
| 1970/71 | 4,0 | 91,4 | 12,5 | 306,5 | 128,8 | 163,5 | 121,5 | 82,4 | 52,4 | 5,9 | 6,1 | 0,0 | 975,0 |
| 1971/72 | 124,3 | 116,7 | 33,2 | 30,2 | 157,0 | 93,5 | 95,7 | 130,6 | 42,7 | 30,6 | 2,0 | 9,6 | 866,1 |
| 1972/73 | 98,5 | 67,4 | 4,2 | 100,1 | 255,9 | 133,0 | 261,2 | 60,0 | 1,2 | 18,5 | 0,3 | 5,6 | 1005,9 |
| 1973/74 | 32,1 | 115,1 | 28,5 | 104,5 | 32,7 | 140,6 | 60,4 | 122,1 | 14,6 | 4,2 | 5,3 | 0,8 | 660,9 |
| 1974/75 | 76,2 | 177,9 | 163,6 | 82,8 | 70,1 | 125,8 | 89,3 | 14,5 | 100,0 | 3,7 | 0,0 | 21,6 | 925,5 |
| 1975/76 | 1,8 | 36,5 | 151,0 | 89,2 | 190,2 | 99,3 | 103,8 | 33,1 | 75,6 | 9,4 | 29,9 | 24,9 | 844,7 |
| 1976/77 | 47,7 | 165,0 | 233,1 | 34,8 | 97,8 | 26,6 | 23,0 | 100,1 | 31,9 | 58,1 | 0,0 | 30,9 | 849,0 |
| 1977/78 | 14,5 | 6,9 | 189,0 | 38,8 | 156,6 | 154,6 | 118,8 | 100,6 | 28,8 | 11,7 | 0,0 | 0,0 | 820,3 |
| 1978/79 | 2,0 | 82,0 | 126,8 | 36,6 | 86,4 | 181,2 | 79,8 | 260,0 | 25,8 | 21,6 | 3,9 | 2,3 | 908,4 |
| 1979/80 | 38,5 | 33,6 | 227,1 | 23,2 | 48,1 | 41,1 | 95,8 | 84,5 | 57,0 | 2,2 | 0,0 | 3,4 | 654,5 |
| 1980/81 | 33,0 | 59,9 | 174,5 | 182,5 | 124,1 | 76,3 | 58,9 | 40,0 | 40,1 | 23,4 | 0,0 | 3,8 | 816,5 |
| 1981/82 | 40,4 | 36,5 | 51,0 | 135,6 | 161,2 | 128,5 | 120,5 | 83,3 | 32,9 | 0,0 | 0,0 | 36,1 | 826,0 |
| 1982/83 | 30,3 | 170,5 | 214,2 | 175,2 | 19,4 | 31,5 | 99,9 | 6,3 | 24,8 | 14,9 | 0,0 | 1,2 | 788,2 |
| 1983/84 | 94,5 | 143,5 | 114,2 | 108,2 | 130,1 | 112,5 | 97,9 | 32,3 | 10,7 | 10,6 | 0,3 | 0,0 | 854,8 |
| 1984/85 | 70,8 | 165,8 | 54,7 | 340,4 | 157,2 | 84,1 | 55,9 | 36,2 | 48,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1013,7 |
| 1985/86 | 49,3 | 19,0 | 47,4 | 106,8 | 189,8 | 115,9 | 100,4 | 103,2 | 0,0 | 20,3 | 7,0 | 1,8 | 760,9 |
| 1986/87 | 30,5 | 137,9 | 168,4 | 185,4 | 182,6 | 174,2 | 138,6 | 76,0 | 66,1 | 1,7 | 1,0 | 0,0 | 1162,4 |
| 1987/88 | 14,8 | 28,4 | 150,0 | 22,9 | 111,3 | 84,2 | 124,0 | 16,9 | 24,4 | 31,3 | 0,5 | 0,0 | 608,7 |
| 1988/89 | 65,6 | 20,5 | 78,7 | 139,5 | 37,8 | 61,6 | 44,2 | 133,2 | 9,6 | 22,4 | 0,5 | 0,0 | 613,6 |
| 1989/90 | 35,1 | 77,4 | 102,5 | 54,6 | 84,8 | 10,2 | 48,9 | 71,7 | 70,5 | 8,3 | 0,0 | 0,0 | 564,0 |
| 1990/91 | 0,0 | 35,5 | 174,9 | 309,6 | 180,2 | 94,5 | 119,5 | 53,2 | 30,5 | 3,3 | 0,0 | 4,4 | 1005,6 |
| 1991/92 | 92,3 | 180,4 | 95,5 | 44,5 | 38,4 | 71,1 | 74,1 | 137,1 | 116,5 | 18,1 | 22,3 | 2,5 | 892,8 |
| 1992/93 | 4,6 | 100,1 | 246,7 | 215,7 | 96,3 | 61,8 | 55,5 | 34,5 | 41,3 | 0,8 | 1,1 | 2,1 | 860,5 |
| 1993/94 | 21,0 | 53,1 | 16,6 | 110,5 | 107,2 | 180,8 | 1,0 | 67,6 | 7,9 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 567,7 |
| 1994/95 | 71,4 | 70,7 | 27,2 | 119,0 | 211,9 | 6,9 | 76,6 | 50,7 | 0,0 | 23,2 | 0,0 | 11,0 | 668,6 |
| 1995/96 | 59,0 | 51,3 | 95,3 | 70,4 | 83,2 | 223,0 | 90,8 | 221,5 | 27,3 | 20,9 | 2,5 | 0,0 | 945,2 |
| 1996/97 | 13,1 | 51,1 | 60,4 | 55,0 | 115,6 | 68,2 | 15,0 | 41,0 | 6,0 | 12,7 | 0,0 | 0,0 | 438,1 |
| 1997/98 | 76,7 | 105,1 | 163,3 | 176,7 | 133,0 | 145,2 | 46,5 | 83,5 | 52,2 | 3,9 | 0,0 | 26,1 | 1012,2 |
| 1998/99 | 78,6 | 85,5 | 246,9 | 105,9 | 123,6 | 102,7 | 45,6 | 34,7 | 38,1 | 0,5 | 10,4 | 3,0 | 875,5 |
| 1999/00 | 16,7 | 16,3 | 222,2 | 129,9 | 54,1 | 22,3 | 10,7 | 35,9 | 76,8 | 11,5 | 0,0 | 5,4 | 601,8 |
| 2000/01 | 58,9 | 183,3 | 47,2 | 119,9 | 171,3 | 137,3 | 28,5 | 69,0 | 43,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 858,6 |
| 2001/02 | 51,0 | 1,0 | 73,6 | 93,6 | 29,6 | 53,6 | 56,1 | 61,5 | 3,4 | 2,0 | 10,1 | 53,8 | 489,3 |
| 2002/03 | 39,4 | 66,4 | 273,7 | 256,9 | 240,8 | 155,0 | 34,1 | 118,4 | 40,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1225,6 |
| p' | 46,9 | 83,8 | 120,0 | 130,0 | 121,2 | 99,9 | 79,0 | 77,6 | 37,2 | 11,7 | 3,5 | 8,2 | 818,9 |
| & | 33,1 | 57,4 | 79,5 | 88,1 | 60,6 | 53,9 | 48,3 | 53,9 | 28,2 | 12,4 | 7,1 | 13,6 | 185,4 |
| CV | 0,71 | 0,69 | 0,66 | 0,68 | 0,50 | 0,54 | 0,61 | 0,69 | 0,76 | 1,07 | 2,01 | 1,65 | 0,23 |

Variations mensuelles et annuelles des précipitations à la station de: Bouhadjar période de (1969/1993)

| année | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | Total |
|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|-------|--------|
| 1969/70 | 167,50 | 65,70 | 2,60 | 89,60 | 13,10 | 30,40 | 38,50 | 66,80 | 21,80 | 4,30 | 0,00 | 0,00 | 500,30 |
| 1970/71 | 2,50 | 63,40 | 2,20 | 52,80 | 103,10 | 165,90 | 59,20 | 42,50 | 60,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 551,80 |
| 1971/72 | 151,00 | 104,50 | 9,80 | 0,00 | 218,00 | 54,10 | 82,10 | 168,10 | 28,20 | 0,00 | 0,00 | 15,00 | 830,80 |
| 1972/73 | 87,30 | 42,90 | 0,00 | 79,20 | 169,50 | 91,70 | 283,60 | 39,50 | 0,00 | 31,20 | 0,00 | 0,00 | 824,90 |
| 1973/74 | 34,10 | 68,40 | 10,00 | 84,40 | 46,20 | 95,40 | 52,10 | 90,50 | 14,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 495,10 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1974/75 | 0,30 | 70,30 | 30,30 | 45,40 | 46,20 | 155,10 | 50,50 | 4,20 | 59,20 | 0,00 | 0,00 | 8,60 | 470,10 |
| 1975/76 | 9,80 | 0,00 | 65,20 | 35,80 | 27,70 | 47,30 | 110,90 | 35,30 | 81,30 | 16,10 | 40,90 | 13,40 | 483,70 |
| 1976/77 | 58,30 | 125,60 | 192,00 | 30,30 | 59,90 | 11,20 | 45,60 | 109,00 | 49,10 | 27,00 | 0,00 | 43,80 | 751,80 |
| 1977/78 | 0,00 | 11,70 | 0,00 | 12,50 | 87,80 | 110,30 | 56,10 | 84,90 | 23,70 | 39,40 | 0,00 | 0,00 | 426,40 |
| 1978/79 | 4,50 | 68,20 | 51,00 | 23,30 | 82,60 | 79,20 | 0,00 | 82,70 | 28,10 | 17,40 | 2,00 | 2,60 | 441,60 |
| 1979/80 | 59,00 | 37,80 | 133,30 | 26,60 | 43,70 | 48,40 | 92,50 | 101,00 | 43,20 | 9,50 | 0,00 | 2,30 | 597,30 |
| 1980/81 | 12,70 | 27,20 | 82,10 | 152,60 | 94,90 | 57,40 | 52,30 | 0,00 | 17,10 | 29,20 | 1,50 | 2,50 | 529,50 |
| 1981/82 | 3,50 | 34,30 | 37,70 | 90,10 | 71,90 | 124,70 | 130,60 | 111,40 | 86,90 | 0,00 | 0,00 | 7,70 | 698,80 |
| 1982/83 | 15,60 | 86,20 | 107,10 | 112,50 | 33,40 | 18,80 | 80,10 | 3,80 | 16,70 | 10,90 | 0,40 | 14,90 | 500,40 |
| 1983/84 | 41,90 | 106,70 | 170,00 | 81,90 | 148,90 | 159,30 | 56,70 | 29,50 | 3,50 | 9,90 | 0,00 | 5,70 | 814,00 |
| 1984/85 | 29,40 | 116,40 | 24,20 | 325,00 | 73,00 | 56,60 | 45,70 | 46,90 | 22,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 739,70 |
| 1985/86 | 33,30 | 7,60 | 5,90 | 51,70 | 89,20 | 39,10 | 66,00 | 31,90 | 9,90 | 0,00 | 7,40 | 2,70 | 344,70 |
| 1986/87 | 61,20 | 75,70 | 111,40 | 175,50 | 103,20 | 97,40 | 74,10 | 70,60 | 69,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 838,10 |
| 1987/88 | 6,50 | 16,80 | 74,00 | 4,70 | 75,30 | 42,90 | 59,20 | 12,80 | 34,60 | 75,60 | 0,00 | 0,00 | 402,40 |
| 1988/89 | 32,00 | 3,40 | 50,40 | 90,90 | 25,90 | 51,80 | 45,40 | 75,00 | 13,70 | 6,40 | 0,00 | 71,50 | 466,40 |
| 1989/90 | 1,10 | 56,10 | 53,60 | 41,70 | 63,30 | 0,00 | 27,10 | 28,80 | 76,40 | 6,00 | 1,20 | 5,50 | 360,80 |
| 1990/91 | 0,00 | 3,90 | 0,00 | 92,60 | 28,70 | 51,80 | 52,80 | 24,30 | 20,80 | 4,30 | 0,00 | 8,00 | 287,20 |
| 1991/92 | 19,80 | 65,40 | 47,40 | 24,20 | 16,70 | 53,30 | 25,50 | 143,50 | 96,60 | 2,60 | 3,20 | 0,00 | 498,20 |
| 1992/93 | 0,00 | 52,30 | 118,90 | 154,30 | 62,60 | 0,00 | 55,70 | 59,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 503,60 |
| p' | 34,64 | 54,60 | 57,46 | 78,23 | 74,37 | 68,42 | 68,43 | 60,95 | 36,52 | 12,08 | 2,36 | 8,51 | 556,57 |
| & | 45,30 | 37,12 | 56,03 | 70,97 | 49,41 | 47,81 | 53,29 | 44,42 | 28,97 | 17,83 | 8,37 | 16,43 | 166,02 |
| CV | 1,31 | 0,68 | 0,98 | 0,91 | 0,66 | 0,70 | 0,78 | 0,73 | 0,79 | 1,48 | 3,55 | 1,93 | 0,30 |

Variations mensuelles et annuelles des précipitations à la station de: Boutheldja période (1968/1969-2001/002)

| année | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | Tot |
|---------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|-------|---------|
| 1968/69 | 46,10 | 16,00 | 11,80 | 149,90 | 151,90 | 54,00 | 53,30 | 50,70 | 9,70 | 10,40 | 14,50 | 45,50 | 613,80 |
| 1969/70 | 113,20 | 195,70 | 31,60 | 199,90 | 102,60 | 86,10 | 120,30 | 70,20 | 49,50 | 0,00 | 0,00 | 19,00 | 988,10 |
| 1970/71 | 8,50 | 105,10 | 12,30 | 237,50 | 141,70 | 181,50 | 123,90 | 90,60 | 52,90 | 6,00 | 3,50 | 0,00 | 963,50 |
| 1971/72 | 136,70 | 138,90 | 32,80 | 36,80 | 136,40 | 77,40 | 101,00 | 96,60 | 51,70 | 41,70 | 48,20 | 1,00 | 899,20 |
| 1972/73 | 107,00 | 79,50 | 4,10 | 128,10 | 308,40 | 148,90 | 300,40 | 67,80 | 1,10 | 20,70 | 0,20 | 5,70 | 1171,90 |
| 1973/74 | 31,50 | 143,70 | 28,20 | 140,30 | 36,60 | 163,10 | 61,60 | 150,20 | 13,70 | 4,50 | 2,70 | 2,70 | 778,80 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|---------|
| 1974/75 | 28,40 | 55,30 | 75,00 | 114,30 | 81,30 | 107,40 | 77,60 | 2,30 | 88,20 | 3,90 | 0,00 | 28,30 | 662,00 |
| 1975/76 | 45,30 | 136,30 | 200,50 | 42,40 | 108,20 | 114,20 | 140,90 | 38,10 | 75,60 | 10,30 | 85,20 | 40,60 | 1037,60 |
| 1976/77 | 47,70 | 250,80 | 210,40 | 45,20 | 64,70 | 29,90 | 13,30 | 10,30 | 45,40 | 26,50 | 6,20 | 22,40 | 772,80 |
| 1977/78 | 28,70 | 12,60 | 137,60 | 20,20 | 113,80 | 136,30 | 86,10 | 76,50 | 29,00 | 4,30 | 0,00 | 0,00 | 645,10 |
| 1978/79 | 50,50 | 44,50 | 160,20 | 25,40 | 48,20 | 195,00 | 95,70 | 227,30 | 24,30 | 11,30 | 7,50 | 2,90 | 892,80 |
| 1979/80 | 45,40 | 68,50 | 202,30 | 29,00 | 38,50 | 46,90 | 49,10 | 103,10 | 56,80 | 21,90 | 0,00 | 4,70 | 666,20 |
| 1980/81 | 39,50 | 68,50 | 126,90 | 154,60 | 80,00 | 64,00 | 36,20 | 57,00 | 30,20 | 23,70 | 0,00 | 5,50 | 686,10 |
| 1981/82 | 20,50 | 39,20 | 187,90 | 177,60 | 144,90 | 114,20 | 94,70 | 83,10 | 59,70 | 0,00 | 0,00 | 26,50 | 948,30 |
| 1982/83 | 60,60 | 123,50 | 18,90 | 114,10 | 14,10 | 29,90 | 70,50 | 5,40 | 12,60 | 4,70 | 0,00 | 0,00 | 454,30 |
| 1983/84 | 60,60 | 120,50 | 44,30 | 102,80 | 158,70 | 111,40 | 72,60 | 44,10 | 23,00 | 1,30 | 0,00 | 0,00 | 739,30 |
| 1984/85 | 90,30 | 23,00 | 39,50 | 207,70 | 193,80 | 7,70 | 83,00 | 24,20 | 62,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 731,30 |
| 1985/86 | 25,30 | 115,30 | 111,40 | 214,50 | 154,60 | 69,20 | 96,20 | 50,70 | 1,00 | 7,90 | 0,00 | 2,30 | 848,40 |
| 1986/87 | 16,50 | 37,30 | 262,90 | 25,10 | 179,10 | 130,00 | 48,80 | 64,20 | 68,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 832,50 |
| 1987/88 | 23,20 | 30,60 | 71,70 | 119,10 | 87,50 | 74,00 | 101,10 | 14,70 | 161,00 | 20,90 | 0,00 | 0,00 | 703,80 |
| 1988/89 | 9,40 | 170,60 | 95,80 | 95,90 | 49,50 | 42,60 | 100,50 | 134,80 | 9,90 | 73,40 | 0,00 | 0,00 | 782,40 |
| 1989/90 | 131,30 | 3,00 | 98,30 | 68,00 | 165,70 | 8,90 | 49,90 | 81,60 | 71,20 | 8,50 | 0,00 | 0,00 | 686,40 |
| 1990/91 | 0,00 | 43,70 | 202,90 | 495,40 | 160,50 | 110,60 | 132,60 | 70,40 | 28,40 | 3,40 | 0,00 | 6,80 | 1254,70 |
| 1991/92 | 102,70 | 199,50 | 105,00 | 48,90 | 42,20 | 78,50 | 81,50 | 145,80 | 128,40 | 19,90 | 24,70 | 2,70 | 979,80 |
| 1992/93 | 0,7 | 60,2 | 239,8 | 118,1 | 104 | 70,45 | 52,7 | 53,3 | 57,5 | 5,0 | 0 | 1,6 | 763,35 |
| 1993/94 | 10,3 | 119,1 | 22,4 | 115,2 | 134,2 | 186 | 4,9 | 104,8 | 9,4 | 2,8 | 0 | 10 | 719,10 |
| 1994/95 | 49,8 | 48,5 | 18,3 | 113,1 | 225,1 | 95,2 | 60,1 | 46,5 | 0 | 8 | 0 | 17,8 | 682,40 |
| 1995/96 | 75,7 | 83,3 | 82 | 81,6 | 130,2 | 216 | 114 | 132,9 | 0 | 13,7 | 5,6 | 7,8 | 942,80 |
| 1996/97 | 18,8 | 73,9 | 31,7 | 92,2 | 109,3 | 30,6 | 10,3 | 44,8 | 11,4 | 20,4 | 0 | 0 | 443,40 |
| 1997/98 | 107,7 | 104,7 | 165 | 189,7 | 95,2 | 70,3 | 33,2 | 42,4 | 48,6 | 0 | 0 | 23,3 | 880,10 |
| 1998/99 | 73,8 | 54,4 | 250 | 68,9 | 136,3 | 84 | 42,8 | 46,6 | 25,5 | 0,7 | 9,2 | 0 | 792,20 |
| 1999/00 | 16,9 | 19,68 | 233 | 128,6 | 63,5 | 25,5 | 42,2 | 28,6 | 118,4 | 8,7 | 0 | 2,1 | 687,18 |
| 2000/01 | 35,2 | 151,3 | 39,2 | 120,2 | 131 | 109,7 | 32,8 | 15,7 | 30,7 | 0 | 6,2 | 34,4 | 706,40 |
| 2001/02 | 40,4 | 3,8 | 114,4 | 90,6 | 17,3 | 59,5 | 66,7 | 40,9 | 4 | 0 | 0 | 0 | 437,60 |
| p' | 49,95 | 86,48 | 107,89 | 120,91 | 114,97 | 92,03 | 77,96 | 68,12 | 42,93 | 11,31 | 6,29 | 9,22 | 788,05 |
| & | 37,97 | 61,71 | 81,79 | 88,38 | 62,16 | 54,15 | 52,56 | 48,35 | 38,69 | 14,73 | 16,81 | 12,98 | 184,53 |
| CV | 0,76 | 0,71 | 0,76 | 0,73 | 0,54 | 0,59 | 0,67 | 0,71 | 0,90 | 1,30 | 2,67 | 1,41 | 0,23 |

Débit moyen mensuel à la station de cheffia barrage 1976/77-2002/2003 Q 3/s/mois
calculer à partir des apports moyens mensuels

| année | | | | | | | | Qmoyen | | | | | App moy | |
|---------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------|------|---------|--------|
| | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | annuel | annuel |
| 1976/77 | 0,14 | 2,36 | 24,02 | 0,00 | 2,51 | 1,04 | 0,34 | 4,63 | 1,74 | 0,46 | 0,10 | 0,18 | 3,13 | 98,60 |
| 1977/78 | 0,60 | 0,38 | 1,06 | 0,32 | 3,65 | 20,12 | 2,09 | 9,41 | 0,61 | 0,49 | 0,60 | 0,36 | 3,31 | 104,30 |
| 1978/79 | 0,67 | 1,20 | 1,64 | 1,33 | 0,82 | 3,45 | 2,43 | 21,60 | 2,40 | 1,01 | 1,23 | 1,09 | 3,24 | 102,19 |
| 1979/80 | 1,43 | 0,80 | 10,42 | 2,37 | 1,29 | 1,33 | 7,07 | 3,09 | 1,71 | 1,07 | 1,22 | 1,19 | 2,75 | 86,93 |
| 1980/81 | 0,98 | 0,29 | 0,44 | 5,68 | 10,64 | 9,12 | 2,68 | 1,58 | 1,01 | 1,18 | 1,34 | 1,30 | 3,02 | 95,22 |
| 1981/82 | 1,08 | 0,79 | 0,28 | 1,10 | 2,74 | 9,81 | 13,64 | 6,52 | 3,69 | 0,54 | 1,27 | 1,32 | 3,57 | 112,48 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|--------|
| 1982/83 | 0,56 | 1,10 | 3,40 | 11,90 | 2,71 | 1,00 | 5,13 | 1,95 | 1,30 | 0,97 | 1,00 | 0,36 | 2,61 | 82,45 |
| 1983/84 | 0,27 | 0,13 | 7,12 | 5,30 | 26,92 | 39,50 | 11,01 | 1,95 | 0,98 | 1,40 | 1,52 | 1,31 | 8,12 | 256,69 |
| 1984/85 | 0,71 | 0,91 | 0,22 | 32,29 | 33,28 | 6,25 | 4,29 | 2,10 | 0,87 | 1,48 | 1,77 | 1,45 | 7,13 | 224,98 |
| 1985/86 | 1,44 | 0,78 | 0,39 | 0,22 | 1,89 | 2,28 | 7,36 | 0,60 | 1,65 | 1,77 | 1,68 | 0,97 | 1,75 | 55,26 |
| 1986/87 | 1,14 | 1,14 | 6,85 | 22,67 | 14,11 | 46,56 | 14,89 | 17,94 | 1,37 | 1,12 | 1,93 | 0,00 | 10,81 | 340,87 |
| 1987/88 | 1,65 | 0,28 | 0,23 | 0,09 | 0,95 | 1,04 | 3,62 | 0,34 | 0,24 | 0,21 | 0,46 | 0,34 | 0,79 | 24,93 |
| 1988/89 | 0,54 | 0,03 | 0,07 | 1,32 | 0,45 | 2,04 | 1,19 | 0,54 | 0,67 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,58 | 18,15 |
| 1989/90 | 0,02 | 0,11 | 0,07 | 0,28 | 3,00 | 0,25 | 0,30 | 0,19 | 2,77 | 0,09 | 0,00 | 0,16 | 0,60 | 19,00 |
| 1990/91 | 0,01 | 0,02 | 4,57 | 15,89 | 9,09 | 8,74 | 16,88 | 8,56 | 1,60 | 1,06 | 0,88 | 0,99 | 5,69 | 179,43 |
| 1991/92 | 0,76 | 1,11 | 0,62 | 0,20 | 0,64 | 2,44 | 4,07 | 19,83 | 17,53 | 0,57 | 0,59 | 1,41 | 4,15 | 131,17 |
| 1992/93 | 1,01 | 1,06 | 1,59 | 6,77 | 13,20 | 0,54 | 3,71 | 0,32 | 2,38 | 1,01 | 1,52 | 1,24 | 2,86 | 90,27 |
| 1993/94 | 0,22 | 0,06 | 0,02 | 0,96 | 3,51 | 17,34 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 1,09 | 0,67 | 0,09 | 2,17 | 68,49 |
| 1994/95 | 0,18 | 0,17 | 0,04 | 0,42 | 14,86 | 0,43 | 5,59 | 0,16 | 0,19 | 0,73 | 1,07 | 0,74 | 2,05 | 64,60 |
| 1995/96 | 0,69 | 0,39 | 0,33 | 0,24 | 2,32 | 27,42 | 13,99 | 12,08 | 6,65 | 0,48 | 0,19 | 0,18 | 5,41 | 171,20 |
| 1996/97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 1,99 | 1,23 | 0,69 | 0,30 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,38 | 12,02 |
| 1997/98 | 0,34 | 1,01 | 5,77 | 16,24 | 10,34 | 7,55 | 4,22 | 2,61 | 1,39 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 4,14 | 130,64 |
| 1998/99 | 0,81 | 0,16 | 11,15 | 5,69 | 25,76 | 23,82 | 3,27 | 1,97 | 0,88 | 0,08 | 0,15 | 0,09 | 6,15 | 194,01 |
| 1999/00 | 0,08 | 0,19 | 1,15 | 8,25 | 2,55 | 1,98 | 0,49 | 0,21 | 11,93 | 0,21 | 0,12 | 0,31 | 2,29 | 72,39 |
| 2000/01 | 0,19 | 0,83 | 0,17 | 1,03 | 10,52 | 21,94 | 0,81 | 1,02 | 1,15 | 0,14 | 0,09 | 0,18 | 3,17 | 100,05 |
| 2001/02 | 0,32 | 0,11 | 0,12 | 0,24 | 0,25 | 0,31 | 0,46 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,19 | 5,85 |
| 2002/03 | 0,18 | 0,12 | 10,90 | 14,25 | 49,26 | 26,84 | 8,67 | 35,84 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 12,18 | 384,06 |
| Moyenne | 0,59 | 0,57 | 3,43 | 5,75 | 9,23 | 10,53 | 5,18 | 5,80 | 2,41 | 0,64 | 0,72 | 0,58 | 3,79 | 119,49 |
| écarttype | 0,47 | 0,54 | 5,38 | 8,04 | 11,72 | 12,69 | 4,84 | 8,54 | 3,81 | 0,52 | 0,64 | 0,53 | 2,94 | 92,70 |
| CV | 0,79 | 0,95 | 1,57 | 1,40 | 1,27 | 1,21 | 0,93 | 1,47 | 1,58 | 0,82 | 0,89 | 0,91 | 0,78 | 0,78 |
| CMD | 0,16 | 0,15 | 0,91 | 1,52 | 2,44 | 2,78 | 1,37 | 1,53 | 0,64 | 0,17 | 0,19 | 0,15 | | |
| Appmen | 1,54 | 1,54 | 8,89 | 15,39 | 24,73 | 25,48 | 13,88 | 15,03 | 6,46 | 1,65 | 1,93 | 1,55 | 118,07 | |

Débit moyen mensuel à la station de Ain El Assel 1968/69-1996/1997 Q m3/s/mois

| calculer à partir des apports moyens mensuels | | | | | | | | | | | | | Qmoyen annuel | App moy |
|---|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------|------|------------------|---------|
| année | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | juin | juillet | Aout | Qm3/S | Annuel |
| 1968/69 | 0,01 | 0,00 | 0,19 | 4,65 | 16,83 | 5,33 | 3,07 | 5,70 | 1,10 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 3,08 | 97,16 |
| 1969/70 | 4,75 | 11,00 | 1,22 | 58,53 | 11,86 | 11,33 | 22,59 | 5,19 | 1,72 | 0,21 | 0,03 | 0,01 | 10,70 | 337,55 |
| 1970/71 | 0,01 | 0,63 | 0,12 | 10,86 | 15,80 | 29,29 | 16,97 | 26,30 | 1,94 | 0,37 | 0,06 | 0,01 | 8,53 | 268,98 |
| 1971/72 | 0,12 | 2,90 | 0,53 | 1,05 | 18,40 | 17,37 | 8,33 | 25,96 | 7,29 | 0,76 | 3,12 | 0,03 | 7,15 | 226,25 |
| 1972/73 | 0,15 | 0,26 | 0,16 | 1,10 | 35,64 | 22,93 | 70,31 | 11,36 | 1,49 | 0,25 | 0,03 | 0,01 | 11,97 | 377,59 |
| 1973/74 | 0,05 | 2,21 | 0,45 | 3,69 | 0,89 | 6,51 | 5,59 | 11,96 | 1,28 | 0,13 | 0,02 | 0,00 | 2,73 | 86,17 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|--------|
| 1974/75 | 0,17 | 0,82 | 20,22 | 8,48 | 8,40 | 27,02 | 7,28 | 4,20 | 4,99 | 0,33 | 0,06 | 0,01 | 6,83 | 215,39 |
| 1975/76 | 0,00 | 0,00 | 1,66 | 4,03 | 4,73 | 8,31 | 18,83 | 1,88 | 15,14 | 0,78 | 0,63 | 0,04 | 4,67 | 147,64 |
| 1976/77 | 0,09 | 2,54 | 26,40 | 5,82 | 10,71 | 4,15 | 1,28 | 8,21 | 1,29 | 0,66 | 0,05 | 0,01 | 5,10 | 160,85 |
| 1977/78 | 0,00 | 0,00 | 3,12 | 1,06 | 11,74 | 39,79 | 6,52 | 15,62 | 1,61 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 6,63 | 208,97 |
| 1978/79 | 0,00 | 0,39 | 1,65 | 2,15 | 4,24 | 21,16 | 7,95 | 38,11 | 3,77 | 0,47 | 0,07 | 0,01 | 6,66 | 210,15 |
| 1979/80 | 0,04 | 0,11 | 15,11 | 0,85 | 3,17 | 4,61 | 12,60 | 8,02 | 4,72 | 0,73 | 0,10 | 0,01 | 4,17 | 131,95 |
| 1980/81 | 0,00 | 0,45 | 2,77 | 19,49 | 20,31 | 12,20 | 2,99 | 2,78 | 0,84 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 5,16 | 162,73 |
| 1981/82 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 2,94 | 12,25 | 19,88 | 19,86 | 10,59 | 4,08 | 0,36 | 0,01 | 0,00 | 5,83 | 183,94 |
| 1982/83 | 0,00 | 4,90 | 16,77 | 28,69 | 8,44 | 1,75 | 12,32 | 3,32 | 0,54 | 0,11 | 0,01 | 0,00 | 6,40 | 201,97 |
| 1983/84 | 0,62 | 1,10 | 15,11 | 12,16 | 30,32 | 37,55 | 25,64 | 4,78 | 0,27 | 0,10 | 0,01 | 0,00 | 10,64 | 336,40 |
| 1984/85 | 0,21 | 1,18 | 1,29 | 51,24 | 42,06 | 7,44 | 4,78 | 1,96 | 1,32 | 0,18 | 0,02 | 0,01 | 9,31 | 293,48 |
| 1985/86 | 0,05 | 0,02 | 0,15 | 0,74 | 12,25 | 15,87 | 9,51 | 2,85 | 3,64 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 3,77 | 118,81 |
| 1986/87 | 0,38 | 2,51 | 11,48 | 31,39 | 35,64 | 53,54 | 18,19 | 23,17 | 2,38 | 0,63 | 0,05 | 0,00 | 14,95 | 471,39 |
| 1987/88 | 0,00 | 0,00 | 2,09 | 0,74 | 4,38 | 5,59 | 20,88 | 0,71 | 0,21 | 0,12 | 0,01 | 0,00 | 2,89 | 91,52 |
| 1988/89 | 0,18 | 0,00 | 0,24 | 3,62 | 1,02 | 2,17 | 3,88 | 3,52 | 2,07 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 1,40 | 44,27 |
| 1989/90 | 0,00 | 1,03 | 0,81 | 1,43 | 3,20 | 0,66 | 0,63 | 0,64 | 1,37 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,82 | 25,82 |
| 1990/91 | 0,01 | 0,00 | 12,10 | 45,44 | 31,01 | 29,82 | 29,58 | 12,44 | 1,09 | 0,25 | 0,01 | 0,00 | 13,48 | 425,07 |
| 1991/92 | 0,20 | 4,52 | 6,33 | 3,32 | 1,71 | 6,37 | 7,83 | 30,72 | 14,93 | 0,98 | 0,20 | 0,00 | 6,43 | 203,23 |
| 1992/93 | 0,00 | 0,82 | 7,86 | 17,14 | 29,59 | 2,67 | 5,21 | 1,20 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,43 | 171,20 |
| 1993/94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 7,43 | 36,44 | 0,81 | 1,21 | 0,28 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 3,87 | 122,19 |
| 1994/95 | 0,03 | 0,37 | 0,10 | 1,82 | 24,82 | 1,01 | 5,37 | 0,65 | 0,16 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 2,88 | 90,83 |
| 1995/96 | 0,62 | 0,70 | 2,11 | 1,34 | 4,28 | 42,30 | 32,03 | 22,04 | 28,41 | 1,39 | 0,00 | 0,00 | 11,27 | 356,33 |
| 1996/97 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,81 | 13,02 | 0,76 | 0,83 | 1,26 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 1,41 | 44,31 |
| Moyenne | 0,27 | 1,33 | 5,18 | 11,18 | 14,20 | 16,76 | 13,16 | 9,86 | 3,79 | 0,33 | 0,16 | 0,01 | 6,35 | 200,42 |
| Ecart type | 0,86 | 2,25 | 7,15 | 16,03 | 11,90 | 14,38 | 13,93 | 10,22 | 5,94 | 0,33 | 0,57 | 0,01 | 3,64 | 114,85 |
| CV | 3,25 | 1,69 | 1,38 | 1,43 | 0,84 | 0,86 | 1,06 | 1,04 | 1,57 | 1,01 | 3,60 | 1,49 | 0,57 | 0,57 |
| CMD | 0,04 | 0,21 | 0,82 | 1,76 | 2,24 | 2,64 | 2,07 | 1,55 | 0,60 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | | |
| Appmen | 0,69 | 3,56 | 13,41 | 29,93 | 38,04 | 40,55 | 35,24 | 25,56 | 10,14 | 0,86 | 0,43 | 0,02 | 198,42 | |

Impact des effectifs dans le bassin versant

Tableau n° Evolution des effectifs par commune (nombre de têtes)

| Commune | Bovins | | Ovins | | Caprins | | Matériel agricole | |
|------------|--------|------|-------|------|---------|------|-------------------|------|
| | 1998 | 2002 | 1998 | 1998 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 |
| El Tarf | 2800 | 2700 | 1800 | 1900 | 800 | 800 | 45 | 87 |
| A.El Assel | 1700 | 1912 | 2000 | 1850 | 1000 | 1100 | 58 | 84 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|-------|--------|--------|-------|-------|------|------|--|
| Bougous | 3100 | 4000 | 10000 | 12000 | 2900 | 3800 | 7 | 9 | |
| Zitouna | 5000 | 5600 | 11700 | 14950 | 3200 | 5100 | 22 | 19 | |
| El Kala | 3200 | 3950 | 1780 | 2550 | 600 | 850 | 30 | 34 | |
| Souarekh | 1800 | 3800 | 1000 | 3266 | 800 | 2040 | 23 | 27 | |
| R.Souk | 3000 | 2532 | 1690 | 1675 | 400 | 470 | 57 | 40 | |
| El.Aioun | 2000 | 1336 | 2800 | 2150 | 2200 | 840 | 9 | 11 | |
| Boutheldja | 4500 | 3400 | 4200 | 4200 | 1700 | 2000 | 67 | 135 | |
| Cheffia | 7000 | 5533 | 8100 | 8100 | 1600 | 6000 | 101 | 57 | |
| Lac.des Oiseaux | 4000 | 7000 | 5200 | 5200 | 1400 | 1500 | 113 | 160 | |
| Bouhadjar | 3200 | 3950 | 4910 | 5270 | 5740 | 6000 | 45 | 49 | |
| O.Zitoun | 3000 | 5440 | 5310 | 6130 | 3110 | 4300 | 21 | 21 | |
| A.ElKarma | 4450 | 3650 | 4610 | 5420 | 3610 | 4350 | 45 | 32 | |
| H.BeniSalah | 4900 | 5157 | 3160 | 4380 | 4450 | 4600 | 26 | 17 | |
| Besbes | 2200 | 1900 | 6510 | 6850 | 500 | 500 | 200 | 350 | |
| Zerizer | 1100 | 1929 | 3680 | 3676 | 700 | 1010 | 40 | 41 | |
| Asfour | 2290 | 2166 | 2900 | 2900 | 960 | 920 | 100 | 119 | |
| Dréan | 950 | 860 | 1300 | 3000 | 200 | 500 | 52 | 74 | |
| Chebaita | 350 | 672 | 2530 | 2300 | 100 | 400 | 53 | 86 | |
| Chihani | 920 | 1141 | 1170 | 1370 | 120 | 285 | 70 | 80 | |
| B.M'hidi | 5540 | 4814 | 2250 | 5480 | 200 | 350 | 90 | 231 | |
| Chatt | 1780 | 1934 | 4000 | 3620 | 300 | 300 | 62 | 187 | |
| Berrihane | 6620 | 6010 | 4000 | 3090 | 400 | 480 | 104 | 95 | |
| Total Bassin | 75400 | 81394 | 100000 | 111287 | 36000 | 48495 | 1440 | 2049 | |
| Total Bassin | En 2002= $241176 / 2891.75 \text{ km}^2 = 83.40 \text{ tête/ km}^2$ | | | | | | | | |

Il ressort du tableau que l'impact est de 0.83 % tête /ha (superficie totale = 289175 ha)ce qui reste insignifiant. Alors que par rapport à la superficie forestière l'impact est de $241176 / 166311 \text{ ha} = 1.45 \text{ % tête /ha}$.

Tableau récapitulatif

| Commune | Eltarf | | Ain El Assel | | Bougous | | Zitouna | | El Kala | | Souarehk | |
|------------------------|--------|------|--------------|------|---------|------|---------|------|---------|------|----------|------|
| | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 |
| S. A.U | 1860 | 2112 | 1780 | 2032 | 860 | 860 | 1224 | 1409 | 1040 | 1040 | 540 | 540 |
| Terres nues en sec | 1660 | 1212 | 1480 | 1732 | 840 | 840 | 1224 | 1409 | 855 | 855 | 490 | 490 |
| Terres nues irrigables | 200 | 200 | 300 | 300 | 20 | 20 | 00 | 00 | 185 | 185 | 50 | 50 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|-------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|------|
| Plantations en sec | 212 | 254.5 | 92 | 180 | 122 | 195 | 52 | 300 | 36 | 62.5 | 0 | 0 |
| Plantations en irrigué | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Prairies naturelles en sec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sup. céréalière en irrigués | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sup céréalières en sec | 340 | 590 | 200 | 250 | 150 | 95 | 35 | 75 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| Sup. en jachère | 600 | 750 | 530 | 680 | 440 | 540 | 970 | 1070 | 470 | 570 | 230 | 400 |
| Pacage et parcours | 352 | 100 | 352 | 100 | 500 | 500 | 911 | 726 | 400 | 400 | 300 | 300 |
| Terres improductives | 20 | 20 | 50 | 50 | 40 | 40 | 65 | 65 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Terres forestières | 7361 | 7361 | 6508 | 6508 | 1614 0 | 1614 0 | 1268 5 | 1268 5 | 2018 4 | 2018 4 | 6756 | 6756 |
| Exploitations agricoles : | | | | | | | | | | | | |
| E.A.I | 96 | 96 | 218 | 218 | 18 | 18 | 41 | 41 | 116 | 116 | 44 | 44 |
| E.A.C | 32 | 36 | 23 | 23 | 0 | 0 | 8 | 8 | 37 | 37 | 10 | 10 |
| Fermes pilotes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Concessions | 0 | 40 | 0 | 57 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Exploitations privées | 112 | 112 | 616 | 616 | 111 | 111 | 111 | 111 | 453 | 453 | 127 | 127 |
| Autres | 250 | 210 | 92 | 35 | 212 | 212 | 595 | 572 | 52 | 52 | 75 | 75 |

Tableau récapitulatif

| Commune | R.souk | | El Aioun | | Boutheldja | | Cheffia | | Lac des Oiseaux | | Bouhadjar | |
|--------------------|--------|------|----------|------|------------|------|---------|------|-----------------|------|-----------|------|
| Information | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 |
| S. A.U | 800 | 800 | 700 | 700 | 3000 | 3000 | 4568 | 4734 | 4400 | 4400 | 4600 | 4600 |
| Terres nues en sec | 795 | 795 | 685 | 685 | 2870 | 2870 | 4283 | 4449 | 4250 | 4250 | 4500 | 4500 |
| Terres nues | 5 | 5 | 15 | 15 | 130 | 130 | 285 | 285 | 150 | 150 | 100 | 100 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| irrigables | | | | | | | | | | | | |
| Plantations en sec | 10 | 77 | 3 | 44 | 379 | 351 | 52 | 9568 | 29.5 | 35 | 205 | 236 |
| Plantations en irrigué | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Prairies naturelles en sec | 400 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 100 | 2300 | 2000 | 0 | 0 |
| Sup. céréalière en irrigués | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sup céréalières en sec | 20 | 0 | 0 | 0 | 300 | 490 | 1245 | 1150 | 250 | 1040 | 1930 | 2150 |
| Sup. en jachère | 575 | 600 | 525 | 600 | 700 | 850 | 750 | 950 | 860 | 980 | 1330 | 1470 |
| Pacage et parcours | 350 | 350 | 450 | 450 | 400 | 400 | 1162 | 996 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Terres improductives | 50 | 50 | 50 | 50 | 100 | 100 | 50 | 50 | 100 | 100 | 50 | 50 |
| Terres forestières | 3700 | 3700 | 3159 | 3159 | 7500 | 7500 | 12858 | 12858 | 2691 | 2691 | 3230 | 3230 |
| Exploitations agricoles : | 97 | 97 | 31 | 31 | 33 | 33 | 22 | 22 | 2 | 2 | 23 | 23 |
| | 10 | 10 | 4 | 4 | 32 | 32 | 24 | 24 | 19 | 19 | 29 | 29 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 71 | 120 | 120 | 0 | 0 |
| Concessions | 112 | 112 | 106 | 106 | 150 | 150 | 300 | 300 | 331 | 331 | 270 | 270 |
| Exploitations privées | | | | | | | | | | | | |
| Autres | 39 | 39 | 118 | 118 | 194 | 194 | 340 | 269 | 0 | 0 | 240 | 240 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

Tableau récapitulatif

| Commune | O.Zitoun | | A.Karma | | H.BeniSalah | | Besbes | | Zérizer | | Asfour | |
|-----------------------------|----------|------|---------|------|-------------|------|--------|------|---------|------|--------|------|
| | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 |
| Information | 1660 | 2010 | 4515 | 4515 | 2600 | 2600 | 8400 | 8400 | 1060 | 1060 | 1700 | 1700 |
| S. A.U | 1660 | 2010 | 4515 | 4515 | 2600 | 2600 | 8400 | 8400 | 1060 | 1060 | 1700 | 1700 |
| Terres nues en sec | 1920 | 2000 | 4505 | 4505 | 2590 | 2590 | 3200 | 3200 | 260 | 260 | 500 | 500 |
| Terres nues irrigables | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5200 | 5200 | 800 | 800 | 1200 | 1200 |
| Plantations en sec | 133 | 156 | 64 | 61 | 115 | 133 | 114 | 510 | 147 | 159 | 307 | 308 |
| Plantations en irrigué | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 654 | 592 | 47 | 47 | 237 | 240 |
| Prairies naturelles en sec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sup. céréalière en irrigués | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sup céréalières en sec | 850 | 850 | 1000 | 1150 | 840 | 650 | 3200 | 3050 | 0 | 481 | 0 | 225 |
| Sup. en jachère | 1030 | 1150 | 1200 | 1400 | 850 | 1100 | 150 | 300 | 425 | 550 | 530 | 630 |
| Pacage et parcours | 450 | 440 | 285 | 285 | 350 | 350 | 50 | 50 | 0 | 0 | 200 | 200 |
| Terres improductives | 50 | 50 | 70 | 70 | 50 | 50 | 50 | 50 | 40 | 40 | 50 | 50 |
| Terres forestières | 1923 | 1923 | 5853 | 5853 | 1570 | 1570 | 3400 | 3400 | 1194 | 1194 | 7948 | 7948 |
| Exploitations agricoles : | | | | | | | | | | | | |
| E.A.I | 14 | 14 | 2 | 2 | 25 | 25 | 140 | 140 | 45 | 45 | 28 | 28 |
| E.A.C | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 238 | 238 | 55 | 55 | 20 | 20 |
| Fermes pilotes | 0 | 00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| Concessions | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 220 | 220 | 170 | 170 | 90 | 90 | 63 | 63 | 17 | 17 | 60 | 60 |
| Exploitations privées | 130 | 109 | 230 | 230 | 160 | 160 | 160 | 160 | 22 | 22 | 35 | 35 |
| Autres | | | | | | | | | | | | |

Tableau récapitulatif

| Commune | Dréan | | Chébaït a | | Chihani | | B.Mhidi | | Chatt | | Berrihane | | Total Wilaya | |
|-----------------------------|-------|------|--------------|------|---------|------|---------|------|-------|------|-----------|------|--------------|-------|
| | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 | 1998 | 2002 |
| S. A.U | 3477 | 4239 | 3800 | 3800 | 2000 | 2000 | 5850 | 5850 | 5100 | 5100 | 4765 | 4765 | 70639 | 72266 |
| Terres Nues en sec | 1977 | 2739 | 2200 | 2200 | 1850 | 1850 | 3450 | 3450 | 2300 | 2300 | 4765 | 4765 | 53519 | 55146 |
| Terres Nues Irrigables | 1500 | 1500 | 1600 | 1600 | 1500 | 1500 | 2400 | 2400 | 2800 | 2800 | 0 | 0 | 17120 | 17120 |
| Plantations En sec | 43 | 145 | 36 | 72 | 230 | 296 | 122 | 195 | 122 | 133 | 26 | 31 | 2703 | 4120 |
| Plantations en irrigué | 150 | 139 | 313 | 281 | 147 | 135 | 68 | 99 | 184 | 296 | / | 01 | 1800 | 1840 |
| Prairies naturelles en sec | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 2000 | 1500 | 1100 | 1100 | 2200 | 2000 | 8300 | 7000 |
| Sup. céréalière en irrigués | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sup céréalières | 1200 | 2100 | 1300 | 1750 | 320 | 330 | 250 | 1450 | 730 | 2312 | 40 | 390 | 14200 | 20590 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| en sec | | | | | | | | | | | | | | |
| Sup. en jachère | 300 | 460 | 260 | 350 | 600 | 700 | 1175 | 1300 | 1400 | 1400 | 2100 | 2200 | 18000 | 21000 |
| Pacage et parcours | 862 | 1000 | 0 | 0 | 450 | 450 | 2300 | 2300 | 50 | 50 | 500 | 500 | 11274 | 9649 |
| Terres improductives | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 100 | 100 | 50 | 50 | 35 | 35 | 1340 | 1340 |
| Terres forestières | 0 | 0 | 0 | 0 | 11840 | 11840 | 3356 | 3356 | 315 | 315 | 12007 | 12007 | 166311 | 166311 |
| Exploitations agricoles : E.A.I | 87 | 87 | 38 | 38 | 59 | 59 | 157 | 157 | 179 | 179 | 24 | 24 | 1539 | 1539 |
| | 96 | 96 | 123 | 123 | 36 | 36 | 141 | 141 | 230 | 230 | 35 | 35 | 1207 | 1207 |
| E.A.C | 0 | 0 | / | / | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 |
| Fermes pilotes | 0 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 345 |
| Concessions | | | | | | | | | | | | | | |
| Exploitations Privées | 25 | 25 | 44 | 44 | 208 | 208 | 1040 | 1040 | 8 | 8 | 592 | 592 | 5125 | 5125 |
| Autres | 125 | 19 | 19 | 19 | 19 | 235 | 177 | 19 | 19 | 216 | 216 | 3908 | 3908 | 3563 |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

Evolutions des productions par filières durant sept ans dans le bassin versant de la Mafragh

| Produits | 1995/1996 | | 1996/1997 | | 1997/1998 | | 1998/1999 | | 1999/2000 | | 2 |
|----------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|----------|
| | Sup (ha) | Prod (qx) | Sup (ha) | Prod (qx) | Sup (ha) | Prod (qx) | Sup (ha) | Prod (qx) | Sup (ha) | Prod (qx) | Sup (ha) |
| Céréales | 20.700 | 230.000 | 20.650 | 344.000 | 14.200 | 210.000 | 14.320 | 182.000 | 15.500 | 260.000 | 21.92 |
| D'hiver | | | | | | | | | | | |
| Dont collecte | 129.200 | | 164.700 | | 90.000 | | 70.010 | | 200.579 | | |
| Cultures industrielles | 8.300 | 1.212.000 | 10.500 | 1.532.500 | 12.240 | 1.486.000 | 15.050 | 2.000.000 | 10.640 | 1.341.000 | 9.95 |
| dont tomates | 6.500 | 1.200.000 | 8.500 | 1.532.000 | 9.000 | 1.458.000 | 11.640 | 1.458.000 | 7.300 | 1.324.000 | 6.86 |
| dont D.C.T | 223.000 | | 230.000 | | 224.500 | | 327.280 | | 229.200 | | |
| Cultures Maraîchères | 8.000 | 540.000 | 5.650 | 438.000 | 7.500 | 6.607 | 5.890 | 712.000 | 6.607 | 788.888 | 8.00 |
| Dont pomme De terres | 945 | 69.000 | 730 | 90.600 | 850 | 600 | 410 | 113.000 | 600 | 65.000 | 765 |
| Légumes secs | 520 | 4.000 | 2.000 | 13.000 | 1.025 | 325 | 877 | 5.900 | 325 | 2.500 | 680 |
| Fourrages (Artificiels +naturel) | 17.000 | 540.000 | 14.000 | 270.000 | 17.000 | 19.000 | 16.850 | 422.000 | 19.000 | 298.650 | 13.12 |
| Arboricultures : Agrumes | 3.828 | 225.500 | 3.800 | 248.000 | 3.798 | 4.163 | 3.982 | 220.000 | 4.163 | 245.000 | 4.31 |
| Oliviers | 1.686 | 184.000 | 1.612 | 200.000 | 1.460 | 1.613 | 1.582 | 184.000 | 1.613 | 191.100 | 1.67 |
| | 1.360 | 11.600 | 1.375 | 14.500 | 1.500 | 1.565 | 1.545 | 4.050 | 1.565 | 5.495 | 1.68 |
| viticultures | 705 | 16.000 | 705 | 35.000 | 705 | 625 | 555 | 35.000 | 625 | 33.000 | 703 |
| jachères | 20.000 | | 18.000 | | 15.600 | | 14.000 | | 14.465 | | |
| Productions Laitières (litres) : | 17.000.000 | | 15.000.000 | | 1.000.000 | | 13.000.000 | | 13.000.000 | | 3 |
| Dont collecte | 3.313.000 | | 2.500.000 | | 1.151.895 | | 1.029.964 | | 1.120.634 | | |
| Viandes rouges(qx) | 14.000 | | 7.700 | | 17.240 | | 10.800 | | 9.450 | | |
| Viandes Blanches(qx) | 18.000 | | 8.000 | | 13.350 | | 7.300 | | 14.160 | | |
| Oufs(unités) | 3.000.000 | | 4.800.000 | | 8.574.000 | | 8.976.000 | | 9540.000 | | 1 |
| Miels(kg) | 48.000 | | 50.000 | | 60.000 | | 82.500 | | 70.000 | | |

Première Partie : Traitement des caractères physiques et climatologiques

ERRATUM

| Erreur | Page | Correction |
|------------------------------|---------------|---|
| BNEAZOUZ | Page de Garde | BENAZOUZ |
| conférence | Page de Garde | Conférences |
| côtier | 6 | côtiers |
| la Fig.n°02 | 15 | la Fig.n°02 |
| de l'Oued | 17 | Oued |
| Kébir Est | 17 | de Kebir Est |
| Pio-Quaternaire | 17 | Plio-Quaternaire |
| Nord / Est | 17 | Nord-Est |
| ...II | 17 | II |
| côtier | 18 | côtiers |
| Carte géologique Source : | 22 | Carte géologique Source :(Villa, 1980) |
| 3-Bilan hydrique | 77 | 6-Bilan Hydrique |
| met en évidence | 106 | a mis en évidence |
| Souterraines | 127 | Souterraines |
| superficiellee | 133 | superficielles |
| de wilaya 1,51 | 139 | de wilaya 1,51 % |
| Mokhta | 142 | Mokhtar |
| Besoins (hm ³) | 146 | Besoins (Hm ³) |
| versant | 153 | versant |
| Km2 | 159 | Km ² |
| Le | 159 | le |
| Indice | 159 | Indice de pente |
| Entre le 04 et 06 | 161 | Entre le 04 et 05 |
| Source | 175 | <i>Source des photos : Affoun Samia le 15, 16 et 18 Mars 2006</i> |

RESUME :

Notre travail s'est attaché à étudier la dualité hydrique, à savoir la mobilisation et l'utilisation des eaux superficielles et leur impact sur les eaux souterraines dans le bassin versant de la Mafragh, situé dans l'extrême Nord-Est algérien et faisant partie de l'un des plus importants bassins hydrographiques de l'Algérie (bassin versant des côtières Constantinois-Est).

Le problème de cette région, très riche en eau, se pose beaucoup plus en terme de mobilisation et maîtrise de la ressource qu'en terme de disponibilité.

La problématique de cette recherche s'est articulée autour d'un certain nombre de questions et son but est de donner des éléments de réponse:

- Quel sera l'impact de l'utilisation d'une ressource par rapport à l'autre (eaux superficielles et eaux souterraines) ?
- Comment faut-il orienter la politique de gestion et de l'utilisation de l'eau dans la région d'Annaba/El-Tarf ?
- Comment répondre aux besoins sans cesse croissants, des différents secteurs aux différents termes ?

La réponse à ces trois questions fondamentales est passée par une étude et une analyse des composantes de l'hydro-système du bassin versant afin de comprendre le fonctionnement de son cycle hydrologique.

Ce mémoire comporte deux parties :

La première, a été consacrée aux caractéristiques naturelles du bassin versant, afin de déterminer l'impact de chaque élément du milieu physique sur l'abondance de la ressource en eau de surface et souterraine.

La deuxième quant à elle, a été consacrée à l'évaluation des ressources en eaux superficielles et souterraines, à l'estimation quantitative des besoins en eau des différents secteurs et aux différents termes, aux perspectives d'utilisation de cette ressource et enfin à des recommandations.

Notre travail a débouché sur la nécessité fondamentale d'un aménagement intégré des ressources en eau par bassin ainsi que l'élaboration d'une stratégie de l'eau préférant la mobilisation des eaux de surface (barrages et retenues collinaires) et l'exploitation rationnelle des eaux souterraines.

Sans oublier la nécessité d'augmenter la productivité de l'eau dans l'agriculture en limitant le gaspillage par l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation, de réorganiser et réhabiliter les réseaux de distribution, et enfin de lutter contre les pertes très élevées par manque d'entretien ordinaire des installations et des réseaux.

Mots-clés : bassin versant, eaux superficielles et souterraines, mobilisation, utilisation, Besoins, Gestion, impact, aménagement intégré, la Mafragh.

Summary:

Resources in water and impact of the mobilization and the use of the superficial waters on the underground waters in the basin pouring, the Mafragh.

Our work tried to study the water duality, that is, the mobilization and the use of the superficial waters and their impact on the underground waters in the basin pouring, the Mafragh, situated in the extreme Algerian Northeast and being part of one of the most important hydrographic basins of Algeria (basin pouring some inshore Constantinois-Est).

The problem of this region, very rich in water, arises a lot more in terms of mobilization and mastery of the resource that in terms of availability.

The problematic of this research articulated around a certain number of questions and its goal is to give elements of answer:

* What will the impact of the use of a resource be in relation to the other (superficial waters and underground waters)?

* How is it necessary to orient the politics of management and the use of water in the region of Annaba / El-Tarf?

* How to answer the needs constantly increasing, of the different sectors to the different terms?

The answer to these three fundamental questions passed by a survey and an analysis of the components of the hydro-system of the basin pouring in order to understand the working of its hydrological cycle.

- This invoice includes two parts:

The first, has been dedicated to the natural features of the basin pouring, in order to determine the impact of every element of the physical environment on the abundance of the resource in water of surface and underground.

The second as for it, has been dedicated to the assessment of resources in superficial and underground waters, to the quantitative evaluation of the needs in water of the different sectors and to the different terms, to the perspectives of use of this resource and finally to recommendations.

Our work cleared on the fundamental necessity of a planning integrated of resources in water by basin as well as the development of a water strategy preferring the mobilization of the surface waters (dams and restraints collinaires) and the exploitation rational of the underground waters.

Without forgetting the necessity to increase the productivity of water in agriculture while limiting waste by the introduction of new techniques of irrigation, to reorganize and to clear distribution networks, and finally to fight against the very elevated losses for lack of plain maintenance of facilities and networks.

Keywords: *basin pouring, superficial and underground waters, mobilization, use, management, needs, impact, integrated planning, the Mafragh.*

الموارد المائية و تأثير تخزين واستعمال الموارد السطحية على الموارد الجوفية في الحوض النهري, المفراغ.

ملخص:

ارتبط عملنا بدراسة الثنائية المائية، تعبئة و استغلال المياه السطحية و تأثيرها على المياه الجوفية في الحوض النهري المفراغ، الواقع بأقصى شمال الشرق الجزائري و المكون لجزء لأحد أهم الأحواض المائية الجزائرية (الحوض النهري الساحلي لشرق قسنطينة).

إن مشكل هذه المنطقة، الغنية بالمياه، يطرح بصيغة التعبئة و التحكم في المورد المائي أكثر منه بصيغة الوفرة. تمحورت إشكالية هذا البحث حول عدد من الأسئلة بهدف إعطاء عناصر إجابة:

- ما التأثير المستقبلي لإستعمال وإستغلال مورد بالنسبة للآخر (المياه السطحية و المياه الجوفية)؟.
 - كيف تلبي الاحتياجات المتزايدة لمختلف القطاعات و في الأجل المتعددة؟.
 - كيف يجب توجيه إستراتيجية تسيير و استغلال المياه في منطقة عنابة-الطارف؟.
- إن الإجابة على هذه الأسئلة الأساسية الثلاثة مرت بدراسة و تحليل لعناصر النظام المائي للحوض النهري من اجل إدراك عمل الدورة الهيدرولوجية.

هذه المذكرة مؤلفة من جزئين:

* الأول، كرس لدراسة الخصائص الطبيعية للحوض النهري، من اجل تحديد تأثير كل عنصر من الوسط الفيزيائي على وفرة الموارد المائية.

* أما الثاني فقد خصص ل: تقدير الموارد المائية السطحية و الجوفية، تقدير الاحتياجات الكمية للماء لمختلف القطاعات و في الأجل المتعددة، أفاق استغلال هذا المورد و أخيرا توصيات.

عملنا هذا أفضى إلى ضرورة التهيئة الشاملة للموارد المائية لكل حوض، و كذلك إعداد إستراتيجية للمياه تفضل تعبئة الموارد السطحية (سدود و حواجز مائية) مع الاستغلال العقلاني للموارد الجوفية، دون نسيان تهمين مردود المياه في الفلاحة بتخفيض التبذير عن طريق إدخال تقنيات جديدة للسقي، مع إعادة تنظيم و تأهيل شبكات التوزيع.

في الختام يجب العمل على محاربة التسربات المرتفعة للمياه بسبب نقصان الصيانة الدورية للشبكات و التجهيزات.

المفردات الأساسية:

. \ddot{u} $\ddot{u}F\Theta$ $F\ddot{u}\alpha$ $\alpha\ddot{u}$ $\ddot{u}\ddot{u}\ddot{u}$, $\ddot{u}K\ddot{u}$, $F\ddot{u}\alpha F$ γ $F\psi$ \ddot{u} , x

