



Faculté des sciences de la terre
Département de Géologie

Année 2009

Mémoire de MAGISTER en hydrogéologie

Spécialité Hydrogéologie

Présenté par

DALI Naouel

Ingénieur d'Etat en Hydrogéologie, Université de Constantine

**RESSOURCES ET GESTION INTEGREE DES EAUX DU BASSIN DE
GAREAT EL TARF (W. KHENCHELA)**

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Mr. ZOUINI Derradji : M.C. Université d'Annaba

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Mr. KHERICI .N :Pr. Université de Annaba

EXAMINATEURS : M^{me} : KHERICI : M.C. Université de Annaba

Mr. DERRADJI .F : M.C. Université de Annaba

SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
INTRODUCTION	GENERALE.....
.....1	
I. LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES DU BV DE GAREAT EL TARF.....	2
I.1. Positionnement géographique.....	5
I.2. Aperçu sur l’orographie du bassin versant.....	5
I.3. Le relief du bassin de Gareat el Tarf.....	5
I.4. Aperçu socio-economique.....	6
I.4.1.Démographie.....	6
I.4.2. Principales activités.....	6
I.4.3. Agriculture.....	7
I.4.4. Industrie.....	7
I.4.5. Artisanat.....	8
I.4.6. Tourisme.....	9
I.5. les caractéristiques physiques du bassin de Gareat El Tarf.....	9
I.5.1. Les caractéristiques morphométriques	9
I.5.1.1. Surface et périmètre.....	9
I.5.1.2. Indice de compacité de Gravélius.....	10
I.5.1.3. Longueur et largeur du rectangle équivalent.....	10
I.5.2. Le relief	10
I.5.2.1. Courbe hypsométrique.....	11
I.5.2.2. Les altitudes caractéristiques.....	14
I.5.2.3. La dénivelée simple.....	14
I.5. 3. Les pentes.....	14
I.5.3.1. Indice de pente Global.....	14
I.5.3.2. Indice de pente.....	15
I.5.3.3. La dénivelée spécifique.....	15
I.6. Les caractéristiques du réseau hydrographique.....	15
I.6. 1. Densité de drainage.....	16
I.7. Climat.....	19
I.8. Couvert Végétal.....	19
I.9. Réseau hydrographique.....	19
II.LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES.....	21
II. 1.Introduction.....	22
II. 2. Lithostratigraphie du bassin de Gareat El Tarf	22
II. 2.1. Trias	22
II. 2.2 .Crétacé.....	23
II. 2.2.1 Crétacé inférieur.....	23

II. 2.2.2 Crétacé moyen.....	23
II. 2.2.3 Crétacé supérieur.....	23
II. 2.3. Eocène.....	26
II. 2.4. Miocène.....	27
II. 2.4.1. Miocène inférieur.....	27
II. 2.4.2. Miocène supérieur.....	27
II. 2.6. Quaternaire.....	27
II. 3. Cassures et flexures.....	29
II. 4. Localisation et age de la mise en place des pointements triasiques.....	29
II. 5. Le style structural.....	32
II. 5.1. Le domaine Atlasique.....	32
II. 6. Conclusion.....	35
 III. CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES.....	35
III. 1. Introduction.....	36
III. 2. Equipement du bassin.....	37
III. 3. Etude statistique des précipitations.....	37
III. 4. Analyse des données thermo- pluviométriques.....	39
III. 4.1. Analyse de la pluviométrie.....	39
III. 4.1.1. Répartition interannuelle des précipitations.....	39
III. 4.1.2. Répartition des précipitations moyennes mensuelles interannuelle.....	43
III. 4.2. Analyse des températures.....	46
III. 5. Synthèse climatique.....	49
III. 5.1. Diagramme pluviothermique.....	49
III. 5.2. Indice d'aridité	49
III. 6. Etude de l'apport liquide.....	50
III. 6.1. Evaluation de la lame d'eau écoulée.....	50
III. 6.2. Détermination de l'apport liquide annuelle.....	50
III. 7. Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite.....	51
III. 7.1. L'évapotranspiration potentielle.....	51
III. 7.2. Évapotranspiration réelle.....	52
III. 8. Interprétation du bilan hydrique.....	53
III. 9. Ruissellement.....	56
III. 10. Infiltration.....	56
III. 11. Conclusion.....	57
 VI. LES RESSOURCES EN EAU.....	58
VI.1. Introduction.....	59
VI.2. Ressources en eaux souterraines.....	59
VI.2.1. Détermination des aquifères et leur géométrie.....	59
VI.2.2. Mise en évidence des différents aquifères.....	62
VI.2.3. Mise en évidence des différentes nappes.....	64
VI.2.3. 1. La nappe superficielle du Mio-quaternaire.....	64

VI.2.3.2. La nappe profonde du Maestrichtien supérieur.....	64
VI.2.4. Caractéristiques de l'écoulement des eaux souterraines.....	66
VI. 2.5. Caractéristiques hydrodynamiques.....	69
VI.2.6. Ressources souterraines potentielles.....	70
VI.3. Ressources en eaux superficielles.....	70
VI.3.1. Oued Gueiss.....	70
VI.3.2. Retenues collinaires.....	72
VI.4. Conclusion.....	73
 V. QUALITE DES EAUX	74
V. 1. Qualité des eaux souterraines.....	75
V. 1.1. Paramètres physiques.....	77
V. 1.2. Classification des eaux.....	84
V. 1.2.1. Diagramme de Piper.....	84
V. 1.2. 2. Classification de Stabler.....	86
V. 1.3. Interprétation de la carte de faciès chimiques des eaux.....	86
V. 1.3. Potabilité des eaux.....	89
V. 1.4. Classification des eaux d'irrigation.....	89
V. 1.4.1. La salinité potentielle de l'eau	89
V. 1.4.2. Sodium absorption ratio.....	90
V. 2. Qualité des eaux de surface.....	93
V. 2.1. Evaluation de la qualité des eaux de l'oued Baghai.....	93
V. 2.1.1. Type de rejets dans Oued Baghai.....	93
V. 2.1.2. Résultats analyses physico-chimiques	93
V. 2.1.3. Taux de pollution des eaux de l'oued Baghai.....	94
V. 3. Conclusion.....	96
 VI.ESSAI GESTION DES RESSOURCES EN EAUX.....	97
VI.1. Introduction.....	98
VI.2. Ressources en eaux mobilisées.....	98
VI.2.1. Ressources mobilisées pour l' AEPI.....	98
VI.2.1.1. Estimation des prélèvements pour l'AEPI.....	98
VI.2.1.2 La distribution d'eau potable.....	99
VI.2.2. Ressources mobilisées pour IRR.....	101
VI.2.2.1. Prélèvement en eaux de surface.....	101
VI.2.2.2. Prélèvement en eaux souterraines.....	101
VI.3. Besoins et demande en eau par secteur d'utilisation.....	103
VI.3.1. Demande en eau potable.....	103
VI.3.1. Demande en eau industrielle.....	105
VI.3.2. Demande en eau pour l'irrigation.....	106
VI.4. Déficit d'alimentation en eau pour les différents usagers.....	107
VI.5. Taux de satisfaction en eau pour les différents usagers.....	107
VI.6. Les projets du PNE.....	110

VI.6.1. Système de transfère de Bèni Haroun.....	110
VI.6.2. Station d'épuration des eaux usées de Khenchela.....	113
VI.6.3. Impact des projets du PNE sur la ressource en eau.....	113
VI.7. Scénarios et projections futures d'adéquation ressources / Besoins.....	115
VI.7.1. Les scénarios envisagés.....	116
VI.7.2. Conséquences des scénarios proposés sur la gestion des ressources en eau.....	120
VI.7.3. Résultats obtenus.....	125
VI.8. Gestion de la demande.....	125
VI.8.1. Définition de la gestion de la demande (GDE).....	125
VI.8.2. Butes de la GDE.....	125
VI.8.3. Des mesures à prendre pour une gestion de la demande.....	125
VI.8.3.1. Augmentation de l'efficacité de l'usage agricole de l'eau.....	126
VI.8.3.2. Diminution des pertes au niveau du réseau d'AEP.....	126
VI.8.3.3. Utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation.....	127
VI.8.3.4. Tarification de l'eau.....	128
VI.8.3.5. Information, sensibilisation, formation des usagers aux économies d'eau.....	128
VI.9. Conclusion.....	130
CONCLUSION GENERALE.....	132
Références bibliographiques	
Annexe	

Liste des figures

Fig. 1. Situation des bassins versants de l'Algérie

Fig. 2 : Le bassin versant Gareat El Tarf (classification d'après ABH)

Fig. 3 : Le relief du bassin de Gareat el Tarf

Fig.4 : Emploi dans le bassin de Gareat El Tarf

Fig. 5 : Carte hypsométrique du bassin de Gareat El Tarf

(Tirée des cartes topographiques de Khenchela et Constantine 1/200 000)

Fig.6 : Courbe hypsométrique du bassin versant de Gareat El Tarf

Fig.7 : Réseau hydrographique du bassin de Gareat El Tarf

(Tiré des cartes topographiques de Khenchela et Constantine 1/200 000)

Fig.8 : Longueur des principaux oueds du bassin de Gareat El Tarf

Fig.9 :Colonne stratigraphique au niveau de Djebel Bardo

Fig.10 : Schéma structural simplifié du bassin de Gareat El Tarf (d'après J.M.Vila)

Fig.11 : Coupes géologiques à travers le bassin de Gareat El Tarf (d'après Villa 1977)

Fig.12 : Localisation des principaux ensembles géomorphologiques du Nord de l'Algérie et de la Tunisie (Guiraud 1973)

Fig.13 :Variabilité interannuelle des précipitations par station pour la période (1981-2007)

Fig. 14 : Précipitations mensuelles moyennes interannuelles entre 1982 et 2007

Fig. 15 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles interannuelles par station de 1982 à 2007

Fig. 16 : Températures mensuelles moyennes interannuelles entre 1982 et 2007

Fig.17 : Températures mensuelles par station. (1996-2007)

(A) la station d'Oum El Bouaghi

(B) la station de Khenchela

Fig.18 : Diagrammes pluviothermiques par station (1981-2007)

Fig.19 : Représentation graphique du bilan de Thornthwaite pour la période (1982-2007)

Fig.20 : Unités hydrogéologiques dans le bassin de Gareat El Tarf (Brobent.A 1962)

Fig.21 : Aquifères et nappes de la plaine de Gareat El Tarf

Fig.22 : Profil hydrogéologique de la plaine de Gareat El Tarf

Coupes schématiques (D'après DUROZOIY)

Fig. 23: Carte d'inventaire des points d'eau

Fig.24 : Cartes piézométriques du bassin de Gareat El Tarf

Fig.25 : Débit moyen annuel d'oued Gueiss (d'après l'ANRH)

Fig. 26: Carte d'inventaire des points d'eau analysés

Fig.27 : Carte de la distribution spatiale de la conductivité électrique en mS.cm-1.

Fig.28 : Carte de distribution spatiale du pH

Fig.29 : Cycle de l'azote

Fig. 30 : Carte de la répartition spatiale des teneurs en nitrates

Fig.31: Diagramme de Piper

Fig.32 : Carte de faciès des eaux souterraines

Fig. 33 : Classification des eaux d'irrigation Méthode du S.A.R pour la nappe superficielle et la nappe profonde

Fig.34 : Qualité chimique des eaux de l'oued Baghai

Fig.35 : Les ressources en eaux mobilisées au niveau du bassin de Gareat El Tarf (Situation 2007)

Fig.36 : Taux de satisfaction en eau potable par commune au niveau du bassin de Gareat El Tarf

Fig.37 : Transfère de Beni Haroun Schéma synoptique (horizon 2030)

Fig. 38: Transfère d'eau de Béni Haroun vers le BV de Gareat El Tarf

Fig.39 : Impact des projets du PNE sur l'évolution de la ressource en eau mobilisée au niveau du BV de Gareat El Tarf

Fig.40 : Plan de calcul : génération de scénarios exploratoires

Fig.41 : croissance de la demande en AEP au niveau du bassin de Gareat El Tarf d'après les différents scénarios envisagés

Fig.42 : Superficie irriguée selon les scénarios issus du modèle alternatif de croissance de la demande de l'AEP

Fig.43 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau : courbe de consommation d'eau induite par la croissance démographique (traduction française de l'auteur, d'après Turton 1999)

Fig.44 : Représentation schématique de l'inflexion de la courbe de demande en eau par rapport à la croissance démographique et phasage des différentes politiques de l'eau (traduction française de l'auteur, d'après Turton 1999)

Liste des tableaux

Tableau 1: Distribution de la population par commune au niveau du bassin de Gareat El Tarf (Est.2007)

Tableau 2 : Principales unités industrielles au niveau du bassin de Gareat El Tarf.

Tableau 3 : Données hypsométriques du sous bassin de Gareat El Tarf

Tableau 4 : Caractéristiques morphométriques du bassin de Gareat el Tarf

Tableau 5 : caractéristiques hydrométriques des zones hydroclimatiques

Tableau 6: Stations météorologiques et hydrométriques du bassin de Gareat El Tarf

Tableau 7 : Paramètres statistiques des séries pluviométriques

Tableau 8: Pluies moyennes annuelles pour différentes fréquences pour la période de 1982 à 2007

Tableau 9 : Période de retour des années les plus sèches et les plus humides par stations

Tableau 10 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm

Tableau 11 : Moyennes interannuelles des températures moyennes mensuelles (°C) (1982 à 2007)

Tableau 12 : Valeurs de l'indice de E.D Marton

Tableau 13 : Apport liquide moyen interannuel

Tableau 14 : Estimation de ETP mensuelle selon THORNOTWAITE (1982/2007)

Tableau 15 : Calcul du bilan hydrologique pour la période (1982/2007)

(A) la station de Khenchela

(B) la station d'Oum El Bouaghi

Tableau 16 : caractéristiques hydrodynamiques

Tableau 17 : Etat des retenues collinaires dans le bassin de Gareat El Tarf

Tableau 18 : Variation des teneurs en calcium

Tableau 19 : Variation des teneurs en magnésium

Tableau 20 : Variation des teneurs en Na^+ et Cl^-

Tableau 21 : Variations des concentrations du potassium

Tableau 22 : Variations des concentrations en SO_4^{2-}

Tableau 23 : Variations des concentrations en bicarbonates

Tableau 24 : Variations des concentrations des nitrates

Tableau 25 : Classification de la salinité potentielle proposée par Donner ,1962

Tableau 26 : Ressources en eaux mobilisées pour l'AEP au niveau du bassin de Gareat El Tarf (Situation 2007)

Tableau 27 : Répartition des surfaces irriguées par les sources au niveau du bassin de Gareat El Tarf (situation 2007)

Tableau 28 : Prélèvement d'eau par plaine au niveau du bassin de Gareat El Tarf

(Situation 2007)

Tableau 29 : Demande en eau de la population au niveau du bassin de Gareat El Tarf (situation 2007)

Tableau 30 : Besoins en eau par type d'industrie au niveau du bassin de Gareat El Tarf (Situation en 2007)

Tableau 31 : Demande en eau pour les superficies irriguées au niveau du bassin de Gareat El Tarf (situation 2007)

Tableau 32 : Déficit d'alimentation en eau potable et taux de satisfaction

Tableau 33 : Caractéristiques de la station d'épuration de Khenchela

Tableau 34 : Evolution de la population au niveau du bassin versant de Gareat El Tarf

Tableau 35 : Inventaire des principales agglomérations susceptible d'être des lieux favorables de l'installation des stations d'épurations

RESUME

Le bassin versant de Gareat El Tarf fait parti de l'ensemble des bassins versants des hauts plateaux constantinois, C'est un bassin à caractère endoréique et climat semi-aride ces deux particularités agissent négativement sur les ressources en eaux souterraines et superficielles tant quantitativement que qualitativement. Les ressources en eau superficielles sont rares toute la région s'alimente pour les différents usages (AEP et IRR) des eaux souterraines.

La stratégie de la gestion des ressources en eau mise en place n'est pas efficace pour couvrir les besoins en eau actuels ou futurs.

Le scénario le plus adéquat Pour assurer l'équilibre entre la demande en eau et la ressource disponible a long terme est celui où la gestion de l'offre soutenu par le transfère de Béni Haroun à partir de 2010 et La station d'épuration de Khenchela en 2015, combiné a la gestion de la demande avec la diminution des perte au réseau d'AEP à 15% et l'augmentation de l'efficience de l'irrigation à 70%.

ABSTRACT

The catchment area of Gareat El Tarf makes party of the whole of the basins slopes of the high plateaus constantinois, It is a basin in endoreic matter and semi-arid climate ,these two characteristics act negatively on the subsoil and surface water resources as well quantitatively as qualitatively. The surface water resources are rare all the area S ' feeds for various uses (AEP and IRR) of subsoil waters.

The strategy of the management of stock water installation is not effective to meet the requirements out of water current or future.

The most adequate scenario to ensure balance between the demand for water and the resource available in the long run that where the management of the offer supported by transfers from Beni Haroun since 2010 and the station of purification of Khenchela in 2015, combined has the management of the request with the reduction in the loss to the network of AEP with 15% and the increase in the efficiency of the irrigation with 70%.

ملخص

الحوض المنحدر قرعة الطرف ينتمي إلى مجموعة الأحواض المنحدرة للهضاب العليا القسنطينية. هو حوض ذو طبيعة و مناخ شبه جاف. اجتماع هاتين الخاصيتين يؤثر سلبا على الموارد المائية في المنطقة من ناحية الكمية و النوعية. الموارد المائية السطحية نادرة حيث تستمد المنطقة جل احتياجاتها من الماء الصالح للشرب و سقي الأراضي الزراعية، على الموارد المائية الجوفية.

الإستراتيجية المتبعة حاليا لتسيير الموارد المائية ليست فعالة لتغطية كل الاحتياجات الحالية و المستقبلية للمياه . الطريقة الأنجع و التي تضمن التوازن بين العرض و الطلب على الأمد الطويل يتمثل في تسيير العرض مدعما بتحويل بني هارون بداية من 2010 و وحدة تنقية المياه لمدينة خنشلة بداية من 2015 مرفقة بتسيير الطلب على الماء و ذلك بتخفيض الضياع في شبكة المياه الصالحة للشرب إلى 15 بالمائة ورفع فاعلية السقي إلى 70 بالمائة.

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie compte 17 bassins-versants (Fig. 1). Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants. L'utilisation de l'eau est liée aux activités économiques. La connaissance des ressources en eau est la condition nécessaire pour une bonne gestion. Les instruments de gestion sont un outil indispensable pour l'organisation des institutions juridiques, économiques et administratives de la dite gestion (Erhard Cassegrain & Margat, 1979). Les bassins versants sont regroupés en trois zones (ANRH, 1993):

- Au Nord, Les bassins tributaires de la Méditerranée situés au nord de l'Algérie ont un apport moyen annuel estimé à 11 milliards de m³.
- Au Sud, Les bassins sahariens apportent en moyenne 650 hm³ par an.
- Entre ces deux types de bassins se situent les bassins endoréiques occupant les Hautes Plaines dont les eaux se perdent en grande partie par évaporation dans les chotts. L'écoulement annuel moyen est estimé à 700 hm³. et dont les quels le bassin de Gareat El Tarf fait partie.

Cette caractéristique d'endoréisme associée à un climat semi-aride, met la région devant deux grands problèmes en matière des ressources en eaux :

Non seulement une précipitation faible, mais encore la perte d'une part importante des écoulements au niveau du chott.

La nouvelle politique de l'Algérie en matière de mobilisation, de transfert et de gestion des ressources en eau s'inscrit dans la politique d'aménagement du territoire, qui se fixe comme objectif la création d'une dynamique de rééquilibrage du territoire, c'est-à-dire le développement durable des Hauts Plateaux et du Sud.

L'atteinte de cet objectif nécessite d'effectuer de grands transferts et de faire appel aux ressources non conventionnelles.

Les efforts considérables de mobilisation des ressources en eau atteignant à plus ou moins long terme leurs limites tant physiques qu'économiques.

Afin de maîtriser la demande d'en alléger la pression sur la ressource et aller vers une gestion durable des ressources en eaux, l'économie d'eau reste une des actions à privilégier dans un système de gestion de la demande.

CHAPITRE I

LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-GÉOGRAPHIQUES DU BV DE GAREAT EL TARF

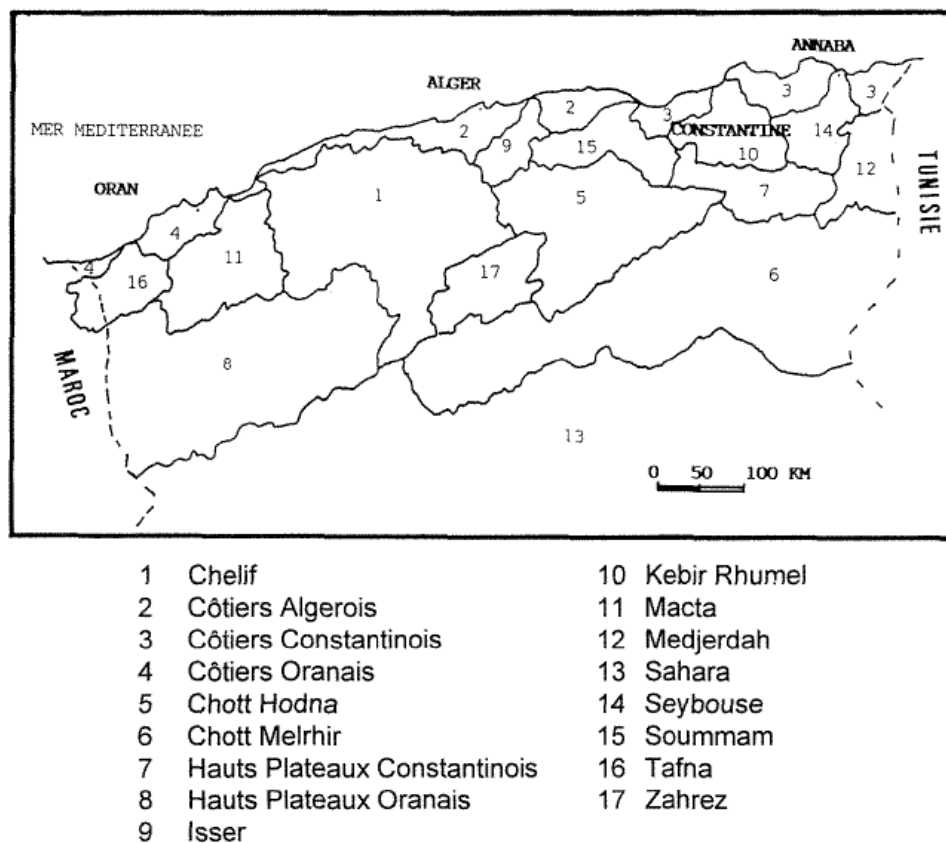


Fig. 1. Situation des bassins versants de l'Algérie

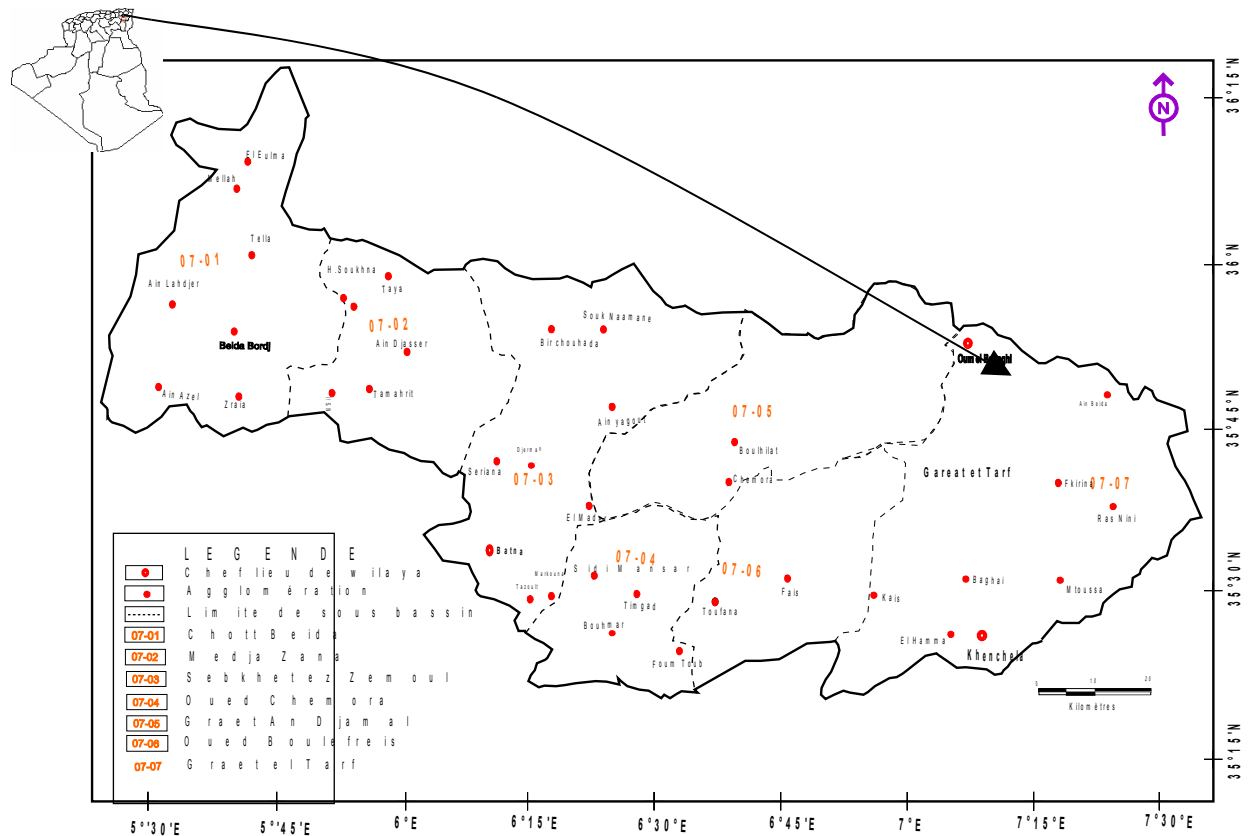


Fig. 2 : Le bassin versant Gareat El Tarf (classification d'après ABH)

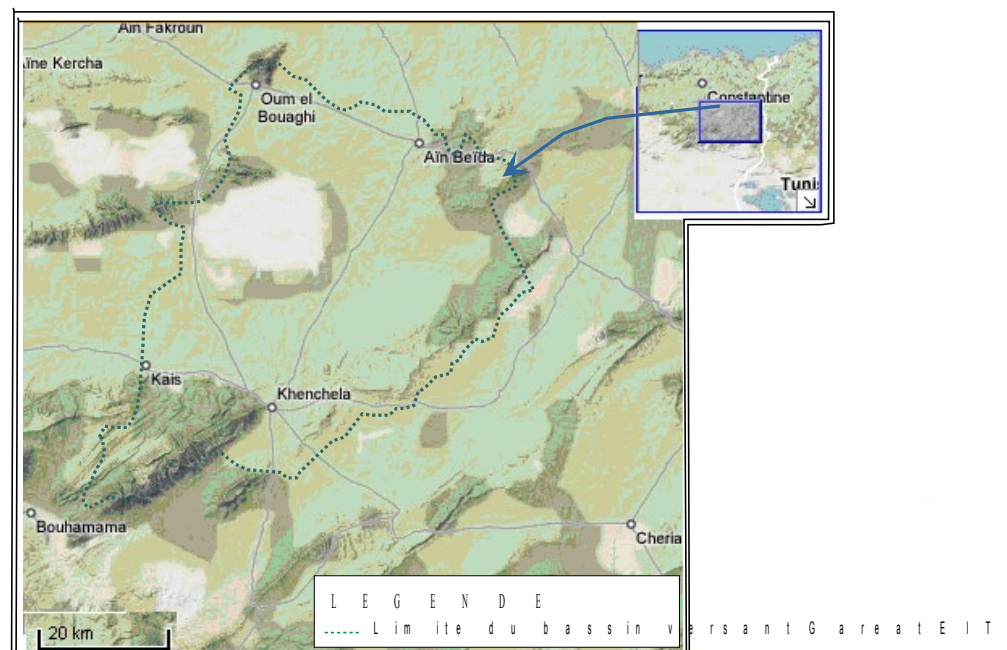


Fig. 3 : Le relief du bassin de Gareat el Tarf

I.1. Positionnement géographique

Le bassin de Gareat El Tarf est située dans la partie Nord Orientale de l'Algérie ; à l'extrême Est des hautes plaines steppiques entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud (massif des Aurès) .

Le bassin versant de Gareat El Tarf fait partie de l'ensemble des bassins versants des hauts plateaux constantinois d'après l'agence des bassins (Fig.1et 2) .Il Couvre une superficie de 2432 km².Il se situe entre les latitudes 35°22' et 35°56' N et les longitudes 6°49' et 7°34' E.

Le centre est jalonné par une dépression endoréique (Gareat) plus connue sous l'appellation de sebkha (lac salé) et qui couvre une superficie de 200 km².

Les limites du bassin de la dite «Sebkha » correspondent à :

- au Nord, la ligne de crêt, de direction NW-NE des massif de Sidi Reghis et Aamamet El Kebir.
- à l'Est, la ligne de crêt, de direction NE-SW des massifs de Dj. Fedjidjet, Dj.Bou tokhma, Tafrennt et Chettaia.
- au Sud, la ligne de crêt de direction SE-SW, des djebels Feraoun, Aurès, el Aoud.
- à l'Ouest le talweg de Oued Gueiss, Dj. Fedjoudj et Dj. Tarf.

I 2. Aperçu sur l'orographie du bassin versant

Le bassin de Gareat Et Tarf est situé à la limite S-E des hautes plaines constantinoises. Il est bordé au N-E par les monts de Meractas (massif isolé à l'Est d'Oum El Bouaghi) formant l'extrémité orientale des Hautes plaine constantinoise. Au Nord l'horizon s'ouvre largement vers les Hautes plaine de Berriche, loin au Nord Ouest les premiers hauteurs du tell constantinois qui détermine les massifs de la Chebket Sellaoua, à l'Est se développent les chotts constantinois tel que Gareat El tarf et Guellif, loin au Sud Ouest, la partie N-E du quadrilatère montagneux des Aurès ; enfin au sud et S-E les monts de Mellegue et à l'Est les monts de Nememchas.

I 3. Le relief du bassin de Gareat el Tarf (Fig. 3)

Le bassin de Gareat El Tarf constitue une dépression endoréique très étendue et relativement élevée, environ 960 m, qui a reçu tous les apports d'érosion des reliefs environnants.

La géomorphologie est dominée par des hautes plaines parsemées des dépressions constituant le chott (Gareat El Tarf), avec une altitude d'environ 830 m ce dernier s'étend sur 20 km de long et 15 km de large dont seulement le 1/4 est inondé, Tout autour, on trouve des chott satellites qui fusionnent avec celui d'El Tarf lors des grandes crues. Les périmètres de ce lac salé sont

caractérisés par un niveau plat. Les massifs qui encadrent le bassin dépassent les 2000 m. Les bordures Sud et nord du bassin sont marquées par des inclinaisons relativement importantes ; conséquence d'une activité tectonique ayant affectée ces régions, permettant un écoulement superficiel plus important (Guiraud 73).

I .4. Aperçu socio-économique

I .4.1. Démographie (Tableau 1)

Dans son ensemble, le bassin possède un caractère rural prononcé : la densité moyenne est de 106 habitants au km² (Est.2007) le tiers de la population vit dans des communes rurales. Deux espaces s'opposent :

- Les limites Nord et Sud du bassin, qui comprennent les principales villes (Khenchela ; Kais, Ain Beida et Oum El Bouaghi, Constitues les agglomérations de taille importante (> 100 hab/km²) et l'essentiel de l'industrialisation ;
- le reste de la partie intérieure du bassin, à dominante rurale.

I .4.2. Principales activités (Fig.4)

La population active au niveau du bassin de Gareat El Tarf, est évaluée à 40 % de la population totale. Répartie comme suit: 41 % dans l'agriculture, 10 % dans l'industrie, 11 % dans les travaux de bâtiment, 38 % dans les services. La majorité de la population active des wilayas de Khenchela et Oum El Bouaghi travail dans le domaine agricole.



Fig.4 : Emploi dans le bassin de Gareat El Tarf
Services
38%

Travaux de bâtiment
11%

N°	Wilaya	Commune	type de commune	Nombre d'habitants	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)
1	Khenchela	Khenchela	Urbaine	130580	32	4081
2		Kais	Urbaine	34560	56	617
3		Remila	Rurale	6710	243	28
4		Tamza	Rurale	9470	385	25
5		El Hamma	Urbaine	12370	168	74
6		Ensigha	Rurale	9020	163	55
7		Baghai	Rurale	7110	136	52
8		M'toussa	Rurale	6290	118	53
9		Ain Touila	Rurale	16590	302	55
10	O.E.Bouaghi	O.E.Bouaghi	Urbaine	68841	390	177
11		Oued Nini	Rurale	5432	129	42
12		El Djazia	Rurale	2672	132	20
13		F'kirina	Rurale	13083	217	60
14		Zorg	Rurale	2025	130	16
15		Ain Beida	Urbaine	114711	34	3374
16		Berriche	Rurale	6230	223	28
17		Ain Zitoun	Rurale	7275	493	15
Total				338258	3351	106

Source : ONS

Tableau 1: Distribution de la population par commune au niveau du bassin de Gareat El Tarf (Est.2007)

I .4.3. Agriculture

Les principales spéculations des périmètres irrigués au niveau du bassin de Gareat El Tarf, sont les céréales, fourrage et culture maraîchères. Le mode d'irrigation est soit gravitaire ou par aspersion soit goûte à goûte comme il est le cas dans le périmètre de Remila.

I .4.4. Industrie (Tableau 4)

Le tissu industriel est pauvre concentré dans grandes agglomérations (Khenchela, Oum El Bouaghi et Ain Beida) .Les renseignements recueillis sont récapitulés dans le tableau ci-dessous Toutes ces unités ont traversés des périodes plus au moins difficiles.

Wilaya	Commune	caractéristiques	
		<i>Non</i>	<i>Nature/type</i>
Khenchela	Khenchela	Draperie de l'Est (ex- ELATEX)	<i>Tissage, finissage</i> <i>Laine et mélange</i>
	Khenchela	SARL Ait Hadj Mhand	<i>Fabrication carreaux granito</i>
	Tamza	SONAREM	<i>Production du ciment baryté</i>
Oum El Bouaghi	Ain Beida	SARL EL KIMA	<i>Production de boissons gazeuses</i>
	Ain Beida	Limonaderie ZAZIA	<i>Production de boissons gazeuses</i>
	Ain Beida	UMP3	<i>Transformation de bois</i>
	Ain Beida	Complexe Filature Laine	<i>Filature</i>
	O.E. Bouaghi	ERIADB	<i>Semoulerie, Minoterie</i>

Tableau 2 : Principales unités industrielles au niveau du bassin de Gareat El Tarf

I .4.5. Artisanat

De même manière que dans le reste de l'Algérie l'artisanat traditionnel a beaucoup perdu de son importance dans les wilayas de Khenchela et Oum El Bouaghi du fait de l'évolution du mode de vie (habillement, chaussures, objets et ustensiles ménagers).

Cependant, certaines professions ont gardé quelques activités, et sont même appelées à se développer sensiblement dans les années à venir.

- Fabrication des tapis : les tapis de Nemencha, en haute laine provenant des troupeaux ovins locaux, sont réputés pour la vivacité de leurs couleurs et la discipline de leurs dessins géométriques. Cette activité est localisée surtout dans la daïra de Ain Touila.
- Bijouterie artisanale : la fabrication artisanale des bijoux comporte une certaine variété de bijoux en or et en argent, de poids et de dimensions différents. Cette activité se trouve dans presque toutes les communes du bassin de Gareat El Tarf. Notant que la fabrication des bijoux en or progresse sensiblement plus vite que celle des bijoux en argent.
- La poterie en continu dans quelques familles, surtout dans les communes rurales. Cette production est peu commercialisée.

I .4.6. Tourisme

Le bassin de Gareat El Tarf dispose d'un potentiels touristiques naturels importants et variés, une chaîne géologique exceptionnelle au Sud-est, des montagnes auréssiennes, les forêts de cèdres considérées comme les plus belles du bassin méditerranéen.

Hamam Essalihine est situé dans la commune d'El Hamma, site touristique et thérapeutique par excellence, à 7 Km du chef lieu de la wilaya, la date de son exploitation remonte à l'époque romaine (**Photo 1**).

La température de ses eaux avoisine les 70° degrés, sa composition chimique lui confère des propriétés thérapeutiques indiquées pour les maladies rhumatismales, respiratoires et dermatologiques. Elle dispose de 40 cabines pour bain thermal, de 5 piscines, elle enregistre jusqu'à 700.000 visiteurs, situé dans une région forestière au climat particulier, c'est un lieu de prédilection pour les nombreux touristes. Piscine romaine circulaire, vestige réhabilité.

A ce merveilleux paysage naturel allié au vestige antique où se situe la station thermale de Hamam Essalihine, s'ajoute d'innombrables structures d'accueils existantes ou programmées dans le cadre de projets d'investissement.



Photo 1 : Les piscines de Hamam Essalihine

I .5. Les caractéristiques physiques du bassin de Gareat El Tarf

I .5.1. Les caractéristiques morphométriques

I .5.1.1. Surface et périmètre

Ces deux paramètres sont déterminés sur une carte topographique en 1/200 000 à l'aide du logiciel Auto cad, La surface est de 2432 km². pour un périmètre est de 250 km.

I .5.1.2. Indice de compacité de Gravélius

L'indice de compacité de Gravélius permet d'avoir une idée sur la forme géométrique du bassin

$$K_G = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

KG, indice de compacité de Gravélius ;

A, surface du bassin versant (km²) ;

P, périmètre du bassin versant (km).

L'indice de compacité de Gravélius a ainsi été évalué à $KG = 1,44 > 1$.

Le bassin versant est donc de forme allongée, et peut être assimilé à une surface rectangulaire de même superficie. Celui-ci est tracé à partir de la longueur et de la largeur du bassin. Les courbes de niveau y sont parallèles et sont tracées en respectant les répartitions hypsométriques.

I .5.1.3. Longueur et largeur du rectangle équivalent

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

$$l = \frac{K_G \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right]$$

Avec :

KG, indice de compacité de Gravélius ;

A, surface du bassin versant (km²) ;

P, périmètre du bassin versant (km).

Ainsi, la longueur équivalente L est égale à 100.9 km et la largeur équivalente l a été déduite l=23.19 km.

I .5.2. Le relief

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

I .5.2.1. Courbe hypsométrique (Fig.5 et Fig.6)

La courbe hypsométrique c'est la répartition de l'altitude en fonction de la surface du bassin versant exprimée en pourcentage. Les résultats sont représentés dans le tableau ci- dessous :

<i>11tranche d'altitude (m)</i>	<i>superficie (km2)</i>	<i>superficie (%)</i>	<i>superficie (%) cumulée</i>
>900 m	1133,84	0,0123	0,01233
900-1000	635,11	0,0205	0,03289
1000-1100	317,9083	0,0863	0,11921
1100-1200	148,95	0,1402	0,25949
1200-1300	92,242	0,1504	0,40995
1300-1400	34,105	1,1618	1,5718
1400-1500	32,197	1,3235	2,89538
1500-1600	28,263	1,4020	4,29739
1600-1700	3,6602	3,7919	8,08933
1700-1800	3,4122	6,1231	14,2125
1800-1900	2,1	13,0687	27,2812
1900-2000	0,5	26,1084	53,3897
>2100 m	0,3	46,6105	100

Tableau 3 : Données hypsométriques du sous bassin de Gareat El Tarf

La courbe hypsométrique du bassin versant de Gareat El Tarf, est de forme concave, elle indique que le bassin est en état de maturité.

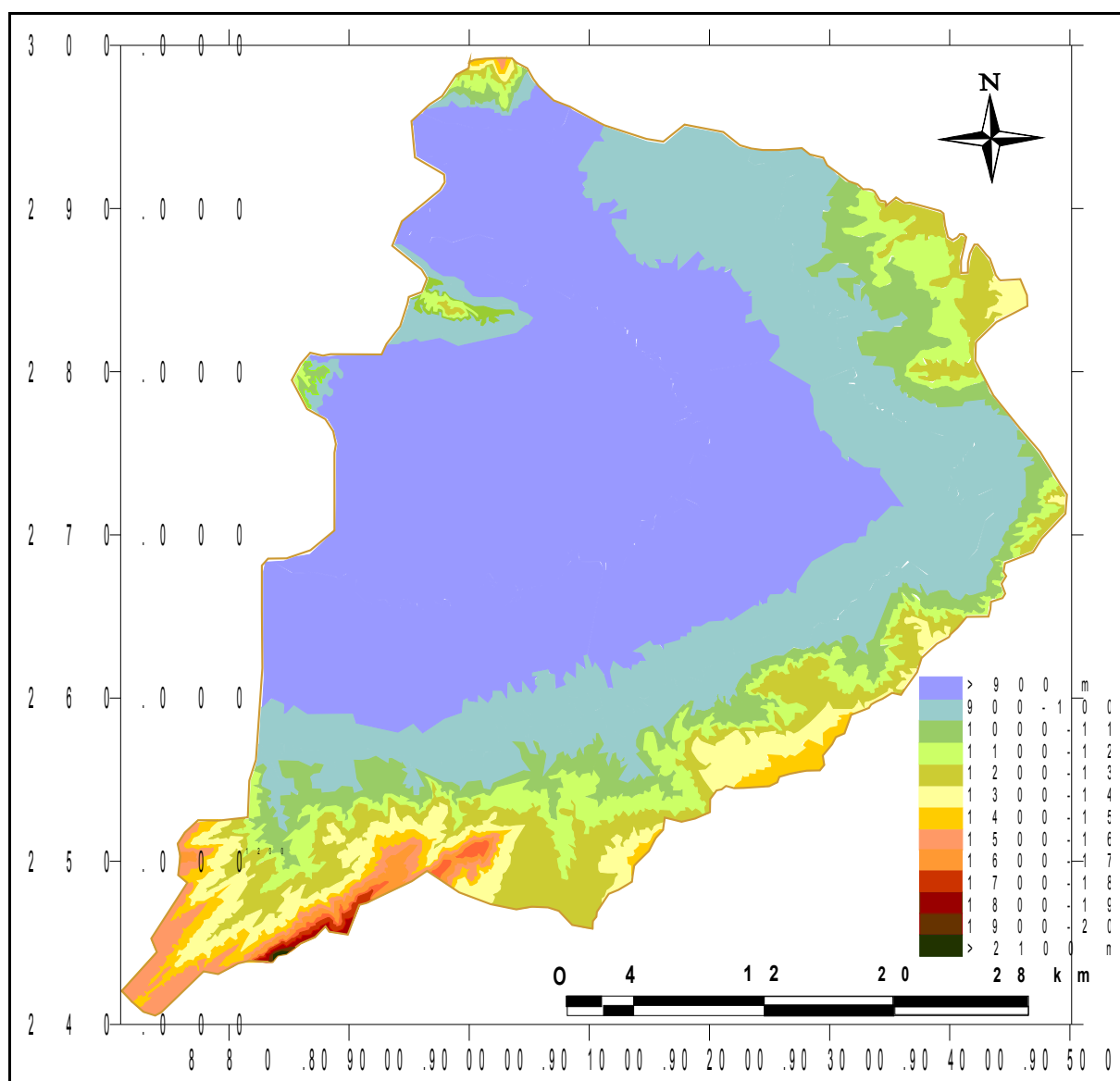


Fig. 5 : Carte hypsométrique du bassin de Gareat El Tarf
 (Tirée des cartes topographiques de Khenchela et Constantine 1/200 000)

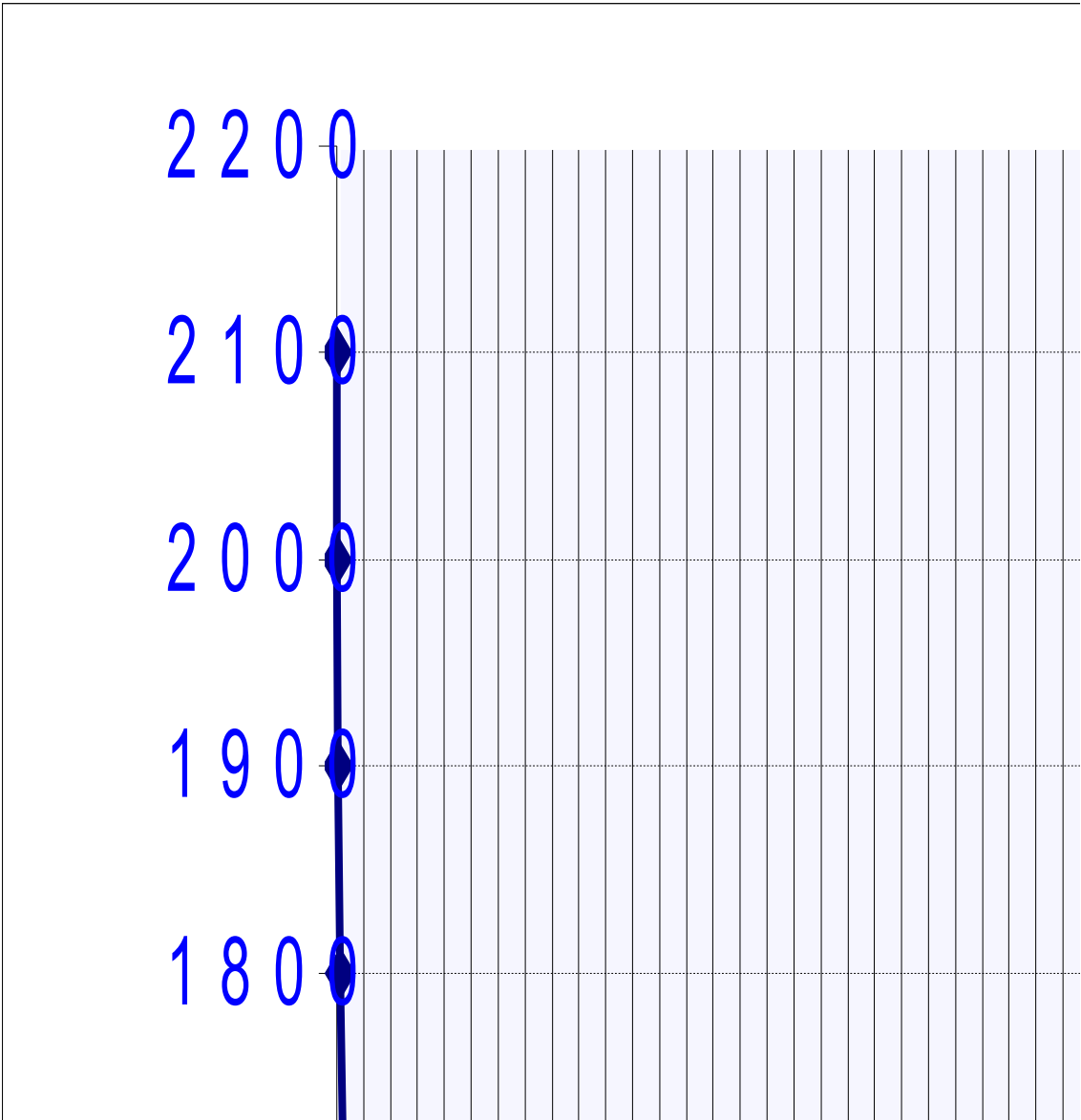


Fig.6 : Courbe
hypsométrique
du bassin
versant de Gat
El Tarf

Altitude (m)

I . 5.2.2. Les altitudes caractéristiques

Le graphe de la courbe hypsométrique permet de déterminer les valeurs suivantes :

L'altitude à 5% est de 1290 m.

L'altitude à 95 % est de 849 m.

L'altitude médiane correspond à une surface cumulée de 50% est égale à 910 m.

L'altitude moyenne est donnée par l'équation suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum h_i \cdot A_i}{A_t}$$

Avec :

A_i , fraction de surface entre deux courbes de niveau (km²) ;

h_i , altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m) ;

A_t , superficie totale du bassin versant (km²).

$$H_{moy} = 970 \text{ m.}$$

I .5.2.3. La dénivelée simple « D »

$$D = 441 \text{ m}$$

I .5. 3. Les pentes

I .5.3.1. Indice de pente Global

Il a été déterminé par la formule suivante :

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

Avec :

$H_{5\%}$, l'abscisse à 5 % dans la courbe hypsométrique = 1290 m ;

$H_{95\%}$, l'abscisse à 5 % dans la courbe hypsométrique = 849 m ;

L , longueur du rectangle (km).

$$I_g = 4.37 \text{ m/ km} \quad \text{Donc le relief est faible}$$

I .5.3.2. Indice de pente (Ip)

L'indice de pente est donné par la formule suivante :

$$IPR = \sqrt{\frac{I_g}{0.8}} = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{A_i \cdot d_i}{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}}$$

$$IPR = 7.3 \%$$

Avec :

L, longueur du rectangle équivalent (m) ;

di, équidistance entre deux courbes de niveau (m) ;

Ai, la fraction en (%) de la surface A comprise entre deux courbes de niveau de distance di.

I.5.3.3. La dénivelée spécifique Ds

Ce paramètre dépend principalement de la surface pour corrigé le Ig

$$Ds = Ig \sqrt{A}$$

$$Ds = 220 \text{ m}$$

En conclusion, la détermination de la dénivelée spécifique du bassin de Gareat El Tarf est inférieure à 250 ce qui nous permet de dire que le relief est assez fort.

I.6. Le réseau hydrographique

Le bassin versant de Gareat El Tarf constitue un système endoréique (Fig.7). L'endoréisme est un phénomène rencontré dans certains bassins versants pour lesquels le réseau hydrographique n'est relié à aucun autre réseau. L'eau est alors acheminée et concentrée en un point du bassin qui peut être un lac, une mare ou une accumulation souterraine. Ce phénomène est généralement observé en zones arides.

Les oueds : Gueiss, Innfifen, El Hammam, Baghai, El Aimer, Alissaour, Nini, Oulmene, El Hassi se déversent tous dans Gareat et Tarf ; tandis que les autres cours d'eau aboutissent sur des surfaces planes au niveau du bassin versant

I .6.1. Densité de drainage

Elle est donnée par la relation :

$$Dd = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A_t}$$

Avec :

$\sum L_i$: La somme des longueurs des cours d'eau présents dans le bassin (231 km)

A défaut de pouvoir disposer de suffisamment d'informations, seuls les principaux cours d'eau ont été considérés.

A : superficie du bassin versant (Km²)

$$Dd = 0.098 \text{ Km/km}^2$$

La valeur réelle de la densité de drainage est donc sensiblement supérieure.

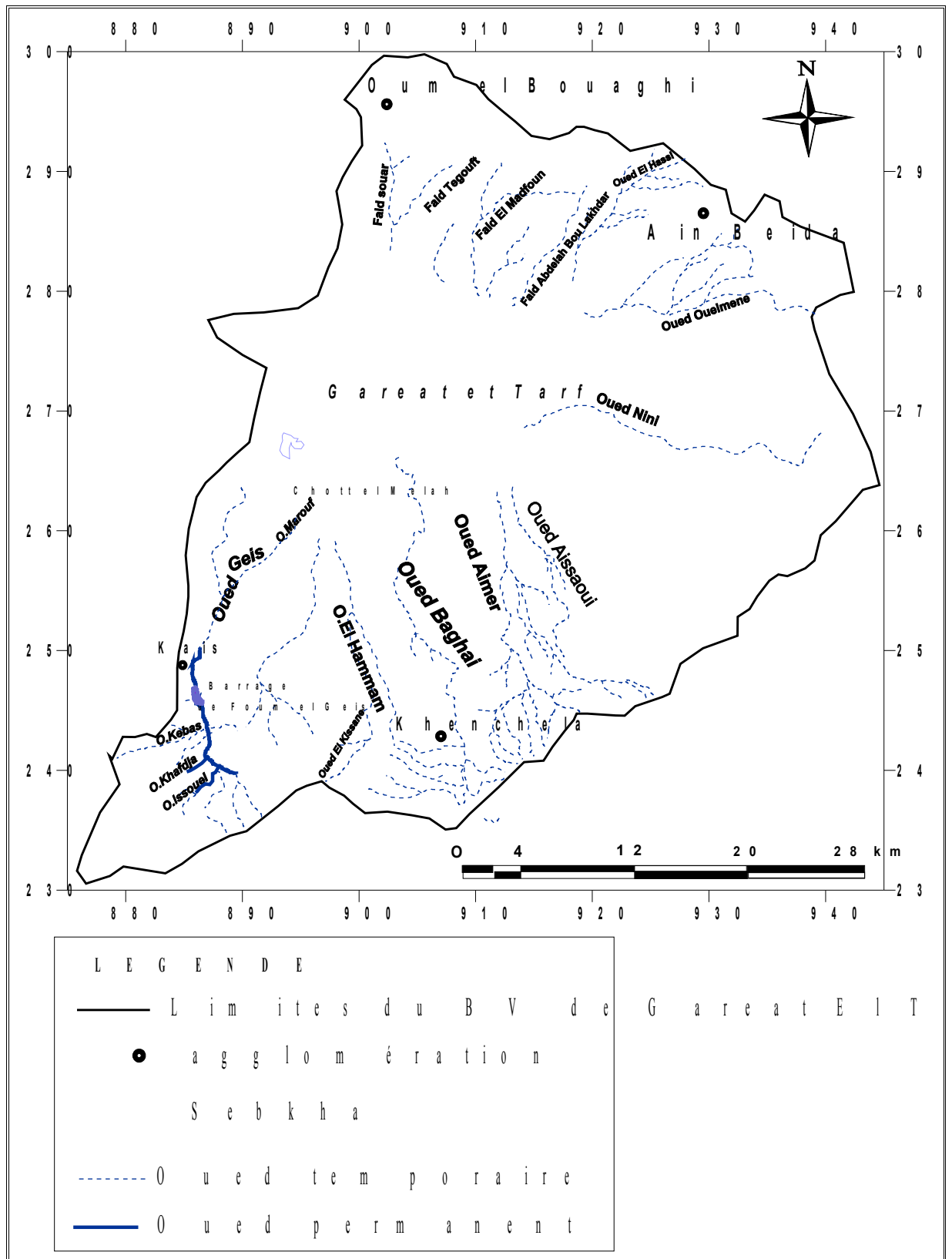


Fig.7 : Réseau hydrographique du bassin de Gareat El Tarf.
(Tiré des cartes topographiques de Khenchela et Constantine 1/200 000)

Caractéristiques	Unités	Valeurs
Surface	Km ²	2340
Périmètre	Km	250
Indice de compacité	/	1,44
Longueur du rectangle équivalent	Km	100.9
Largeur du rectangle équivalent	Km	24.10
Altitude maximale	m	2099
Altitude minimale	m	830
Altitude moyenne	m	963
Altitude médiane	m	910
Indice de pente de ROCH	%	7.3
Indice de pente Global Ig	m/km	4.55
La dénivelée spécifique Ds	m	220
Densité de drainage Dd	Km/km ²	0.098

Tableau 4 : Caractéristiques morphométriques du bassin de Gareat el Tarf

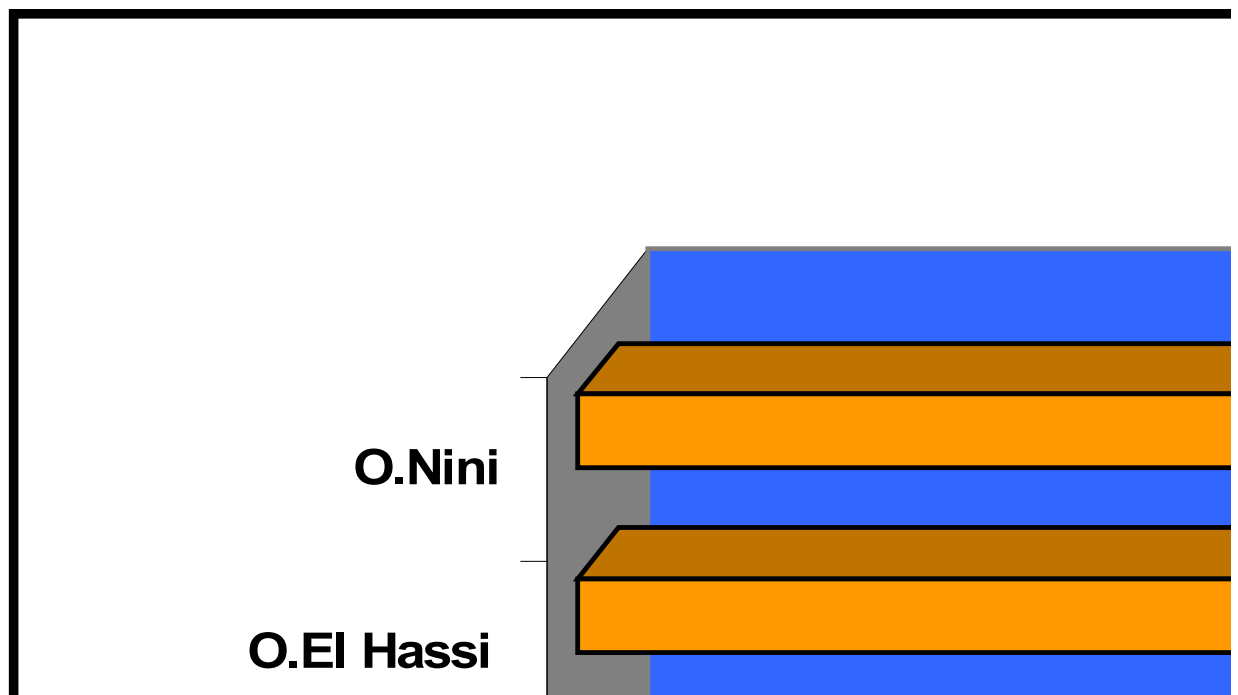


Fig.8 : Longueur des principaux oueds du bassin de Gareat El Tarf

12,3

12

18

13.8

I.7. Climat

Le sous bassins de Gareat el Tarf, ce caractérise par deux type de climat Le Sud, trop influencé par les courants d'air froid et humides en provenance des Aurès ou l'altitude dépasse les 1200 m, jouit d'un climat tempéré .Le Nord, qui est une vaste plaine ou l'altitude décent jusqu'à moins de 850 m est couvert par un climat semi aride.

I.8. Couvert Végétal

La végétation ne trouve pas des conditions favorables pour sa croissance, la couverture végétale est xérophile (adaptée à l'aridité), l'arbre est absent, seules les plantes steppiques comme le Diss (*Ampelodesma mauritanica*). En revanche, les cultures de blé et de l'orge peuvent se faire sans irrigation sur ces vastes hautes plaines.

Le sud du bassin de Gareat El Tarf dispose en altitude de belles forêts constituées essentiellement par de pin d'Alpes, genévriers, ifs, à partir de 1500 m des forêts de cèdres. Les prairies sont bien représentées ; Et les périmètres irrigués sont développés surtout dans la plaine de F'kirina et Remila.

Tout autour de la Sebkha subsiste une végétation herbacée composée essentiellement d'Armoise blanche et d'Atriplex.

I.9. Réseau hydrographique (Fig.7 et Fig.8)

La majorité des oueds sont endoréiques ; ils coulent en direction du lacs salés.

○ Oued Gueiss

C'est un oued permanant qui ouvre un long couloir dans l'Aurès ; il sort du djebel Noughiss, il va se jeter dans la Gareat El Tarf sous le nom d'oued Marouf. Les rivières qu'il reçoit dans l'Aurès sont nombreuses.

○ Oued El Hammam

Oued El Hammam sort du Kef El Biod (1815 m) par une étroite vallée sous le nom de Oued El Kissane, reçoit à quelques kilomètres de Khenchela la source chaude d'Aîn El Hammam, , prend le nom d'oued El Hamma et débouche dans la plaine par 1 m défilé de Foug Tfiest près de la route de Khenchela et termine sont parcours dans les chotts .

○ Oued Baghai

Oued Baghai prend source à djebel Chellalaia, montagne isolée au sud-est de Khenchela après avoir servi travers la route Khenchela-Zoui-Tébessa, arrose la plaine de Khenchela, Ksar Baghai et va se jeter dans la Guerat El Tarf ; il reçoit à gauche de petits affluents alimentés par des sources et qui sourdent du djebel Chabor (1216 m).

○ Oued Aimer, Oued Aissaoui ,Oued Nini et Oued El Hassi

ces oueds prennent sources successivement des massifs de Djebel Chettaia (1455 m), Djebel Knif (1224 m) Djebel Fedjidjet 1291 m et Dj.Galaa (1135 m) et se déversent à Gareat El Tarf.

La partie Nord du bassin versant est arrosée par des Faids (plaine inondée) :

- Faïd Abdalah bou Lakhdar.
- Faïd el Madfoun.
- Faïd Tegouft.
- Faïd Somar

CHAPITRE II

LES CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES

II .1. Introduction

Les caractéristiques géologiques du bassin de Gareat El Tarf conditionnent les écoulements des eaux souterraines et des eaux superficielles. Nous voulons montrer ici la complexité géologique des diverses formations lithologiques qui contribuent à expliquer la nature des réservoirs.

II .2. Lithostratigraphie du bassin de Gareat El Tarf :

La lithostratigraphie a été tirée pour l'essentiel, des notices explicatives des cartes géologiques au 1/ 50 000 ; Khenchela, Gareat El Tarf, Oum El Bouaghi, Ain El Beida, F'kirina, Gareat El Tarf, Delâa et la carte géologique de Constantine 1 /200 000, et des coupes géologiques (Fig. 10)

II .2.1. Trias

Les affleurements triasiques sont assez nombreux et très localisés à proximité de Khenchela, où il isole le Miocène du Crétacé, suivant une bande de 4 à 5 Km de long et de 300 à 400 m de large et, sur Djebels El Krouma et Knif en contact anormal avec l'albien, le Cénomaniens et le Sénonien.

La série triasique comportait probablement à l'origine, de la base vers le sommet : une formation évaporitique épaisse, en particulier sous forme d'amalgame intensément replissés, représentent les indices les plus sûrs de la présence du trias. Le gypse est le plus fréquent, en amas saccharoïdes blanc grisâtre, durs, ou sous forme de grands cristaux (Laffitte, 1939 et Vila, 1977).

L'abondance du sel caractérise cet affleurement, visible dans les diapirs de Khenchela et Krouma, mais cela tient, non pas un caractère original particulier au Trias de cette région, mais au fait que ce pointement étant récent (post-miocène), le sel n'a pas eu le temps d'être dissous, tandis que dans les autres pointements, qui sont anté-miocène, il a disparu depuis longtemps (R. Laffite 1939).

Les argiles et marnes bariolées de couleur verdâtre, rougeâtre à violacée ; constituent les roches les plus abondantes à l'affleurement. Des passées calcaire-dolomitiques, de couleur gris bleuté à noirâtre, généralement bien stratifiés et présentant parfois quelques passées marneuses, sont fréquemment emballés dans les complexes triasique.

II .2.2. Crétacé

Formant l'ossature de la région. Il correspond à une bande grossièrement orientée SW-NE, formée essentiellement de calcaire et de marnes.

II .2.2.1 Crétacé inférieur

a- Barrémien supérieur : à dominante gréseuse

C'est une série essentiellement composée de grès blancs fins, à ciment argilo carbonaté, à tendance quartziteuse. Leur base n'est visible qu'au Sud du Djebel Touzzeline.

b- Aptien marneux (inf)

Au Sidi Reghiss l'Aptien marneux est représenté par environ 100 m de marnes gris noir à débris schisteux et à minces intercalations de marno-calcaire gris à cassure noire.

c- Aptien supérieur calcaire bien lité à Orbitoline

Ces couches forment l'essentiel de la masse calcaire du Djebel Sidi Reghiss et du Djebel Tarf. Au Djebel Sidi Reghiss la série est épaisse d'environ 250 à 300 m.

Au niveau de la coupe géologique prise à Djebel El-Krouma , nous avons la succession suivante de bas en haut :

- Marnes gypseuses
- Calcaires sombres en bancs métriques, alternant avec des marnes beiges

Son épaisseur dépasse les cinquantaines de mètre.

Sur le versant Nord-Ouest du Djebel Sidi Reghiss, seul quelques bancs gréseux quartzitiques sont visibles.

II .2.2.2 Crétacé moyen**a- Albien** de l'anticlinal de Khenchela (marnes, dolomie et grés) et de Djebel el Krouma

L'Albien entoure régulièrement l'anticlinal de Khenchela en formant une ceinture plus ou moins continue au-dessous de l'Aptien .Il se présente généralement sous un faciès gréseux ou alternent, à la base et au sommet, des marnes, des dolomies et des biosparites.

Au niveau de la coupe géologique prise à Djebel El-Krouma , nous avons la succession suivante de bas en haut :

- Marnes gypseuses
- Calcaires sombre en bancs métriques, alternant avec des marnes beiges

Son épaisseur dépasse les cinquantaines de mètre.

Sur le versant nord-ouest du Djebel Sidi Reghiss, seul quelques bancs gréseux quartzitiques sont visibles.

II .2.2.3 Crétacé supérieur**a- Cénomanién inférieur**

Il est présent dans tous les anticlinaux de l'Aurès, il est essentiellement calcaire-marneux .La partie supérieur est constituée de bancs calcaires massif mais peu épais, qui s'intercalent dans des marnes gris-bleu ou beiges ,avec une épaisseur variable peut atteindre 500 à 600 m.

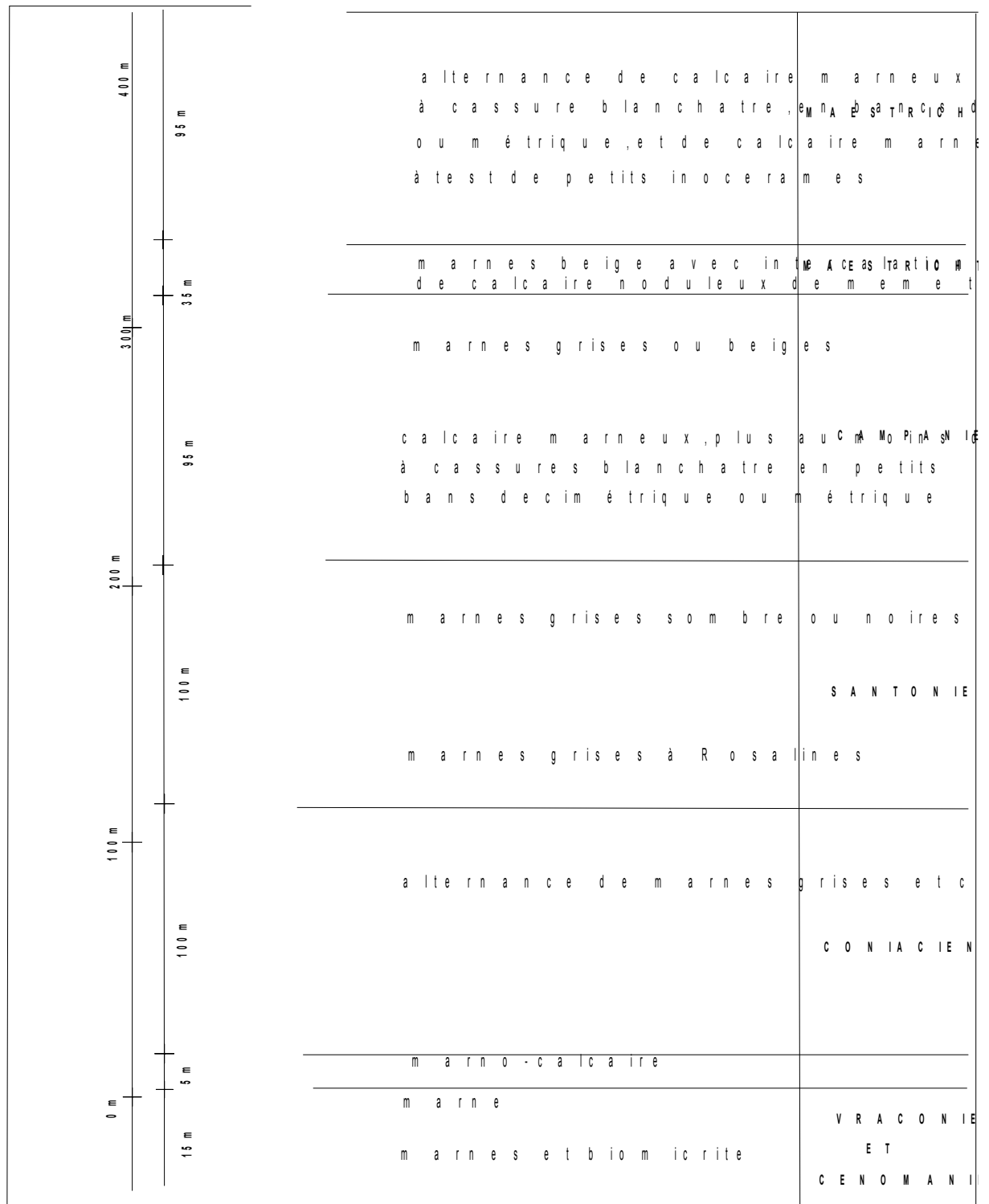


Fig.9 : Colonne stratigraphique au niveau de Djebel Bardo

b- Turonien basal :

Alternance de marnes et de petits bancs marno-calcaire. La base de cet ensemble est constituée par quelques mètres de marno-calcaire blanchâtres en plaquettes fines à cassure noirâtre.

Au dessus 200 m de marnes grises ou noires montrant des intercalations de marno-calcaire blanchâtres.

c- Turonien « moyen et supérieur »

Ce sont des alternances de marnes grises à beiges et de calcaire en bancs métrique .La prédominante des intercalations calcaires créent une barre bien visible dans la morphologie.

d- Coniacien

Au Djebel Knif, sous la discordance des formations bréchiques Santoniennes le coniacien est formé à la base par 90 m d'alternances de marnes beiges ou grises et de calcaire gris au dessus au Djebel Bardo (Fig.9) (Ain Beida) des talwegs isolés montrent sur une centaine de mètres, des formations composées essentiellement de marnes grises alternant avec des calcaires noduleux beiges.

e- Santonien

Visible aux alentours du Djebel Knif. Il correspond à 250 m de marnes gris bleutées avec à la base et au sommet des marno-calcaires en bancs décimétriques riches en débris d'inocérames. ,il repose en discordance sur les argiles varicolores du trias et sur le Coniacien.

Ces formations santoniennes contiennent des algues et des débris de rudistes ainsi que des fragments d'hippuritides, À la base des formations récifales contiennent une microfaune pélagique.

f- Campanien : marnes et calcaires crayeux

Le Campanien est très bien visible aux environs des Djebels Chettaia et Knif et dans le synclinal du Djebel Aurès.

Dans le synclinal du Djebel aourès le Campanien correspond à 170 m de marnes noires et contient de rares intercalations de calcaires,légèrement phosphatés.

Au djebel Knif, on retrouve à la base du Campanien une séquence calcaire de 12 m d'épaisseur. Ce sont des calcaires crayeux en bancs décimétriques à élément triasique remaniés (argiles varicolores).

Au dessus, des marnes noires ne dépassent pas 80 m d'épaisseur.

g- Maestrichtien inférieur à dominante marneuse

Ce sont des formations atteignant une épaisseur estimable à 40 m. se sont des marnes de teinte gris-beige à débris de mollusque, alternant avec des calcaires ocre, beige en bancs décimétriques à débris de lamellibranches, d'échinides et de brachiopodes, inocérames régularis.

h- Maestrichtien supérieur : calcaire à Inocérames.

Ce sont des formations calcaireuse, massifs blanchâtres, granuleux, en bancs décimétriques à centimétriques avec une stratification oblique auprès du Djebel Knif, la cassure des calcaires est un peu plus sombre de teinte grise, bleue, au contraire au Djebel Bardo (Fig.9) et Djebel Boutoukhma, les formations d'une centaine de mètres, ce sont des bancs de calcaires marneux métriques à plurimétriques avec une cassure blanchâtre passées noduleuses et à rognons de silex. Ces formations contiennent des fragments d'Inocérames
L'épaisseur de ces formations ne dépasse pas les 95 m.

II .2.3. Eocène

a- Montien

Formation d'une épaisseur de 70 m, présentant des marnes grises verdâtres en concordance sur le maestrichtien.

b- Yprésien et Thanétien

Ces formations sont d'une épaisseur approximative à 85 m, présente une séquence marneuse grise beige à la base et une séquence carbonatée au sommet. Les roches sont bitumineuses, elles contiennent des silex, des petits nodules phosphatés.

II .2.4. Miocène

2.4.1. Miocène inférieur

a- Aquitano-Burdigalien : conglomérats rouges

L'épaisseur ne dépasse pas 60 à 80 m il s'agit d'argile rouge, d'argiles silteuses rouges et de poudingues à gros éléments arrondis de calcaires. cette série se développe surtout au Sud d'Ain Hammam. Quelques minuscules affleurements de cette formation ont été repérés sur le versant Sud du Djebel Guellif.

b-Langhien-Serravalien : marne biomécrites, biomécrosparites et grès blanc

Cet ensemble complexe et discordant est visible au Sud de djebel Knif et à l'Est de Djebel Chettaâ ou il repose directement en transgression sur le Trias et surtout au Nord du Kef Tifkressa et du Ras Serdoun l'épaisseur de cet ensemble est de 36 m.

II .2.4.2. Miocène supérieur

a- Tortonien gréseux blanc

Cette formation est composée de grés blancs grossiers en bancs plurimétriques, à abondance de dragée de quartz (diamètre allant jusqu'à 2cm).

b- Tortonien supérieur continental : argiles silteuses beiges et rouges, grés

Cette formation affleure aux alentours de Baghai (August compte) 150 m sont ici visible.

II .2.5 Pliocène continental : argiles et conglomérats rouges à la base, calcaire lacustre, marne. Ces formations constituent les trois-quarts des affleurements du Djebel Guellif et apparaissent aussi Ras Ed Drah. Notant que cette formation est absente dans le reste du bassin de Gareat El Tarf.

II . 2.6 Quaternaire

○ Qd Formations dunaires (lunettes)

C'est un agglomérats sableux de poussière et de petits débris qu'on trouve au coté Nord –Est de Gareat et Tarf.

○ Villafranchien probable : croûte calcaires massives

Ces formations, perchées par rapport aux surfaces précédentes. Entaillées par les cycles qui ont suivi Elles correspondent à d'anciens glacis qui s'abaissent doucement de 920 m au Nord à 870 m en bordure de Gareat et Tarf.

○ Glacis polygéniques nappant les reliefs

Ces glacis sont constitués au voisinage immédiat des reliefs par des alternances de couches de cailloutis et blocailles et des colluvions avec un enrichissement en calcaires dans les horizons superficiels couvrent de très vastes surfaces.

○ Terres arables, limons anciens et quaternaire indéterminé

Les terres arables correspondent à des sols bruns non calcaires installés sur des limons anciens bruns ou gris.

○ Alluvions actuelles ou récentes

Il s'agit de limons gris et de graviers. Sont localisés dans la plaine de Remila et celle de F'kirina les fonds de vallée des oueds septentrionaux et des Faïd qui rejoignent la Gareat El Tarf.

○ Eboulis à blocs

Les éboulis sont localisés aux massifs montagneux de l'anticlinal de Khenchela et sur le versant nord du Djebel Tarf. Ils s'installent au pied des corniches calcaires ou gréseuses qui alimentent de vastes nappes d'éboulis.

○ Sebkha de Gareat El Tarf

La lithologie est singulièrement marquée par d'importants affleurements triasiques, des formations calcaires résultant du Quaternaire et du Mæstrichtien supérieur et de conglomérat du Miocène. Le sol, constitué par des limons et des argiles, est déstabilisé par la présence de sel qui disperse ses éléments de sorte qu'il perd totalement sa structure initiale pour donner des structures à faible perméabilité.

La sebkha n'est recouverte que épisodiquement, après des périodes pluvieuses, par une faible tranche d'eau (quelques mètres au maximum dans les secteurs les plus déprimés) qui subsiste quelques semaines ou quelques mois. Dès l'assèchement de la cuvette, les sédiments fraîchement déposés sont emportés par le vent (phénomène de déflation) ou recouvert par une mince pellicule saline résultant de l'évaporation des eaux superficielles ou souterraines.

II .3. Cassures et flexures (Fig.9)

Les cassures sont nombreuses dans le massif de l'Aurès et elles se répartissent très généralement suivant des directions voisines de NW-SE (les plus fréquents), E-W ou N 60° E.

Les anticlinaux les plus dégagés par l'érosion (Chélia et Khenchela) sont parcourus dans leur zone axiale par des failles parallèles à la structure ; qui tantôt effondrent la voûte ou l'un des flancs (Djebel Aidel ; Djebel Chélia) tantôt accompagnent au contraire la percée d'horizons résistants plus profonds Albien de Djebel Aidel.

Ces failles ont une orientation voisine de N 60° E, longe Djebel Aidel et provoquent localement la remontée de calcaire Albien contre la série de marnes cénomaniennes (Houha 2007).

A Djebel Sidi Reghiss (la partie Nord du secteur d'étude) la direction des plis Atlasique est conservée et leurs axes ont une concavité nette vers le N-E.

II .4. Localisation et âge de la mise en place des pointements triasiques

Des affleurements de roches triasiques, de taille et de constitution variable, perçant leur couverture mésozoïque et cénozoïque de façon normale, en une dizaine de points dans l'Aurès, ou sur ces bordures.

Plusieurs extrusions de dimensions importantes morcelant le crétacé supérieur au voisinage de Khenchela ; l'une d'elles a joué dès le Turonien supérieur ou le Sénonien inférieur ; près des djebels Krouma et Knif, les autres sont antérieurs au Miocène qui peut les recouvrir en discordance.

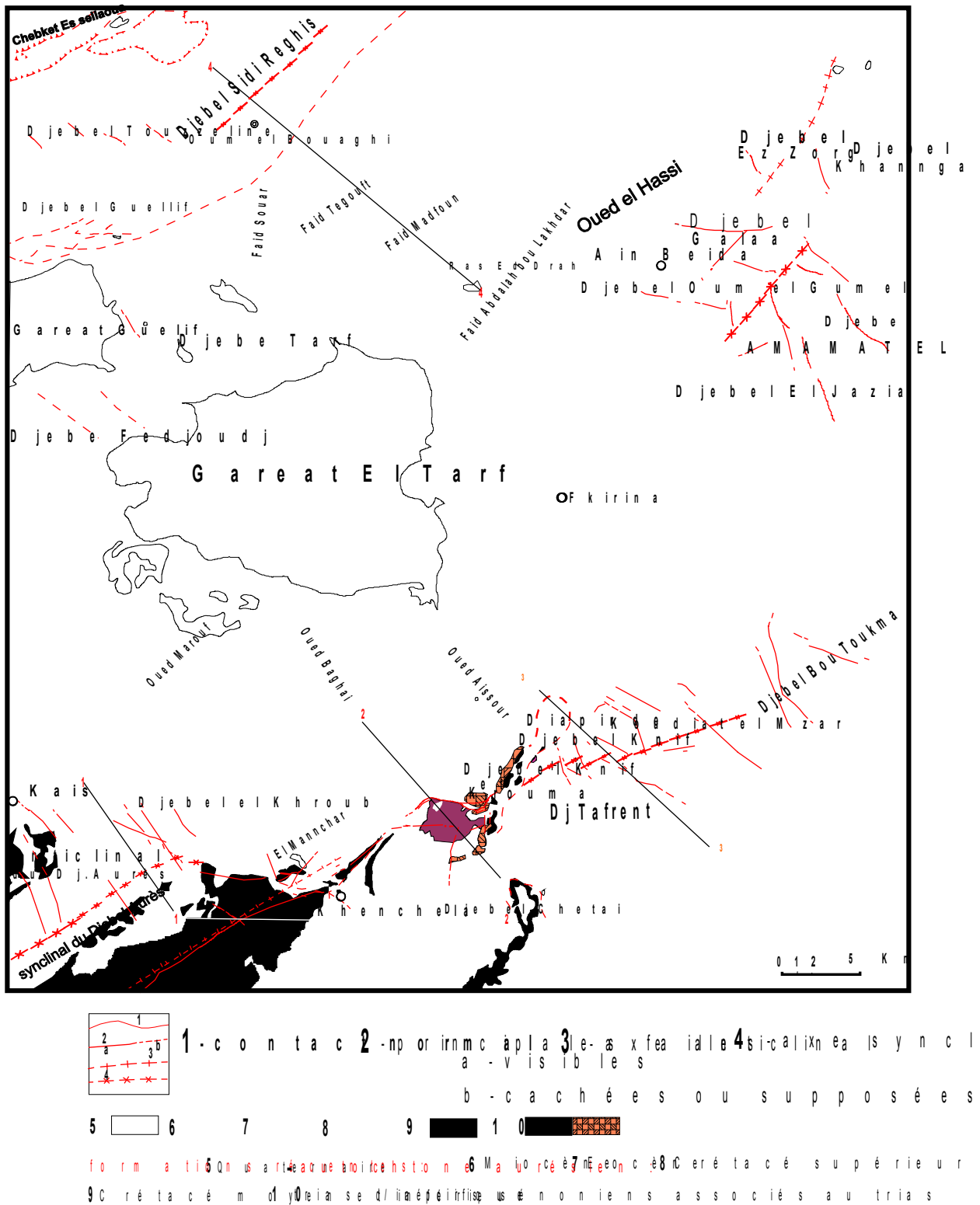


Fig.9 : Schéma structural simplifié du bassin de Gareat El Tarf (d'après J.M.Vila)
(source :Assemblage des schémas des feuilles géologiques n°149-148-147-174-175-176-202-203-204)

II .5. Le style structural

Pour reconnaître le style structural qui n'affecte que les formations antérieures au Quaternaire (formation autochtones Nord-Aurésiennes d'après J.M.VILLA), il faut situer le bassin de Gareat El Tarf dans un ensemble plus vaste qui est le domaine atlasique autochtone ; caractérisé par des diapirs et plis coiffés.

A cet effet nous décrirons de façon plus ou moins détaillée, le domaine atlasique comme une ligne structurale.

II .5.1. Le domaine Atlasique

Le domaine Atlasique (fig.11) Correspond essentiellement en Algérie à deux grands ensembles morphologiques bien individualisés, Atlas saharien à l'Ouest. Aurès et Nementcha à l'Est, dont l'histoire géologique montre qu'ils appartiennent à une même chaîne .Ces deux ensembles, qui ne se placent pas exactement dans le prolongement l'un de l'autre mais sont légèrement décalés selon un mouvement dextre, se raccordent par l'intermédiaire d'une zone charnière topographiquement moins élevée et un peu plus complexe sur le plan géologique : la région de M'Doukel-Biskra .

À la lumière des résultats acquis dans les domaines de la chaîne atlasique, principalement par (R.Laffite 1939,R.Guiraud 1973 et Vila 1977),et que l'on peut résumer ainsi pour l'essentiel :

- Le relief de l'Aurès a subi de nombreux dépôts et ses formes actuelles sont dues aux élévations post-pliocènes. La phase de plissement maximum dans l'Aurès débute de la fin de l'orogénèse pyrénéenne (Villa 1977).
- Le massif de l'Aurès serait affecté par une forte subsidence lors du Mésozoïque, puis énergiquement plissés à la fin de l'Eocène moyen ;certaines parties du massif s'élèvent d'autres s'affaissent .C'est dans celles-ci que se déposent les couches rouges,jusqu'à la fin du Pontien.
- Surrection vers la fin de l'Oligocène de l'ensemble de la chaîne, quelques plis et flexures de direction E—W se produisent alors dans les Aurès marquée par un substratum sédimentaire hérité des transgressions marines du secondaire et du tertiaire.
- Les mouvements post-burdigalien ont modifié notablement les formations Miocène marines et continentales .Ainsi les grès burdigalien en bordure Sud de la plaine sont relevés à 20-50 m à l'Est de Kais. Ils présentent au Sud Ouest de la plaine de Remila une allure synclinale entre le flanc Sud et le Djebel Amrane .La direction générale Est-ouest est d'autre part coupée par des accidents orthogonaux.

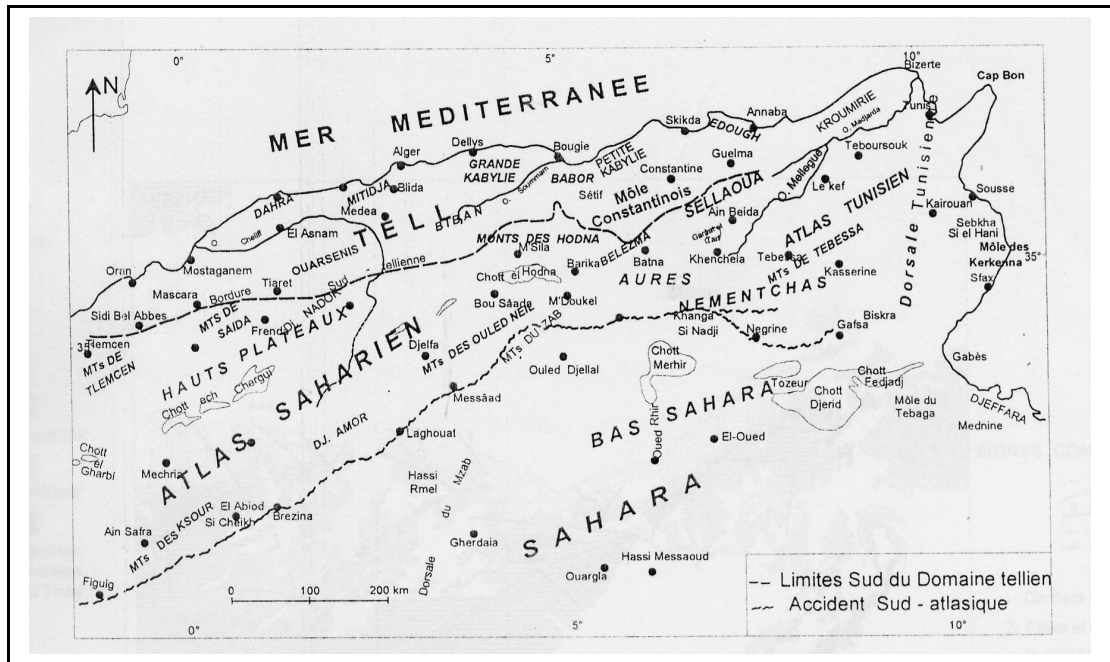


Fig.12 : Localisation des principaux ensembles géomorphologiques du Nord de l'Algérie et de la Tunisie (Guiraud 1973)

- A la fin du Tertiaire, une phase d'érosion aboutit au façonnement des formes Crétacé et au comblement des dépressions par des dépôts continentaux.
- Possibilité de rentrer des accidents obliques perpendiculaires aux structures, quelques grandes cassures d'orientation NW-SE ayant notamment été reconnues par R.Laffite (1939) et par G.Dubordieu (1956).
- Mise en place d'injection triasique, « diapirs ou dôme de sel », à différentes époques, Turonien supérieur, post-Lutétien (Lessard L, 1957).
- L'anticlinal du Crétacé du Djebel Amrane, qui divise la plaine de Remila en deux synclinaux présente des pendages assez élevés, atteignant 50°. Sa prolongation vers l'Est, sous le recouvrement récent, est très vraisemblable.
- Le synclinal de Khenchela qui représente une vaste structure régulière est constitué par les successions géologiques suivantes : le Crétacé inférieur, épaisse série en grande partie continentale, formées par des dépôts calcaires, marno-calcaires et marno-calcaires-argileux. Toute cette région marquée par un substratum sédimentaire hérité des transgressions marines du secondaire et du tertiaire, aurait connu vers la fin de l'Oligocène une phase d'orogénèse extrêmement active qui a entraîné la surrection de l'Atlas saharien.

II .6. Conclusion

L'analyse des caractéristiques géologiques du bassin de Gareat El Tarf à permis la mise en évidence de l'existence de trois structures d'importance hydrogéologique :

Un substratum marneux siégeant dans la plaine affleurant aux Djebels Boutoukhma à l'Est, El Krouma au Sud, Ras Serdoun piémont de Khenchela et de Djebel Chelia à l'Ouest, donnant ainsi une assise imperméable.

Un ensemble appartenant au crétacé et au miocène matérialisé respectivement par des calcaires Mæstrichtiens affleurant à l'Est près de Djebel Tafrent et Boutoukhma, dont l'épaisseur dépasse les centaines de mètres, et le Tortonien gréseux à Djebel El Kharoub, El Menchar et tout le Nord de Khenchela avec une épaisseur de 300 m.

Cet ensemble est d'un intérêt hydrogéologique important, car il est formé de roches perméables, constituées de calcaires fissurés et karstifiés et de grés grossiers, pouvant emmagasiner de l'eau, et seraient le siège d'une nappe profonde.

Un bassin comblé d'une sédimentation hétérogène, notamment alluvionnaire, constituant le Mio-quaternaire, avec une épaisseur qui dépasse les 300 m. Ce matériel alluvionnaire est d'une perméabilité acceptable, permettant de stoker l'eau suscitant un intérêt hydrogéologique.

CHAPITRE III

LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

III .1. Introduction

L'Algérie est subdivisée, du Nord au Sud, en cinq zones (Tableau 5)

- La zone littoral ;
- L'Atlas tellien ;
- Les hautes plaines steppiques (qui comprennent notre terrain) ;
- L'atlas saharien ;
- Le Sahara.

Cette zonalité hydroclimatique est régie principalement par le degré d'influence des courants froids issus du front polaire, qui s'atténuent en allant du nord au sud. Seul la région du Sahara reçoit aussi (en été) les perturbations issues de la mousson soudanaise.

Une étude global de synthèse menée par les nations Unies (1987) a abouti aux résultats portés dans le tableau suivant :

Zones climatiques	Température(C°)	Précipitations		
		Région Ouest	Région centre	Région Est
Littoral	18	400	700	900
Atlas tellien	19 à 20	600	700 à 1000	800 à 1400
Hautes plaines	19 à 21	250	250	400
Atlas saharien	21	150	200	300 à 400
Sahara	22	20 à 50	20 à 50	20 à 50

Tableau 5 : caractéristiques hydrométriques des zones hydroclimatiques

Le climat des hautes plaines steppiques est marqué par un conflit entre les influences de la méditerranée, caractérisées par des hivers doux et une longue période estivale chaude, température par des brises de mer, et celle du Sahara, avec un vent chaud et secs le siroco soufflant au nord du Sahara durant la saison estivale, amène des orages de poussière et sable vers les régions côtières. Dans les deux cas de dépressions nordique vient au contact de l'air chaud venant du sud (Sahara) ; les masses d'air deviennent alors instables et engendrent des orages au printemps au automne (HUNEF, 2000 et ANAT J 1992). Les pluies sont généralement insuffisantes, irrégulières et inégalement réparties dans l'espace et dans le temps. Elles sont nulles en été et maximal au printemps (ANAT 1992).

III .2. Equipement du bassin (Tableau 6)

Parmi les Stations météorologiques et hydrométriques existant sur le bassin, seul les quatre stations récapitulées dans le tableau ci-dessous fournissent des séries de données climatologiques et hydrométriques, communes comparables, mais restent tout de même un peu fragmentaires et non homogènes.

station	Type de station	coordonnées			Période de mesure	Paramètres mesurés
		<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>		
Oum El Bouaghi	météorologique	899	295	890	1982-2007	P, T
Ain El Beida	pluviométrique	924.15	288	100.4	1982-2007	P
Khenchela	météorologique	890	250	983	1982-2007	P, T
Foum El Gueiss	hydrométrique	885.2	247.3	980	1988-2002	Q moy

(Source ONM)

Tableau 6: Stations météorologiques et hydrométriques du bassin de Gareat El Tarf

III .3. Etude statistique des précipitations (Tableaux 7,8 et 9)

L'étude statistique qu'on va établir concerne les moyennes pluviométriques annuelles fournis par les stations de d'Oum El Bouaghi, Khenchela et celle d'Ain El Beida, durant la période allant de 1982 à 2007 (25 ans).

Paramètres de la loi	Station de Khenchela	Station d'O.E. Bouaghi	Station de Ain El Beida
La moyenne annuelle: $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	496,84	468,50	406,05
L'écart type: $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (X_i - \bar{X})^2}$	111,55	152,66	100,47
Le coefficient de variation: $C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}}$	0,224	0,325	0,247

Tableau 7 : Paramètres statistiques des séries pluviométriques

Avec :

X_i : Précipitation moyenne annuelle en mm ;

N : Nombre d'années d'observation.

Parmi les lois de distribution testées, la loi log-normale présente le meilleur ajustement.

La loi log-normal se présente sous la forme suivante :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{u^2}{2}} \cdot du$$

Avec :

$$U = \frac{\ln(x) - \ln \bar{x}}{\sigma_{\ln x}}$$

L'équation de la droite d'ajustement (droite d'Henry) est de la forme :

$$\ln x = \ln \bar{x} + \sigma_{\ln x} \cdot u$$

	Fréquence	U de Gauss	Station de Khenchela P(mm)	Station d'Oum El Bouaghi P (mm)	Station de Ain El Beida P (mm)
Années humides	0,5	0,000	484,77	445,09	393,84
	0,8	0,841	586,14	586,07	487,81
	0,9	1,282	647,36	676,82	545,60
	0,95	1,645	702,70	762,25	598,43
	0,98	2,054	770,64	871,32	664,02
Années sèches	0,5	0,000	484,77	338,02	317,97
	0,2	-0,841	400,93	445,09	393,84
	0,1	-1,282	363,01	338,02	317,97
	0,05	-1,645	334,42	259,90	259,19
	0,02	-2,054	304,94	227,36	233,59
	0,01	-2,327	286,75	207,97	217,94

Tableau 8: Pluies moyennes annuelles pour différentes fréquences pour la période de 1982 à 2007

	Station de Khenchela			Station d'O E Bouaghi			Station de Ain El Beida		
	P (mm)	Fréq. théo.	Pér.Ret .	P (mm)	Fréq. théo.	Pér.Ret .	P (mm)	Fréq. théo .	Pér.Ret.

L'année la plus sèche	311,8	0,025	39,9	246,2	0,035	28,7	218,2	0,010	98,7
L'année la plus humide	771,2	0,980	50,9	876,1	0,981	52,5	653,2	0,977	43,2

Tableau 9 : Période de retour des années les plus sèches et les plus humides par stations

III .4. Analyse des données thermo- pluviométriques

Le régime climatique dépend des précipitations et des températures, ces deux paramètres conditionnent la recharge de la nappe.

III .4.1. Analyse de la pluviométrie

La carte pluviométrique de l'Algérie du Nord dressée par l' ANRH édition 1993, montre globalement une répartition décroissante des précipitations, du Nord vers le Sud et de l'Est vers l'Ouest .La pluviométrie varie de 2000 mm sur les reliefs aux bordures de la Méditerranée jusqu'à 600 mm au niveau des hautes plaines pour diminuer jusqu'à 100 mm dans le Sahara central.

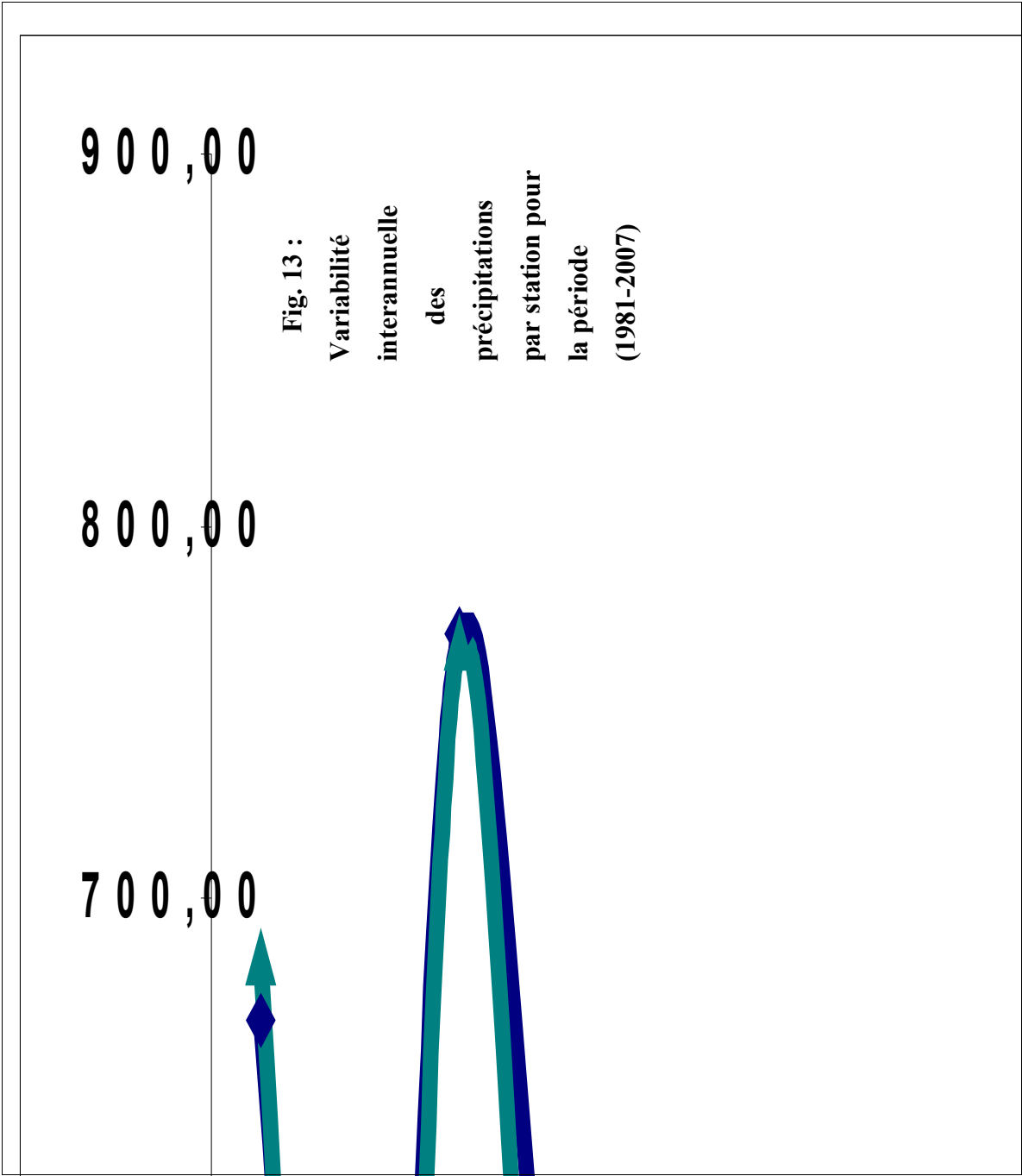
En effet le bassin de Gareat El Tarf reçoit en moyenne entre 450 et 500mm d'eau par an, dans sa partie Sud et Nord et une moyenne entre 400 et 450 mm/an dans sa partie centrale.

Cette plage de pluviométrie concorde avec la moyenne arithmétique calculée au niveau des stations de Khenchela, Oum Bouaghi et Ain El Beida avec successivement une moyenne de 496.52 mm ,477.88 mm et 406 mm d'eau par an (tableau 10).

III .4.1.1. Répartition interannuelle des précipitations

En examinant la (fig.12) établie selon les données relatives aux stations de Khenchela et d'Oum El Bouaghi à partir de 1981/1982 à 2006/2007 (25 ans), et la station de Ain El Beida à partir de 1981/1982 à 2005/2006 (24 ans),On remarque que la variabilité interannuelle se présente comme suit :

- Pour La station de Khenchela avec un minimum pluviométrique de 326.5 mm correspond au cycle 2000/2001, par contre l'année 1983/1984 traduit le cycle le plus arrosé avec 771.27 mm.
- Au niveau de la station de Ain El Beida, le minimum est enregistré durant l'année 1995/1996 avec 254.7 mm représentant le cycle le plus sec,alors que le maximum est constaté durant l'année 1994/1995 avec 653.20 mm .
- Alors que pour la station d'Oum El Bouaghi le cycle le plus arrosé est 2003/2004 avec 847.1 mm, et le plus sec est celui de 2004/2005 avec 254.7 mm.



III .4.1.2. Répartition des précipitations moyennes mensuelles interannuelles (Tableau 10)

Le régime pluviométrique des trois stations (Khenchela, Ain El Beida, Oum El Bouaghi), est caractérisé par un maximum de 58.50 mm, 46.56 et 71.78 au mois de Décembre représentant ainsi le mois le plus pluvieux. Par contre les faibles précipitations coïncident avec le mois de juillet avec 11.79 mm, 11.57 mm et 9.63 mm. Soit une fluctuation moyenne mensuelles de 46,71 mm pour la station de Khenchela, 34,99 mm pour la station d' Ain El Beida et 62,15 mm pour celle d'Oum El Bouaghi.

Les courbes pluviométriques moyennes mensuelles nous a permis de remarquer que la pluviosité au niveau des trois stations, commence à s'accroître au mois d'Octobre pour aboutir a son max au mois de Décembre, régresse à partir du mois de Janvier, pour reprendre au mois d'Août en passant par deux chutes assez considérables au mois de Février et Avril (Fig.12).

	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Févr	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Année
Station de Khenchela (1982-2006)	40,46	43,01	44,26	58,50	46,83	38,72	58,37	46,79	52,49	28,82	11,79	26,80	496,8
Station d'O.E Bouaghi (1982-2007)	37,33	35,49	44,87	71,78	56,36	42,45	46,67	40,98	42,87	21,15	9,63	18,91	468,5
Station d'Ain El Beida (1982-2007)	39,08	32,43	40,11	46,56	40,78	32,90	36,32	31,29	46,16	27,24	11,57	23,21	407,6
moyenne interstations	38,96	36,98	43,08	58,95	47,99	38,02	47,12	39,69	47,17	25,74	11,00	22,97	457,6

Tableau 10 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm

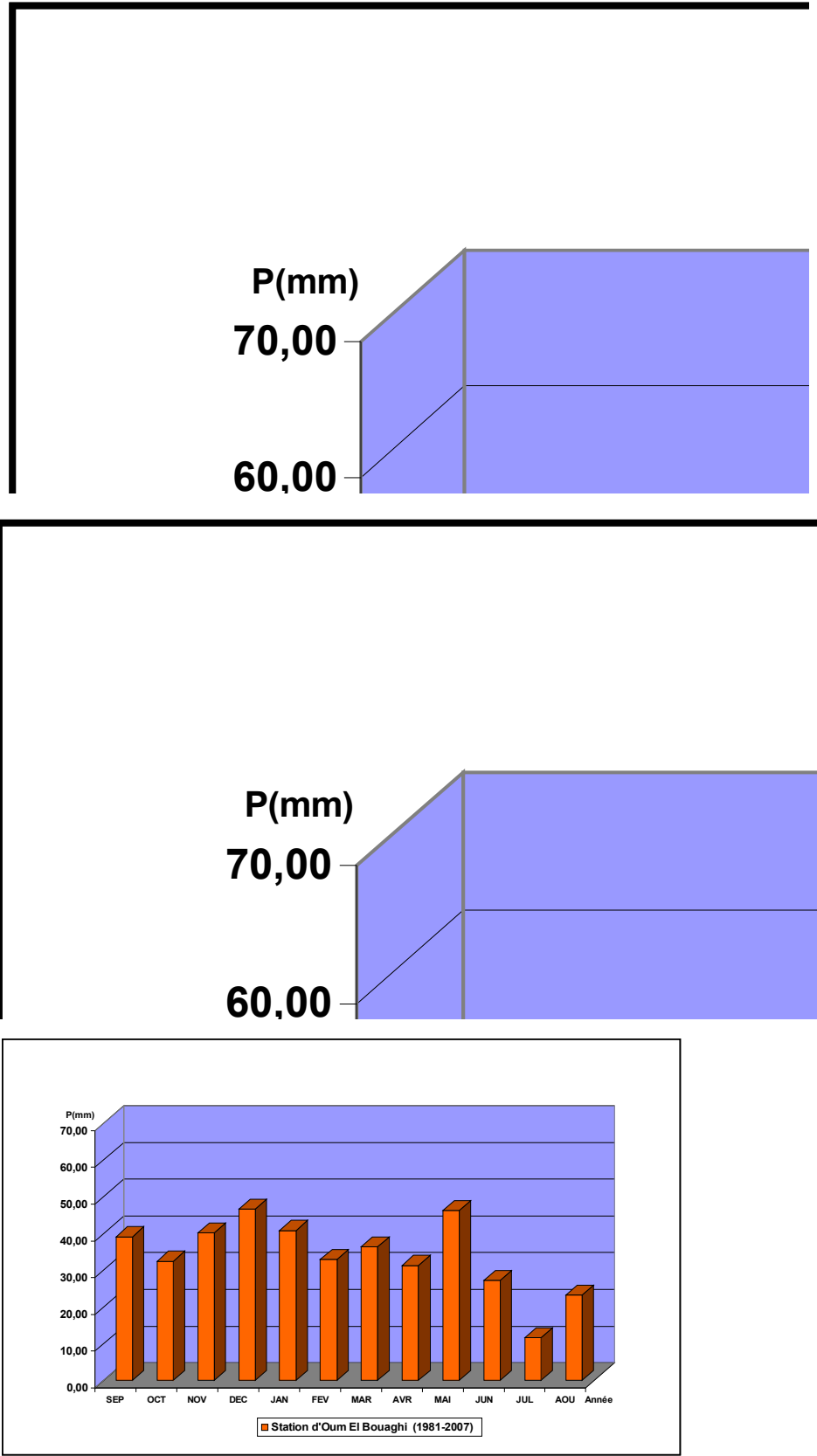


Fig. 14 : Précipitations mensuelles moyennes interannuelles entre 1982 et 2007

■ Stati

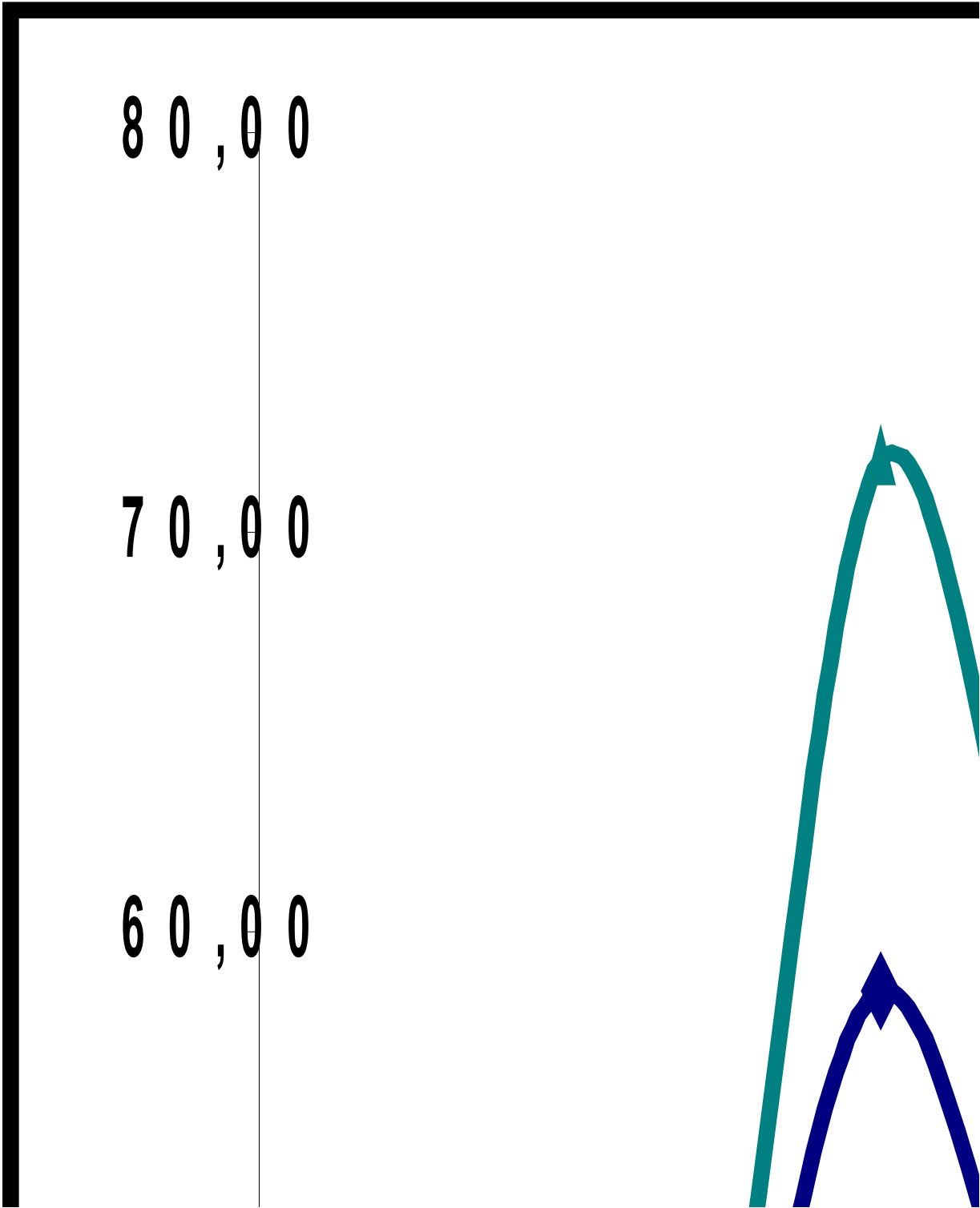


Fig.15:
Répartition des
précipitations
moyennes
mensuelles
interannuelles
par station de
1982 à 2007

III.4.2. Analyse des températures

Ce paramètre tout comme la précipitation trouve son importance dans le calcul de l'évapotranspiration, élément important du bilan hydrique.

Les températures sont relativement homogènes sur tout le bassin de Gareat El Tarf (Tableau 11).

Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Févr	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Moyenne inter station
Station de Khenchela	21,44	17,18	11,50	7,71	6,62	7,48	10,09	12,70	17,52	22,81	25,80	25,75	15,55
Station d'O.E.Bouaghi	21,48	17,15	11,55	7,72	6,51	7,47	9,95	12,62	17,44	22,62	25,60	25,70	15,48
moyenne	21,46	17,16	11,52	7,71	6,56	7,48	10,02	12,66	17,48	22,72	25,70	25,72	15,52

**Tableau 11 : Moyennes interannuelles des températures moyennes mensuelles (°C)
(1982 à 2007)**

Les températures moyennes mensuelles (tableau 11) Présentent de très importantes variations saisonnières. L'été est très chaud la température atteint son maximum au mois de juillet, avec 25,8 °C. L'hiver est relativement doux les températures restent supérieures à 6°C et inférieures à 8 °C, janvier étant le mois le plus froid la température descend jusqu'à 6,6 °C.

Pour l'étude des températures minimales et maximales journalières, les données disponibles sont de la période 1996-2007 (Fig.16).

Dans le courant de l'année la température minimale passe de 3,3 °C à 17,4 °C à Khenchela et de 2,6 °C à 18,5 °C à Oum El Bouaghi.

Les maximas passent de 10,3 °C en mois de janvier à 33,2 °C en mois de juillet enregistré au niveau de la station de Khenchela (Fig. 17). .

Un minimum en janvier (12,1 °C) et un maximum en juillet (34,5 °C) enregistré au niveau de celle d'Oum El Bouaghi (Fig. 17).

L'amplitude thermique annuelle est de 29.9 °C à Khenchela et de, et de 31.9 °C à Oum El Bouaghi.

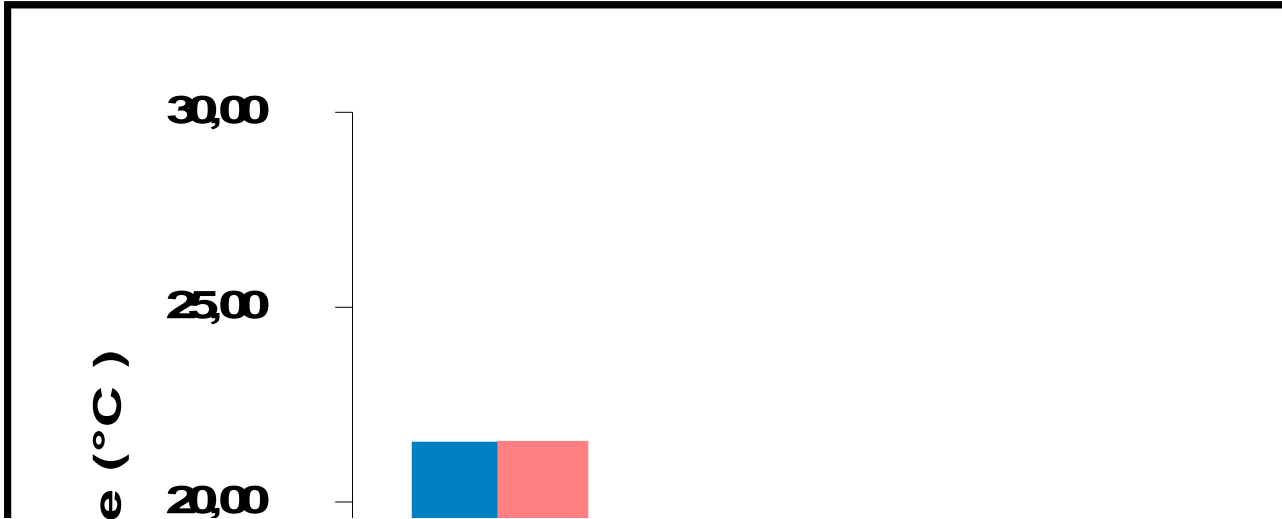


Fig. 16 : Températures mensuelles moyennes interannuelles entre 1982 et 2007

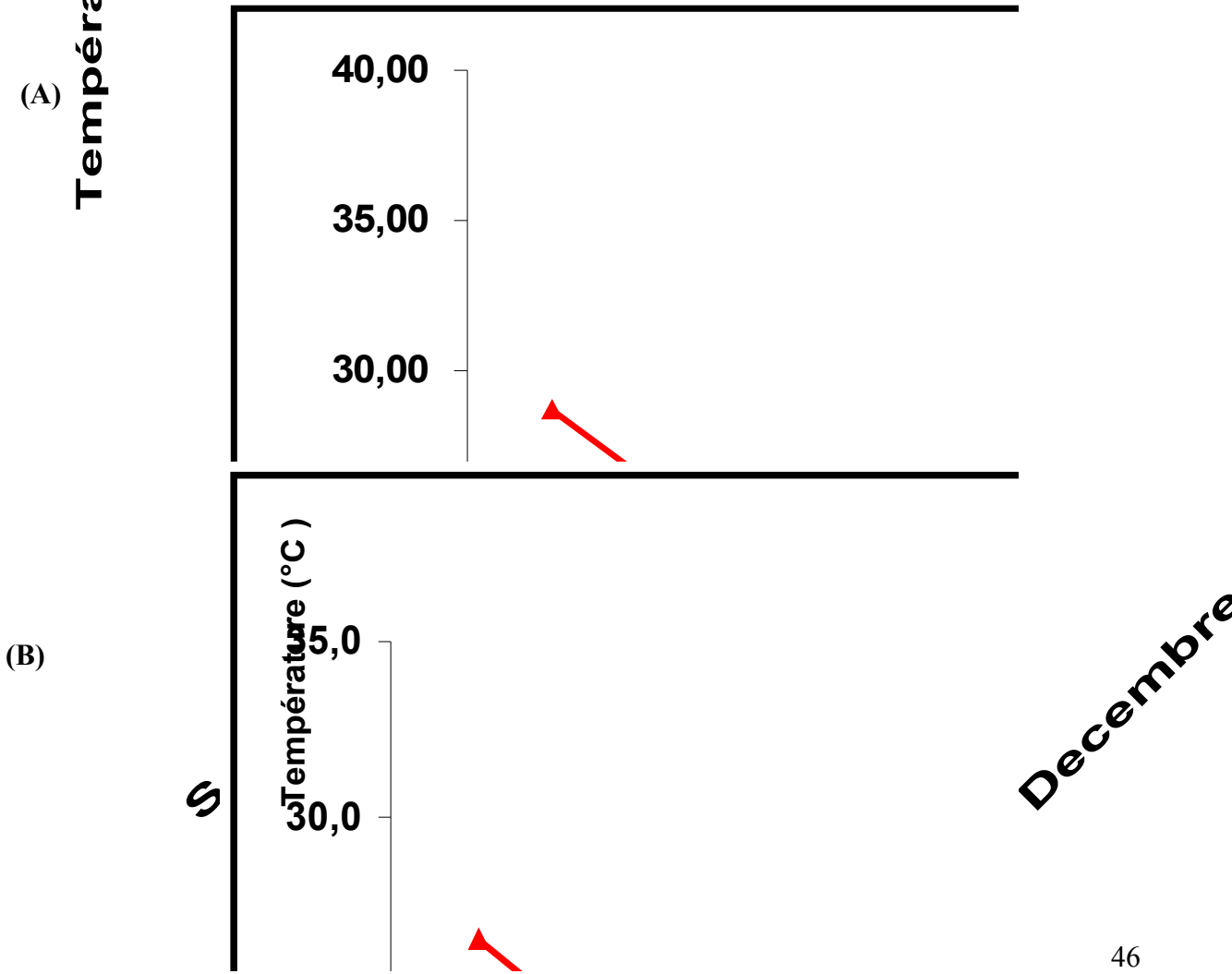


Fig.17 : Températures mensuelles par station. (1996-2007)**(A) la station d'Oum El Bouaghi****(B) la station de Khenchela****III .5. Synthèse climatique****5.1. Diagramme pluviothermique**

La combinaison des deux facteurs, température et précipitation, est très importante dans la mesure ou elle permet de mettre en évidence les mois secs.

Un mois sec se définit, selon Bagnouls et Gaussen (1961), comme celui ayant un total des précipitations, en millimètre, égal ou inférieur au double de la température moyenne en ° C ($P \leq 2T$). La détermination de cette période a une importance primordiale pour les besoins en eau d'irrigation.

Les diagrammes pluviothermiques établis en se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur une période d'observation de 26 ans, au niveau de la station de Khenchela et celle d'Oum El Bouaghi, nous a permis de visualiser le suivant :

La saison sèche, s'étale sur six mois, de mai à octobre pour la station d'Oum El Bouaghi, et sur cinq mois de mai à septembre pour la station de Khenchela (Fig.17).

III .5.2. Indice d'aridité

Indice d'aridité de E.D Marton (1923) se base sur le régime des précipitations et des températures pour caractériser le climat d'une région :

$$A = P / T + 10$$

Avec :

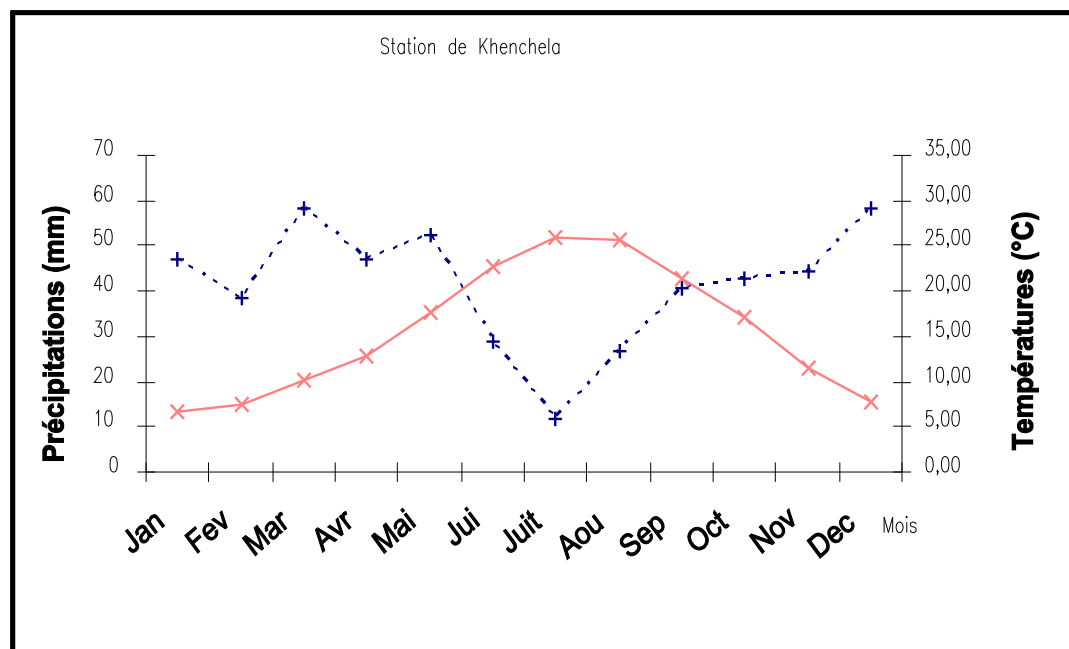
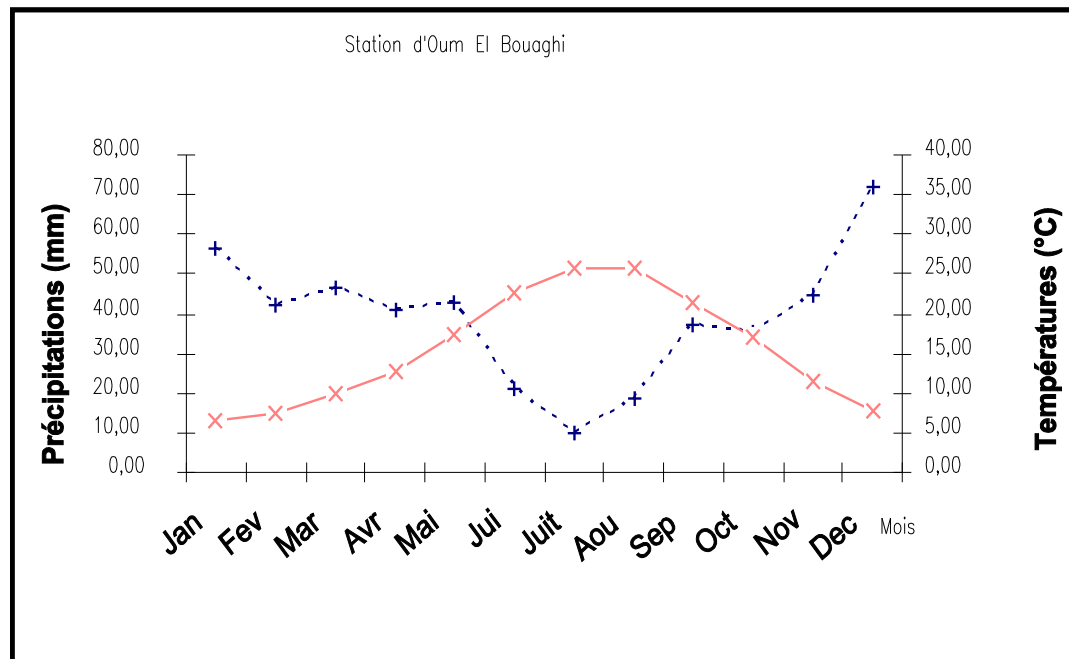
P : précipitation moyenne annuelle en mm ;

T : température moyenne annuelle en °C ;

<i>Station</i>	T (°C)	P (mm)	Indice de E.D Marton
<i>Khenchela</i>	15.55	496.84	19.44
<i>Oum El Bouaghi</i>	15.48	468.5	18.38

Tableau 12 : Valeurs de l'indice de E.D Marton

Une valeur de E.D Marton situé entre 10 et 20, indique un régime climatique semi-aride. Pour les deux stations l'indice climatique de cette hauteur est compris entre 10 et 20 avec 19.44 pour la station de Khenchela et 18.38, pour la station d' Oum El Bouaghi. Donc le climat du bassin de Gareat El Tarf est de type semi-aride.



- - + - - P r é c i p i t a t i o n s (m m)
 S a i s o n h u m i d e S a i s o n s

**Fig.17 : Diagrammes pluviothermiques par station
(1981-2007)**

III .5. Etude de l'apport liquide

Le bassin de Gareat El Tarf est pourvu d'une station hydrométrique du nom Foun El Gueiss .Cette station contrôle un bassin versant de 144 km².La pluviométrie moyenne annuelle au niveau de ce bassin est de 415 mm. L'apport moyen annuel enregistré est de 8.93 hm³.Nous prenons cette station de référence.

III .5.1. Evaluation de la lame d'eau écoulée

Dans cette étude on se base sur cinq formules empiriques qui s'intéressent à trois facteurs qui sont la moyenne des précipitations et des températures annuelles ainsi que la superficie du bassin versant. Les formules proposées on été appliquées en Algérie.

a- Formule de C.Samie

$$Le(mm) = P^2_{(m)}(293 - 2,2\sqrt{(S)})$$

b- Formule dite Algérienne

$$Le(m) = P(m)(1 - 10^{-kp^2})$$

$$K = 0.18 - 0.1 \log S$$

c- Formule de Gautagne

$$Le = \lambda \cdot P^2$$

Avec λ coefficient thermique

$$\lambda = 1/(0.8 + 0.14t^\circ)$$

Limite d'utilisation :

$$1/8 \lambda < P < 1/2 \lambda$$

d- Formule de Maulet et Gautier

$$Le(m) = 0,6 \cdot P(m)(1 - 10^{-0.36P^2})$$

e- Formule de Turc

$$Le(mm) = P(mm) - D(mm)$$

$$D(mm) = P(mm)/(0.9 + (P^2_{(mm)} / L^2))$$

Avec L variable thermique

$$L = 300 + 25T^\circ C + 0.05T^3$$

5.2. Détermination de l'apport liquide annuelle

$$A(Hm^3) = Le(mm) \cdot S(km^2) \cdot 10^{-3}$$

Avec :

Le : Lamé d'eau écoulée en mm ou m ;

P : Précipitation moyenne annuelle sur le bassin versant en m ou mm ;

S : Superficie du bassin versant en km² ;

A : Apport liquide moyen annuel hm³ ;

T : température moyenne annuelle °C ;

D : déficit d'écoulement en mm ou m.

Formules	Bassin versant de Gareat El Tarf		Bassin versant de référence Foum El Gueiss	
	Le (mm)	A (hm ³)	Apport mesuré (hm ³)	Apport calculé (hm ³)
C.Samie	39.07	5.26	8.93	6.61
Algérienne	88.05	12.67		11.49
Gautagne	69.53	10.14		8.38
Maulet et Gautier	57.37	8.26		6.89
Turc	64.18	9.74		6.81

Tableau 13 : Apport liquide moyen interannuel

On remarque que la formule de Gautagne est celle qui donne la valeur d'apport la plus proche des valeurs enregistrées à la station hydrométrique de Foum El Gueiss.

En conclusion l'apport moyen interannuel au niveau du bassin de Gareat El Tarf serait de 10,14 hm³/an.

III .6. Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite (Tableau 14)

Cette méthode est utilisée pour les climats sub-humide et semi-aride. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU).

III .6.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle se calcule indépendamment de la pluviométrie pour des surfaces évaporantes bien alimentées en eau.

Elle correspond donc à une restitution hydrique maximale à l'atmosphère par évaporation directe au niveau du sol ou des plantes dont la température demeure la principale fonction.

Pour l'estimation de ce paramètre, nous utiliserons la formule de C.W.Thornthwaite dont la relation s'écrit :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \times F(\lambda)$$

ETP : L'évapotranspiration potentielle en mm ;

T : température moyenne mensuelle en °C ;

I : indice thermique annuel qui est la somme des douze indices thermiques mensuels i.

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514} \quad a = \left(\frac{1.6}{100} \right) I + 0.5$$

F(λ) est un terme correctif qui intègre la durée théorique d'insolation dépendant de la latitude et du mois.

Les résultats de calcul de ETP sont représentés dans le tableau ci-dessous :

mois	T(°C)		i		K	ETP (mm)	
	Station de Khenchela	Station d'O.E.Bouaghi	Station de Khenchela	Station d'O.E.Bouaghi		Station de Khenchela	Station d'O.E.Bouaghi
Septembre	21,44	21,48	9,06	9,09	1,03	99,99	100,58
Octobre	17,18	17,15	6,48	6,46	0,97	65,32	65,39
Novembre	11,5	11,5	3,53	3,55	0,86	29,85	30,27
Décembre	7,71	7,72	1,93	1,93	0,81	14,53	14,69
Janvier	6,62	6,51	1,53	1,49	0,87	12,13	11,93
Février	7,48	7,47	1,84	1,84	0,85	14,50	14,62
Mars	10,09	9,95	2,90	2,84	1,03	28,81	28,39
Avril	12,7	12,6	4,10	4,06	1,10	44,98	44,82
Mai	17,516	17,4	6,67	6,63	1,21	84,13	83,86
Juin	22,815	22,6	9,96	9,83	1,22	131,24	129,62
Juillet	25,797	25,6	11,99	11,86	1,24	163,38	161,56
Août	25,746	25,7	11,96	11,92	1,03	152,34	152,07
année	15,55	15,48	71,9	71,5	/	841,2	837,8

Tableau 14 : Estimation de ETP mensuelle selon THORNOTWAITE (1982/2007)

III .6.2 Estimation de la réserve facilement utilisable RFU

La réserve hydrique d'un sol, peut être définie comme la quantité maximum d'eau dont peut disposer la végétation pour son alimentation lors des déficits pluviométrique. Cette réserve est « utile » à la végétation, d'où le nom de « réserves utile ».

En général la RFU maximum généralement admise correspond à la hauteur de 100 mm d'eau. Dans la zone aride ou semi-aride, cette valeur maximum peut être ramenée à 50 mm du fait que le sol n'est pas toujours saturé (Archambault et al 1975, in B.Houha 2007).

III .6.2. Évapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration réelle représente la quantité de vapeur d'eau effectivement dégagée vers l'atmosphère par le sol et les végétaux.

La détermination de l'ETR est fonction de l'ETP et la quantité d'eau disponible (Pluie+RFU)

- Si $ETP=P$, il y a existence d'une évapotranspiration réelle ETR, la réserve RFU ne se modifie pas et aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe.
- Si $ETP>P$, On a $ETR = ETP + RFU$, un déficit apparaît, une partie de RFU sera sollicitée jusqu'à la compensation de l'ETP. L'évapotranspiration agit donc sur le sol. Aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe.
- Si $ETP<P$, on a $ETR = ETP$.

La RFU pourra atteindre son maximum au-delà duquel, il y aura infiltration vers la nappe.
(Tableau 15)

III .7. Interprétation du bilan hydrique

Ce graphe montre que l'évapotranspiration atteint son maximum au mois de juillet ce qui produit un déficit agricole et nécessite une irrigation pour les zones de culture. Par contre on observe une recharge de la nappe à partir du mois de novembre jusqu'au mois de mai. Au mois de novembre la RFU commence à augmenter et atteint son maximum avec 50 mm à partir du mois de décembre jusqu'à avril pour la station de Khenchela et jusqu'au mois mai pour celle d'Oum El Bouaghi. Après le stock commence à s'épuiser (Fig. 18)

Lorsque la recharge dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir soit sous forme d'infiltration vers la nappe, soit sous forme du ruissellement.

(A)

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Année
T (°C)	21,4	17,2	11,5	7,7	6,6	7,5	10,1	12,7	17,5	22,8	25,8	25,7	15,5
P (mm)	40,5	43,0	44,3	58,5	46,8	38,7	58,4	46,8	52,5	28,8	11,8	26,8	496,8
ETP (mm)	100,0	65,3	29,9	14,5	12,1	14,5	28,8	45,0	84,1	131,2	163,4	152,3	841,2
P-ETP (mm)	-59,5	-22,3	14,4	44,0	34,7	24,2	29,6	1,8	-31,6	-102,4	-151,6	-125,5	
RFU 50 (mm)	0,0	0,0	14,4	50	50	50	50	50	18,4	0,0	0,0	0,0	
ETR (mm)	40,5	43,0	29,9	14,5	12,1	14,5	28,8	45,0	84,1	47,2	11,8	26,8	398,2
DA (mm)	59,5	22,3	0	0	0	0	0	0	0	84,1	151,6	125,5	443,0
EX (mm)	0	0	0	8,4	34,7	24,2	29,6	1,8	0	0	0	0	98,7

(B)

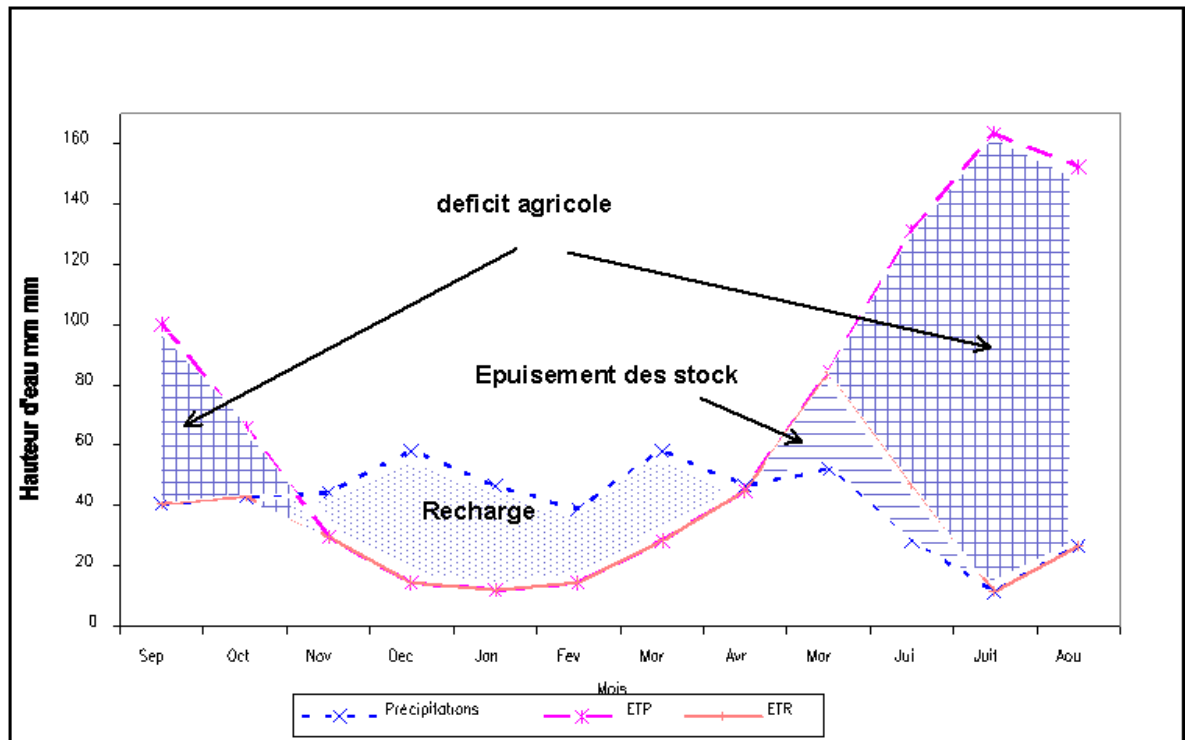
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Année
T (°C)	21,5	17,1	11,5	7,7	6,5	7,5	10,0	12,6	17,4	22,6	25,6	25,7	15,48
P (mm)	37,3	35,5	44,9	71,8	56,4	42,5	46,7	41,0	42,9	21,2	9,6	18,9	468,5
ETP (mm)	100,6	65,4	30,3	14,7	11,9	14,6	28,4	44,8	83,9	129,6	161,6	152,1	837,8
P-ETP (mm)	-63,2	-29,9	14,6	57,1	44,4	27,8	18,3	-3,8	-41,0	-108,5	-151,9	-133,2	
RFU 50 (mm)	0	0	14,608	50	50	50	50	46,16	5,165	0	0	0	265,9
ETR (mm)	37,3	35,5	30,3	14,7	11,9	14,6	28,4	44,8	83,9	26,3	9,6	18,9	356,3
DA (mm)	63,2	29,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	103,3	151,9	133,2	481,5
EX (mm)	0,0	0,0	0,0	21,7	44,4	27,8	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	112,2

Tableau 15 : Calcul du bilan hydrologique pour la période (1982/2007)

(A) la station de Khenchela

(B) la station d'Oum El Bouaghi

(A)



(B)

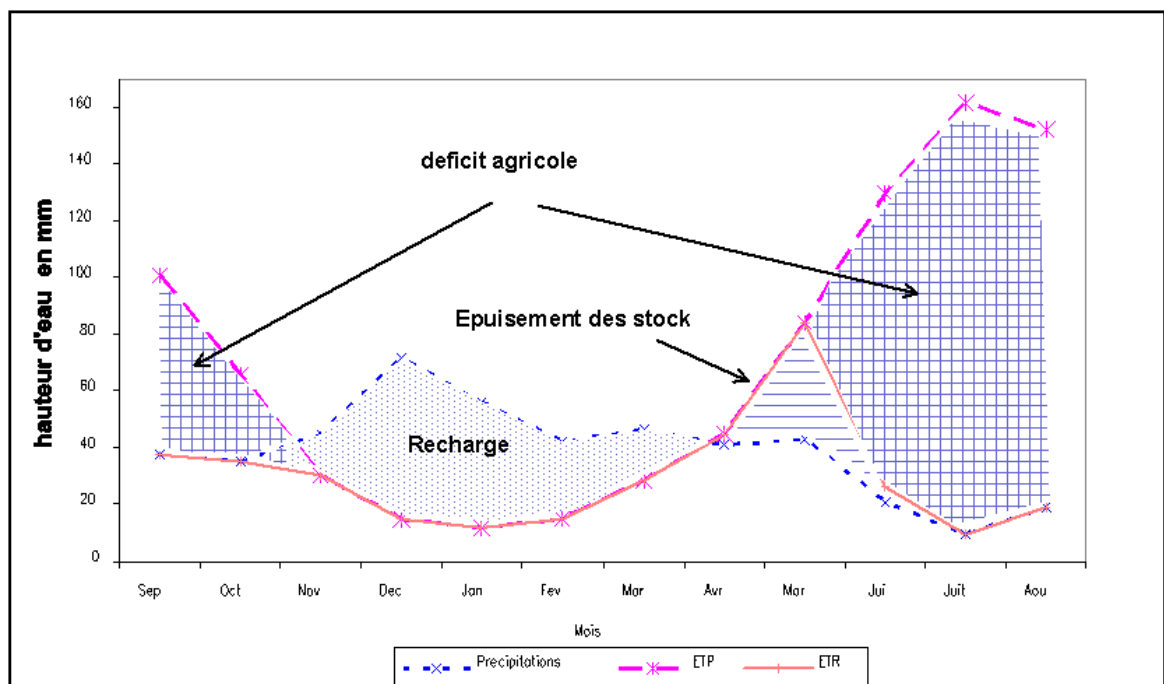


Fig.19 : Représentation graphique du bilan de Thornthwaite pour la période (1982-2007)

(A) la station de Khenchela

(B) la station d'Oum El Bouaghi

III .8. Ruissellement

La méthode de TIXERONT-BERKALOFF, permet le calcul du ruissellement, le raisonnement tenu par les deux auteurs est le suivant :

Lorsque les précipitations augmentent, le ruissellement tend à égaler les précipitations déduction faite de l'évapotranspiration plafonnée à la valeur de l'évapotranspiration potentielle.

Lorsque les précipitations tendent aussi vers zéro, le ruissellement tend aussi vers zéro, et le rapport de ruissellement à la pluviométrie tend vers zéro.

Le défaut de cette formule est qu'elle ne tient pas compte de la nature des sols ou des formations traversées.

La formule est :

$$R = \left(\frac{P^3}{3E^2} \right)$$

Si $P < 600$ mm

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle en mm ;

E : évaporation potentielle en mm.

Les résultats obtenus de chaque station sont

Station de Khenchela $R = 57.54$ mm $\rightarrow$ 11.58 % des précipitations.

Station d'Oum El Bouaghi $R = 48.57$ mm $\rightarrow$ 10.68 % des précipitations.

III .9. Infiltration

Puisque nous disposons des différents facteurs régissant l'équation du bilan hydrique :

$$P = ETR + R + I \rightarrow I = P - (R + ETR)$$

P : Précipitation moyenne annuelle en mm ;

E : Evapotranspiration réelle annuelle en mm ;

R : Ruissellement annuelle en mm ;

I : Infiltration efficace moyenne annuelle en mm.

Les résultats obtenus de chaque station sont :

– Station de Khenchela $I = 41.06$ mm/an $\rightarrow$ 8.26 % des précipitations.

– Station d'Oum El Bouaghi $I = 63.63$ mm/an $\rightarrow$ 13.58 % des précipitations.

Cette infiltration est souvent observée pendant les mois où la précipitation est supérieure à 50 mm/mois.

Cette étude nous montre que les pluies, n'assurent pas le stockage permanent de l'eau dans la réserve d'eau facilement utilisable (RFU), ce qui produit un besoin des sols agricoles à l'irrigation surtout pendant la période d'été.

III .10. Conclusion

Le climat de la région est de type semi-aride. Les reliefs sur les versants Sud et Nord favorisent les précipitations (>450). Au niveau de la plaine les précipitations sont moins importantes (400 mm) au quelle il faut retrancher la part de l'ETR.

La répartition des précipitations mensuelles montre deux saisons bien distinctes .Une saison sèche, qui s'étale sur six mois, de mai à octobre pour la station d'Oum El Bouaghi, et sur cinq mois de mai à septembre pour la station de Khenchela.

Les températures moyennes mensuelles (tableau 11) présentent de très importantes variations saisonnières. L'été est très chaud la température atteint son maximum au mois de juillet, avec 25,8 °C. L'hiver est relativement doux les températures restent supérieures à 6°C et inférieures à 8 °C, janvier étant le mois le plus froid la température descend jusqu'à 6,6 °C

L'évaporation moyenne annuelle est de 841 mm (station de Khenchela) et 837 mm (.elle est minimale pendant le mois de janvier station de Oum El Bouaghi), alors que la maximale intervient pendant le mois de juillet.

L'évapotranspiration atteint son maximum au mois de juillet ce qui produit un déficit agricole et nécessite une irrigation pour les zones de culture. La recharge de la nappe se fait à partir du mois de novembre jusqu'au mois de mai. Au mois de novembre la RFU commence à augmenter et atteint son maximum avec 50 mm à partir du mois de décembre jusqu'à avril pour la station de Khenchela et jusqu'au mois mars pour celle d'Oum El Bouaghi. Après le stock commence à s'épuiser.

Lorsque la recharge dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir soit sous forme d'infiltration (41 mm pour la station de Khenchela et 48.5 pour la station d'Oum el Bouaghi) vers la nappe, soit sous forme de ruissellement (57.5 pour la station de Khenchela et 48.5 pour celle d'Oum El Bouaghi.).

CHAPITRE IV

LES RESSOURCES EN EAU

IV.1. Introduction

Les ressources en eau du bassin de Gareat El Tarf sont presque exclusivement souterraines. Elles sont contenues dans des réservoirs présentant des caractéristiques hydrodynamiques et hydrochimiques généralement complexes et variables. Ces réservoirs assurent l'alimentation en eau potable ainsi que les besoins agricoles et industrielles des communes incluses dans le bassin.

IV.2. Ressources en eaux souterraines

Le bassin de Gareat El Tarf est formé de deux plaines principales qui sont : vers l'Est la plaine de Remila dans laquelle, l'aquifère le plus important et le plus exploité est l'aquifère du Mio-quaternaire. Vers l'Ouest c'est la plaine de F'kirina qui s'appuie sur l'aquifère du Mæstrichtiens (Fig.19).

IV.2.1. Détermination des aquifères et leurs géométries

A. L'outil géophysique

➤ La plaine de Remila

La 1^{ère} prospection de la plaine de Remila remonte aux années 1969-1970 époque où fut réalisée par la C.G.G une étude géophysique par sondages électriques, 600 S.E ont été réalisés dans la plaine avec une longueur d'émission AB variant de 600 à 400 m, dont l'objet était de :

- a- Déterminer la profondeur des calcaires Aptiens en bordure Sud de Djebel Fedjoudj.
- b- Déterminer la profondeur et l'extension des grès/graviers Burdigaliens dans la partie Sud de la plaine.
- c- Reconnaissance des zones de meilleure transmissivité dans le remplissage Quaternaire.

L'étude géophysique n'a pu établir la carte en isobathes du substratum Crétacé. De même le toit des « gés Miocènes » n'a pas pu être déterminé par contre le remplissage grossier du bassin a bien été étudié, il s'agit de conglomérats et graviers d'épaisseurs variables.

➤ La plaine de F'kirina

En 1975, Différentes zones du territoire de la wilaya d'Oum El Bouaghi, ont fait l'objet d'une étude géophysique par la C.G.G, Cette dernière a effectué une campagne de prospection par la méthode électrique (sondages électriques). La zone qui nous intéresse est la plaine de F'kirina, nommée zone H.

Sur l'ensemble de la zone, 378 sondages ont été réalisés avec une longueur de ligne AB=3000 m et 525 sondages avec AB 400 m, dont l'objet était de :

- a- détermination de la profondeur des calcaires Crétacés sous le remplissage.
- b- détermination des zones de meilleure perméabilité dans le remplissage Quaternaire.
- c- Identification des accidents tectoniques affectant les calcaires.

B. Reconnaissance géologique et analyse des résultats**➤ la plaine de Remila**

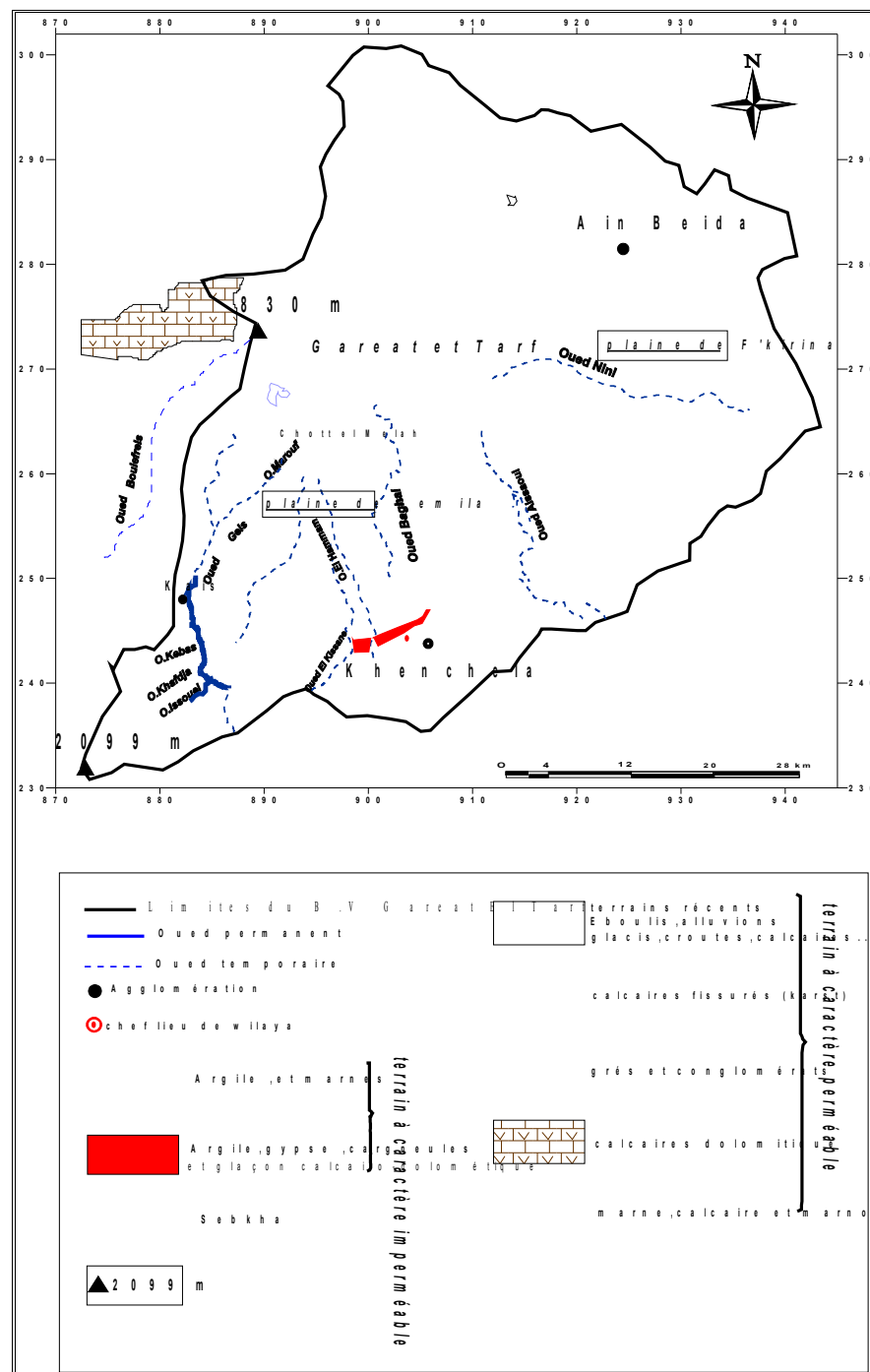
A la suite de l'étude géophysique et au vu des résultats obtenus, L'A.N.R.H. a réalisé 19 forages de reconnaissances de profondeurs variant de 70 à 279 m qui ont apportés de nouvelles informations dont les plus importantes sont :

- a- L'existence de plusieurs nappes profondes contenues dans les différents niveaux grossiers du remplissage est mise en évidence par la prospection géophysique.
- b- Les aquifères sont constitués de conglomérats de graviers et graviers sableux.
- c- L'existence d'une zone artésienne au centre de la plaine ou le niveau statique atteint plus de 8 m, ayant disparu à l'heure actuelle, suite à la mise en exploitation de plusieurs forages.
- d- Mise en évidence d'une zone de bonne transmissivité : $T = 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ correspondant aux conglomérats profonds qui doivent reposer directement sur les grès du Miocène au Sud.
- e- la mise en évidence, d'une zone artésienne au centre sud de la plaine, témoigne de la mise en charge des niveaux profonds carbonatés qui alimentent probablement, par drainance ascendante les niveaux conglomératiques.

➤ Pour la plaine de F'kirina

À partir des corrélations établies entre les logs stratigraphiques des différents forages (annexe) et sondages existants dans la région, il en ressort que :

- a- Les calcaires du Crétacés sous le remplissage ont une allure ondulée et ils se trouvent à une profondeur d'environ 400 m.
- b- Au dessus de ce substratum existe un ensemble de couches qu'après une confirmation des coupes des forages, Correspondent à des argiles et des graviers.
- c- Les parties Nord et Sud de cette zone paraissent très accidentées. Les accidents sont d'une direction NE-SW et quelques uns de direction NNW-ESE.



**Fig.20 : Unités hydrogéologiques dans le bassin de Gareat El Tarf
(Brobent.A 1962)**

C. L'outil hydrogéologique (Fig.19)

Les études géologiques et géophysiques ont permis une bonne reconnaissance des différentes formations susceptibles d'être le siège d'un écoulement souterrain. L'alternance dans les séries stratigraphique de niveau imperméable (marnes, argiles) et de couches poreuses ou fracturées (grès, conglomérats, calcaires) permet de présumer à priori la présence d'un certain nombre d'aquifères souterrains. Ce sont notamment, des formations Crétacé et des formations Mio-Quaternaire des différentes plaines.

IV.2.2. Mise en évidence des différents aquifères (Fig.20)

A. L'aquifère du Quaternaire Cet aquifère possède des propriétés hydrauliques et hydrodynamiques qui diffèrent d'un secteur à un autre.

La puissance des sédiments Quaternaire accumulés et reconnus dans la plaine de Gareat El Tarf, laisse présager que le bassin aurait fonctionné comme une cuvette d'effondrement, et que les couches sous-jacentes ont une position synclinale (DUROZOIY 1949).

Le Quaternaire jouit d'un pouvoir de percolation important imputé probablement et en grande partie à la nature lithologique des terrains superficiels.

Ce privilège lui confère, de surcroître d'une alimentation indirecte, latérale à partir des massifs bordiers et par drainance des eaux de la nappe des calcaires maestrichtiens, un approvisionnement direct par les eaux de pluie récoltées sur tout l'impluvium.

A. L'aquifère du Miocène

S'allonge le long de la bordure sud du bassin avec une allure synclinale délimitée sous le recouvrement Quaternaire. Son extension limitée au Nord et se termine en biseau. (C.G.G 1970). Il est constitué essentiellement de bancs gréseux avec des intercalations argilo-marneuse peu épaisses, constituent en réalité une roche assez dure et peu perméable.

De ce fait, Cette formation n'est pas suffisante pour qu'une nappe continue puisse s'y développer et ne présente qu'un intérêt local.

B. L'aquifère du Crétacé

Le maestrichtien supérieur d'une puissance de l'ordre de 150 m est constitué de calcaire blanc, fissuré, Ces calcaires sont visible aux Djebels, Tafrent, Boutoukhma, et Fedjidjet.

Ère	Système et âge		Stratigraphe	Unités lithologiques	Épaisseur (m)	Caractéristiques lithologiques	Hydrogéologie	Statut de réserve
Quaternaire	Quaternaire		récent	limons et argiles	0-30	vers	Perméable	Réserve d'urgence
			ancien	Galets, graviers, sable	2-10	vers	Perméable	
Tertiaire	Miocène	sup	Tortonien	Asmeilgrés	150		Perméable	
			Tortonien	Giréfs grossier	200		Perméable	
		inf	Languedocien	Marne	36		Perméable	
			Aquitanien	Argillite	60 à 100		Imperméable	
	Eocène		Thanétien	Marne et carbonate	146		Imperméable	
	Montien		Marne	70		Imperméable		
Secondaire	Crétacé	sup	Maastrichtien	Calcaire	50		Perméable	Réserve d'urgence
			Maastrichtien	Marne	40		Imperméable	
			Campanien	Marne et calcaire	92		Sémi-perméable	Réserve d'urgence
			Santonien	Marne	250		Imperméable	
			Coniacien	Marne et calcaire	50		Sémi-perméable	Réserve d'urgence
			Turonien	Marne et calcaire	50		Imperméable	
			Turonien	Marne et calcaire	200		Imperméable	
		moy	Cénomaniens	Marne	50-600		Imperméable	
			Albien	Marne et calcaire	80		Sémi-perméable	
		inf	Aptien supérieur	Calcaire	50		Imperméable	
	Aptien inférieur		Marne	100		Imperméable		
Trias			Dolomie, gypse	300		Imperméable		

Fig.21 : Aquifères et nappes de la plaine de Gareat El Tarf

Ils forment une aréole de l'ordre de 8 km². créant ainsi de notable zones d'alimentations. La perméabilité de ces calcaires est attribuée à une fissuration bien développée.

La faible pente du terrain et le ruissellement restreint des eaux superficielles montrent bien que les calcaires du Maëstrichtien supérieur possèdent un grand coefficient d'infiltration.

IV.2.3. Mise en évidence des différentes nappes

IV.2.3. 1. La nappe superficielle du Mio-quaternaire

La nappe superficielle du Mio-quaternaire est importante en raison de son extension en long et en large dans toute la plaine de Gareat El Tarf. Il s'agit d'un aquifère de remplissage Mio-quaternaire (alluviale et gréseux). Largement capté par de nombreux puits paysans dont la profondeur varie de 5 à 30 m.

La puissance de la nappe varie de 10 à 100 m (DUROZOIY 1949), selon la profondeur du substratum marneux et l'importance du remplissage Mio-quaternaire dans la dépression ou les zones érodées.

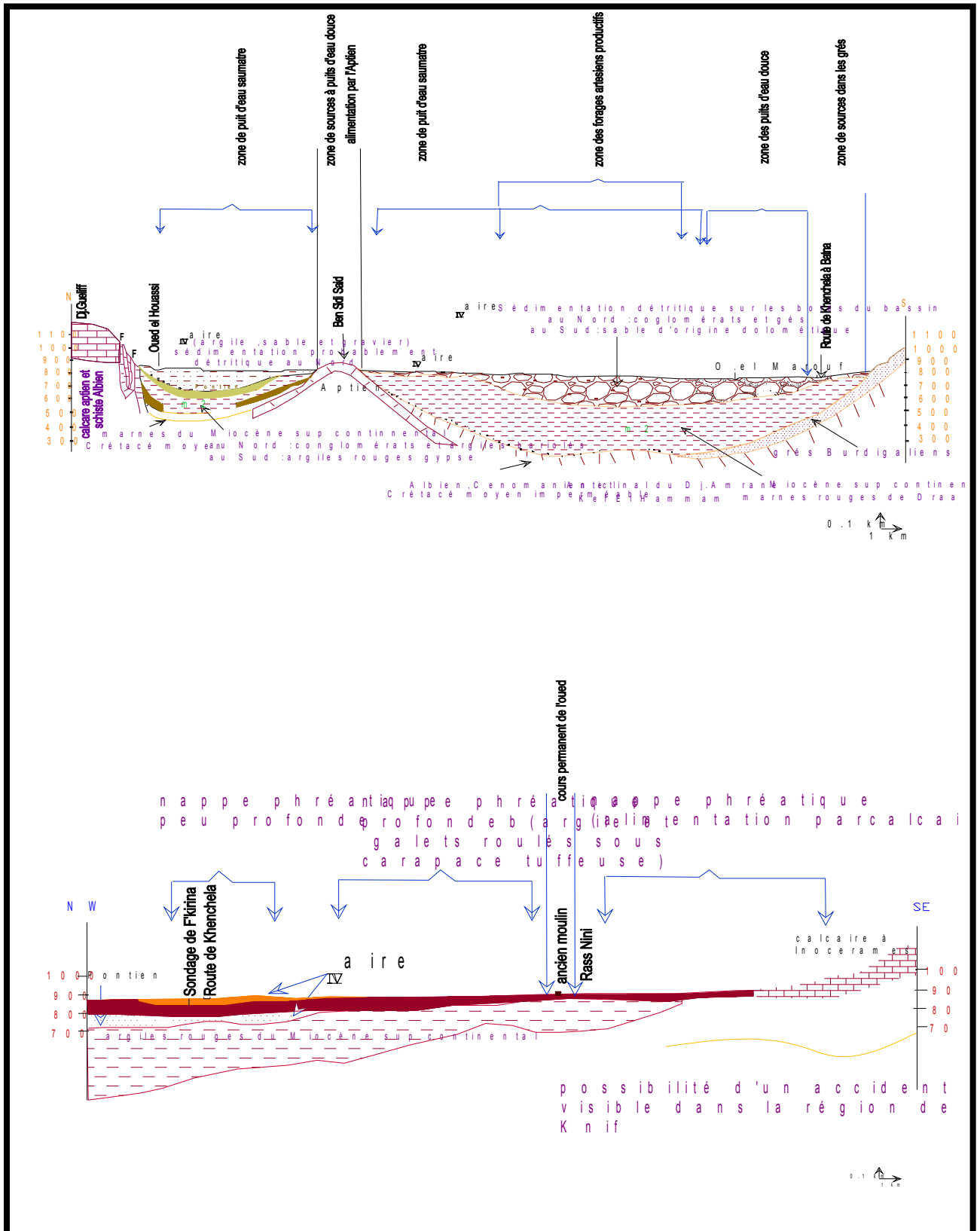
IV.2.3.2. La nappe profonde du Maëstrichtien supérieur (Fig.20)

Cette nappe se situe dans les calcaires du Maëstrichtien supérieur, constituant ainsi un aquifère important dont l'épaisseur est de l'ordre de 200 m (DUROZOIY 1949). Cet aquifère a été reconnu par certain nombre de forage qui le captaient.

L'importance hydraulique des calcaires Maëstrichtiens sont à l'origine de nombreuses sources dont les points d'exurgences se situent sur des failles ou au contact des marnes sous-jacentes sur les versant de Djebel Boutokhma, Djebel Tafrent et Fedjijet (DUROZIOY 1949) et Djebel El-Krouma (VILA 1991).

Les calcaires Maëstrichtien s'étendent du SSW au NNE, selon un massif bordier alimentant ainsi toute la plaine de Gareat El Tarf.

Cette nappe est actuellement exploitée par des forages destinés à l'AEP des villes comme Khenchela, Ain El Beida et à l'irrigation des plaines de F'kirina et M'toussa, elle constitue le château d'eau de la région.



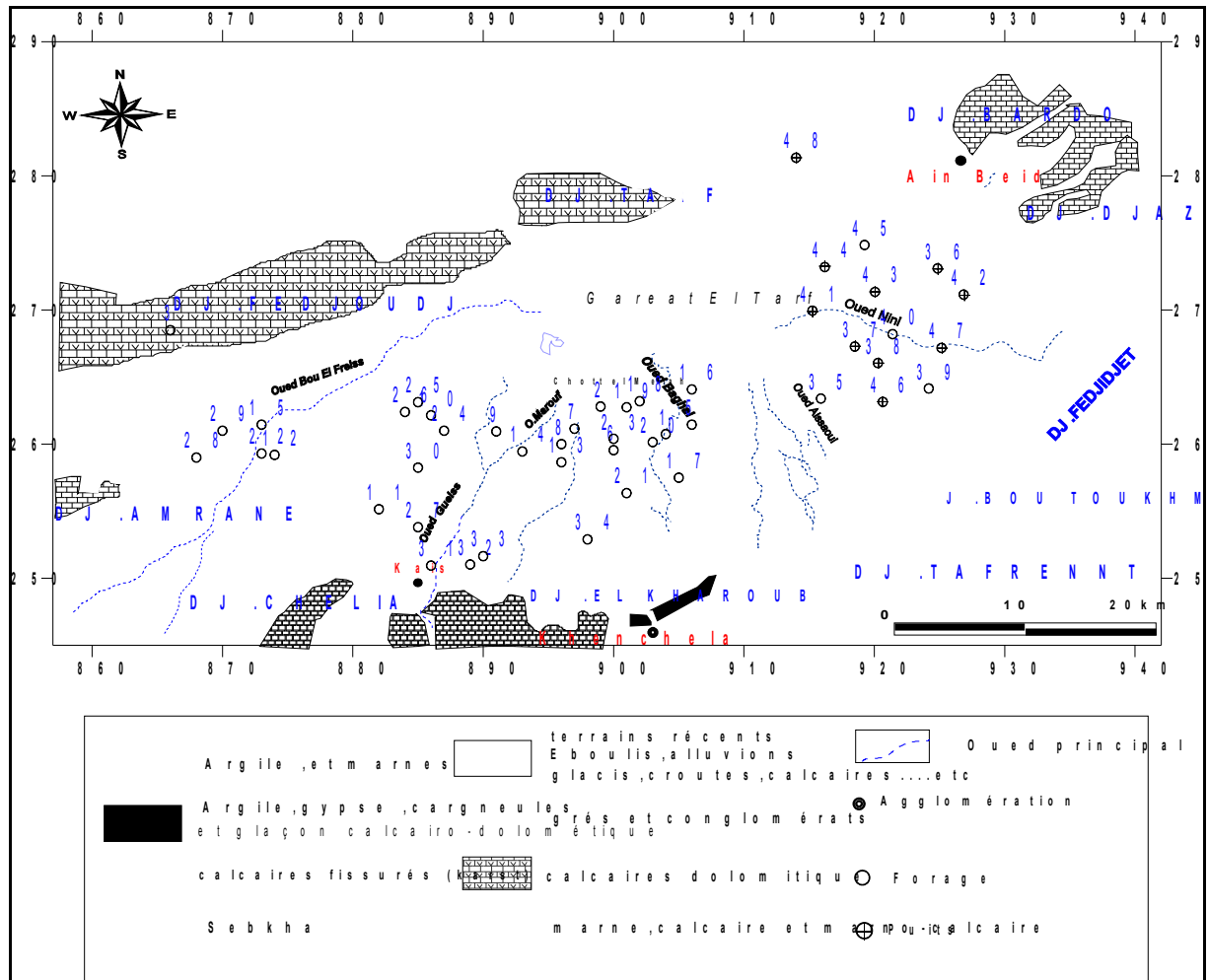


Fig. 23: Carte d'inventaire des points d'eau

IV.2.4. Caractéristiques de l'écoulement des eaux souterraines

On a dressé deux cartes piézométriques, à partir des caractéristiques des puits et des forages (cote au sol, profondeur de l'eau) bien répartis sur les deux plaines principales du bassin de Gareat El Tarf qui sont : la plaine de Remila et la plaine de F'kirina grâce à la base de données de Juin 2003 et Mars 2004 (Fig.23).

L'analyse de cartes piézométriques (Fig.23) met en évidence les directions principales d'écoulement et les zones d'alimentation qui se situent :

- Principalement au Sud, à partir du versant Nord du massif de l'Aurès.
- A l'Ouest, à partir de Dj.Amrane
- Au Nord-Est à partir de Djebel Bardo et Djebel Djazia.

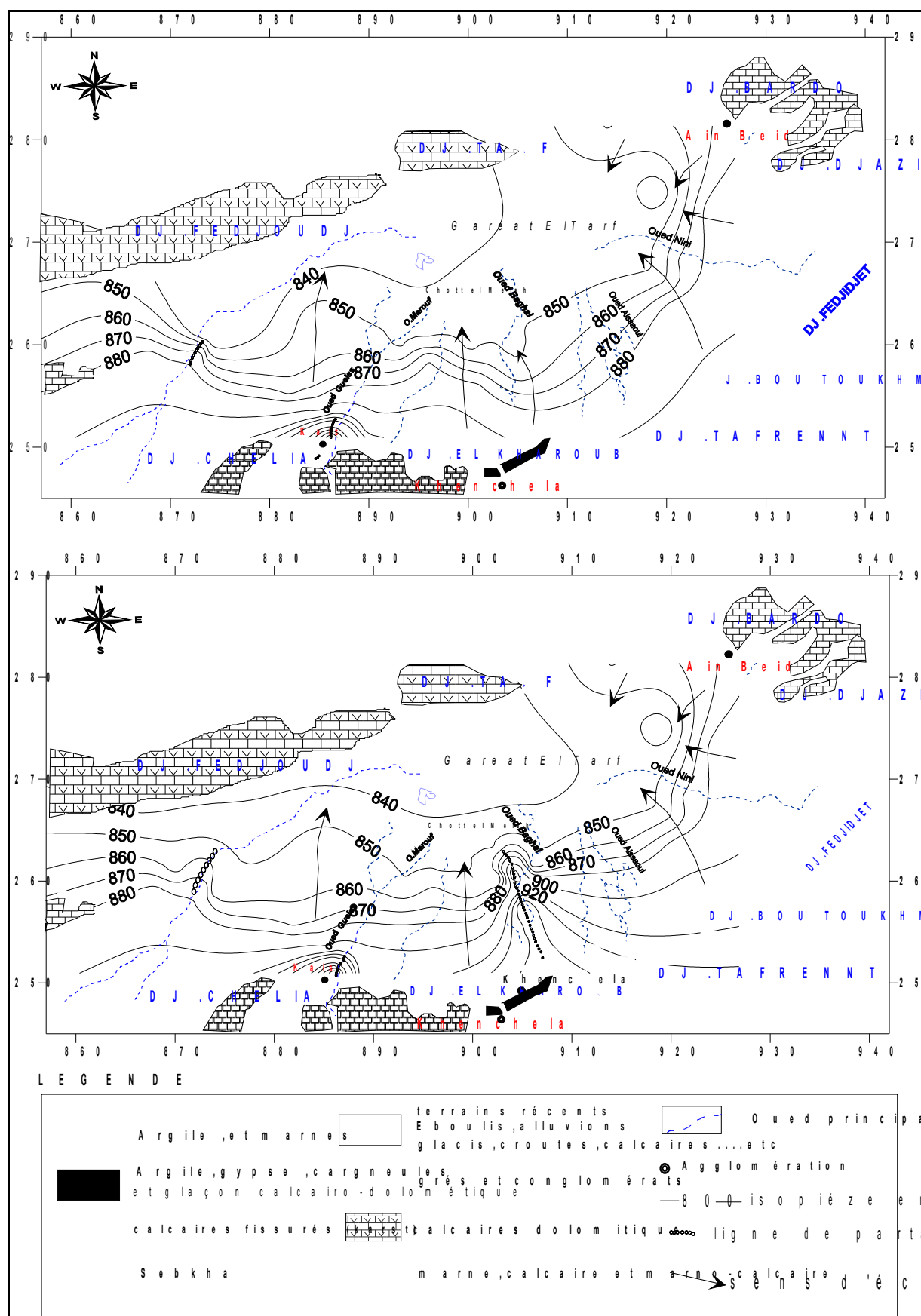


Fig.23 : Cartes piézométriques du bassin de Gareat El Tarf

— L'alimentation par Djebel Fedjoudj au Nord est considérablement plus réduite à cause du pendage des couches géologiques (Houha.2007).

- Les eaux souterraines s'écoulent de façon uniforme vers la Sebkhah. à l'Ouest les lignes de courants prennent une direction Sud -Nord avant de rejoindre la dépression salée drainée par Oued Boulfreiss suivant un axe d'écoulement Ouest-est. Au centre, les eaux convergent vers chott mellah drainé par Oued Gueiss. Dans la partie Est de la carte les eaux souterraines s'écoulent vers la Gareat avec une direction Est-ouest.
- Oued Gueiss alimente la nappe d'eau souterraine durant toute l'année, ce qui laisse apparaître une ligne de partage des eaux ,alors que Oued Baghai alimente la nappe uniquement pendant les périodes des hautes eaux .
- Une autre ligne de partage des eaux est bien visible durant les deux périodes (basses et hautes eaux) dans la région de Kais .il faut noté que cette ligne coïncide avec la zone artésienne déjà mentionnée.
- La mise en place d'une zone de dépression dans la partie Nord-Est. qui apparaît dans les deux période : hautes et basses eaux c'est une zone de champ de captage d'eau destinée à l'alimentation en eau potable pour la ville de Ain El Beida.

IV.2.5.Caractéristiques hydrodynamiques

Pour déterminer les caractéristiques hydrodynamiques des différents aquifères la plaine de Gareat El Tarf on a eu recours aux différent essais de pompage réalisés par les services de la DHW d'Oum El Bouaghi et Khenchela .Ces caractéristiques hydrodynamiques correspondent essentiellement à la transmissivité (T) et la perméabilité (K) ; cela en se basant sur la formule de Jacob simplifier :

$$s = 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25 T t}{r^2 S}$$

s : Rabattement observé au temps t en (m) ;

Q : Débit de pompage en m³/s ;

T : Transmissivité en (m²/s) ;

S : Coefficient d'emmagasinement ;

t : Temps de pompage en seconde ;

r : Distance du puits d'observation à l'axe du puits de pompage en (m).

La formule de Jacob peut être mise sous forme de $Y = a (\log x + b)$, ainsi à partir de cette équation on peut déterminer T.

$T = 0,183 \frac{Q}{C}$ avec C : Pente de la droite pour un module logarithmique.

On a utilisé les essais de pompages effectués sur 3 forages qui testent les différents réservoirs dans la plaine de Gareat El Tarf.

- Le forage H47 atteint le réservoir du Mio-quaternaire

- Le forage I 33 atteint le réservoir calcaire du Maestrichtien.
- Le forage Kais I 08 est implanté dans les formations du Campanien.

Les valeurs des rabattements observés dans les trois forages furent reportées en fonction du temps sur un papier semi –log.

A partir des courbes caractéristiques (ANNEXE), nous avons essayé d'estimer les valeurs des caractéristiques hydrodynamiques (Tableau 16)

Forage	X	Y	Z	Q (l/s)	T (m ² /s)	K (m/s)
I 33	915.200	280.720	870	21	6,12 . 10 ⁻³	1,53. 10 ⁻⁴
H 47	921.650	268.275	870	40	3,18. 10 ⁻³	5,3. 10 ⁻⁵
I 08	883.900	253.500	900	5	4,4. 10⁻⁵	5.5. 10 ⁻⁷

Source : DHW d' Oum El Bouaghi et DHW Khenchela

Tableau 16 : caractéristiques hydrodynamiques

- Pour le forage H 47

La perméabilité est très faible, cela est du à l'hétérogénéité de la nappe verticalement (présence d'argile avec les graviers et calcaires) (annexe 2)

- Pour le forage I 33

A ce niveau la perméabilité est bonne, et cela est du à la présence des couches des graviers et galets (annexe 2).

- Pour le forage I 08

La perméabilité est très faible, cela est du à la présence des marnes (annexe 2).

On distingue trois zones de perméabilité différentes : Au centre et au Nord de la plaine, les perméabilités sont de $2 \cdot 10^{-4}$ m/s, à l'Est, elle est de 10^{-5} m/s et près de la sebkha elle est estimée à 10^{-7} m/s.

IV. 2.6. Ressources souterraines potentielles

La notion de ressource potentielle est introduite dans le PNE93. elle est alors définie comme la quantité d'eau souterraine disponible pour l'exploitation. Pour la plupart des auteurs, cette notion rend préférentiellement en compte des volumes d'eau souterraines qui peuvent être mobilisés sans perturbation significative du fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique du système dont ils sont extraits. C'est cette définition qui sera adoptée pour notre étude. Il est alors bien clair que les contraintes liées au captage de cette ressource potentielle, contraintes notamment économiques, ne sont pas considérées pour son évaluation.

En ce qui concerne le bassin de Gareat El Tarf, les ressources souterraines potentielle sont estimées à $98 \text{ hm}^3 / \text{an}$ (PNE)

IV.3. Ressources en eaux superficielles

Les ressources en eau superficielles au niveau du bassin de Gareat El Tarf sont d'une moindre importance, il s'agit d'un barrage envasé, quelques retenues collinaires, et un Oued à faible débit, il s'agit de l'Oued Gueiss.

IV.3.1. Oued Gueiss

C'est un oued permanent qui ouvre un long couloir dans l'Aurès ; il sort du Djebel Noughiss, il va se jeter dans la Gareat El Tarf sous le nom d'Oued Marouf. Les rivières qu'il reçoit dans l'Aurès sont nombreuses. Draine une superficie de 144 km^2 .

Une station de jaugeage : Foum El Gueiss, en amont de l'oued permet d'estimer son débit moyen annuel Pour une période de 33 ans (1970-2005), il est de $0.253 \text{ m}^3/\text{s}$ (Fig.24).

La potentialité de l'oued est de 8 Hm^3 .

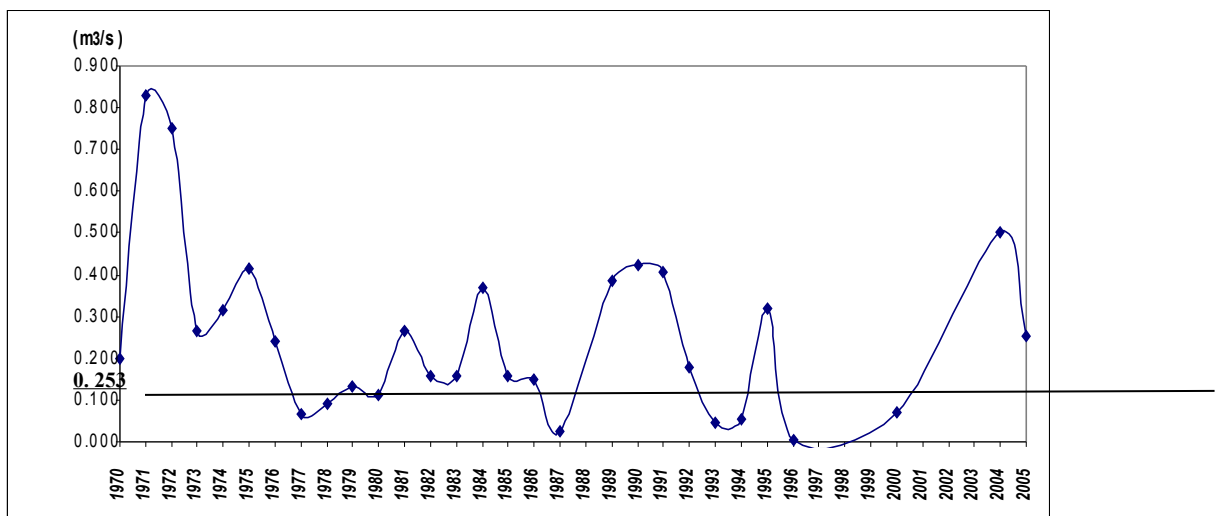


Fig.25 : Débit moyen annuel d'oued Gueiss (d'après l'ANRH)
(Pour la période 1970-2005)

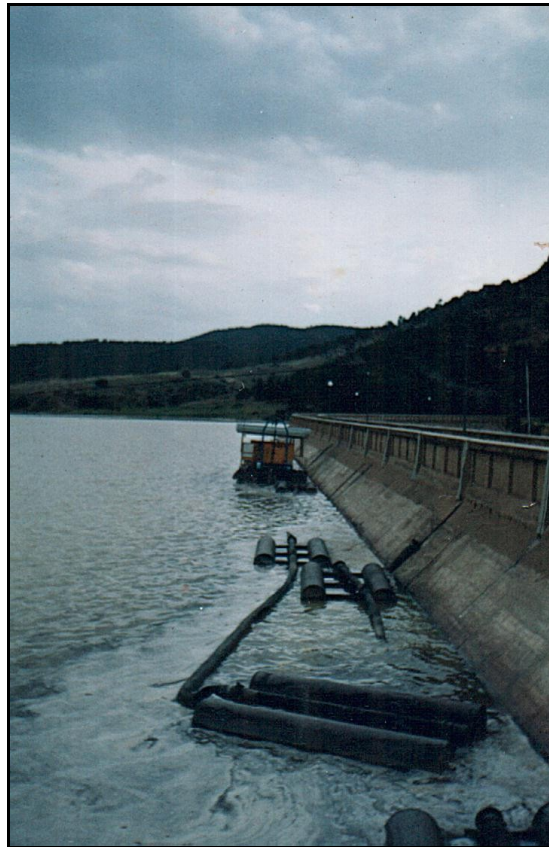


Photo 2 : L'envasement du Barrage de Fom El Gueiss (2006)

Le barrage de Fom El Gueiss est situé à 19 Km à l'Ouest de la ville de Khenchela ,sur l'oued Gueiss ,mis en service en 1939.c'est un ouvrage destiné uniquement à l'irrigation de la plaine de Remila. La capacité initiale du barrage est de 3.4 Hm³. Actuellement il est envasé.

Toutes les eaux de ruissellement se perdent dans Gareat El Tarf.

IV.3.2. Retenues collinaires

Plusieurs retenues sont réalisées au niveau du bassin mais seul quatre d'entre eux ne sont pas envasées (Tableau 17).

Non de la retenue	commune	Etat de l'ouvrage	Capacité Hm³
Chaabet El Merra	Ain Diss	Bon	0.19
Ourkis	Oum El Bouaghi	Bon	0.33
Oulmen	F'kirina	Bon	2.21
Total			2.74

Tableau 17 : Etat des retenues collinaires dans le bassin de Gareat El Tarf

IV.4. Conclusion

Le diagnostic des ressources en eaux souterraines basé sur les données hydrogéologique, piézométrique et hydrodynamique nous a permis de distinguer :

- une nappe superficielle du Mio-Quaternaire est importante en raison de son extension en long et en large dans toute la plaine de Gareat El Tarf. Il s'agit d'un aquifère de remplissage Mio-quaternaire (alluviale et gréseux) dont les caractéristiques hydrodynamiques varient d'un point à un autre le débit varie de 5 à 40 l/s.
- Une nappe profonde associé aux calcaires du Maestrichtien supérieur, constituant ainsi un aquifère important dont l'épaisseur est de l'ordre de 200 m et un débit de 20 l/s

L'écoulement des eaux souterraines se fait de façon uniforme vers la Sebkha.

les ressources souterraines potentielle sont estimées à $98 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Les ressources en eau superficielles au niveau du bassin de Gareat El Tarf sont rare toutes les eaux superficielle se jettent dans la Sebkha .l'envasement a endommagé l'unique barrage de la région et la majorité des retenus collinaires.

CHAPITRE V

LA QUALITÉ DES EAUX

V.1. Introduction

Dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau, il est important de connaître la composition physico-chimique des eaux qui nous renseigne sur leurs qualités, donc la possibilité de leur utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

La qualité des eaux naturelles est d'abord le reflet de la nature des sols et du climat, auxquels il faut ajouter l'effet des activités humaines.

Par ailleurs les sols présentent souvent une salinité notable, qui se trouve en solution dans l'eau des nappes et de là des oueds.

D'autres pollutions sont anthropiques, avec trois aspects principaux :

- La pollution domestique liée aux rejets d'eau usée non traitées ou encore insuffisamment traitée.
- La pollution industrielle, qui est en général de peu d'importance en Algérie.
- La pollution agricole, liée à l'utilisation de fertilisants, cause d'eutrophisation ainsi que des pesticides, qui sont des micropolluants sapides et cancérigènes. Dans les conditions économiques présentes, l'usage intensif d'intrants agricoles n'est pas encore développé en Algérie, ce qui limite drastiquement ce type de pollution.

Dans ce but on a fait appel aux travaux menés dans le secteur d'étude.

- Pour les puits on s'est basé sur les analyses faites (Mars 2003) par moi-même.
- Pour les forages, on s'est basé sur les analyses qui nous ont été transmises par les services de l'A.N.R.H dans le cadre de deux études faites sur la plaine de Remila et celle de F'kirina pour la période : Novembre 2002 et Décembre 2005.

V.2. Qualité des eaux souterraines

Les analyses physico-chimiques des eaux souterraines de la plaine (nappe superficielle et la nappe profonde), ont montré une grande variation des concentrations des éléments chimiques. Ces dernières dépassent les normes de potabilité dans certains cas. Afin de bien montrer et comprendre ces variations, une représentation statistique des données a été réalisée :, présentant les valeurs maximales, moyennes, minimales et les écarts types.

Ces données sont présentées sous forme d'un tableau, où les différentes concentrations sont reportées, les normes des eaux potables (1), des eaux d'irrigation (2).

(1) normes maximales admissibles des eaux destinées à la consommation humaine selon le conseil des communautés européennes du 15 juillet 1980 in Rodier (1996).

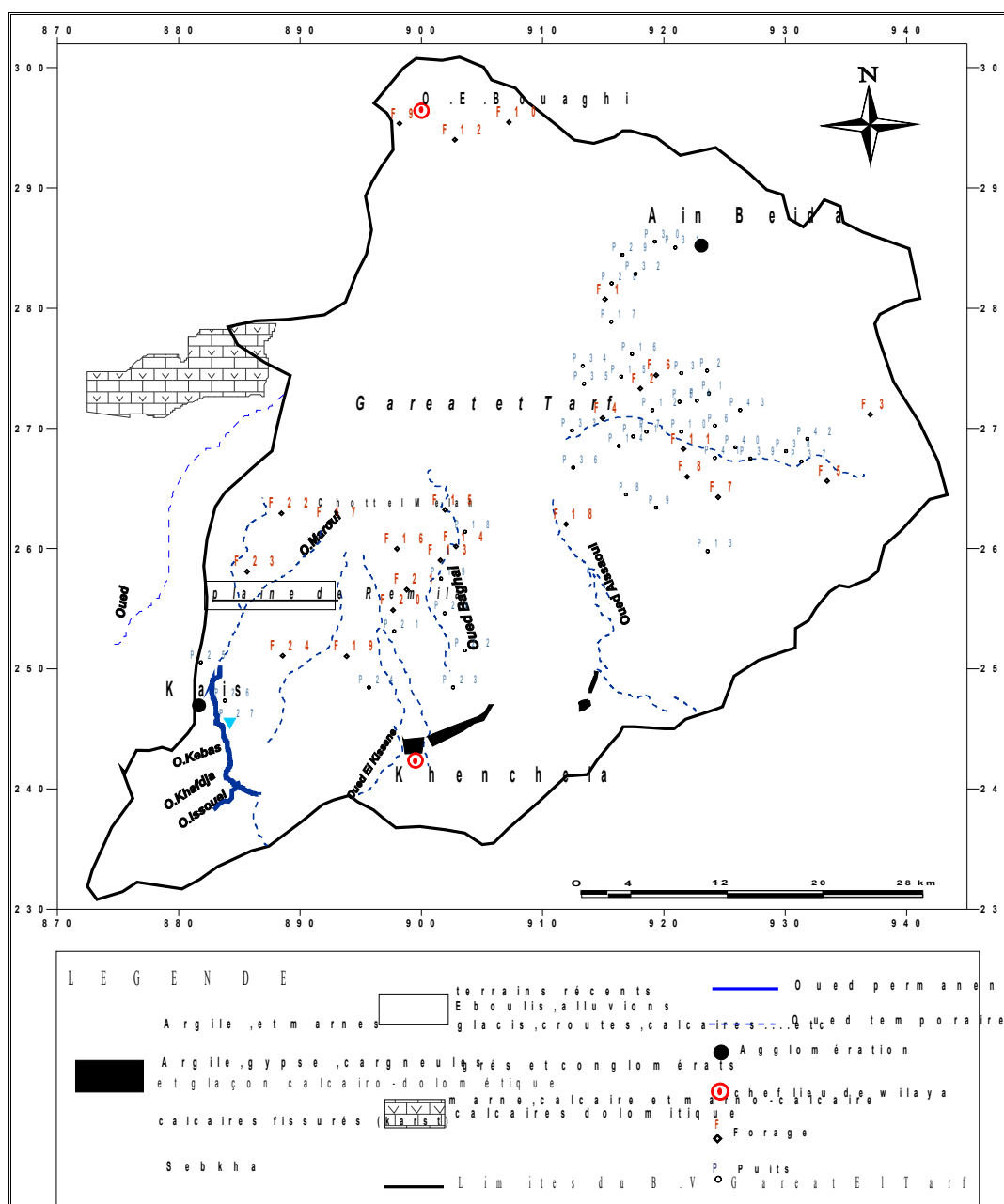


Fig. 26: Carte d'inventaire des points d'eau analysés

(2) normes maximales dans les eaux d'irrigation. Ces valeurs correspondent à l'utilisation de 10 000 m³ d'eau / hectares / an. Si le volume est supérieur, les concentrations doivent être réduites, s'il est inférieur, elles n'ont pas lieu d'être modifiées. (D'après National Academy of Sciences (1972) et Pratt FAO - 1972. in Rodier (1996).

Les paramètres physico-chimiques mesurés sont : conductivité électrique, le pH , Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻, Ca²⁺,Mg²⁺,Na⁺,K⁺.

Il est important de mentionner que la température n'a pas été mesurée.

V.2.1. Paramètres physiques

A. Conductivité électrique (fig.26)

Les fluctuations globales de la charge chimique de l'eau peuvent être traduites par la détermination de la conductivité électrique de l'eau qui est une fonction linéaire des ions dissous (Meybeck, 1986).

Une variation de la conductivité électrique peut avoir une cause aussi bien anthropique (pollution de l'eau souterraine) que naturelle (dilution par les eaux météoriques, infiltration d'eau de surface peu minéralisée, évaporation etc.) (Houha ,2007).

Les eaux souterraines de Gareat El Tarf présentent une importante variation de la minéralisation. La conductivité électrique est généralement élevée et oscille entre 0.2 mS.cm⁻¹ et 9.2 mS.m⁻¹ avec une moyenne de 1.53 mS.m⁻¹.

La répartition spatiale de la conductivité met en évidence une augmentation de la minéralisation dans le sens d'écoulement. Des conductivités électriques basses sont en général mesurées dans l'eau souterraine des bordures .Ces régions sont des zones de recharge et subissent peu d'influences anthropiques.

B. Le pH (Fig.27)

Le pH est avant tout déterminé par la teneur en acide carbonique libre. il peut cependant aussi être influencé par l'utilisation du sol (p. ex. utilisation d'engrais ammoniacés) ou par des processus naturels (p. ex. échange de matières entre plantes et le sol,formation d'acides humiques au cours de la dégradation de matière organique,etc.).

Le pH des eaux de la nappe superficielle oscille entre 8.6 et 6.7,la moyenne étant de 7.9.Les eaux de recharge dans la partie Sud de la plaine de Remila présente les pH les plus proches de la neutralité,alors que les zones de recharges dans la plaine de F'kirina présentent des pH élevés cela est due a la nature karstique de l'aquifère Maestrichien.

La zone au centre du bassin présente les pH les plus basique.

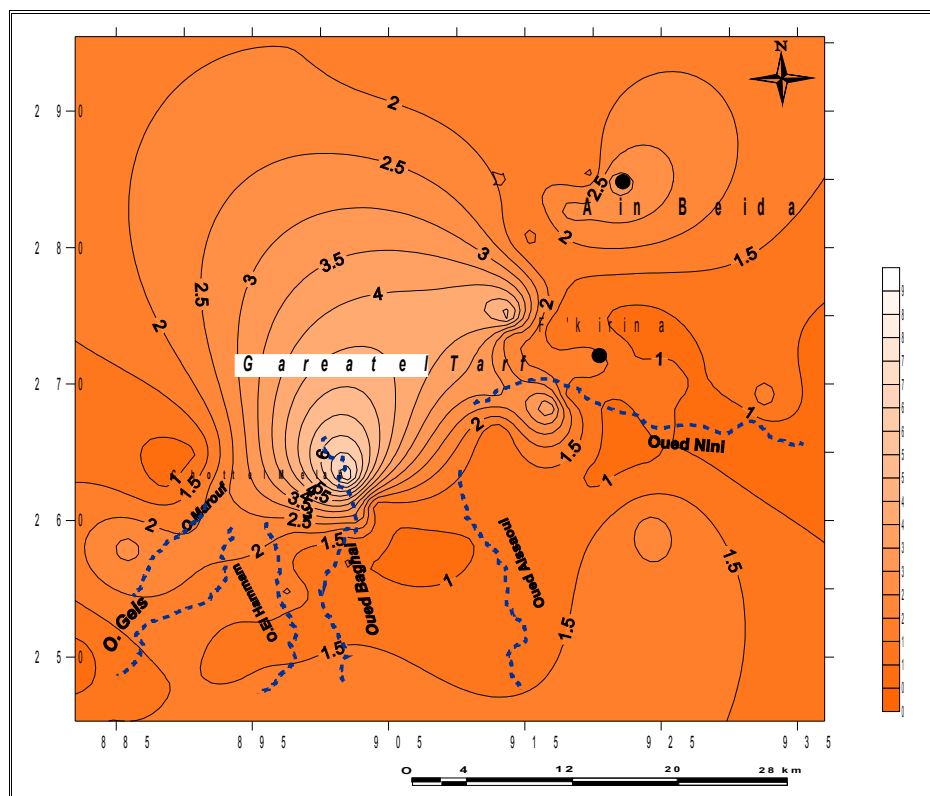


Fig.27 : Carte de distribution spatiale de la conductivité électrique en mS.cm^{-1} .

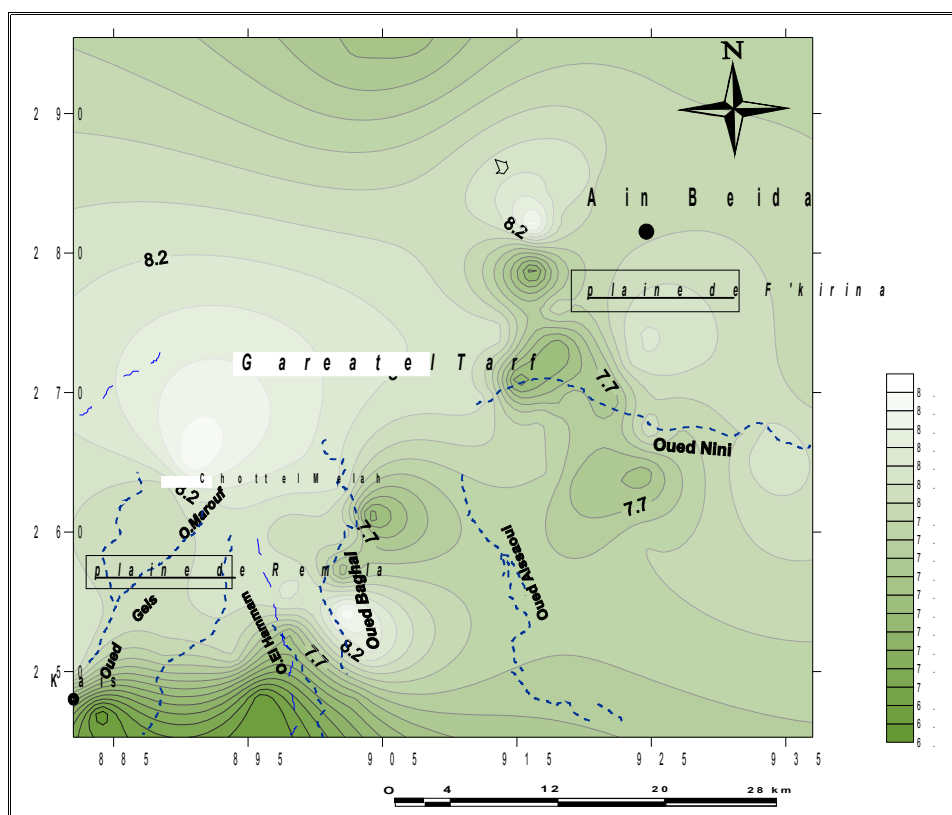


Fig.28 : Carte de distribution spatiale du pH

Les plus grandes valeurs se rencontrent dans les aquifères des zones basses qui entour Gareat El Tarf.

C. Dureté totale

La dureté totale, indique la teneur total en sels de calcium (Ca^{++}) et de magnésium (Mg^{++}), elle est exprimée en degré français (°F).

Les résultats des analyses ont données une valeur minimale de 139°F au niveau du puit 33.

94 % des points d'eau analysés présentent sont très dure.(ANNEXE)

V.2.2. Paramètres chimiques

Calcium (Ca^{2+}) : la présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : Soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4).



Paramètres		Nappe superficielle	Nappe profonde
Paramètres statistiques	Max (mg.l^{-1})	520	200
	Moy (mg.l^{-1})	154	98
	Min (mg.l^{-1})	49	34
	Ecart type	82	52
Normes		100 (1)	

Tableau 18 : Variation des teneurs en calcium

Le (tableau 18) démontre que la plupart des points d'eau du bassin présentent des concentrations supérieures à la norme de potabilité des eaux. Les valeurs les plus élevées sont observées au niveau de la nappe superficielle (P34:520 mg.l^{-1}) dans la partie centrale du bassin cette teneur peut être expliqué par la présence d'une croûte calcaire.

Magnésium (Mg^{2+}) : Ses origines sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).



Paramètres		Nappe superficielle	Nappe profonde
Paramètres statistiques	Max (mg.l ⁻¹)	186	86
	Moy (mg.l ⁻¹)	44	46
	Min (mg.l ⁻¹)	7	17
	Ecart type	33	20
Normes		50 (1)	

Tableau 19 : Variation des teneurs en magnésium

L'évolution des teneurs en magnésium est identique à celle du calcium, les teneurs les plus élevées sont observées au niveau de la nappe superficielle (P36 :186 mg.l⁻¹). La comparaison des concentrations avec les normes de potabilité montre qu'une grande partie des points d'eau possède des teneurs inférieures à la limite de potabilité (Tableau 19).

La teneur en Mg est due soit aux formations dolomitiques ou bien à la dissolution des formations argileuses et gypseuses.

Chlorure (Cl⁻) et sodium (Na⁺) : L'origine de ces éléments est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. La dissolution des minéraux salifères se fait selon la relation suivante :



Les concentrations sont données le tableau.

Paramètres		Nappe superficielle		Nappe profonde	
		Na ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	Cl ⁻
Paramètres statistiques	Max (mg.l ⁻¹)	1380	1350	400	790
	Moy (mg.l ⁻¹)	142	245	132	237
	Min (mg.l ⁻¹)	9	2	25	35
	Ecart type	208	217	103	196
Normes		Na ⁺ 150		Cl ⁻ 400	

Tableau 20 : Variation des teneurs en Na⁺ et Cl⁻

- Au niveau de la nappe superficielle les teneurs sont très variables (écart type : 208 mg.l⁻¹ pour le sodium, et 217 mg.l⁻¹ pour les chlorures cela est dû à la dissolution rapide des formations argileuse. Les concentrations exceptionnelles qui sont observées dans la nappe superficielle (1380mg.l⁻¹) pour le potassium et 1350 mg.l⁻¹ (Tableau 20) pour les chlorures, sont liées à l'effet de la salinité de la Sebkhah cela est confirmé par la répartition spatiale de ces deux éléments dans la nappe superficielle et la nappe profonde ; qui marque une nette augmentation en s'approchant de cette dernière.

Potassium (K⁺) : Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK).

Les concentrations observées au niveau de la plaine sont reportées dans le tableau

Paramètres		Nappe superficielle	Nappe profonde
Paramètres statistiques	Max (mg.l ⁻¹)	32	7
	Moy (mg.l ⁻¹)	9	3
	Min (mg.l ⁻¹)	1	1
	Ecart type	7.40	1.67
Normes		12(1)	

Tableau 21 : Variations des concentrations du potassium

Les valeurs observées dans le tableau montrent que la plupart des points ont des concentrations inférieures à la limite de potabilité, sauf dans certains cas exceptionnels au niveau de la nappe superficielle (tableau 21), où les concentrations sont importantes et qui s'explique par l'abondance des formations argileuses.

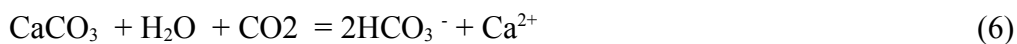
Sulfates (SO₄²⁻) : La présence des ions sulfate dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses selon la relation (2), les concentrations observées sont indiquées dans le tableau .

Paramètres		Nappe superficielle	Nappe profonde
Paramètres statistiques	Max (mg.l ⁻¹)	668	350
	Moy (mg.l ⁻¹)	290	144
	Min (mg.l ⁻¹)	26	44
	Ecart type	255	91
Normes		250 (1)	

Tableau 22 : Variations des concentrations en SO₄²⁻

Les moyennes restent toujours inférieures à la norme de potabilité mais cela n'empêche pas d'avoir certains points qui ont des concentrations supérieures à la norme (ex. 668 mg.l⁻¹) (Tableau 22). Il s'agit du forage F11 qui se situe dans le côté Sud Ouest du bassin. Les sulfates sont charriés et déposés par Oued Boulefreis depuis le gisement de Baryte (Ba SO₄) riche en sulfate (Houha 2007). Les teneurs élevées en sulfates sont attribuées au Trias riche en gypse.

Bicarbonates (HCO₃⁻) : La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. La somme des équations de dissolution est donnée comme suit :



Les concentrations observées au niveau de la plaine sont présentées dans le tableau

Paramètres		Nappe superficielle	Nappe profonde
Paramètres statistiques	Max (mg.l ⁻¹)	403	305
	Moy (mg.l ⁻¹)	196	239
	Min (mg.l ⁻¹)	30	146
	Ecart type	73	56

Tableau 23 : Variations des concentrations en bicarbonates

L'évolution des teneurs en Bicarbonates est identique à celle du calcium. Les valeurs les plus élevées sont observées au niveau de la nappe profonde (Tableau 23), en s'approchant des massifs calcaires ; alors que les puits qui se trouvent à proximité du lac salé (partis Est), font l'exception (ex : P15 avec 403 mg.l⁻¹), cette teneur peut être expliquée par formation lithologique qui est une croûte calcaire.

Les nitrates NO₃⁻

Les nitrates, représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques.

Le transfert naturel de l'azote dans les eaux se fait selon les conditions d'oxydoréduction et les réactions biologiques suivantes :

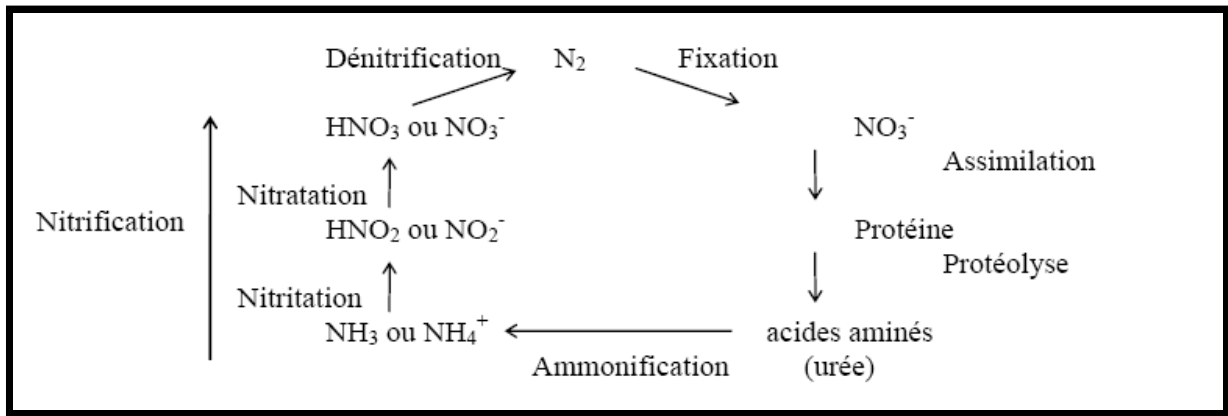


Fig.28 : Cycle de l'azote

Paramètres		Nappe superficielle	Nappe profonde
Paramètres statistiques	Max (mg.l ⁻¹)	160	92
	Moy (mg.l ⁻¹)	51	38
	Min (mg.l ⁻¹)	1	5
	Ecart type	40	22
Normes		50 (1)	

Tableau 24 : Variations des concentrations des nitrates

Les teneurs en nitrate varient entre 160 et 1 mg.l⁻¹, avec une moyenne de 51 mg.l⁻¹ pour la nappe superficielle. Pour la nappe profonde les teneurs sont moins importantes, avec une moyenne de 38 mg.l⁻¹. Une teneur de 92 mg.l⁻¹ (Tableau 24) est marquée dans la région de F'kirina (Fig.29). La variation de la concentration des teneurs en nitrates dans l'espace est liée aux activités agricoles qui se développent en surface, la nature du toit de la nappe superficielle et les conditions d'oxydoréduction. La représentation spatiale des nitrates (fig.29), montre quelques secteurs contaminés qui se localisent principalement le long de, oued Gueiss, oued El Hamma, oued Baghai et oued Nini. Ainsi que, les secteurs de Baghai, Kais et F'kirina qui sont fortement touchés.

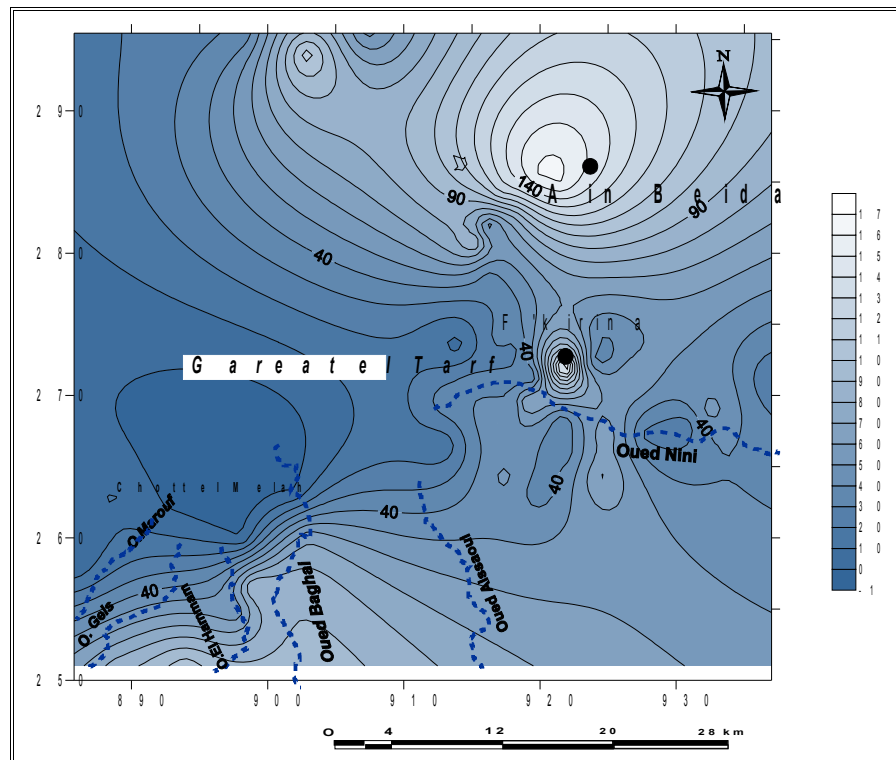


Fig. 29 : Carte de la répartition spatiale des teneurs en nitrates

V.2.3. Classification des eaux

Pour comparer les analyses entre elles et mettre en évidence le type d'anion ou de cation dominant, on a utilisé le diagramme de Piper et la classification de Stabler.

V.2.3.1. Diagramme de Piper (Fig.30)

Il présente un grand intérêt et celui le plus utilisé. Il est composé de deux triangles et d'un losange. Sur le triangle de gauche sont réparties les cations et les anions sur celui de droite. Sur losange sont répartis les ions majeurs.

La représentation des données physico-chimiques sur le diagramme de Piper montre plusieurs faciès chimiques qui dépendent de la nature géologique de l'aquifère, des activités agricoles et industrielles.

A. Nappe superficielle

Le report de 68 puits sur le diagramme de Piper montre une grande variabilité du faciès chimique des eaux. Ces derniers sont positionnés entre trois pôles (fig.30) :

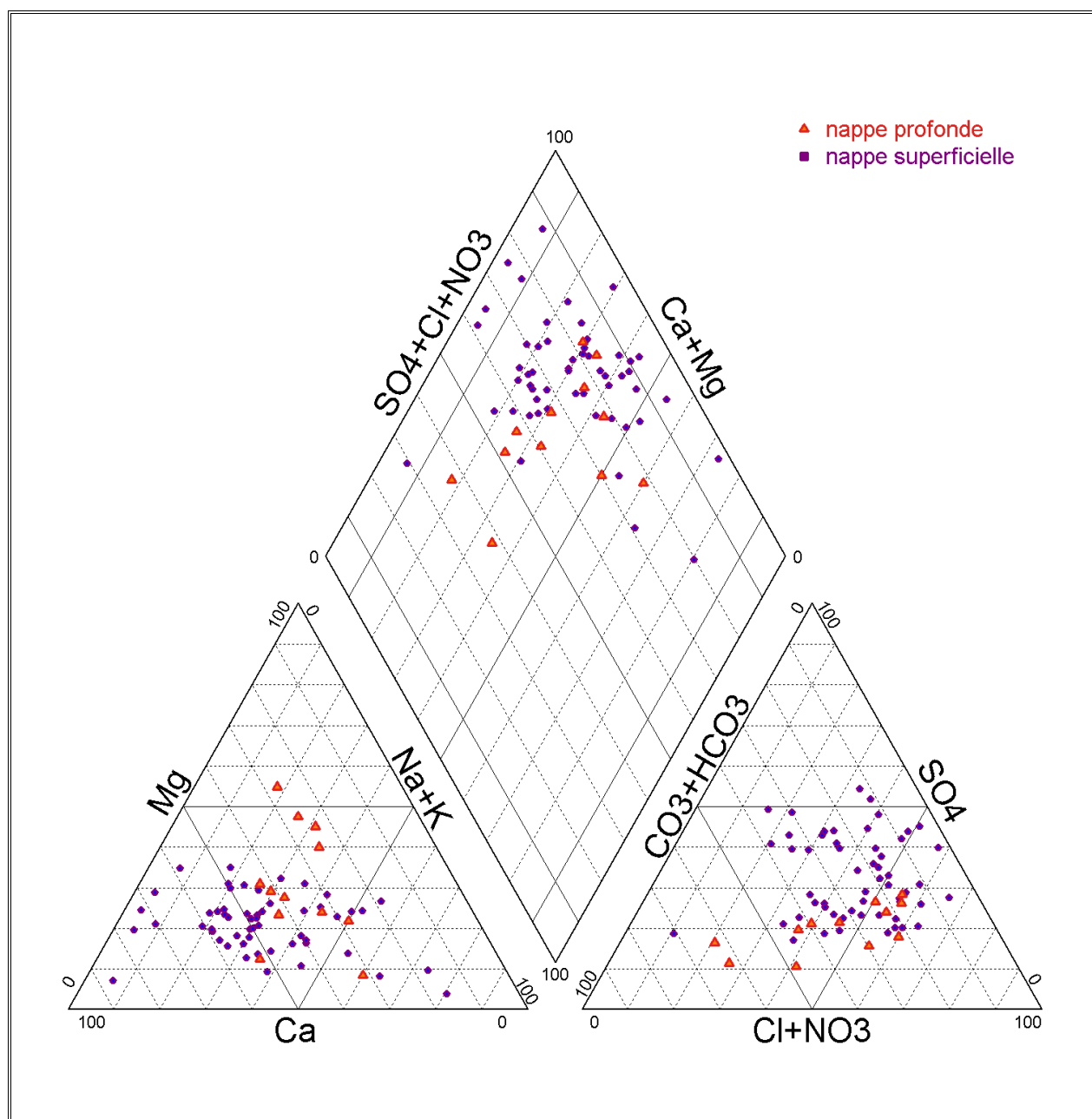
- le pôle salifère qui se caractérise par un faciès chloruré sodique, représenté par les puits P 14, P16, P17, P32, P 34, P 41 situés près de Gareat El Tarf.
- le pôle des carbonates représenté par un faciès bicarbonaté calcique, dû à la dissolution des formations carbonatées. Représenté uniquement par un seul puits : P 25.
- le pôle gypseux, caractérisé par des eaux chlorurées et sulfatées calciques, représenté par tout le reste des puits.

Le triangle des cations nous a permis de distinguer le faciès chloruré et sulfaté calcique avec un pourcentage de calcium qui dépasse 90 % et le faciès chloruré sodique ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ > 80\%$). Par contre, le diagramme des anions nous permet de séparer le faciès bicarbonaté calcique ($\text{HCO}_3^- > 70\%$).

Les points d'eaux qui se positionnent entre ces trois pôles représentent des mélanges.

B. Nappe profonde

Globalement les eaux souterraines du bassin Gareat El Tarf ont un faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien. Cependant on distingue : un faciès bicarbonaté calcique et magnésien caractérise les eaux peu chargées de la nappe (0.6 et 1 mS.cm^{-1}) que l'on rencontre dans la partie Sud-Est près du massif carbonaté.

**Fig.31: Diagramme de Piper**

Et un faciès chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique caractérisant les forages qui se trouve proches de Gareat El Tarf (F18 et P15) ainsi que les forage au alentour du massif de Sidi Reghiss (P9-P10).

Les pourcentages des anions de tous les points varient dans les intervalles suivants :

$$10\% < \text{Cl}^- < 75\%; 30\% < \text{SO}_4^{2-} < 80\%; \text{HCO}_3^{2-} < 65\%.$$

De cela on déduit une nette dominance de l'ion chlorure.

Dans le diagramme des cations, la plupart des points se situent dans la zone centrale. On constate toutefois que quelques points évoluent vers le pôle magnésien, ceux-ci se trouvent dans les zones à faciès bicarbonaté magnésien. Donc de ce diagramme, on déduit la classification dans l'ordre décroissant suivant : Ca^{++} ; Mg^{++} ; Na^+ .

V.2.3. 2. Classification de Stabler

Les concentrations dans cette classification exprimées en me/l sont réduites en quantité en réaction pour cent (r %) calculées par rapport à la concentration totale .Ces concentrations sont donc exprimées par la formule caractéristique ou formule ionique où sont classées de gauche à droite, par ordre décroissant les quantités en réaction en pour cent des anions ensuite des cations. A partir de cette classification nous distinguons trois familles principales de faciès bicarbonaté, le faciès chloruré, et le faciès sulfaté.

A partir de cette classification, nous avons dressé une carte de faciès chimique des eaux souterraines.

V.2. 4 . Interprétation de la carte de faciès chimiques des eaux (Fig.31)

-Le faciès chloruré calcique occupe une grande partie de la plaine de Gareat El Tarf, la teneur en Ca^{++} est liée aux formations calcaireuse du Crétacé et à la croûte calcaire du Quaternaire.

-Le calcium est remplacée par le Na^+ en s'approchant du lac salé pour donner un faciès chloruré sodique.

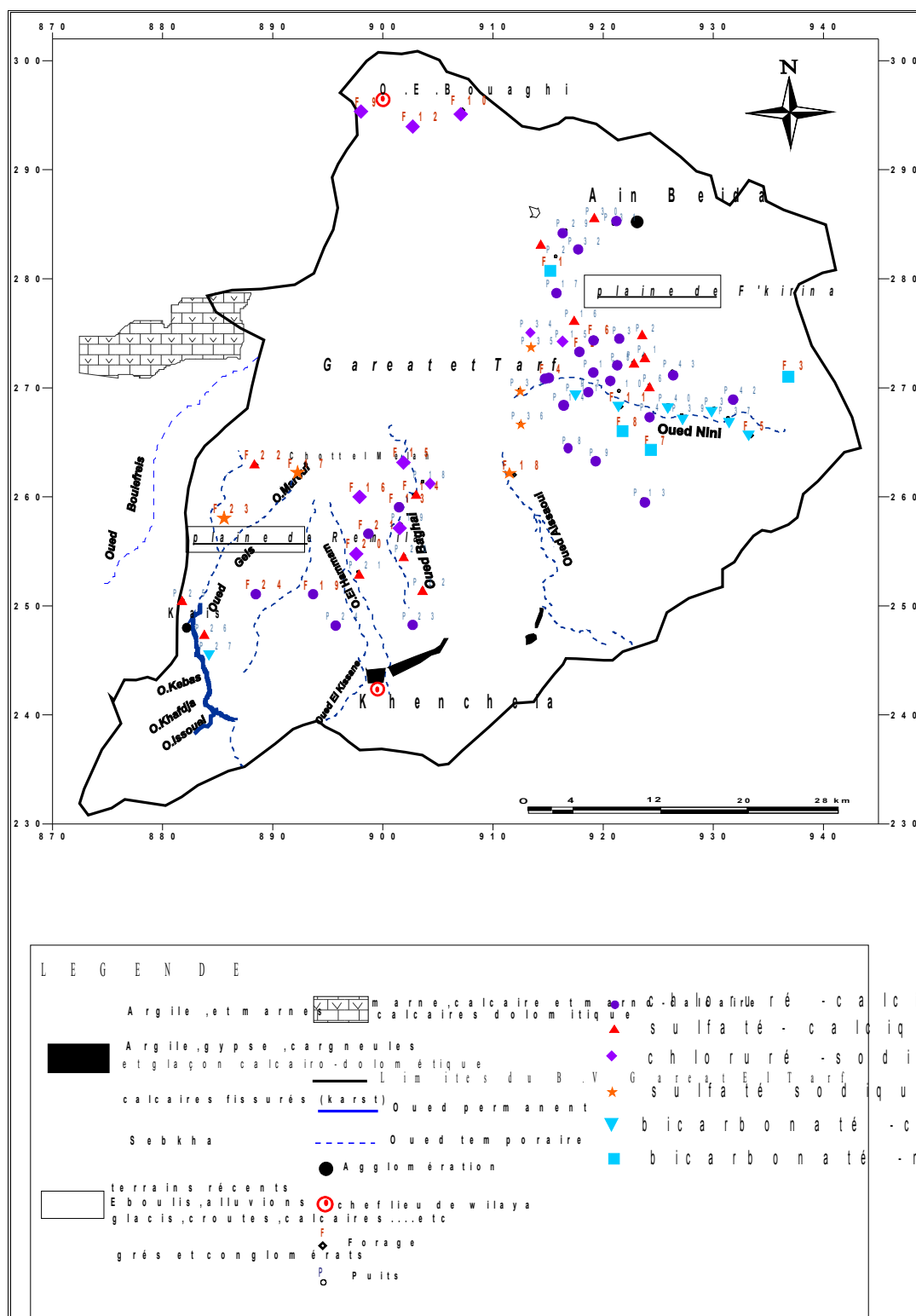
- Le faciès Bicarbonaté calcique s'observe dans la partie Sud-Est de la plaine de F'kirina et la partie Sud de la plaine de Remila où il existe des formations riches en bicarbonate (calcaire du Crétacé supérieur).

-Le faciès Bicarbonaté magnésien apparaît uniquement dans les eaux de la nappe profonde. la teneur en Mg^{++} provient des calcaires dolomitiques du Trias.

-Le faciès sulfaté calcique se met en place au centre de la plaine de F'kirina et se disperse dans la plaine de Remila. Vu la largeur du secteur d'étude ; sa présence peut être due à plusieurs raisons ;

On pourrait y avoir l'influence des éléments gypsifères du trias, la pollution provenant du gisement de la Baryte (BaSO_4) situé dans la partie Sud-Ouest du bassin de Gareat El Tarf, la présence d'inclusions évaporitiques riches en gypses (CGG.70.Vila 77) dans un terrain inondable. Cette zone est une superficie agricole et contribue à l'enrichissement du milieu, par concentration et infiltration des sulfates, apporté par l'utilisation des fertilisants.

-Le faciès sulfaté sodique se met en place autour de la (Sebkha), ce qui ne laisse pas un doute sur l'influence de cette dernière sur la composition physico-chimique de ces eaux.



**Fig.32 : Carte de faciès des eaux souterraines
(Classification de Stabler)**

V.2.5. Potabilité des eaux

Les eaux souterraines ne sont pas chimiquement pures, elles contiennent toujours une certaine quantité des sels dissous qui leurs confère.

On entend par une eau pure et de bonne qualité, une eau dépourvue d'impuretés de bactéries pathogènes et d'agents polluants.

La concentration des sels dissous ne doit pas dépasser un certain seuil défini par les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Les eaux du bassins de Gareat El Tarf présentent une potabilité généralement mauvaise suivant les concentrations de Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^{4-} , Cl^- , et DHT qui dépassent les normes .

V.2.6. Classification des eaux d'irrigation

Le bassin versant de Gareat El Tarf est constitué de deux plaines (Remila et F'kirina) à vocation agricole qui présentent des superficies importantes dont la grande partie est occupée par une culture céréalière (blé et orge).

Une étude chimique des eaux destinées à l'irrigation est nécessaire pour mettre en évidence le danger que présente certains éléments chimiques pour les plantes. Les facteurs qui déterminent cette qualité sont :

V.2.6.1. La salinité potentielle de l'eau (Tableau 25)

La salinité d'un sol est formée par tous les sels de chlore de sodium, sulfate de magnésium, dont la salinité potentielle pour une eau d'irrigation peut être estimée par la concentration des chlorures et de la moitié de la concentration en ions des sulfates (Donner ,1962).

La salinité potentielle (SP) est exprimée en me /l, donnée par la relation suivante :

$$SP = \text{Cl}^- + \text{SO}^{-4} / 2$$

Avec :

Cl^- : concentration des chlorures en me / l ;

SO^{-4} : concentration des sulfates en me / l .

Si nous utilisons la classification proposée par Donner, 1962 dans le tableau :

Cas	Classe d'eau		
	1	2	3
Intensité de percolation faible, alors faible lavage du sol	0-3	3-5	5
Intensité de percolation profonde mais il existe quelques lavage du sol plus ou moins restreints	5	5-10	10
Sol ouvert avec percolation profonde de l'eau facilement accomplie	7	7-15	15

Tableau 25 : Classification de la salinité potentielle proposée par Donner ,1962

- La salinité potentielle dans F5, F7, F8, F11, ainsi que les puits P1, P2, P3, P4, P7, P22, P36, P37, P38, P39, P40, est comprise entre 0 et 3 me/l, donc l'eau d'irrigation est de 1 ère classe avec une intensité de percolation d'eau faible, alors faible lavage du sol.
- Dans les forages F1, F2,F3,les puits P5, P10 ,P11 ,P15 ,P18 ,P19 ,P20 ,P22 ,P26, P30, P40, P43, la salinité potentielle varie entr3 et 5 me/l et l'eau d'irrigation est de 2 ème classe avec une intensité de percolation d'eau faible ,alors faible lavage du sol.
- Dans les forages F13, F20 et les puits P6, P8, P12, P13, P16, P17, P21, P23, P24, P27, P28, P29, P35, P42, la salinité potentielle varie entre 5 et 10 me/l et l'eau d'irrigation est de 2 ème classe avec une intensité de percolation profonde mais il existe quelque lavage du sol plus ou moins restreints.
- Les points d'eau qui présentent une salinité comprise entre 7 et 15 et de 2 ème classe, sont les forages F16, F17 et F23 ainsi que les deux puits P31 et P32 .On note donc l a présence d'un sol ouvert avec une percolation profonde de l'eau, facilement accomplie.
- Le reste des puits et des forages ont une valeur de salinité potentielle qui dépasse 15 me/l. Ce qui correspond à un sol ouvert avec percolation profonde de l'eau facilement accomplie.

V.2.6.2. Sodium absorption ratio (SAR)

Des concentrations élevées en éléments chimiques tel que le sodium présentent un danger permanent pour certaines plantes, donc il est important d'étudier l'évolution de la minéralisation de l'eau et celle du sodium afin de déterminer la valeur de l'eau du point de vue d'irrigation.

Le SAR est définie comme étant une mesure de pouvoir de remplacement des ions Ca^{++} et Mg^{++} par le sodium dans les argiles et les colloïdes, il est exprimé par la relation suivante :

$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2]^{1/2}$$

Avec :

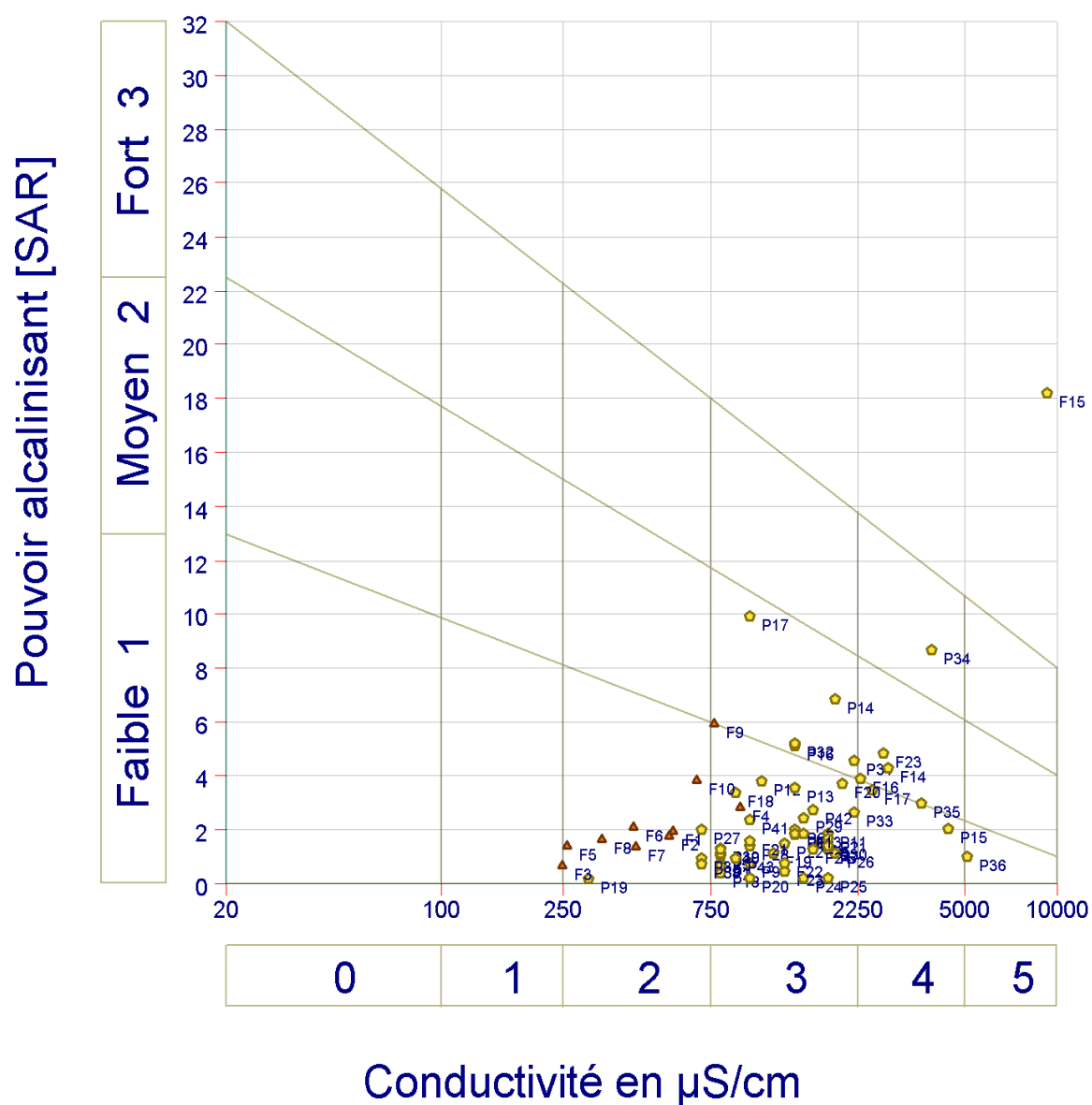
Na⁺ : concentration du sodium en me/l ;

Ca⁺⁺ : concentration du calcium en me/l ;

Mg⁺⁺ : concentration du magnésium en me/l.

La combinaison du SAR et de la conductivité électrique de l'eau permet la classification des eaux d'irrigation.

D'après le diagramme (fig.32), mis à part quelques puits (P34,P17 ,P14 ,P31 ,P36) ; et quelques forages de la plaine de Remila (F14 ,F15 ,F23) ,Les eaux des nappes sont caractérisées par un SAR plus ou moins faible, donc il n'y a pas de danger à irriguer avec .



**Fig. 33 : Classification des eaux d'irrigation Méthode du S.A.R
pour la nappe superficielle et la nappe profonde**

V.3. Qualité des eaux de surface

La qualité des eaux de surface a connu ces dernières années, dans le monde, une grande détérioration, en raison du développement urbain et industriel. Les rejets des agglomérations ainsi que celles des usines sont souvent rejetés directement au niveau des cours d'eau. Ce phénomène est surtout observé dans les pays les moins développés, là où le coût du traitement préalable des rejets est rédhibitoire.

V.3.1. Evaluation de la qualité des eaux de l'oued Baghai

Oued Baghai est un oued temporaire qui prend naissance au Kef Tiffekressa ; et déverse ses eaux dans Chott El Melah avec une direction SE-NW.

Il passe approximativement de deux agglomérations urbaines, une zone industrielle et à travers des terrains agricoles.

Oued Baghai constitue le déversoir naturel des eaux usées urbaines, il est en vérité un égout à l'air libre, sa capacité naturelle auto-épuratrice ne suffit plus à ressortir la charge de pollution, ce qui menacerait la qualité des eaux de surface et aussi polluant à long terme les eaux souterraines étant donnée que l'oued communique directement avec la nappe d'eaux souterraine.

V.3.1.1. Type de rejets dans Oued Baghai

-Un rejet urbain des villes de Khenchela et Baghai dont la population atteint 126 260 habitants au recensement de 2006.

-Un rejet industriel : La zone industrielle de Khenchela regroupe des unités industrielle, les plus importantes et les plus polluantes sont :

-ELATEX : complexe de production de tissu.

-ENATB : spécialisé dans la transformation du bois.

En plus de quelques petites et moyenne entreprises.

Les rejets de ces unités sont collectés dans le réseau d'assainissement de la zone industrielle et acheminés vers oued Menchar qui rejoint Oued Baghai.

V.3.1.2. Résultats analyses physico-chimiques (Fig.33)

Dans le manque d'un réseau de surveillance de la qualité des eau de surface au niveau du bassin des hauts plateaux constantinois, les services de la direction de l'environnement avec la collaboration du service de l'hygiène de la wilaya de Khenchela ont procédé à diverses analyses sur les eaux d'oued Baghai pendant l'année 2002.

Les paramètres analysés sont O_2 dissous, DBO_5 , DCO , NO_3 , NO_2 , PO_4 ; la matière organique.

A. L'oxygène dissous

La teneur de l'oxygène dissous varie entre 7.2 marquée en amont de l'oued et 7.8 mg/l marquée en aval. Donc les eaux de ce cour d'eau ont une qualité excellente (classe 1) vis-à-vis ce paramètre.

B. Demande biochimique en oxygène DBO_5

La DBO_5 constitue une mesure indirecte de la matière organique dans les milieux aquatiques. En générale dans les eaux usées domestiques elle varie en moyenne entre 200 et 300 mg/l.

Pour les eaux de l'oued Baghai la DBO_5 est de 180 mg/l, traduisant ainsi une pollution excessive.

C. Demande chimique en oxygène (DCO)

D'après ce paramètre la pollution devient excessive du moment où la DCO dépasse les 80 mg/l, ce qui est le cas pour les eaux de l'oued Baghai avec une valeur de 235 mg/l.

D. Les nitrates et les nitrites

L'azote des nitrates est faiblement représenté dans les eaux de l'oued Baghai, avec une teneur de 5 mg/l, ce qui classe ces eaux à la classe 2, donc de bonne qualité vis-à-vis ce paramètre. alors que pour les nitrites elles sont en 3^{ème} classe reflétant ainsi une qualité passable avec une teneur de 0.8 mg/l.

E. Les phosphates

Les phosphates, peuvent être d'origine organique ou minérale. Le plus souvent leur teneur dans les eaux naturelles résultent de leurs utilisation en agriculture, de leurs emploi comme additifs dans les détergents et comme agents de traitement des eaux de chaudières.

Les eaux de l'oued Baghai. Présentent des teneurs importantes de PO_4 . Cette teneur peut être due aux rejets urbains dans l'oued, mais dans l'absence d'analyse des rejets de la zone industrielle, leurs origines reste à confirmer :

F. Les matières organiques (M.O)

La charge de pollution organique d'une eau est fonction de la demande en oxygène que le milieu exerce afin d'oxyder et donc de minéraliser ces matières organiques. Dans les eaux de l'oued Baghai la teneur en matière organique est de 18 mg/l.

V.2.2.1.3. Taux de pollution des eaux de l'oued Baghai

Chaque un des paramètres analysés est représenté par sa classe de qualité (Fig.33), la classe de qualité la plus défavorable dans chaque un des paramètres, détermine la classe de qualité globale de l'eau analysée.

La composition physico-chimique des eaux de l'oued Baghai comparée à la grille multi-usage, Masson, 1988, traduisant une pollution excessive.

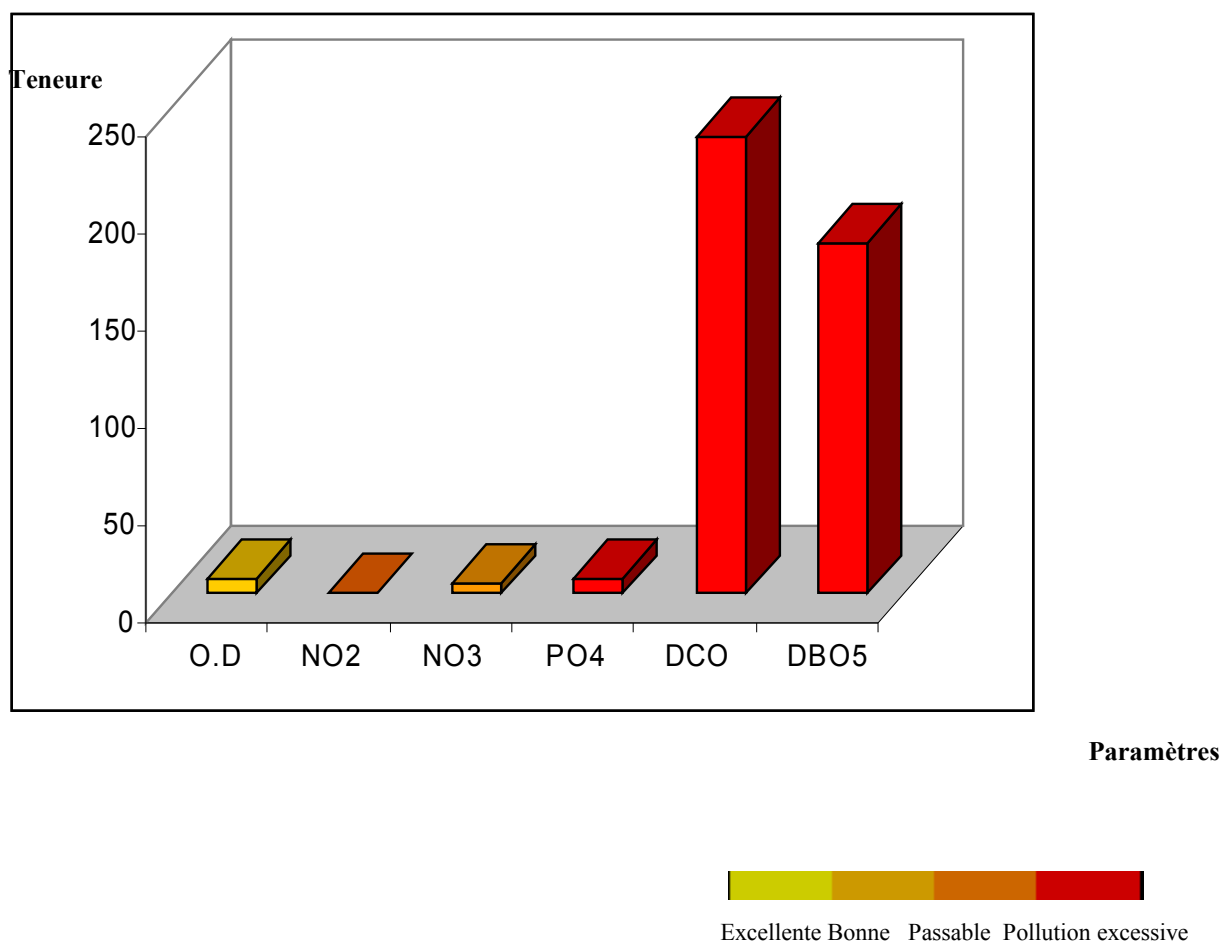


Fig.34 : Qualité chimique des eaux de l'oued Baghai

V.4. Conclusion

L'étude de la qualité des eaux souterraines du bassin de Gareat El Tarf (zone semi-aride), est influencée par la nature du sol, la salinité des eaux est très variable et généralement élevée. La répartition spatiale de la conductivité met en évidence une augmentation de la minimalisation dans le sens d'écoulement. Les faibles conductivités s'adressent en amont hydraulique.

Deux faciès dominants sont observés, l'un chloruré avec des teneurs en chlorures pouvant atteindre localement 1380 mg.l⁻¹ et l'autre sulfaté. Les teneurs élevées en sulfates sont d'une manière générale attribuées au Trias riche en gypse. Le faciès Bicarbonaté s'observe surtout près des massifs calcaires.

La représentation spatiale des nitrates, démontre quelques secteurs contaminés qui se localisent principalement le long de, oued Gueiss, oued El Hamma, oued Baghai et oued Nini. Ainsi que, les secteurs de Baghai, Kais et F'kirina qui sont fortement touchés.

Les eaux souterraines du BV sont généralement très dure mais restent en majorité acceptables pour l'irrigation.

La composition physico-chimique des eaux de l'oued Baghai, traduit une pollution excessive.

CHAPITRE VI

ESSAI DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU

VI .1. Introduction

Après avoir présenté dans la partie précédente les caractéristiques générales du BV de Gareat El Tarf, et donner un diagnostique quantitatif et qualitatif de ses ressources en eau souterraines et superficielles.

Nous allons entamer dans cette partie, d'une part la mobilisation de ces ressources vers les différents secteurs d'utilisateurs et d'autre part les besoins en eau de ces derniers pour arriver à faire une confrontation offre/demande ce qui nous permettra de juger l'efficacité du système de gestion des ressources en eau adopté au niveau du Bassin versant.

Sur la base des résultats acquis nous proposant quelques scénarios de l'équilibrage entre offre et demande en eau, c'est-à-dire l'équilibrage entre la ressource en eau disponible et la demande en eau à plus au moins long terme (2030).

VI .2. Ressources en eaux mobilisées

En matière des ressources en eau mobilisées pour les différents secteurs (AEP, AEI, I RR), le bassin de Gareat El Tarf s'appuie sur ses propres richesses, à l'exception des communes de Oum El Bouaghi et Ain El Beida qui renforcent leurs ressources en eau destinée à l'AEP, par un transfert provenant du barrage d' Ain Delia. Les ressources en eau mobilisées circonscrites dans les limites du bassin sont :

La plaine de Remila

La plaine de F'kirina

La plaine d'Oum El Bouaghi

A ceci s'ajoute le transfert provenant de :

Barrage Ain Delia

Retenues collinaires

- Chaabet El Merra
- Ourkis
- Oulmen

VI .2.1. Ressources mobilisées pour l' AEPI

VI .2.1.1. Estimation des prélèvements pour l'AEPI

La production totale d'eau destinée à l'AEPI, est estimée à de 43 Hm³/an. Ces eaux proviennent essentiellement des ressources souterraines .La contribution des eaux superficielles est réduite elle est de 4.9 Hm³/an ce qui représente 4 % du totale des eaux produites (Fig.34).Les ouvrages de mobilisation sont essentiellement des forages (Tableau 26).

VI .2.1.2 La distribution d'eau potable

La distribution de l'eau se fait par un système de canaux et de conduites. D'une manière générale, le système de distribution souffre des cassures incessantes. Dans les vieux quartiers, les cassures sont dues soit aux travaux de canalisation (téléphone, gaz, assainissement) soit à la corrosion des conduites. au niveau des coudes, les cassures sont fréquentes. La pression excessive provoque aussi des cassures Dans les grands centres urbains (Khenchela., Ain El Beida, Kais et Oum El Bouaghi), l'approvisionnement se fait par grand quartier. Chacun attend son tour. Les capacités de stockage ne suffisent pas à approvisionner tous les consommateurs en même temps. En général, ces derniers ne reçoivent l'eau que durant quatre à cinq heures de suite par une journée sur deux ou sur trois. Pour cela, ils stockent l'eau dans les foyers soit dans des petits réservoirs soit dans des récipients.

N°	Wilaya	Commune	Ressources mobilisées	Débit d'exploitation (l/s)	Volume d'eau produit (m³/an)
1	Khenchela	Khenchela	25 forages	324	14749285
2		Kais	8 forages 5 puits	206 10	2717352
3		Remila	3 forages	53	696420
4		Tamza	5 forages 1 puits	45 0.5	381060
5		El Hamma	6 forages	94	567648
6		Ensigna	3 forages	38	328500
7		Baghai	8 forages	146	4588415
8		M'toussa	4 forages 4 puits	53 4	155052
9		Ain Touila	3 forages 4 puit 2 sources	110 2 2	3942000
10	O.E.Bouaghi	O.E.Bouaghi	Barrage Ain Delia 4 forages 8 puits	- 95 24	3953680
11		Oued Nini	2 forages	24	630720
12		El Djazia	2 forage 2 puits	66 1.5	304263
13		F'kirina	4 forages 3 puits 2 sources	23 1.5 2	816140
14		Zorg	1 Forage 3 puits	10 2.5	300145
15		Ain Beida	Barrage Ain Delia 8 forages	- 211	6497000
16		Berriche	4 forages 2 puits	58 5	1524240
17		Ain Zitoun	4 forages 1 puits	48 5	1130040
Total				1 609	43 281 960

(Source :D
HW de
Khenchela
et d'O.E
Bouaghi)

**Tableau
26 :
Ressources
en eaux
mobilisées
pour
l'AEP au
niveau du
bassin de
Gareat El
Tarf
(Situation
2007)**

**VI .2.2.
Ressources
mobilisées**

pour IRR

VI .2.2.1. Prélèvement en eaux de surface

Les ouvrages de mobilisation des eaux de surfaces destinées à l'irrigation dans le bassin de Gareat El Tarf sont de quatre types :

- Barrages et retenues collinaires

Le barrage de Foug El Gueiss est d'une capacité initiale de 3.4 hm³, sensé régularisé un volume de 1.6 hm³ destiné a l'irrigation de la plaine de Remila .actuellement il est envasé est bondonné. Les superficies que le barrage irriguait auparavant sont actuellement irriguées par des forages.

17 retenues collinaires réalisées à travers le bassin « 1985-2000 » d'une capacité totale initiale 710 Hm³, actuellement envasées excepter 3 retenues d'une capacité d'environ 3 Hm³ destinées à irriguer une superficie de 306 ha.

▪ Les sources

Les sources sont nombreuses comme le décrit le (tableau 27) mais elles sont toutes non équipées ce qui limite leurs usages.

commune	Nombre	Débit (l/s)	Superficie irriguée (ha)
Baghai	7	7.5	6.5
El Hama	14	18	79
Oum El Bouaghi	2	3.5	3
Ain zitoun	1	0.5	2
Total	24	29.5	90.5

(Source : DSA de Khenchela et d' Oum El Bouaghi)

Tableau 27 : Répartition des surfaces irriguées par les sources au niveau du bassin de Gareat El Tarf (situation 2007)

VI .2.2.2. Prélèvement en eaux souterraines

L'irrigation au niveau du bassin de Gareat El Tarf est actuellement assurée en grande partie par les eaux souterraines (après l'envasement du barrage de Fom El Gueiss), mobilisées par un grand nombre de forages et de puits.

Les données fournies par la DSA de O.E.Bouaghi et de Khenchela sont insuffisantes pour donner une estimation du Prélèvement d'eau destinée à l'irrigation en raison des contraintes suivantes :

- Un grand nombre de forages n'est pas déclaré au sein de la DSA
- L'existence de forages a usage mixte (IRR et AEP)
- Les heures de pompages ne sont pas toujours mentionnées.
- Ce pendant pour les puits, les chiffres ne sont pas répertoriés, la plus part d'entre eux sont illégaux.
- Plusieurs paysans irriguent leurs terres avec des prises illégales faites sur le réseau d'AEP.

On c'est basé sur les données de PNE qui fournis une estimation du prélèvement total .on sachant le volume d'eau destine a AEP (tableau 26),on peut avoir une idée plus au moins exacte de l'eau destiné a l'irrigation (tableau 28). Il s'agit d'un volume de 34.5 hm³/an.

Plaine	Potentielle (hm ³ /an)	Prélèvement (hm ³ /an)		
		<i>Prélèvement vers le</i>		
		<i>Bassin de Gareat El Tarf</i>		
		<i>total</i>	<i>pour l'AEPI</i>	<i>pour IRR</i>
Plaine d'Oum El Bouaghi	15	12.5	4	7.5
Plaine de F'kirina	27	25.7	13.8	12
Plaine de Remila	51,60	38,3	23.3	15
total	93.6	76.5	41.1	34.5

Source :PNE

**Tableau 28 : Prélèvement d'eau par plaine au niveau du bassin de Gareat El Tarf
(Situation 2007)**

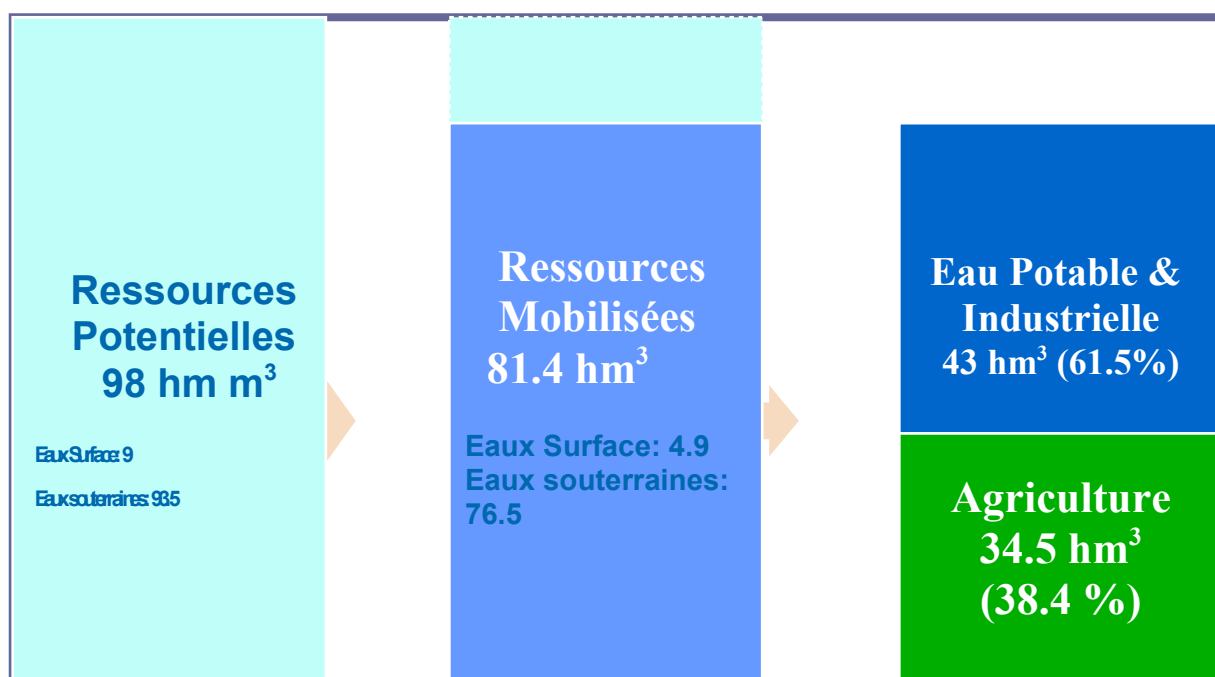


Fig.34 : Les ressources en eau mobilisées au niveau du bassin de Gareat El Tarf

(Situation 2007)**VI .3. Besoins et demande en eau par secteur d'utilisation**

Les besoins en eaux des différents secteurs vitaux d'une société en l'occurrence alimentation en eau potable(AEP), alimentation en eau de l'industrie (AEI) et l'alimentation en eau pour l'irrigation (IRR).constituent les propriétés à satisfaire de l'état Algérien et des moyens colossaux humains et matériels sont investis régulièrement afin de promouvoir et de développer la société et permettre au citoyen de disposer d'une quantité d'eau conforme aux norme en quantité et en qualité et à l'état de réaliser les objectifs assignées de sa politique industrielle et agricole.

Les besoins en eau se rapportent aux qualités nécessaires à utiliser pour assurer l'application des fonctions requises pour divers usages, usage domestique et public, usage industriel et usage agricole.

Ces besoins sont estimés quantitativement suivant des normes unitaires tenant compte des paramètres :

- Socio-économique : il s'agit du degré de croissance urbaine, démographique et niveau de vie des populations ; pour estimer l'AEP.
- En ce qui concerne l'industrie c'est le type d'industrie, processus technologique et volume de production.
- Biophysique : concernant l'irrigation (déficit d'apport d'eau par rapport aux besoins physiques des plantes).on considère une dotation théorique de 4500 m³/an/ha.

En plus des besoins actuels nous essayerons de faire une estimation des besoins futurs selon une fourchette de dotation à plus au moins long temps.

VI .3.1. Demande en eau potable

L'estimation de la demande en eau potable sur l'ensemble du bassin prend en compte non seulement les besoins strictement affectés aux habitants, mais aussi les besoins des petites industries, du commerce et du secteur administratif.

Les principales étapes du processus de calcul sont de fixer les trois grands paramètres de la problématique :

- La démographie, avec trois composantes, à savoir fécondité, mortalité et migration.
- Les contraintes hydrauliques qui sont le rendement des infrastructures liés aux niveaux des fuites.
- Les dotations unitaires (exprimées notamment en (l/jour/habitant).

*Notant que la demande en eau c'est la quantité d'eau qu'il faut mobiliser au niveau de la ressource pour couvrir le « besoin ». Entre la demande et besoins s'intercalent les pertes ou gaspillage du système de mobilisation de la quantité d'eau de tel ou tel usage.

Pour les dotations unitaires on prendra en compte les dotations fournis par la DHW de Khenchela et d'Oum El Bouaghi qui estime cette dernière à 150 l/j/hab pour les agglomérations urbaines et 90 l/j/hab.

- Les besoins en eau domestique pour l'année 2007 sont estimés à plus de 62 hm³ pour une population totale de 453002 habitants.
- Si on rajoute 30% (donnée par le PNE) des pertes proviennent des fuites dans les canalisations, la demande en eau domestique sera de 81 hm³ (Tableau 29)

.N°	Wilaya	Commune	Nombre d’habitants (Estim.2007)	Dotation	Besoins en eau (m³/an)	Pertes (%)	Demande en eau (m³/an)
1	Khenchela	Khenchela	130580	150	19587000	30	25463100
2		Kais	34560	150	5184000	30	6739200
3		Remila	6710	90	603900	30	785070
4		Tamza	9470	90	852300	30	1107990
5		El Hamma	12370	150	1855500	30	2412150
6		Ensigha	9020	90	811800	30	1055340
7		Baghai	7110	90	639900	30	831870
8		M’toussa	6290	90	566100	30	735930
9		Ain Touila	16590	90	1493100	30	1941030
10	O.E.Bouaghi	O.E.Bouaghi	68841	150	10326150	30	13423995
11		Oued Nini	5432	90	488880	30	635544
12		El Djazia	2672	90	240480	30	312624
13		F’kirina	13083	90	1177470	30	1530711
14		Zorg	2025	90	182250	30	236925
15		Ain Beida	114744	150	17211600	30	22375080
16		Berriche	6230	90	560700	30	728910
17		Ain Zitoun	7275	90	654750	30	851175
Total			453002		62435880		81166644

Tableau 29 : Demande en eau de la populations au niveau du bassin de Gareat El Tarf (situation 2007)

VI .3.1. Demande en eau industrielle

Le PNE 93 avait développé une méthodologie concernant l'estimation de la demande en eau industrielle il s'agit de la distinction entre gros consommateurs dont la demande est spécifique et « petits » consommateurs industriels disséminés dans le tissu urbain, et rattachés globalement aux besoins commerciaux courant.

Les deux wilayas, Khenchela et Oum el Bouaghi ont une capacité industrielle modeste. Pour estimer la demande en eau industrielle on a eue recours aux données fournies par l'ABH.

Le problème posé concernant l'estimation de la demande en eau industrielle c'est que certaines industries s'approvisionnent aux réseaux urbains et d'autres par leurs propres moyens, dans des proportions difficiles à déterminer (tableau 30).

Donc le besoin moyen annuel en eau industrielle dans le bassin versant de Gareat El Tarf est estimé à 0.37 hm³/an.

Wilaya	Commune	caractéristiques		Besoins en eau (m ³ /j)	Besoins en eau (hm ³ /an)
		Non	Nature/type		
Khenchela	Khenchela	Draperie de l'Est (ex- ELATEX)	Tissage, finissage Laine et mélange	300	0.1095
	Khenchela	SARL Ait Hadj Mhand	Fabrication carreaux granito	20	0.0073
	Khenchela	SONAREM	Production du ciment baryté	600	0.219
Oum El Bouaghi	Ain Beida	SARL EL KIMA	Production de boissons gazeuses	N.C	N.C
	Ain Beida	Limonaderie ZAZIA	Production de boissons gazeuses	N.C	N.C
	Ain Beida	UMP3	Transformation de bois	50	0.01825
	Ain Beida	Complexe Filature Laine	Filature	N.C	N.C
	O.E. Bouaghi	ERIADB	Semoulerie, Minoterie	62	0.02263
total				1032	0.37

(Source ABH)

Tableau 30 : Besoins en eau par type d'industrie au niveau du bassin de Gareat El Tarf (Situation en 2007)

VI .3.2. Demande en eau pour l'irrigation

La détermination de la surface irriguée dans le bassin de Gareat El Tarf est difficile comme il est le cas du reste de l'Algérie dans la mesure où les données varient selon les sources qui ne sont pas coordonnées entre elles. Pour éviter toute contradiction on c'est basé sur les données de la DSA de Khenchela et celle d'Oum El Bouaghi.

Les demandes en eau des surfaces irriguées comprennent d'abord le besoin en eau des plantes, à laquelle s'additionnent les besoins en lessivage, les pertes en eau dans les systèmes d'irrigation, d'abord à la parcelle, ensuite dans le réseau de transport. La somme des besoins et des pertes constituera la demande en eau de l'agriculture. Pour l'estimation des besoins on considère une dotation théorique de 4500 m³/an/Ha c'est la dotation admise par l'ANRH pour notre bassin. Les besoins en eau d'irrigation sont estimés actuellement à plus de 23.5 hm³/an (Tableau 31). Avec un taux de pertes d'eau pendant le transport de 20% et une efficience qui est estimée à 60 % (d'après l'ANRH).

La demande en eau pour les superficies irriguées, au niveau du bassin objet de l'étude est de 39.3 hm³/an.

N °	Wilaya	Commune	SAU	Superficie irriguée (Ha)	Dotation (m3/ha/an)	Besoin en eau (m3/an)	demande en eau (m3/an)
1	Khenchela	Khenchela	-	-	-	-	
2		Kais	3173	212	4500	954000	1602720
3		Remila	19700	658	4500	2961000	4974480
4		Tamza	9912	670	4500	3015000	5065200
5		El Hamma	9694	167	4500	751500	1262520
6		Ensigna	8409	320	4500	1440000	2419200
7		Baghai	11514	345	4500	1552500	2608200
8		M'toussa	9700	181	4500	814500	1368360
9		Ain Touila	14351	117	4500	526500	884520
10	O.E.Bouaghi	O.E.Bouaghi	28722	327	4500	1471500	2472120
11		Oued Nini	14339	567	4500	2551500	4286520
12		El Djazia	8361	145	4500	652500	1096200
13		F'kirina	28530	752	4500	3384000	5685120
14		Zorg	8153	50	4500	225000	378000
15		Ain Beida	3950	27	4500	121500	204120
16		Berriche	29517	216	4500	972000	1632960
17		Ain Zitoun	27931	447	4500	2011500	3379320
Total				5201		23404500	39319560

Tableau 31 : Demande en eau pour les superficies irriguées au niveau du bassin de Gareat El Tarf (situation 2007)

VI .4. Déficit d'alimentation en eau pour les différents usagers (Tableau 32)

L'alimentation en eau pour les différents secteurs d'utilisation au niveau du bassin de Gareat El Tarf est en état déficitaire. Pour L'alimentation en eau potable ce déficit est de 45.7 hm³/an. Une part importante des eaux produites est perdue (30% pertes en transport) .Concernant l'eau destinée à l'irrigation le déficit est de 12.3 hm³/an.

VI .5. Taux de satisfaction en eau pour les différents usagers**➤ Pour AEPI**

D'après les données qui nous ont été fournis par les différents services de l'eau (DHW et ANRH), on a effectué une estimation des taux de satisfactions en eau pour l'AEPI (Tableau 32).ce qui nous a permit de dresser une carte qui figure ce paramètre pour chaque commune du BV de Gareat El Tarf.

Les communes urbaines (excepté Khenchela avec 58 %), bénéficies d'un taux de satisfaction qui vari entre 20% et 40%.alors que pour les communes rurales, la demande en AEP est couverte dans certaine communes à plus de 100 % (Ain Zitoun et Zorg).

➤ Pour IRR

d'après le volume prélevé pour l'irrigation et qui est de 38.4 Hm³/an pour une demande de plus de 39 Hm³/an on peut dire généralement que ce secteur reçoit ses besoins d'eau à presque 100%.

N°	Wilaya	Commune	Nombre d’habitants (Estima. 2007)	Offre d’eau (m3/an)	Demande en eau (m3/an)	Déficit d’AEP (m3/an)	Taux de satisfaction (%)
1	Khenchela	Khenchela	130580	14749285	25463100	-10713815	58
2		Kais	34560	2717352	6739200	-4021848	40
3		Remila	6710	696420	785070	-88650	89
4		Tamza	9470	381060	1107990	-726930	34
5		El Hamma	12370	567648	2412150	-1844502	24
6		Ensigna	9020	328500	1055340	-726840	31
7		Baghai	7110	4588415	831870	-44010	95
8		M’toussa	6290	155052	735930	-580878	21
9		Ain Touila	16590	3942000	1941030	-1128946	42
10	O.E.Bouaghi	O.E.Bouaghi	68841	3953680	13423995	-9470315	29
11		Oued Nini	5432	630720	635544	-4824	99
12		El Djazia	2672	304263	312624	-8361	97
13		F’kirina	13083	816140	1530711	-714571	53
14		Zorg	2025	300145	236925	63220	127
15		Ain Beida	114744	6497000	22375080	-15878080	29
16		Berriche	7230	1524240	728910	-4670	99
17		Ain Zitoun	7275	1130040	851175	278865	133
Total			453002			-45615155	44

Tableau 32 : Déficit d'alimentation et taux de satisfaction en eau potable

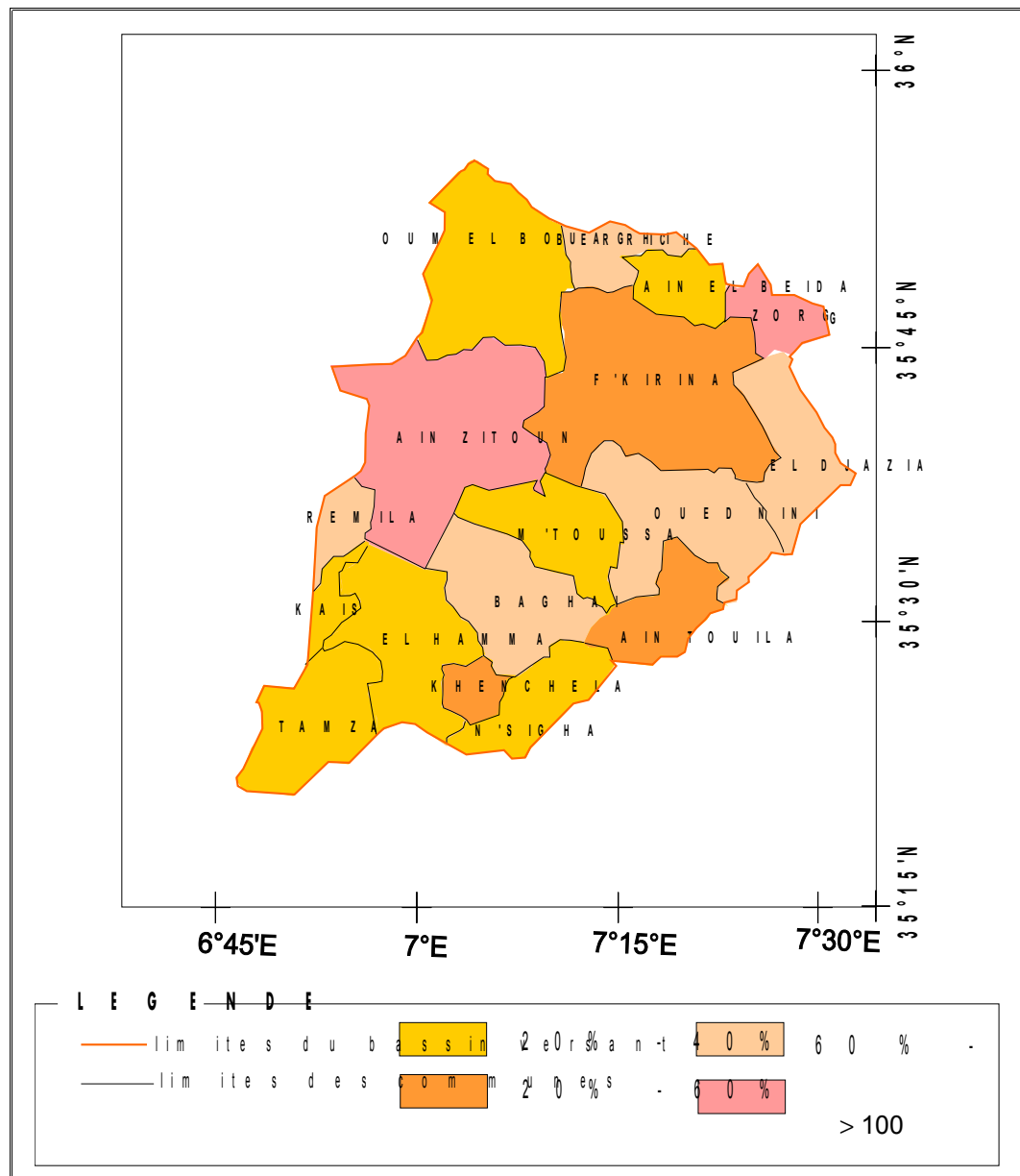


Fig.36 : Taux de satisfaction en eau potable par commune au niveau du bassin de Gareat El Tarf

VI .6. Les projets du PNE

VI .6.1. Système de transfère de Bèni Haroun (Fig. 36 et 37)

Le transfère de Béni Haroun est le principal système de la région des hauts plateaux. Il permettra d'assurer à l'horizon 2010 un volume annuel de 504 millions de m³:

- 242 millions de m³ pour l'A.E.P de 4 620 000 habitants de Jijel, Mila, Oum El Bouaghi, Batna, Constantine, Ain M'lila et Khenchela.
- 262 millions de m³ pour l'irrigation de 30 000 Ha.

L'aménagement de Beni Haroun comporte (Fig.35) :

➤ Des ouvrages de transfère réalisés qui sont :

- La retenue de Bèni Haroun avec un volume utile de 732 hm³ ;
- Le transfère Beni Haroun –Oued El Athmania;
- Le réservoir Oued El Athmania avec un volume utile de 30 hm³ ;
- Le transfère Oued El Athmania-réservoir Talizerdane et Koudiat-Medaouar;
- Le réservoir Koudiat-Medaouar avec un volume utile de 65 hm³ ;
- Le réservoir Talizerdane avec un volume utile de 62 hm³.

➤ Deux Projets d'adduction en cour de réalisation qui sont :

- L'alimentation en eau potable des villes de Mila, Constantine, Tadjenanet et Chelghoum El Aid à partir du transfère de Beni Haroun, le système se développe sur 206 Km de canalisation, 17 réservoirs d'une capacité totale de 55500 m³ et de 7 stations de pompage, ce système permettrait de desservir 18 communes.
- L'alimentation en eau potable des villes de Batna, Barika, Arris, Khenchela à partir du barrage de Koudiat Medaour, ce système se développe sur 255 Km de canalisation 7 réservoirs de capacité totale de 16500 m³ et de 11 stations de pompage, il permettra de desservir 9 communes .

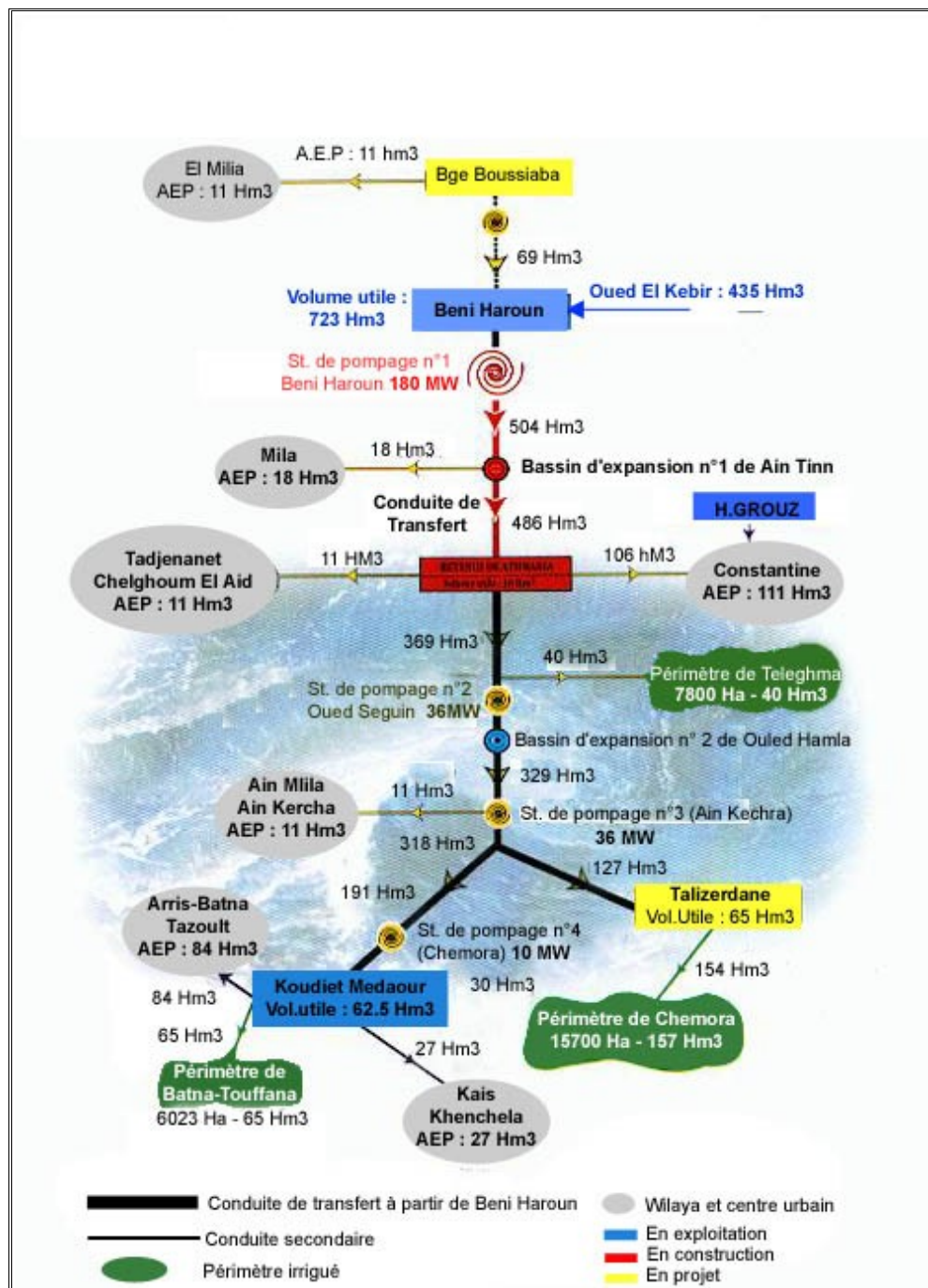


Fig.37 : Transfère de Beni Haroun
Schéma synoptique (horizon 2030)

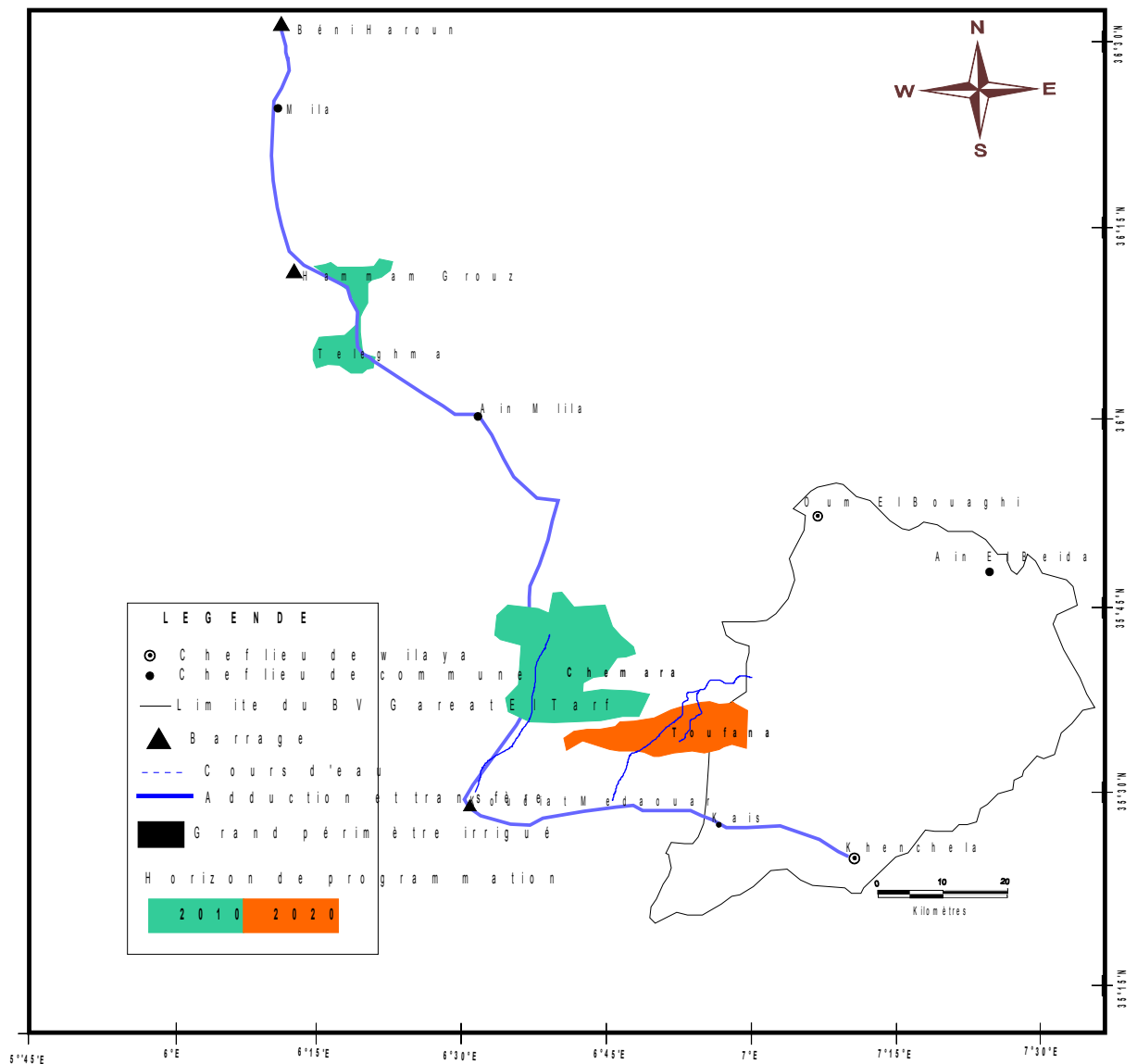


Fig. 37 : Transfère d'eau de Béni Haroun vers le BV de Gareat El Tarf
(Extrais de la carte du PNE : Programmation de l'aménagement hydraulique du système de Béni Haroun)

VI .6.2. Station d'épuration des eaux usées de Khenchela

La nouvelle politique de récupération des eaux usées épurées outre qu'elle a pour finalité l'amélioration du cadre de vie des citoyens, participe aussi à la mobilisation de l'ensemble des capacités hydriques du pays pour le développement de l'agriculture.

Le BV de Gareat El Tarf a bénéficié d'un projet de stations d'épuration qui est en cour de réalisation :

- Station d'épuration de Khenchela (Tableau 33)

Un projet de la réalisation d'une station d'épuration pour le traitement des eaux usées de la ville de Khenchela est en cours d'exécution elle sera mise en service en 2015. Ses caractéristiques sont rapportées dans le tableau :

wilaya	commune	Capacité (Eq-hab)	Débit moy reçu (m3/j)	Débit épuré (m3/j)	Rendement épuratoire (%)	Procédé d'épuration	Milieu récepteur
Khenchela	Khenchela	2015 :192000 2030 :322000	2015 :23062 2030 :46363	2015 :23062 2030 :46363	100 %	Boues activées	Oued Boughaguel

(Source : DHW Khenchela)

Tableau 33 : Caractéristiques de la station d'épuration de Khenchela

VI .6.3. Impact des projets du PNE sur la ressource en eau (Fig.37)

Dans le cadre du transfère de Béni Haroun, le BV objet d'étude bénéficiera en 2010 de :

- Un volume de 27 hm³ sera destiné à l'alimentation en eau potable pour les villes de Kais et Khenchela.
- Pour les périmètres irrigués un volume de 65 hm³ sera destiné à l'irrigation du périmètre de Batna-Toufana (56080 Ha). Il est a noté que la plaine de Remila occupe 506 Ha de ce périmètre donc elle bénéficiera de 0.6 Hm³ d'eau.

Ce qui devra assurer une meilleure offre d'eau au profit de l'approvisionnement des populations, de l'agriculture et du secteur productif.

Pour la station d'épuration des eaux usées de Khenchela, L'eau traitée sera destinée à l'irrigation il s'agit de 8.4 hm³/an en 2015. Après 15 ans le volume sera pratiquement doublé.

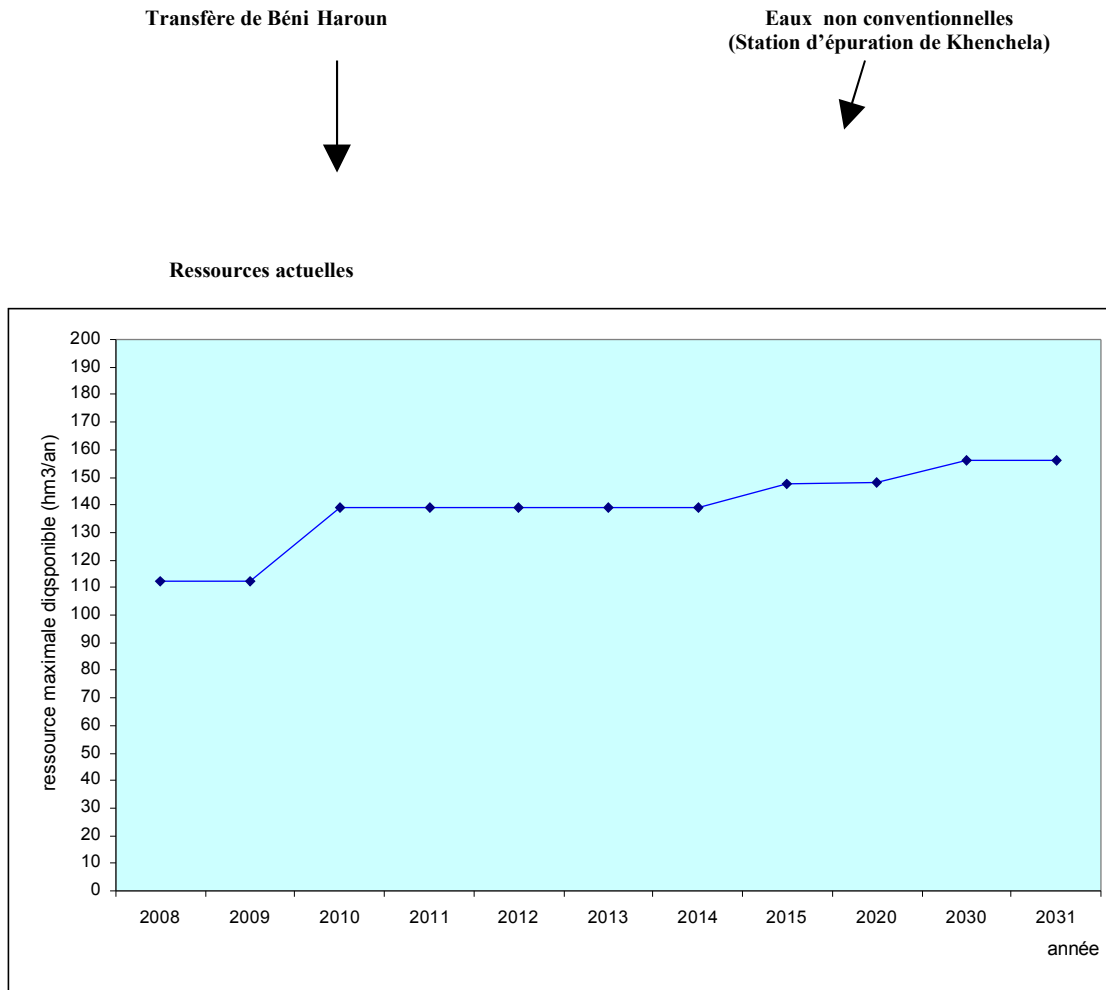


Fig.39 : Impact des projets du PNE sur l'évolution de la ressources en eau mobilisée au niveau du BV de Gareat El Tarf

VI.7. Scénarios et projections futures d'adéquation ressources / Besoins

Cette méthode implique de construire une image de base, décrivant la situation actuelle de l'adéquation ressources/demande et identifiant les principaux facteurs d'évolution endogènes et exogènes. Sur cette base d'analyse, plusieurs types de scénarios peuvent être envisagés qui combinent différentes hypothèses d'évolution et leurs conséquences sur la gestion de l'eau.

Nous allons bâtir une feuille de calcul (annexe), dans laquelle de nombreux paramètres sont réglables

Le rapport au Plan Bleu (Treyer, 2002a) présente ainsi la construction de cette conjecture :

« L'hypothèse de raisonnement présentée ici est différente des projections habituelles qui prolongent toutes les courbes de demande et en déduisent la demande totale, qu'il faut ensuite comparer à la ressource disponible : ici, on suppose que les évolutions de la demande AEP et pour l'industrie non raccordée sont de l'ordre de l'inévitable, et qu'elles seront plus ou moins stabilisées à un horizon de 30 ans, mais qu'on pourra jouer sur le demande agricole pour rester dans les limites de la ressource disponible.

Le raisonnement suivi est donc :

- 1) on décompose la demande AEP et de l'industrie non raccordée en un certain nombre de facteurs dont on peut projeter l'évolution future (en fonction de certains paramètres ajustables, dont les paramètres démographiques) ;
- 2) on déduit des décompositions précédentes les valeurs futures des deux demandes : AEP et industrie
- 3) on vérifie la cohérence entre ces deux projections, notamment sur le point des hypothèses de croissance économique qui sous-tendent chacune d'elles
- 4) on déduit de la ressource maximale disponible les deux demandes AEP et industrielle ; le flux d'eau annuel restant est donc ce qui est disponible pour l'usage en irrigation
- 5) à partir d'hypothèses d'évolution des facteurs techniques agricoles (efficacité, rendement de transport, besoins agronomiques à l'hectare), on déduit du flux d'eau disponible pour

l'irrigation la surface irrigable maximum jusqu'au long terme (en fonction du facteur limitant eau) ; il reste bien sûr à connaître la surface irrigable en termes de dynamique d'équipement et en fonction du facteur limitant sol ; cependant, En résumé, en fonction de quelques hypothèses ajustables (les paramètres ajustables), on construit des scénarios d'évolution possibles de la demande en eau qui reposent sur l'ajustement de la demande agricole aux évolutions imposées par l'AEP et la demande industrielle. »

VI .7.1. Les scénarios envisagés (Fig.39)

Nous illustrons ainsi la combinatoire entre différentes hypothèses : trois hypothèses sur la consommation d'eau potable, combinées à deux hypothèses de réduction des pertes sur les réseaux d'eau urbains conduisent à six scénarios possibles pour le secteur eau potable, par exemple. Nous illustrons aussi les tests de cohérence nécessaires entre hypothèses faites de manière indépendante, puisque ces hypothèses peuvent toutes être influencées par la même variable : à titre d'exemple, nous avons fait l'hypothèse de trois types de croissance économique (faible, moyenne, forte) qui influencent à la fois les scénarios d'eau potable (au travers du niveau de vie dont dépend la croissance de la demande unitaire en eau) et les scénarios concernant l'eau pour l'industrie.

Ainsi, la variable croissance économique détermine trois classes parmi les scénarios pour l'eau potable, chacune liée à un scénario concernant l'eau pour l'industrie. Le foisonnement de la combinatoire est ainsi encadré par ce type de tests de cohérence : la combinaison des six scénarios d'eau potable et des trois scénarios pour l'industrie n'aboutit donc pas à la génération de 18 scénarios distincts, mais à seulement 6 scénarios.

➤ Pour l'alimentation en eau potable, Le raisonnement est le suivant. A partir d'une hypothèse unique de transition démographique, de la généralisation rapide de la desserte en eau potable, de deux scénarios de réduction des pertes d'eau sur les réseaux, et de trois hypothèses de croissance de la demande unitaire (pour atteindre une consommation unitaire du type nord américain à 500 l/j/hab, européen à 250 l/j/hab., ou alternatif sur le modèle danois à 130 l/j/hab.), on obtient 6 scénarios pour l'eau potable.

La démographie (Tableau 34)

La démographie le facteur déterminant pour la demande en eau future. Pour projeter la demande en eau potable dans les années à venir, il faut faire une estimation de la population future .la croissance exponentielle de la population est calculé en fonction d'un taux de croissance résultant

de la différence entre « taux de natalité Surplus migratoire » et taux de mortalité. Le taux de croissance est de 1.8 % (d'après la (D.S.P)).

-Les mouvements migratoires sont faibles au regard de l'évolution démographique naturelle.

<i>Commune</i>	Nombre d'habitants		
	(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)
Khenchela	131483	134539	138936
Kais	34799	35608	36772
Remila	6756	6913	7139
Tamza	9535	9757	10076
El Hamma	12456	12745	13162
Ensigna	9082	9293	9597
Baghai	7159	7326	7565
M'toussa	6334	6481	6693
Ain Touila	16705	17093	17652
O.E.Bouaghi	69317	70928	73246
Oued Nini	5470	5597	5780
El Djazia	2690	2753	2843
F'kirina	13173	13480	13920
Zorg	2039	2086	2155
Ain Beida	115538	118223	122087
Berriche	6273	6419	6629
Ain Zitoun	7325	7496	7741
total	456135	466735	481991

Tableau 34 : Evolution de la population au niveau du bassin versant de Gareat El Tarf

- Pour les industries non raccordées à un réseau municipal, vu la capacité industrielle très modeste du BV on ne peut pas mettre une hypothèse de diminution de la demande en eau de ce secteur. L'hypothèse la plus logique est celle d'augmentation des consommations d'eau par rapport aux trois scénarios de croissance économique (faible, moyen, fort). On prend un taux purement théorique de (1%/an, 3%/an et 5%/an), sur toute la période considérée.
- Pour l'eau destinée à l'irrigation le calcul fait deux hypothèses alternatives sur l'efficacité de l'usage agricole (on rappelle que l'efficacité de l'irrigation est calculée comme le ratio entre les besoins en eau agronomiques des cultures et les prélèvements d'eau pour l'irrigation par hectare irrigué et récolté) :
 - Une hypothèse d'efficacité basse qualifiée de tendancielle constitue un premier scénario pour lequel l'efficacité est inchangée de 2007 à 2030 (60%).
 - Une hypothèse de haute efficacité consiste à relever en 2030 l'efficacité à 70%. Pour que cette hypothèse d'accroissement de l'efficacité soit vérifiée, il faudrait que des changements fondamentaux surviennent dans les infrastructures de l'irrigation et dans leurs institutions de gestion, ce qui serait très coûteux et très difficile à mettre en œuvre.

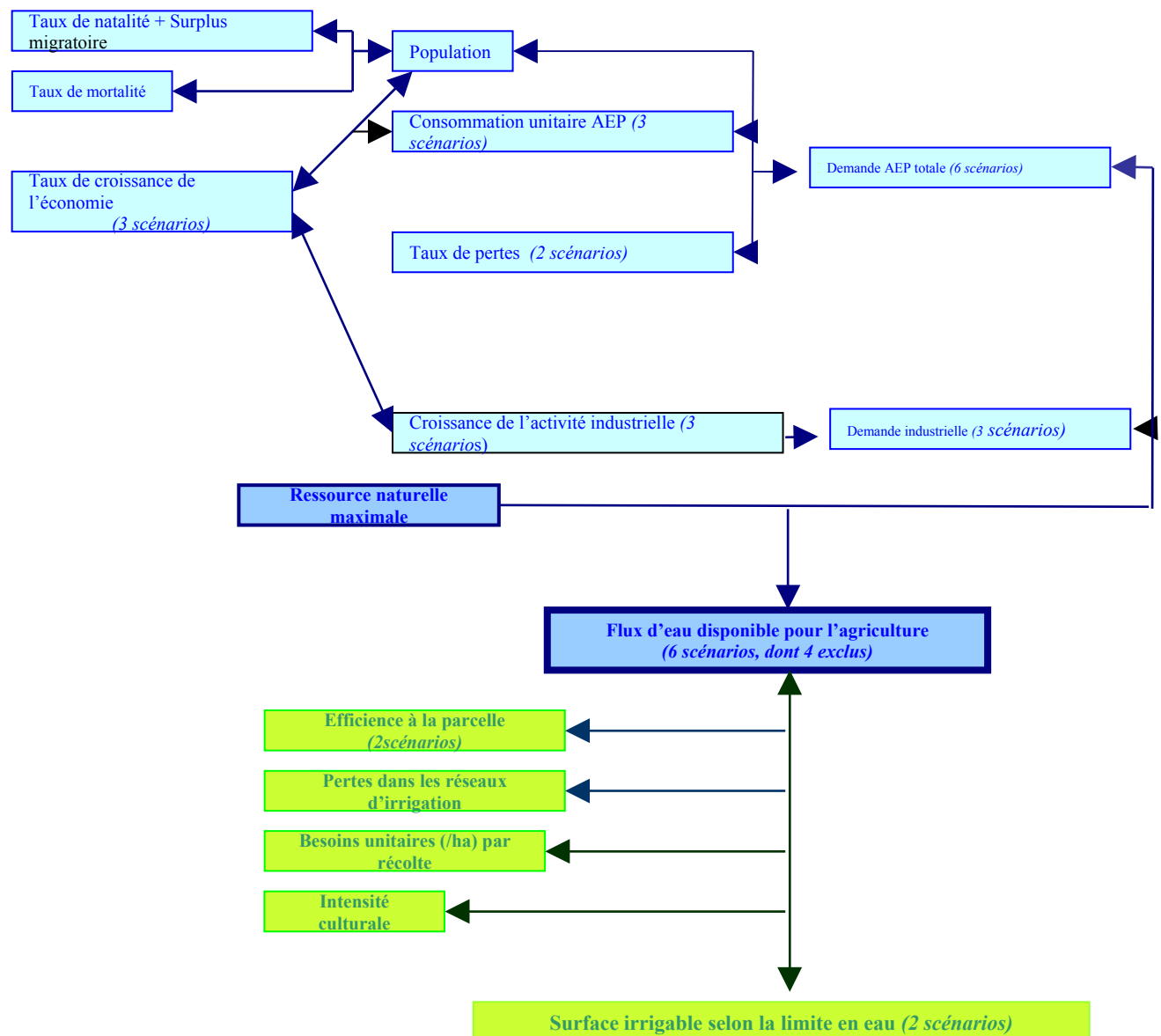


Fig.40 : Plan de calcul : génération de scénarios exploratoires**VI .7.2. Conséquences des scénarios proposés sur la gestion des ressources en eau**

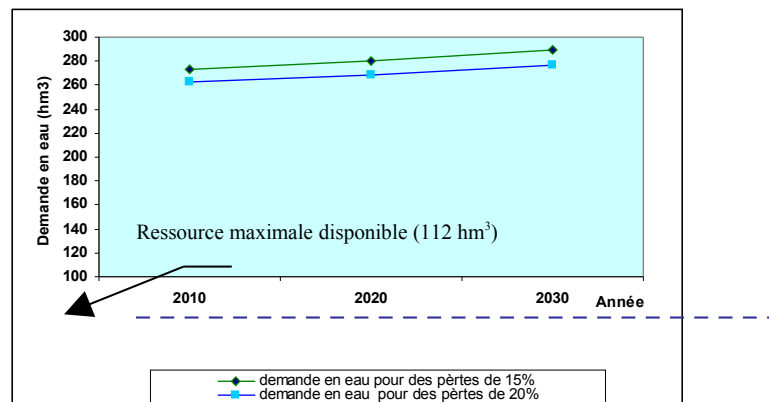
On obtient ainsi 6 scénarios décrivant les demandes en eau futures en eau potable. Sur ces six scénarios, quatre sont impossibles (Fig.40 A et B) parce que la somme des demandes AEP seule sans compté la demande en eau industrielle dépasse très largement la ressource maximale disponible. Ces scénarios ne nous intéressent donc pas.

On rejette ainsi la possibilité que le modèle de consommation d'eau potable en 2030 soit sur le type Nord américain ou européen.

A ce stade, on peut comparer le flux d'eau annuel disponible en 2030 pour l'usage agricole à partir des ressources naturelles renouvelables et la demande en eau d'irrigation.

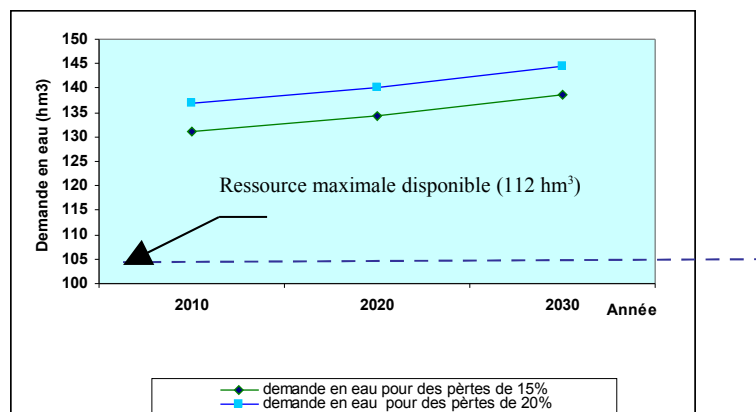
Dans le scénario de type alternatif (israélien ou danois, consommation unitaire AEP stabilisée à environ 130 l / j / hab, taux de pertes entre (15 et 20 %), et une croissance de la demande en eau pour l'industrie de 2 %/an qui représente le cas le plus favorable, le flux restant disponible est de l'ordre de 57 à 54 hm³ / an.

Une part de ce volume ne sera disponible qu'en 2015 il s'agit de 8.4 hm³ provenant de la station d'épuration de Khenchela (Tableau 33) et qui sera doublé à 16.8 hm³ en 2030.



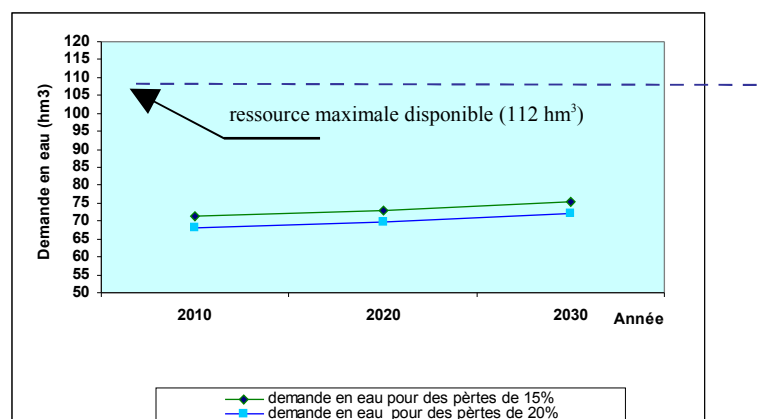
A.

Consommation unitaire de 500 l / j / hab



B.

Consommation unitaire de 250 l / j / hab



C.

Consommation unitaire de 130 l / j / hab

Fig.41 : croissance de la demande en AEP au niveau du bassin de Gareat El Tarf d'après les différents scénarios envisagés

Le reste du raisonnement consiste à traduire cet ordre de grandeur du flux d'eau disponible pour l'irrigation en termes de surface irrigable et de production irriguée, en fonction de paramètres techniques de l'agriculture, et en particulier en fonction d'hypothèses réalistes d'économies d'eau.

1) Pour un taux de perte au réseau d'AEP 20% et une efficacité d'irrigation de 60 % aboutis en 2010 à la réduction de 13 % de la superficie irriguée mais le transfert de Bèni Haroun en plus des eaux épurées au niveau de la station de Khenchela permettent une augmentation de 14.3 % des superficies irriguées en 2030.

2) Pour un taux de perte au réseau d'AEP 15% et une efficacité d'irrigation de 70 % aboutis à l'augmentation 41% de la superficie irriguée en 2030.

On conclut que pour subvenir à la demande en eau pour l'irrigation dans les années qui viennent, il faut absolument se diriger vers les ressources en eau non conventionnelles (valorisation des eaux usées)) puisque avec tous les efforts de maintenance des réseaux de distribution d'eau potable et l'amélioration d'efficacité pour l'irrigation. Le potentiel des eaux souterraines et superficielles disponibles d'ici 2030 sera insuffisant pour soutenir le développement de ce secteur vital.

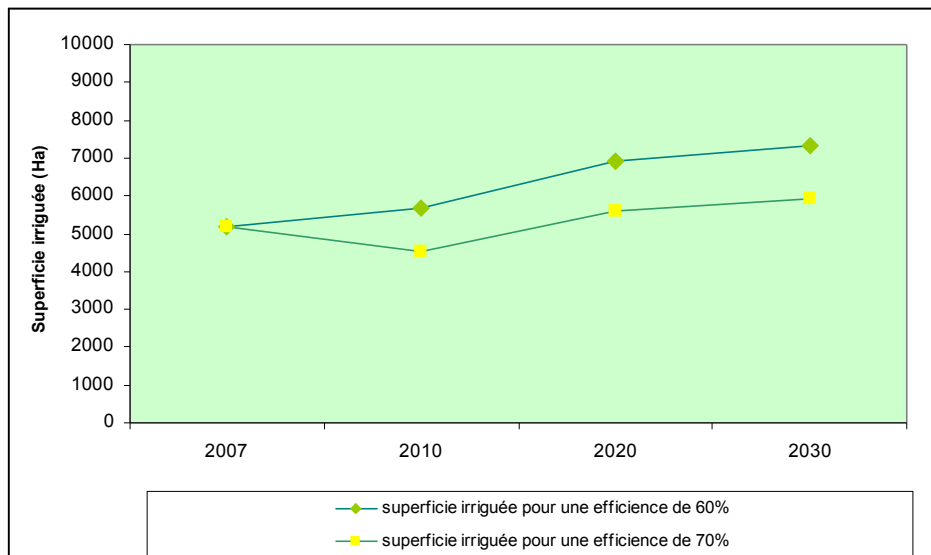


Fig. 42 : Superficie irriguée selon les scénarios issus du modèle alternatif de croissance de la demande AEP



Fig.43 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau : courbe de consommation d'eau induite par la croissance démographique (traduction française de l'auteur, d'après Turton 1999)



Fig.44 : Représentation schématique de l'inflexion de la courbe de demande en eau par rapport à la croissance démographique et phasage des différentes politiques de l'eau (traduction française de l'auteur, d'après Turton 1999)

VI .7.3. Résultats obtenus

De l'analyse des différents scénarios proposés il en ressort que : les efforts considérables de mobilisation des ressources en eau atteignant à plus ou moins long terme leurs limites tant physiques qu'économiques. Les efforts à mener au cours des prochaines décennies doivent se focaliser sur une gestion de la demande (Fig.42).

VI .8. Gestion de la demande

VI .8.1. Définition de la gestion de la demande (GDE)

Si la demande en eau consiste en la somme des utilisations et des pertes, la GDE consiste en l'ensemble des interventions et systèmes d'organisation que les sociétés et leurs gouvernements peuvent mettre en oeuvre pour accroître les efficacités techniques, sociales, économiques, institutionnelles et environnementales dans la gestion de l'eau.

Complémentaire aux politiques de l'offre (barrages, pompes, transferts à longue distance, adductions et dessalement), la GDE vise par conséquent à réduire les pertes physiques et économiques, et à mieux satisfaire, ce à moindre coût externe, les demandes sociales, économiques et environnementales (en quantité et en qualité) des générations actuelles et futures.

VI .8.2. Buts de la GDE

Les politiques de la GDE visent donc :

- à intensifier les utilisations de l'eau donc se servir plus et mieux de l'eau pour en prendre moins.
- à optimiser les usages de l'eau, à apporter plus de produits ou de services, plus de valeur et finalement plus de développement durable pour chaque m³ d'eau reçue (pluies), prélevée (pompage, barrage) ou produite à partir des eaux salées ou saumâtres (dessalement).
- le but global de la GDE c'est bien de tenter de déconnecter durablement la courbe de croissance de la demande en eau de la courbe de croissance démographique et de la courbe de croissance économique (Fig.43).

VI .8.3. Des mesures à prendre pour une gestion de la demande

Les principales mesures de gestion de la demande en eau cherchant à augmenter l'efficacité de production, l'efficacité de l'usage final sont :

Augmentation de l'efficacité de l'usage agricole de l'eau (diminution des pertes de réseau ou au champ, baisse de la consommation par les plantes -par sélection génétique par exemple) ;

Diminution des pertes au niveau du réseau d'AEP ;

Le développement de ressources non conventionnelles est parfois inclus dans cette panoplie, alors qu'il ressort bien d'une politique de développement de l'offre en eau. En revanche, l'option de traitement et réutilisation des eaux usées traitées peut être classée parmi les mesures de gestion de la demande, puisqu'il s'agit globalement d'augmenter l'efficacité d'usage de l'eau qui a été prélevée dans la ressource naturelle, même si cela ne se traduit pas exactement par un effort d'économie d'eau (Sébastien treyeur.2008) ;

gestion de la demande par une tarification au coût réel et qui spécifie les usages

Information, sensibilisation, formation des usagers aux économies d'eau.

VI .8.3.1. Augmentation de l'efficacité de l'usage agricole de l'eau

La mise en place de mesures d'incitation et d'augmentation du prix de l'eau d'irrigation sera vraisemblablement une incitation majeure –encouragera les agriculteurs à adopter les technologies d'irrigation permettant une économie maximale de l'eau .La principale technologie susceptible d'être utilisées au niveau du bassin de Gareat El Tarf c'est l'irrigation goutte-à-goutte et c'est effectivement la méthode qui sera appliquée pour le périmètre irrigué de Remila.

L'irrigation goutte- à -goutte est un système d'irrigation localisé grâce auquel l'efficacité de l'eau est portée au maximum puisqu'elle n'est appliquée qu'aux endroits où elle est nécessaire et n'est donc que très peu gaspillée .Elle utilise un système sous pression pour forcer l'eau dans des tuyaux perforés posés au dessus du sol à un débit variant de 1 à 10 litres par heure et par gouteur. Cette méthode nécessite à la fois un investissement de départ et un entretien sérieux.

Six facteurs décisifs pour améliorer l'efficacité de l'irrigation (ONU.Rome, 2002)

- 1) réduire les pertes par infiltration dans les canaux en les protégeant avec des revêtements ;
- 2) réduire l'évaporation en évitant d'irriguer en milieu de journée et en choisissant l'aspersion sous le feuillage plutôt que sur frondaison ;
- 3) éviter de trop irriguer ;
- 4) lutter contre les mauvaises herbes entre les lignes ;
- 5) planter et récolter au meilleur moment ;
- 6) irriguer fréquemment en appliquant la quantité d'eau exacte.

VI .8.3.2. Diminution des pertes au niveau du réseau d'AEP

L'étude montre l'importance de la réhabilitation physique de l'infrastructure qui permet la récupération de quantité d'eau importante .Ces actions prioritaires d'alimentation des rendements

des réseaux, conditionnent les réformes institutionnelles de secteur également soutenue par le gouvernement (Tarification permettant la couverture des charges d'exploitation et de maintenance) Les pertes se développent comme suit (d'après l'PNE) :

- 75% des pertes sont dues à des branchements,
- Les taux de pertes de branchement augmente de 5.69 m³/an/branchement ;
- Les taux de pertes pour les canalisations augmentes de 0.12 m³/an/m.

VI .8.3.3. Utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation

La mise en place d'une politique d'utilisation des eaux usées traitées à l'irrigation, suivant le contexte climatique et géographique du BV Gareat El Tarf correspond à une ressource en eau complémentaire actuellement et nécessaire dans les années à venir.

Les difficultés qui suivent cette politique doivent prendre en considération :

- Le risque sanitaire global microbiologique ou chimique ;
- La difficulté de contrôler le type de culture au niveau de chaque parcelle
- La protection des ressources en eaux souterraines et superficielle

Recommandation pour l'optimisation de la valorisation des eaux usée traitées sont :

- La surveillance du réseau et de la qualité des effluents bruts
- Prise en compte du risque sanitaire microbiologique et chimique
- Surveillance rigoureuse de tout le système de traitement.

Le tableau si dessous représente les agglomération qui représentent des lieux possible pour l'implantation de stations d'épurations vue leur rejets considérable et l'abondance des terres agricoles à irriguées.

Agglomération	Population	Taux de raccordement	Débit de rejet estimé (m ³ /j)	Lieu de rejet
Ain El Beida	120000	92	10540	Oued selef Beida
O.E.Bouaghi	3420	95	5794.4	Oued Faid Souar
Kais	32452	92	2850	Oued Gueiss

Tableau 35 : Inventaire des principales agglomérations susceptible d'être des lieux favorables de l'installation des stations d'épurations

VI .8.3.4. Tarification de l'eau

L'eau est un bien économique: On doit donc au moins s'attacher à déterminer le coût réel de l'eau distribuée. Le prix auquel on la fait ensuite payer à l' usager relève d' un autre niveau de décision politique, lié à des contraintes économiques et sociales.

Le système de tarifaire actuel en Algérie repose sur les principes de :

- sélectivité selon les usages (ménages, industries, services) ;
- progressivité par tranches de consommation pour la catégorie des ménages (tranche sociale de 25m³/trim) ;
- régionalisation selon 10 zones tarifaires (3.60 à 4.50 DA/m³).

Ces chiffres en plus qu'ils sont loin du prix réelle de l'eau, ils sont purement théorique le système de tarification dans les deux wilaya de Khenchela et Oum El Bouaghi est forfaitaire .Toutes les factures d'eau sont comprises entre 300 et 400 DA/trim, quelque soit le volume utilisé.

Ce système n'encourage pas les utilisateurs à diminuer le gaspillage de l'eau. Bien au contraire il enfonce dans les esprit des consommateurs la notion « d'eau don de Dieu ».

Quoi que ce système et voulu par la volonté politique Algérienne pour rendre l'eau accessible à tout les citoyens mais à long terme ça pourrai être le point faible de la politique en eau en Algérie.

Des systèmes progressifs de tarification peuvent permettre de réaliser des économies en eau considérable.

VI .8.3.5. Information, sensibilisation, formation des usagers aux économies d'eau

La communication (information, sensibilisation, formation) semble donc devoir faire partie intégrante de la Gestion de l'Eau (GDE) .Dans cet esprit il apparaît nécessaire de distinguer plusieurs formes de communication. En fait, le terme communication regroupe plusieurs étapes (information, sensibilisation, formation) censées aboutir à la participation. Encore faut-il définir à qui on s'adresse : la stratégie comme les outils ne sont pas les mêmes selon qu'il s'agit d'usagers professionnels ou domestiques, de familles, individuels ou collectifs, urbains ou ruraux, ... Les principes suivant sont en fait génériques selon les principes du développement durable.

a. La première étape consiste à informer le public

En effet, qui lutterait contre un problème dont il n'a même pas la connaissance ?

Cette première étape vise simplement à exposer des faits objectifs.

"C'est une communication non interactive de faits, de données...une information n'atteint que peu de monde ("taux d'écoute", niveau culturel...) et son interprétation varie d'un individu à l'autre."

b. La seconde étape vers la participation est la sensibilisation

Contrairement à l'information, elle possède une dimension affective ; elle va plus loin, en ce sens qu'elle cherche à ce que le public se sente concerner par le problème et non pas seulement à ce qu'il en soit avisé. "L'action "sensibiliser" suppose un échange interactif minimum (conférence, conseil, ...) ou un échange interactif conséquent associé à un travail personnel (école, séminaire). Une analyse guidée par une personne, chargée de cette mission, qui donne son point de vue et provoque des réactions.

c. Une fois le public informé et sensibilisé, il peut être formé

"Une formation correspond à l'acquisition des "savoir-faire" Cela signifie que l'on enseigne au public la manière de régler le problème, cela consiste à expliquer à l'utilisateur comment il peut réduire sa consommation d'eau ou que l'on forme des formateurs. il s'agit d'un croît de responsabilité.

VI .9. Conclusion

La stratégie mise en place actuellement pour la gestion des ressources en eau au niveau du bassin versant de Gareat El Tarf n'est pas efficace pour couvrir les besoins actuels en eau du secteur AEPI.

Le scénario le plus adéquat Pour assurer l'équilibre entre la demande en eau et la ressource disponible a long terme et celui où la gestion de l'offre soutenu par le transfère de Béni Haroun à partir de 2010 avec 27 hm³ pour l'AEP de Khenchela et Kais et 0.5 hm³

pour l'irrigation de la plaine de Remila et La station d'épuration de Khenchela qui assurera 8.4 hm³ en 2015 et le double de ce volume en 2030 , combiné a la gestion de la demande avec la diminution des perte au réseau d'AEP à 15% et l'augmentation de l'efficiencie de l'irrigation à 70%.

Pour le développement de la PMH il faut procéder à la réutilisation des eaux usées et l'adoption des systèmes d'irrigation économiseurs d'eau comme le goutte-à-goutte.

Conclusion générale

Le présent travail mené sur le bassin de Gareat El Tarf constitue une première contribution globale vers une gestion durable des ressources en eau

Nous avons aboutis aux constatations suivantes :

La géologie du bassin est caractérisée par trois ensembles

Un ensemble inférieur appartenant au Crétacé matérialisé par des calcaires fissurés et karstifiés du Mæstrichtiens, dont l'épaisseur dépasse les centaines de mètres.

Un ensemble marneux, donnant une assise imperméable d'âge allant du Miocène inférieur au Montien.

Un ensemble supérieur d'une sédimentation hétérogène, notamment alluvionnaire, constituant le Mio-Quaternaire, avec une épaisseur qui dépasse les 300 m.

L'hydroclimatologie montre que le bassin est soumis à un climat semi-aride. La répartition des précipitations mensuelles montre deux saisons bien distinctes. Une saison sèche, qui s'étale sur six mois, de mai à octobre pour la station d'Oum El Bouaghi, et sur cinq mois de mai à septembre pour la station de Khenchela.

L'évapotranspiration atteint son maximum au mois de juillet ce qui produit un déficit agricole et nécessite une irrigation pour les zones de culture. La recharge de la nappe se fait à partir du mois de novembre jusqu'au mois de mai. Au mois de novembre la RFU commence à augmenter et atteint son maximum avec 50 mm à partir du mois de décembre jusqu'à avril pour la station de Khenchela et jusqu'au mois mars pour celle d'Oum El Bouaghi. Après le stock commence à s'épuiser.

Le diagnostic des ressources en eaux souterraines

Un aquifère superficielle de remplissage Mio- Quaternaire (alluviale et gréseux) dont les caractéristiques hydrodynamiques varient d'un point à un autre.

Un aquifère profonde associé aux calcaires du Maestrichtien supérieur.

Les ressources souterraines potentielle sont estimées à 98 hm³ /an.

Les ressources en eau superficielles au niveau du bassin de Gareat El Tarf sont rares toutes les eaux superficielles se jettent dans la Sebkha. L'envasement a endommagé l'unique barrage de la région et la majorité des retenus collinaires.

La qualité des eaux souterraines du bassin de Gareat El Tarf, est influencée par la nature du sol, le climat et l'activité humaine.

Les eaux souterraines du BV sont généralement très dure mais restent en majorité acceptables pour l'irrigation. La composition physico-chimique des eaux de l'oued Baghai, traduit une pollution excessive.

La stratégie mise en place actuellement pour la gestion des ressources en eau n'est pas efficace pour couvrir les besoins actuels en eau du secteur AEPI.

Le transfère de Beni Haroun en plus de la station d'épuration de Khenchela ne suffirent pas pour assuré une gestion durable des ressources en eau il faut passé à la gestion de la demande.

La sensibilisation à la valeur de la ressource " eau " et à la nécessité des économies d'eau ainsi que l'éducation-formation sont également des mesures d'accompagnement particulièrement importantes qui peuvent agir sur les comportements individuels vis à vis de la ressource.

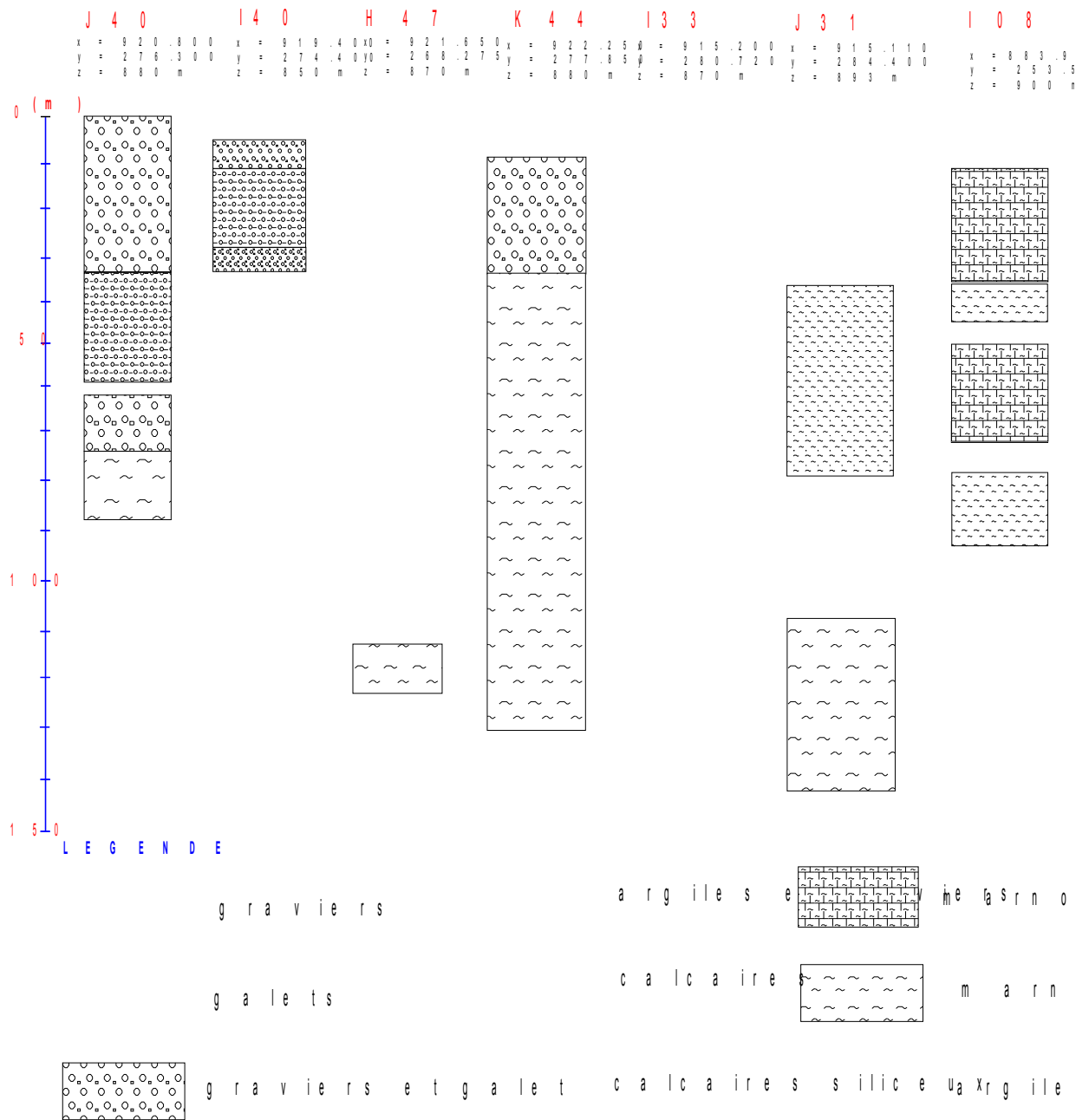
Bibliographie

- Agence nationale des ressources hydraulique. (2007). Étude de modélisation de la plaine de Remila.
- Agence nationale pour la protection de l'Environnement. 1992. Monographie de la wilaya de Khenchela .
- DUROZOY Guy. 1960. Les ressources en eau des masses calcaires crétacées de la région de Constantine. Etude Hydrogéologique Appliquée.
- BERTHOLD Raphaël 2003. méthodologie pour la gestion durable des têtes de bassins versants. Univ. de Franche-Comté, Besançon.
- BRYA Christian, Paul Hoflackb. Courrier de l'environnement de l'INRA n°52, septembre 2004. une illustration des problèmes posés par la gestion quantitative de l'eau. Le bassin versant de la Charente
- DEBIECHE T.H. (2002). Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat de l'université de Franche-Comte
- EL ACHHEB1, J. Mania2 et J. Mudry. 2001. Processus de salinisation des eaux souterraines dans le bassin Sahel-Doukkala (Maroc occidental). First International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers— Monitoring, Modeling, and Management. Essaouira, Morocco.
- HOUHA (Belgacem), 2007, étude du fonctionnement hydrochimique et salin d'un bassin semi-aride (Remila –Khenchela), université d'Annaba,

- KADI April 1997. La gestion de l'eau en Algérie. Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques.
- KHENTOUCHE Adel .2004.2005.Contribution à l'étude quantitative et qualitative de l'érosion du bassin versant de Oued Nafla (W. Batna).
- Ministère de l'agriculture et du développement rural direction générale des forets .Octobre 2005.Gestion de la demande en eau en méditerranée réflexion sur la dimension communication. Fiche descriptive sur les zones humides RAMSAR (fdr). Patrice BURGER. Colloque international de Cogolin – 19/20/21 juin 2003
- PLANTIER. Marc 2003. Prise en compte de caractéristiques physiques du bassin versant pour la comparaison des approches globales et semi- distribue en modélisation pluie-débit. Université Louis Pasteur.Strasbourg.
- SAIDI Mohamed El Mehdi, M'Bark AGOUSSINE & Lahcen DAOUDI. 2006. Effet de la morphologie et de l'exposition sur les ressources en eau superficielle de part et d'autre du Haut Atlas (Maroc) ; exemple des bassins versants de l'Ourika et du Marghène. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Géosciences et Environnement.
- TREYER (Sébastien).2009. A quelle raréfaction de l'eau faut – il se préparer ? Construire une intervention prospective au service de la planification pour les ressources en eau en Tunisie. Centre International de Recherche sur l'Environnement et le développement UMR CNRS – EHESS – ENGREF – ENPC
- WARIN (Frédéric) 1993-1994 Etude statistique de la serie pluviométrique de padova (Italie). Université Pierre et Marie Curie, Ecole des Mines de Paris & Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts.

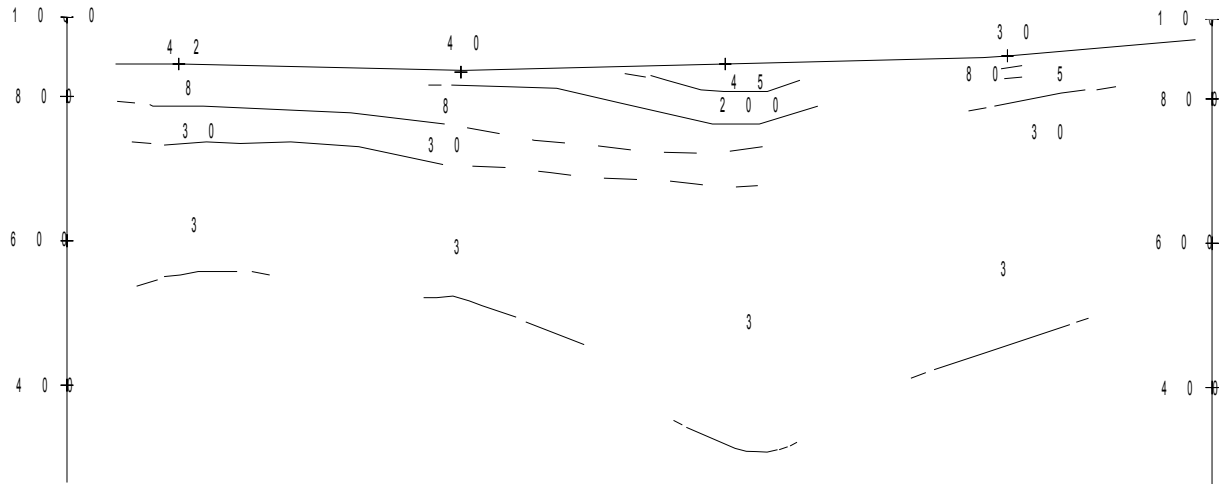
Annexe

Annexe 1

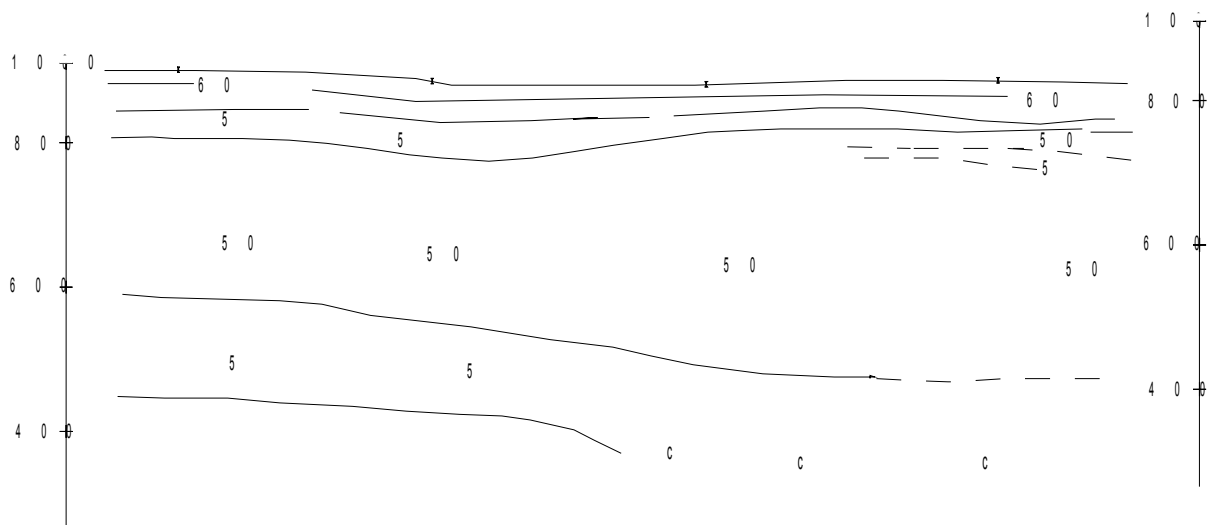


Log des forages

Annexe



c o u p e g é o é l é c t r i q u e K



c o u p e g é o é l é c t r i q u e H

E C H E L L E

H o r i z o n t a l e 1 /
v e r t i c a l e 1 / 1 0

Annexe

Année	sept	oct	nov	dec	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout
1969	0.116	1.160	0.313	0.155	0.729	0.115	0.006	0.797	0.562	0.311	0.071	0.017
1970	0.017	0.100	0.030	0.021	0.057	0.540	1.472	0.152	0.018	0.000	0.000	0.000
1971	0.465	0.344	0.057	0.066	0.135	0.486	3.237	3.724	1.076	0.270	0.056	0.024
1972	0.288	0.747	0.131	0.204	0.365	0.913	1.903	2.949	1.033	0.219	0.079	0.184
1973	0.031	0.010	0.001	0.710	0.726	0.326	0.699	0.532	0.118	0.029	0.025	0.000
1974	0.026	0.059	0.060	0.062	0.119	0.516	1.332	0.914	0.501	0.182	0.005	0.000
1975	0.042	0.018	0.070	0.056	0.102	0.340	1.200	1.284	0.832	0.555	0.411	0.062
1976	0.088	0.044	0.601	0.367	0.628	0.222	0.073	0.559	0.158	0.129	0.012	0.005
1977	0.000	0.000	0.042	0.048	0.029	0.095	0.039	0.034	0.000	0.000	0.000	0.527
1978	0.000	0.030	0.002	0.004	0.000	0.000	0.100	0.565	0.228	0.127	0.047	0.000
1979	0.323	0.004	0.003	0.011	0.010	0.079	0.808	0.186	0.106	0.040	0.000	0.000
1980	0.008	0.001	0.007	0.040	0.110	0.417	0.551	0.106	0.002	0.117	0.008	0.000
1981	0.371	0.021	0.002	0.003	0.030	0.192	0.328	0.987	1.224	0.011	0.000	0.000
1982	0.011	0.066	1.393	0.107	0.046	0.015	0.088	0.037	0.000	0.000	0.000	0.104
1983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.102	0.489	0.880	0.409	0.015	0.000	0.000	0.000
1984	0.000	0.037	0.067	0.092	0.493	1.195	1.228	0.555	0.612	0.076	0.081	0.001
1985	0.195	0.073	0.021	0.039	0.047	0.073	0.752	0.637	0.054	0.002	0.001	0.000
1986	0.204	0.004	0.226	0.102	0.095	0.341	0.442	0.107	0.000	0.136	0.127	0.013
1987	0.026	0.017	0.003	0.005	0.008	0.001	0.000	0.000	0.090	0.125	0.000	0.002
1988	0.116	0.000	0.105	0.033	0.056	0.162	0.166	0.003	0.000	0.311	0.013	0.012
1989	0.124	0.022	0.002	0.040	0.922	0.786	0.772	0.771	0.825	0.087	0.017	0.271
1990	0.016	0.012	0.274	0.173	0.216	0.447	2.025	0.998	0.641	0.174	0.042	0.037
1991	0.093	0.146	0.078	0.158	0.131	0.236	2.532	0.550	0.806	0.115	0.012	0.002
1992	0.003	0.007	0.107	0.155	0.197	0.394	0.861	0.238	0.160	0.003	0.004	0.000
1993	0.001	0.000	0.004	0.034	0.101	0.128	0.191	0.010	0.000	0.000	0.064	0.001
1994	0.004	0.003	0.014	0.003	0.117	0.201	0.193	0.022	0.004	0.056	0.011	0.000
1995	0.003	0.046	0.017	0.020	0.260	0.503	1.934	0.640	0.309	0.100	0.003	0.001
1996	0.001	0.000	0.000	0.004	0.024	0.008	0.002	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000
1997	0.048	0.023	0.780	0.614	0.187	0.062	0.841	0.286	0.160	0.002	0.000	0.014
1998	0.050	0.011	0.000	0.040	0.179	0.235	0.481	0.263	0.000	0.000	0.047	0.012
1999	0.014	0.306	0.130	0.022	0.160	0.157	0.089	0.045	0.234	0.449	0.038	0.000
2000	0.272	0.103	0.011	0.022	0.017	0.013	0.001	0.220	0.162	0.000	0.000	0.000
2001	0.064	0.039	0.020	0.005	0.003	0.013	0.841	0.763	0.337	0.112	0.047	0.051
2002	0.000	0.087	0.151	0.108	0.172	0.347	0.841	1.389	0.337	0.112	0.047	0.051
2003	0.116	0.087	0.151	0.108	0.172	0.347	0.841	0.251	0.512	0.432	0.054	0.029
2004	0.038	0.012	0.852	0.920	0.699	0.788	1.833	0.594	0.146	0.092	0.031	0.018
2005	0.465	1.160	1.393	0.920	0.922	1.195	3.237	3.724	1.224	0.555	0.411	0.527

Débit moyen mensuel d'oued Gueiss

Annexe 3

Commune	Nombre d’habitants	Nombre d’habitants	Nombre d’habitants	Dotation	Besoins en eau (m3/an)			perte (%)	Demande en eau (m3/an)			perte (%)	Demande en eau (m3/an)		
	(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)	500 l / j / ha b	(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)		2010	2020	2030		(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)
Khenchela	131483.0759	134538.6789	138936.1896	500	65741537.95	67269339.5	69468094.8	15	75602768.64	77359740.4	79888309	20	78889845.5	80723207.4	83361713.8
Kais	34799.01289	35607.7251	36771.59375	500	17399506.44	17803862.6	18385796.9	15	20009432.41	20474441.9	21143666.4	20	20879407.7	21364635.1	22062956.3
Remila	6756.405569	6913.421164	7139.39219	500	3378202.785	3456710.58	3569696.1	15	3884933.202	3975217.17	4105150.51	20	4053843.34	4148052.7	4283635.31
Tamza	9535.493404	9757.093655	10076.01252	500	4767746.702	4878546.83	5038006.26	15	5482908.707	5610328.85	5793707.2	20	5721296.04	5854256.19	6045607.51
El Hamma	12455.54946	12745.0104	13161.59186	500	6227774.731	6372505.2	6580795.93	15	7161940.941	7328380.98	7567915.32	20	7473329.68	7647006.24	7896955.12
Ensigna	9082.381257	9293.451401	9597.215731	500	4541190.629	4646725.7	4798607.87	15	5222369.223	5343734.56	5518399.05	20	5449428.75	5576070.84	5758329.44
Baghai	7159.171922	7325.547612	7564.98934	500	3579585.961	3662773.81	3782494.67	15	4116523.855	4212189.88	4349868.87	20	4295503.15	4395328.57	4538993.6
M’toussa	6333.500899	6480.688394	6692.515183	500	3166750.449	3240344.2	3346257.59	15	3641763.017	3726395.83	3848196.23	20	3800100.54	3888413.04	4015509.11
Ain Touila	16704.73449	17092.94443	17651.64179	500	8352367.243	8546472.21	8825820.9	15	9605222.329	9828443.05	10149694	20	10022840.7	10255766.7	10590985.1
O.E.Bouaghi	69317.09624	70927.99201	73246.3335	500	34658548.12	35463996	36623166.7	15	39857330.34	40783595.4	42116641.8	20	41590257.7	42556795.2	43947800.1
Oued Nini	5469.567072	5596.677163	5779.609296	500	2734783.536	2798338.58	2889804.65	15	3145001.066	3218089.37	3323275.35	20	3281740.24	3358006.3	3467765.58
El Djazia	2690.479237	2753.004672	2842.988962	500	1345239.619	1376502.34	1421494.48	15	1547025.561	1582977.69	1634718.65	20	1614287.54	1651802.8	1705793.38
F’kirina	13173.48049	13479.6258	13920.21878	500	6586740.243	6739812.9	6960109.39	15	7574751.28	7750784.83	8004125.8	20	7904088.29	8087775.48	8352131.27
Zorg	2039.004661	2086.390143	2154.585572	500	1019502.331	1043195.07	1077292.79	15	1172427.68	1199674.33	1238886.7	20	1223402.8	1251834.09	1292751.34
Ain Beida	115537.556	118222.5929	122086.7984	500	57768777.99	59111296.4	61043399.2	15	66434094.69	67977990.9	70199909.1	20	69322533.6	70933555.7	73252079.1
Berriche	6273.085946	6418.869427	6628.67561	500	3136542.973	3209434.71	3314337.81	15	3607024.419	3690849.92	3811488.48	20	3763851.57	3851321.66	3977205.37
Ain Zitoun	7325.313043	7495.549772	7740.548164	500	3662656.521	3747774.89	3870274.08	15	4212055	4309941.12	4450815.19	20	4395187.83	4497329.86	4644328.9
total	456134.9085	466735.2629	481990.9003		228067454.2	233367631.5	240995450.1		262277572.4	268372776.2	277144767.7		273680945.1	280041157.8	289194540.2

Scénarios 1 et 2

Scénarios 3 et 4

Commune	Nombre d'habitants			Dotation	Besoins en eau (m³/an)			perte (%)	Demande en eau (m³/an)		
	(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)		(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)		(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)
Khenchela	131483.0759	134538.6789	138936.1896	250 l / j / hab	32870768.97	33634669.7	34734047.4	15	37801384.32	38679870.2	39944154.5
Kais	34799.01289	35607.7251	36771.59375	250	8699753.222	8901931.28	9192898.44	15	10004716.21	10237221	10571833.2
Remila	6756.405569	6913.421164	7139.39219	250	1689101.392	1728355.29	1784848.05	15	1942466.601	1987608.58	2052575.25
Tamza	9535.493404	9757.093655	10076.01252	250	2383873.351	2439273.41	2519003.13	15	2741454.354	2805164.43	2896853.6
El Hamma	12455.54946	12745.0104	13161.59186	250	3113887.366	3186252.6	3290397.97	15	3580970.47	3664190.49	3783957.66
Ensigha	9082.381257	9293.451401	9597.215731	250	2270595.314	2323362.85	2399303.93	15	2611184.611	2671867.28	2759199.52
Baghai	7159.171922	7325.547612	7564.98934	250	1789792.981	1831386.9	1891247.34	15	2058261.928	2106094.94	2174934.44
M'toussa	6333.500899	6480.688394	6692.515183	250	1583375.225	1620172.1	1673128.8	15	1820881.508	1863197.91	1924098.12
Ain Touila	16704.73449	17092.94443	17651.64179	250	4176183.621	4273236.11	4412910.45	15	4802611.164	4914221.52	5074847.02
O.E.Bouaghi	69317.09624	70927.99201	73246.3335	250	17329274.06	17731998	18311583.4	15	19928665.17	20391797.7	21058320.9
Oued Nini	5469.567072	5596.677163	5779.609296	250	1367391.768	1399169.29	1444902.32	15	1572500.533	1609044.68	1661637.67
El Djazia	2690.479237	2753.004672	2842.988962	250	672619.8093	688251.168	710747.24	15	773512.7807	791488.843	817359.326
F'kirina	13173.48049	13479.6258	13920.21878	250	3293370.122	3369906.45	3480054.7	15	3787375.64	3875392.42	4002062.9
Zorg	2039.004661	2086.390143	2154.585572	250	509751.1653	521597.536	538646.393	15	586213.8401	599837.166	619443.352
Ain Beida	115537.556	118222.5929	122086.7984	250	28884389	29555648.2	30521699.6	15	33217047.35	33988995.4	35099954.5
Berriche	6273.085946	6418.869427	6628.67561	250	1568271.486	1604717.36	1657168.9	15	1803512.209	1845424.96	1905744.24
Ain Zitoun	7325.313043	7495.549772	7740.548164	250	1831328.261	1873887.44	1935137.04	15	2106027.5	2154970.56	2225407.6
total	456134.9085	466735.2629	481990.9003		114033727.1	116683816	120497725		131138786.2	134186388	138572384

Commune	Nombre d'habitants			Dotation 130 l / j / ha b	Besoins en eau (m3/an)			perte (%)	Demande en eau (m3/an)			perte (%)	Demande en eau (m3/an)		
	(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)		(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)		(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)		(Estim.2010)	(Estim.2020)	(Estim.2030)
Khenchela	131483	134539	138936	130	17092799.87	17490028.3	18061704.6	15	19656719.85	20113532.5	20770960.3	20	20511359.8	20988033.9	21674045.6
Kais	34799	35608	36772	130	4523871.675	4629004.26	4780307.19	15	5202452.427	5323354.9	5497353.27	20	5428646.01	5554805.12	5736368.63
Remila	6756	6913	7139	130	878332.724	898744.751	928120.985	15	1010082.633	1033556.46	1067339.13	20	1053999.27	1078493.7	1113745.18
Tamza	9535	9757	10076	130	1239614.143	1268422.18	1309881.63	15	1425556.264	1458685.5	1506363.87	20	1487536.97	1522106.61	1571857.95
El Hamma	12456	12745	13162	130	1619221.43	1656851.35	1711006.94	15	1862104.645	1905379.06	1967657.98	20	1943065.72	1988221.62	2053208.33
Ensigna	9082	9293	9597	130	1180709.563	1208148.68	1247638.05	15	1357815.998	1389370.98	1434783.75	20	1416851.48	1449778.42	1497165.65
Baghai	7159	7326	7565	130	930692.3499	952321.19	983448.614	15	1070296.202	1095169.37	1130965.91	20	1116830.82	1142785.43	1180138.34
M'toussa	6334	6481	6693	130	823355.1168	842489.491	870026.974	15	946858.3844	968862.915	1000531.02	20	988026.14	1010987.39	1044032.37
Ain Touila	16705	17093	17652	130	2171615.483	2222082.78	2294713.43	15	2497357.806	2555395.19	2638920.45	20	2605938.58	2666499.33	2753656.12
O.E.Bouaghi	69317	70928	73246	130	9011222.512	9220638.96	9522023.35	15	10362905.89	10603734.8	10950326.9	20	10813467	11064766.8	11426428
Oued Nini	5470	5597	5780	130	711043.7194	727568.031	751349.208	15	817700.2773	836703.236	864051.59	20	853252.463	873081.637	901619.05
El Djazia	2690	2753	2843	130	349762.3008	357890.607	369588.565	15	402226.646	411574.199	425026.85	20	419714.761	429468.729	443506.278
F'kirina	13173	13480	13920	130	1712552.463	1752351.35	1809628.44	15	1969435.333	2015204.06	2081072.71	20	2055062.96	2102821.62	2171554.13
Zorg	2039	2086	2155	130	265070.606	271230.719	280096.124	15	304831.1969	311915.326	322110.543	20	318084.727	325476.862	336115.349
Ain Beida	115538	118223	122087	130	15019882.28	15368937.1	15871283.8	15	17272864.62	17674277.6	18251976.4	20	18023858.7	18442724.5	19045540.6
Berriche	6273	6419	6629	130	815501.173	834453.025	861727.829	15	937826.3489	959620.979	990987.004	20	978601.408	1001343.63	1034073.4
Ain Zitoun	7325	7496	7741	130	952290.6956	974421.47	1006271.26	15	1095134.3	1120584.69	1157211.95	20	1142748.83	1169305.76	1207525.51
total	456135	466735	481991		59297538.1	60675584.2	62658817		68192168.81	69776921.8	72057639.6		71157045.7	72810701	75190580.4

Scénarios 5 et 6

