

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE  
«ARBAOUI Abdellah »**

**DEPARTEMENT SPECIALITES**

# **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE.**

**Spécialité : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage**

**THEME :**

**Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée du  
Sebaou.**

**Présenté par :  
M<sup>r</sup> Bouadjel Chouaib**

**Promoteur :  
M. D. Djoudar**

**Devant le jury composé de :**

**Présidente :**

**Examineurs :**

**Septembre/2007**

# Remerciements

- *Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à ma promotrice **M<sup>me</sup> DJOUDAR** pour le soutien, l'aide et les conseils qu'elle m'a dispensé pour l'élaboration de ce mémoire.*
- *Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.*
- *Je voudrais aussi remercier l'ensemble des enseignants et la direction de l'école pour avoir veillé à notre formation.*
- *Je remercie Mr **BOUADJLA**, ingénieur d'état en hydrogéologie (ANRH de Tizi-Ouzou) qui m'a accueilli dans son bureau, malgré ses nombreuses occupations.*
- *Je remercie Mr **KAMEL** ingénieur d'état en hydrologie (ANRH de Blida) pour ces précieux conseils.*
- *Je remercie Mr **BENMIA** pour son aide morale et ses encouragements*
- *Un grand merci pour toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail sans oublier toute la promotion 2006/2007.*

CHOVAIB

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :*

-  *Mes parents qui m'ont prodigué amour et affection et sans eux ce travail n'aurait jamais vu le jour.*
-  *A mes très chères sœurs NACIRA et NAWEL.*
-  *A mes chers frères SAMIR, AISSAM, IBRAHIM et SALIM.*
-  *A mon beau-frère HOCINE.*
-  *A mes nièces AISMA et MAROUA.*
-  *A mes oncles et tantes en particulier : ABED EL AZIZ.*
-  *A tout mes cousins (es) et ami(e) s.*

CHOVAIB

## SOMMAIRE

	Page
Introduction.....	1
<b>CHAPITRE I : GENERALITE</b>	
I-1 Cadre géographique de la région d'étude .....	3
I-2 Développement socio-économique de la région d'étude .....	3
I-2-1 Potentiels humains .....	3
I-2-2. Potentiels agricoles .....	5
I-2-3. Potentiels industriels .....	5
I-2-4. Activité extractive .....	5
I-2-5. Les infrastructures hydrauliques .....	5
<b>CHAPITRE II : ETUDE GEOMORPHOLOGIQUE</b>	
Introduction .....	7
II-1. Les grands ensembles morphologiques.....	7
II-1-1. La chaîne de Djurdjura .....	7
II-1-2. Le massif de Kabylie.....	8
II-1-3. Le synclinal de Tizi-Ouzou .....	8
II-2. Lithologie .....	10
II-3. Végétation .....	10
II-4. Réseau hydrographique .....	12
II-5. Les paramètres physiques et géomorphologiques du bassin versant .....	14
II-5-1. Paramètre géométriques .....	14
a) La surface.....	14
b) Le Périmètre.....	14
II-5-2. Les paramètres de relief .....	16
II-5-2-1. Courbe hypsométrique.....	16
II-5-2-2. Les altitudes .....	18
II-5-3. Les paramètres du relief .....	19
II-5-3-1. Indice de compacité de Gravelius .....	19
II-5-3-2. Rectangle équivalent .....	20
II-5-3-3. Indice de pente globale .....	20
Conclusion.....	20
<b>CHAPITRE III : ETUDE HYDROCLIMATOLOGIQUE</b>	
Introduction.....	22
III-1. Analyse des paramètres climatiques.....	24
III-1-1. Les précipitations .....	24
III-1-1-1. Variation des précipitations .....	24
a) variation annuelle .....	24
b) variation mensuelle .....	27
III-1-2. Température.....	29
III-1-2-1. Les données anciennes (1913-1938) .....	30
III-1-2-2. Les données récentes (1968-2002).....	31
III-1-3. Régime climatique .....	32
III-1-3-1. L'humidité relative de l'air .....	32

III-1-3-2. Le vent.....	33
III-1-3-3.Sirocco.....	34
III-1-4.Etude de l'évapotranspiration .....	34
III-1-4-1.calcul de l'évapotranspiration réelle.....	35
III-1-4-2 : calcul de l'évapotranspiration réelle .....	37
a)Méthode de Turc.....	37
b)Méthode de coutagne .....	37
c)Méthode de Wundt .....	38
III-2.Hydrologie de surface.....	39
III-2-1.station et données hydrométrique .....	39
III-2-2.Estimation des sources en eau de surface.....	40
III-2-3.Régime des apports .....	40
III-2-3-1.Régime mensuel des apports .....	40
III.2.3.2 Relation entre les précipitations et les débits évacués.....	42
III-2-4.Détermination de la lame d'eau ruisselée(R).....	43
III-2-4-1.Méthode de Tixeront-Berkaloff .....	43
III-2-4-2.Méthode de l'hydrogramme.....	43
III-2-5.Le bilan hydrologique .....	47
Conclusion.....	48

## **CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE**

Introduction.....	49
IV-1.Cadre géologique régional .....	49
IV-1-1.Les zones internes ou "Domaine Kabyle" .....	49
IV-1-2.Domaine des Flyschs .....	52
IV-1-3.Domaine externe .....	52
IV-2.Cadre géologie de la région étudiée .....	53
IV-2-1.La lithostratigraphie .....	53
IV-2-1-1.Le socle kabyle .....	53
IV-2-1-2. La dorsale kabyle .....	54
IV-2-1-3. L'oligo-miocène .....	54
IV-2-1-4. L'unité Numidienne .....	55
IV-2-1-5. Les flysch .....	57
a)Les flysch s Maurétaniens .....	57
b) Les flyschs Massyliens .....	57
c) Les flyschs Mixtes .....	57
c-1. Le flysch du haut Sébaou-Azazaga.....	57
c-2.Le flysch d'Afir-Azeffoun .....	58
c-2.1. L'unité inférieur d'Afir .....	58
c-2.2. L'unité supérieure d'Afir .....	58
c.2.3. Le flysch du haut Sébaou .....	58
IV-2-1-6.L'unité tellienne de Dellys .....	61
IV-2-1-7.L'Olistostrome (ou argiles à blocs) .....	61
IV-2-1-8.Les formations post-nappes .....	61
IV-2-1-9.Les formations quaternaires .....	62
IV-3. Evolution tectonique .....	62

Conclusion .....	66
------------------	----

## **CHAPITRE V : APERÇU GEOPHYSIQUE**

Introduction.....	67
V-1.Sondages électriques étalons et résistivités électriques des formations.....	69
V-2.Interprétation des principaux résultats .....	73
V-2-1.Coupes géoélectriques.....	73
V-2-2.Interprétation des cartes des résistivité apparentes (AB=1000m) .....	77
V-2-3.Interprétation des cartes des résistances transversale.....	81
V-3. structure et géométrie de l'aquifère alluvial .....	84
Conclusion.....	84

## **CHAPITRE VI : ETUDE HYDRODYNAMIQUE**

Introduction.....	86
VI-1.Etude piézométrique .....	86
VI-1-1.Inventaire des points d'eau .....	86
VI-1-2.Caractéristiques des points d'eaux .....	86
VI-1-3. Interprétation des cartes piézométrique.....	88
VI-1-4.Fluctuation piézométrique .....	95
a)Profondeur de la nappe .....	95
b) Influence du barrage de Taksept sur les niveaux piézométrique .....	97
VI-1-5.la recharge de la nappe .....	97
VI-1-6.conclusion .....	98
VI-2.Caractéristiques hydrodynamiques .....	99
VI-2-1.Définition.....	99
a)la transmissivité (T).....	99
b)Perméabilité (K) .....	99
c)le coefficient d'emménagement (S) .....	99
d)porosité efficace( $Q_e$ ) .....	100
VI-2-2.Les essais de pompage réalisés .....	100
VI-2-3.Détermination des caractéristiques hydrodynamiques .....	101
a)La transmissivité.....	101
b) La perméabilité .....	102
c) Le coefficient d'emménagement(s) .....	103
d) Rayon d'influence ou rayon d'action .....	103
VI-2-4.Exemple d'application .....	104
a) Détermination de la transmissivité .....	105
a-1) Courbe de descente dans le forage F1R-VAS1.....	105
a-2) courbe de remontée dans le forage F1R-VAS1 .....	106
a-3) courbe de descente dans le piézomètre F1R-VAS1 .....	107
a-4)Courbe de remonte dans le piézomètre F1R-VAS .....	107
b) Détermination du coefficient d'emménagement (S) .....	108
c)Rayon d'influence .....	108
VI-2-6.Discution des résultats .....	110
Conclusion à l'étude hydrodynamique .....	110

## CHAPITRE V : ETUDE HYDROCHIMIQUE

Introduction.....	113
VII-1 Caractéristique physico-chimique .....	113
VII-1-1.La conductivité .....	114
VII-1-2. Degré hydrométrique total des eaux DHT (dureté) .....	117
VII-1-3.PH mesuré et PH d'équilibre (le potentielle hydrogène).....	117
VII-1-4.Les Résidus sec .....	118
VII-2.Classification des eaux .....	121
VII-2-1. Classification d'après la formule caractéristique .....	121
VII-2-2. Représentation graphiques des analyses et classification chimique des eaux.....	124
a- Représentation des analyses chimiques sur les diagrammes verticaux (Schoëller Berkaloff).....	124
b.représentation des analyses chimiques sur les diagrammes losangiques de Piper .....	125
VII-3.Interprétation des cartes hydrochimiques.....	126
VII-3-1. Carte d'isoteneurs en bicarbonates.....	126
VII-3-2.Cartes d'isoteneurs en chlorures.....	129
VII-3-3.Cartes d'isoteneurs en calcium.....	131
VII-3-4.Cartes d'isoteneurs en magnésium.....	133
VII-3-5.Cartes d'isoteneurs en sodium Na.....	135
V-3-6.Carte d'isoteneurs en Nitrate No <sub>3</sub> .....	137
VII-3-7.Carte d'équirapport.....	139
VII-3-8.Carte des faciès chimiques .....	141
Conclusion.....	143

## CHAPITRE VIII : POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

Introduction.....	156
VIII-1.pollution de la nappe .....	156
VIII-2.Classes des polluants .....	156
VIII-2-1.En fonction de l'origine de la pollution.....	156
VIII-2-2.Selon la nature des polluants .....	157
VIII-2-3.Selon la répartition géologique.....	157
VIII-2-4.En de la répartition dans le temps .....	157
VIII-3.Types des polluants .....	157
VIII-3-1.polluants physiques .....	157
VIII-3-2.les polluants chimiques .....	158
VIII-3-3.Les polluants organiques .....	159
VIII-3-4.Les polluants microbiologiques.....	160
VIII-4.Mécanisme de pollution .....	160
VIII-4-1.Dans une nappe libre .....	160
a)Introduction du polluant dans le sol .....	160
b) Migration et évolution du polluant dans la zone non saturée.....	161
c) Propagation et évolution du polluant dans l'aquifère.....	161
d) persistance de la pollution .....	161
VIII-4-2.Dans une nappe captive .....	161
VIII-4-3.Dans un aquifère fissuré .....	162

VIII-4-4. Dans une nappe alluviale ou proche d'un corps d'eau .....	162
VIII-5. Source de pollution.....	162
VIII-5-1. Les sablières .....	162
VIII-5-1-1. Constat sur l'état d'exploitation des sablières .....	163
VIII-5-1-2. Conséquences hydrogéologiques des sablières .....	163
VIII-5-2. Pollution industrielle .....	165
a) Les unités industrielles .....	165
b) Les huileries.....	167
VIII-5-3. Les rejets d'eaux usées.....	168
VIII-5-4. Pollution d'origine agricole .....	169
VIII-5-5. Pollution par le biseau salé .....	169
Conclusion.....	171
Conclusion Générale.....	173

<b>Liste des Tableaux</b>	<b>Page</b>
Tableau n°II-1 : Répartition des superficies par sous bassin.	14
Tableau n°II-2 : Altitudes moyennes	17
Tableau n° II-3 : Altitude caractéristique.	19
Tableau n°II-4 : Paramètres de forme.	19
Tableau n° II-5 : Les paramètres morphologiques du bassin versant du Sébaou (source ANRH Tizi-Ouzou).	21
Tableau n°III-1 : caractéristiques des stations pluviométriques utilisée.	22
Tableau n°III-2 : précipitations moyennes annuelles	26
Tableau n°III-3 : Précipitation moyennes mensuelles annuelles (1980-2005)	28
Tableau n°III-4 : Température moyennes mensuelles (P.Seltzer 1913/1938).	30
Tableau n°III-5 : Températures moyennes mensuelles annuelles de la station de Tizi-Ouzou (1968-2002)	31
Tableau n°III-6 : Valeur de l'indice de Marthone (station de Tizi-Ouzou).	32
Tableau n°III-7: Moyenne mensuelle de l'humidité (1989-1994).	33
Tableau n°III-8 : Moyenne mensuelles des vitesses des vents.	33
Tableau n°III-9 : Nombre moyen de jours de sirocco à la station de Tizi-Ouzou (P.seltzer ; 1913/1938)	34
Tableau n°III-10 : valeur de l'ETP d'après la méthode de THORNTHWAITE	36
Tableau n°III-11 : Résultats de l'ETR obtenu par les trois méthodes.	39
Tableau n°III-12 : caractéristiques des différentes stations hydrométriques.	40
Tableau n° III-13 : débits moyens mensuels des stations de Baghlia et de Belloua	41
Tableau n° III-14 : Corrélation précipitation/Débits évacués à la station Baghlia	42
Tableau n°III-15 Les valeurs de Ruissellement et l'infiltration.	47
Tableau N°V-1 : Echelle des résistivités	70
Tableau N°VI-1: les mesures piézométriques effectuées dans la plaine alluviale du sébaou	87
Tableau N°VI-2 : Coordonnées des forages et piézomètres (BETA-CONSULT/ANRH)	100

Tableau N°VI-3 : Tableau récapitulatifs des paramètres hydrodynamiques (BETA- CONSULTS/ANRH)	109
Tableau N°VI-4 : Influence des précipitations sur les fluctuations piézométriques (ANRH)	111
Tableau N°VII-1: duretés des eaux de la nappe alluviale du Sébaou	117
Tableau N°VII-2 : Tableau de comparaison du PH	118
Tableau N°VII-3 : Classification des eaux de la haute vallée du sébaou selon les formules Caractéristiques de Stabler	122
Tableau N°VII-4 : Classification des eaux de la basse vallée du sébaou selon les formules Caractéristiques de Stabler	123
Tableau N°VII-5: Répartition des faciès chimiques des eaux souterraines de la nappe alluviale du Sébaou (d'après Schoeller-Berkaloff)	124
Tableau N°VIII-1: Qualité des eaux des rejets industriels (DHW de Tizi-Ouzou)	167
Tableau N°VIII-2 : Qualité des eaux usées utilisées en France pour la classification des cours d'eaux	167
Tableau N°VIII-3 : Qualité des rejets dans le moyen Sébaou (DHW Tizi-Ouzou)	169

Liste des figures	Page
Figure N°I-1 : situation géographique du Bassin versant du Sébaou	4
Figure N°II-1 : carte d'unité morphostructurale (source ANRH Blida)	9
Figure N°II-2 : Réseau hydrographique du bassin versant du Sébaou	13
Figure N°II-3: les sous bassins versant du sébaou	15
Figure N°II-4: courbe hypsométrique du sébaou	18
Figure N°III-1 : répartition des stations pluviométriques et hydrométriques dans le bassin versant du sébaou	23
Figure N°III-2: évaluation des précipitations annuelles à la station de Tizi-	25
Figure N°III-3 : précipitation moyen annuelle.	27
Figure N°III-4: évaluation des précipitations mensuelle à la station de Tizi-	28
Figure N° III-5 : précipitations moyennes mensuelles des stations pluviométriques (1980/2005)	29
Figure N°III-6: Comparaison des séries anciennes (1913-1938) et récentes (1968-2002) des températures à la station de Tizi -Ouzou	31
Figure N°III-7 : Abaque de Wundt	38
Figure N°III-8 : Variation mensuelle des apports de l'oued à la station de Bghlia (1986/1999)	41
Figure N°III-9 : Variation mensuelle des apports de l'oued à la station de Bghlia(1986/1999)	41
Figure N°III-10: corrélation précipitations- Débits évacués à la station de Baghlia	42
Figure N°III-11 : Hydrogramme de crue de la station de Baghlia	45
Figure N°III-12 : Courbe de séparation des écoulements à la station de Baghlia	45
Figure N°III-13 : Hydrogramme de crue de la station de Belloua	46
Figure N°III-14: Courbe de séparation des écoulements à la station de Belloua	46
Figure N°IV-1.a. Situation de la zone étudiée dans l'orogène alpin périméditerranéen (D'après M.Durand Delga, 1969)	50
Figure N°IV-1.b. Rapport entre les grandes unités structurales sur le méridien de la grande Kabylie (D'après M.Durand Delga, 1969)	51
Figure N° IV-2: Carte schématique interprétative de la dorsale de la Grande Kabylie (J P Gélard, 1979)	56
Figure N°IV-3: colonnes lithostratigraphiques synthétiques de la dorsale kabyle (J.P.Gélard)	59
Figure N°IV-4 : Principales structures «post-nappes »dans le Nord Ouest de la grande kabylie (D.Raymond, 1976)	60
Figure N°IV-5 : Interprétation schématique des principaux linéament affectant la Grande Kabylie d'après l'image satellite LandsatI (J.P.Gélard .1979)	65
Figure N°V-1 : Situation des zones d'étude de la C.G.G (1964) dans la vallée du Sébaou	68

Figure N°V-2 :S.E Etalon 22C, Forage de Ben N'Choud (ZoneI) Courbe de type Q	71
Figure N°V-3 :S.E Etalon F4, Forage D1 (ZoneIV) Courbe de type Q	71
Figure N°V-4 :S.E Etalon 26C, (Zone II) Courbe de type KHK	72
Figure N°V-5 :S.E Etalon 22C, Forage de Kef el Ogab(ZoneIII)Courbe de type HK	72
Figure N°V-6:S.E Etalon AB-4A, Oumzizou1 et 3(Zone I) Courbe de type HQ	72
Figure N°V-7 :S.E Etalon A2, Forage de Fréha (Zone VIII) Courbe de type HQ	72
Figure N°V-8 : carte de situation des coupes géoélectriques	74
Figure N°V-9:Coupes géoélectriques suivant les profiles de S.E d'après (C.G.G, 1964)	75
Figure N°V-10:Coupes géoélectriques suivant les profiles de S.E d'après (C.G.G, 1964)	76
Figure N°V-11 : Carte des résistivités apparentes en ligne d'émission AB=1000m Zone IV : Takempt – Ssidi Daoud(C.G.G,1964)	78
Figure N°V-12 : Carte des résistivités apparentes en ligne d'émission AB=1000m Zone IV : Draa ben khedda - Boukhalifa	79
Figure N°V-13 : Carte des résistivités apparentes en ligne d'émission AB=1000m Zone VII : Fréha – Djamaa Tizra	80
Figure N°V-14:cartes des résistances transversales. Zone I Takdempt-Sidi Daoud(C.G.G1964)	82
Figure N°V-15 : Carte des résistances transversales .Zone III : Kef El Ogab-Tadmait	83
Figure N°VI-1a:Carte piézométrique (Haut Sébaou, hautes eaux)	89
Figure N°VI-1b : Carte piézométrique (Haut Sébaou, Basses eaux)	89
Figure N°VI-2a : Carte piézométrique (Moyen Sébaou, Hautes eaux, Année 2004)	90
Figure N°VI-2b : Carte piézométrique (Moyen Sébaou, Basses eaux, Année 2004)	90
Figure N°VI-3a : Carte piézométrique (Bas Sébaou, hautes eaux, Année 2004)	91
Figure N°VI-3b : Carte piézométrique (Bas Sébaou, basses eaux, Année 2004)	92
Figure N°VI-4 : Carte piézométrique (Haut Sébaou, Avril2006)	93
Figure N°VI-5 : Carte piézométrique (Moyen Sébaou, Avril 2006)	93
Figure N°VI-6:Carte piézométrique (Bas Sébaou, Avril 2006)	94
Figure N°VI-7 : Evolution des niveaux statiques au pont de Bougie (P70)	96
Figure N°VI-8:Evolution des niveaux statiques à Tamda (P52)	96
Figure N°VI-9 : Evolution des niveaux statiques au puit P52	96
Figure N°VI-7 : Coupe lithologique du forage F1R-VAS1 Ben N'Choud	104
Figure N°VI-10 : Carte de situation du forage F1R-VAS1 (ANRH)	105
Figure N°VI-11 : Courbe de descente dans le forage F1R-VAS1	106
Figure N°VI-12 : Courbe de remontée dans le forage F1R-VAS1	106
Figure N°VI-13 : Courbe de descente dans le piézomètre F1R-VAS1	107
Figure N°VI-14 : Courbe de remontée dans le piézomètre F1R-VAS1	108
Figure N°VI-15: Influence des précipitations sur les fluctuations	111

Figure N°VII-1 : carte de conductivité (Haut Sébaou, Avril2006)	115
Figure N°VII-2 : carte de conductivité de la basse vallée du Sébaou(Avril2006)	116
Figure N°VII-3 : carte de résidu sec (Haut Sébaou, Avril2006)	119
Figure N°VII-4 : carte du résidu sec de la basse vallée du Sébaou (Avril2006)	120
Figure N°VII-5a:classification des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff	126
Figure N°VII-5b: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff	127
Figure N°VII-5c: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff	128
Figure N°VII-5d: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff	129
Figure N°VII-5e: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff	130
Figure N°VII-5f: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff	131
Figure N°VII-5g: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff	132
Figure N°VII-5h: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff	133
Figure N°VII-6a: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Piper	134
Figure N°VII-6b: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Piper	135
Figure N°VII-6c: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Piper	136
Figure N°VII-6d: classification des eaux souterraines selon le diagramme de Piper	137
Figure N°VII-7:Carte d'isoteneurs en bicarbonate (Haut Sébaou Avril	139
Figure N°VII-8 : Carte d'isoteneur en bicarbonate (Bas Sébaou Avril 2006)	140
Figure N°VII-9 : Carte d'isoteneurs en chlorures (Haut Sébaou, Avril 2006)	141
Figure N°VII-10:Carte d'isoteneurs en chlorures (Bas Sébaou, Avril 2006)	142
Figure N°VII-11:Carte d'isoteneur en calcium (Haut Sébaou, Avril 2006)	143
Figure N°VII-12:Carte d'isoteneurs en Calcium (Bas Sébaou, Avril 2006)	144
Figure N°VII-13:Carte d'isoteneur en Magnésium (Haut Sébaou, Avril 2006)	145
Figure N°VII-14 : Carte d'isoteneur en Magnésium (Bas Sébaou,Avril2006)	146
Figure N°VII-15:Carte d'isoteneur en Sodium (Haut Sébaou, Avril 2006)	147
Figure N°VII-16:Carte d'isoteneur en Sodium (Bas Sébaou, Avril 2006)	148
Figure N°VII-17:Carte d'isoteneur en Nitrate (Haut Sébaou, Avril 2006)	149
Figure N°VII-18 : Carte d'isoteneur en Nitrate (Bas Sébaou,Avril 2006)	150

Figure N°VII-19: Carte d'équirapport $rCl^- / rHCO_3^- + rCO_3^{2-}$ (Haut Sébaou, Avril 2006)	151
Figure N°VII-20: Carte d'équirapport $rCl^- / rHCO_3^- + rCO_3^{2-}$ (Bas Sébaou, Avril 2006)	152
Figure N°VII-21 : Carte d'isofaciés (Haut Sébaou, Avril 2006)	153
Figure N°VII-22 : Carte d'isofaciés (Bas Sébaou, Avril 2006)	154

## **Introduction :**

L'hydrogéologie est la science de l'eau souterraine, l'hydrogéologie dont la base est la géologie, est une science pluridisciplinaire utilisant les méthodes et les moyens de la prospection géophysique, des techniques de forage et de captage, de la géochimie des roches et des eaux de l'hydrodynamique souterraines, de la statistique et de l'emploi de l'informatique au traitement des données et aux modèles mathématiques.

Notre travail se propose à établir une synthèse actualisée des connaissances hydrogéologiques de la vallée du Sébaou et donner un aperçu sur la pollution des incidences de l'extraction effrénée des alluvions quaternaires sur la nappe d'eau souterraine.

Donc nous tenterons dans le cadre de ce travail d'atteindre ces objectifs en nous basant sur les données hydroclimatiques et hydrogéologiques disponibles au niveau des bureaux de l'ANRH et celles existant dans les mémoires d'ingénieurs et thèse de magister.

Ce travail comprend huit chapitres :

- Le premier chapitre présente le secteur d'étude.
- Deuxième chapitre c'est une étude géomorphologique où seront étudiés les unités morphostructurales, le réseau hydrographique et les paramètres physiques et morphologiques du bassin versant du Sébaou.
- Troisième chapitre c'est une étude hydroclimatologique qui montre l'influence des paramètres climatiques sur l'hydrologie du bassin versant, l'aboutissement de cette étude est l'établissement d'un bilan hydrologique.
- Quatrième chapitre c'est une étude géologique, nous nous intéressons dans ce chapitre à la lithologie et à la structure des formations aquifères ; celle-ci conditionnent les capacités et l'hydrodynamique de l'aquifère de la vallée du sébaou.
- Cinquième chapitre c'est un aperçu géophysique de la région où nous décrirons la stratigraphie et la structure de la plaine, ainsi nous localisons les réservoirs susceptibles d'être aquifères c-a-d préciser la géométrie de l'aquifères et encore en mettre en évidence les zones favorables à l'implantation des nouveaux ouvrages.

➤ Sixième chapitre c'est une étude hydrodynamique comprend deux parties :

-Etude des caractéristiques hydrodynamiques : par l'interprétation des pompes d'essai afin d'estimer les caractéristiques hydrodynamiques à savoir, la transmissivité, et le coefficient d'emmagasinement.

-Etude piézométrique : par l'établissement des cartes piézométriques qui fait ressortir la direction de l'écoulement ainsi qu'elle nous a rendre compte du comportement du réservoir et les fluctuations de la surface piézométrique.

➤ Septième chapitre c'est une étude hydro chimique qui donne la nature physico-chimique des eaux, la répartition spatiale de la teneur des éléments chimiques contenues dans l'eau. Différents points de prélèvements sont pris en considération afin de distinguer les zones présentent un excès ou une évolution anormale de certains éléments chimiques dans le temps et dans l'espace.

➤ Le huitième chapitre c'est un aperçu sur la pollution, face à l'état critique et alarmant que connaît la nappe du Sébaou, notre étude a pour objectif :

- d'identifier cette pollution ;
- sa répartition dans l'espace et dans le temps ;
- proposer des solutions afin de préserver cette ressource.

**I-1 Cadre géographique de la région d'étude :**

Administrativement, la plaine alluviale du Sébaou se situe dans les Wilaya de Tizi-Ouzou et de Boumerdés, à 80Km à l'Est d'Alger Figure N°I-01

.La surface drainée par l'oued Sébaou et ses affluents (bassin versant) est limitée entre les altitudes 36°27 ' et 36°55 ' Nord et les longitudes 3°55 ' et 4°53 ' Est.S'étalant sur une superficie de 2500Km<sup>2</sup>; Le bassin versant du Sébaou est caractérisé par un relief typiquement montagneux, couvrant 82% de la superficie totale, elle se limite :

Au nord ouest par la mer méditerranée ;

Au nord et nord Est par la chaîne littorale ;

Au sud et sud Est par la chaîne de Djurdjura (chaîne calcaire) ;

A l'ouest par les chaînons de Naciria et Sidi-Ali-Bounab orienté ENE –WSW ;

**I-2 Développement socio-économique de la région d'étude :**

La wilaya de Tizi-Ouzou recèle de nombreuses potentialités socio-économique principalement en matière d'agriculture et industrielle, mais aussi humaine. Chacune de ces potentialités nécessite pour leurs subsistances et leur développement une quantité d'eau considérable.

Or, la tendance du climat actuel est vers la sécheresse : diminution et irrégularité des précipitations depuis presque deux décennies et le problème de la qualité de l'eau souterraine constamment menacée dans la région par les conséquences d'une agriculture productiviste et des effluents industriels et urbains, rendent la tâche de satisfaire ces multiples besoins en eau de plus en plus délicat.

**I-2-1 Potentiels humains :**

D'après le dernier recensement général de la population et de l'habitat effectué en 2002, la population total de la wilaya de Tizi-Ouzou est estimée à 1212600 habitants répartis sur l'ensemble du territoire d'étude avec un taux de 67,30% soit 868600 habitants dans les zones rurales et 32,70% soit 34400habitants dans les zones urbaines. La ville de Tizi-Ouzou, chef lieu de la wilaya située au cœur la plaine du Sébaou, est le lieu privilégié de forte concentration humaine en raison de la disponibilité des infrastructures socio-économique de base.

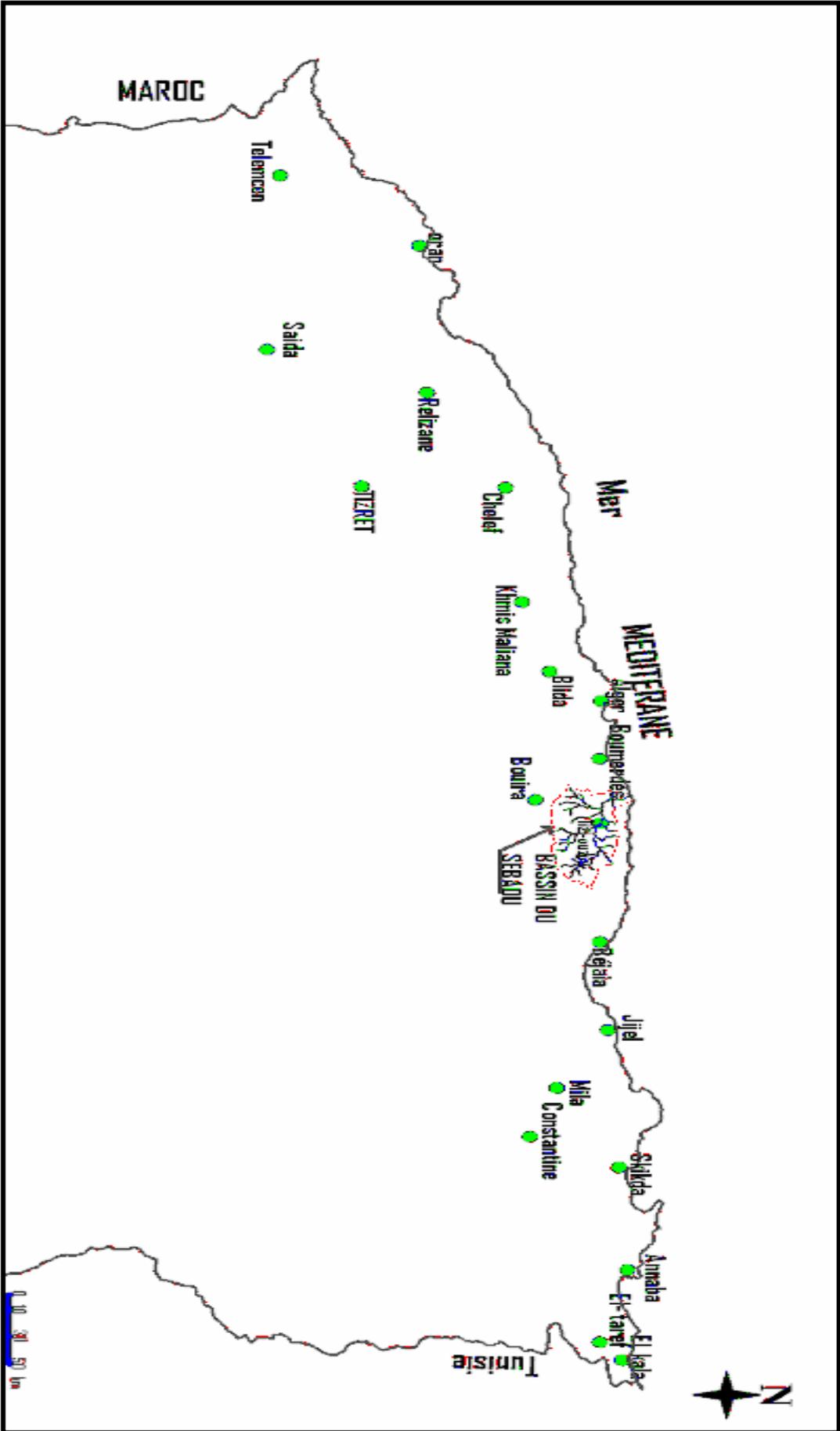


Figure N°I-1 : situation géographique du Bassin versant du Sébaou

**I-2-2.Potentiels agricoles :**

Le système de production mis en place dans la wilaya est la polyculture à dominante arboriculture et élevage.

En dépit, de son statut vital, l'agriculture ne représente pas une activité dynamique, néanmoins la région dispose d'un appréciable potentiel agricole.

La surface agricole totale est de 203227ha, répartie de façon inégale dans la région, cependant la majorité des terres fertiles et irriguées se localisent dans la plaine soit 5000 ha, où se développent les cultures maraichères, qui nécessitent une quantité énorme d'engrais chimiques et de fertilisants que les sources en eau considérables. Quand aux zones montagneuses les terres agricoles disponibles sont très morcelées et reposent sur des sols pauvres, dénudés et ravinés ce qui les limitent principalement à l'arboriculture (Olivier, figuiers.....)

Pour ce qui est la production animale, l'élevage ovin prédomine avec 50% des effectifs, notons que les petits élevages comme l'aviculture et l'apiculture sont les plus indiqués pour la région, en raison de son relief accidenté et l'exiguïté des exploitations.

**I-2-3.Potentiels industriels :**

Le tissu industriel existant dans la région d'étude est situé principalement sur l'axe Draa Ben Khedda Azazga , où en enregistre plusieurs unités agro-industrielles et agroalimentaire et agroindustrielles telle que l'ORLAC , ENIEM, des limonaderies ainsi que 528 huileries qui parsèment toute la région.

**I-2-4.Activité extractive :**

Cette activité est fortement sollicitée dans la vallée du Sébaou. Plusieurs sablières sont mises en œuvre sur le lit de l'oued, notamment à proximité des ouvrages de captages exploitants le sable et le TVO (tout venant de l'oued). Ces extractions sont autant profondes et anarchiques qu'elles portent préjudice à la nappe alluviale et rendent celle-ci vulnérable à la pollution par les eaux usées.

**I-2-5.Les infrastructures hydrauliques :**

Le secteur d'étude dispose d'un potentiel hydrique non négligeable dont le principal est le barrage de Taksebt.

Le barrage de Taksebt est implanté sur l'oued Aissi, affluent du Sébaou situé à environ 10Km au Sud-Est de la ville de Tizi-Ouzou, aux points de coordonnées lambert suivants :

$X=627.000\text{Km}$ ,  $Y=376.100\text{Km}$ ,  $Z=95.5\text{m}$ .

Sur les territoires ruraux des communes d'Irdjen, Larbaâ Nath Irathen , Beni Aissi , Beni Douala et Ait Mahmoud, il présentent une importante ressource superficielle , sa capacité est de 175 millions de m<sup>3</sup> permettant une régularisation de 180 millions de m<sup>3</sup> destinées à l'alimentation en eau potable dont :

57 millions de m<sup>3</sup> pour la wilaya de Tizi-Ouzou.

123 millions de m<sup>3</sup> pour la wilaya d'Alger.

Notons que le barrage n'est pas encore mis en service, la retenue du barrage de Taksebt créera un déficit dans l'apport solide de l'oued Aissi.

**Introduction :**

La climatologie, l'hydrologie de surface et souterraine sont étroitement tributaires des caractéristiques physiques, morphologiques de reliefs et morphométriques des bassins versants. Aussi, il apparaît nécessaire voir indispensable de quantifier ces paramètres.

**II-1. Les grands ensembles morphologiques :**

Le paysage de la région d'étude est diversifié, caractérisé par un relief montagneux très accidenté. Les chapelets de surélévations rudes et accentuées apparaissent dans toute la région.

Le grand bassin du Sébaou est limité au Nord par la chaîne littorale et au Sud par le massif Kabyle. Cette double masse surélevée délimite un couloir étroit d'orientation générale Est-Ouest, formant la vallée de l'oued Sébaou, qui s'étend d'Azazga à l'Est jusqu'à Dellys à l'Ouest.

Nous distinguons trois unités morphostructurales nettement différenciées :

**II-1-1. La chaîne de Djurdjura :**

Elle fait partie de la dorsale calcaire des Maghribides, délimite au sud notre domaine d'étude et est représenté par un ensemble morphologique très compétant d'âge secondaire et tertiaire.

Cette chaîne culmine au sommet de Lalla Khedidja (2308m) et au Ras Timadouine (2503m) sous forme d'un arc, très peu tendu et étroit qui s'achève à l'est par un élément isolé, le massif de Chellata.

Elle se compose de quatre unités qui se succèdent du Nord vers le Sud :

- L'unité des kouriet.
- L'unité de Ras Timadouine et de Tikjda.
- L'unité d'Ajiba.
- L'unité de Lalla Khedidja.

Les unités d'Ajiba et Lalla Khedidja proviennent d'une zone située au nord des kouriet. Elles se sont déplacées vers le sud entre le Priabonien et l'Oligocène supérieur, et ont recouvert les unités méridionales de Ras Timadouine et de Tikjda. Des écaillages ultérieurs ont abouti au pincement de ces unités.

**II-1-2. Le massif de Kabylie :**

Morphologiquement, le massif de la grande Kabylie constitue un ensemble homogène, qui domine le bassin de Tizi-Ouzou au nord et assure une transition avec la chaîne de Djurdjura au sud. Il est limité à l'est par l'affleurement des flyschs du haut Sébaou et à l'ouest par les flyschs supra-kabyles.

Les sommets forment un bombement à grand rayon de courbure selon l'axe orienté Est-Ouest et les altitudes se relèvent d'Ouest 600m en Est 1278m.

Cet ensemble morphologique est caractérisé par des formations plus ou moins tendres et compartimentées d'âges récents ou anciens.

C'est là qu'on voit se succéder les différents types d'érosions, allant du plus simple (ravinement plus simple) au plus complexe (mouvement de masse, éboulement, glissement)

**II-1-3. Le synclinal de Tizi-Ouzou :**

C'est le seul matériel autochtone dans la région, représenté essentiellement par les grès et les limons du miocène 'Post-nappe' (M. Ben Hassaine, 1980).

Dans sa partie médiane s'allonge une série de chaînons de socle alignés, que l'oued Sébaou traverse orthogonalement, il s'agit de :

-L'Alignement Nord :

- Massif de Naciria l'Ouest ;
- Massif de Draà Karouche à l'Est ;

-L'Alignement Sud :

- Sidi Ali Bounab et Belloua à l'Ouest ;
- massif de Aïssa Mimoun à l'Est ;

Et à l'intérieur de cette cuvette, s'étale la plaine alluviale du Sébaou, qui se présente sous forme d'une bande étroite à fond plat orienté E-W, constituée d'un remplissage alluvionnaire d'âge quaternaire.

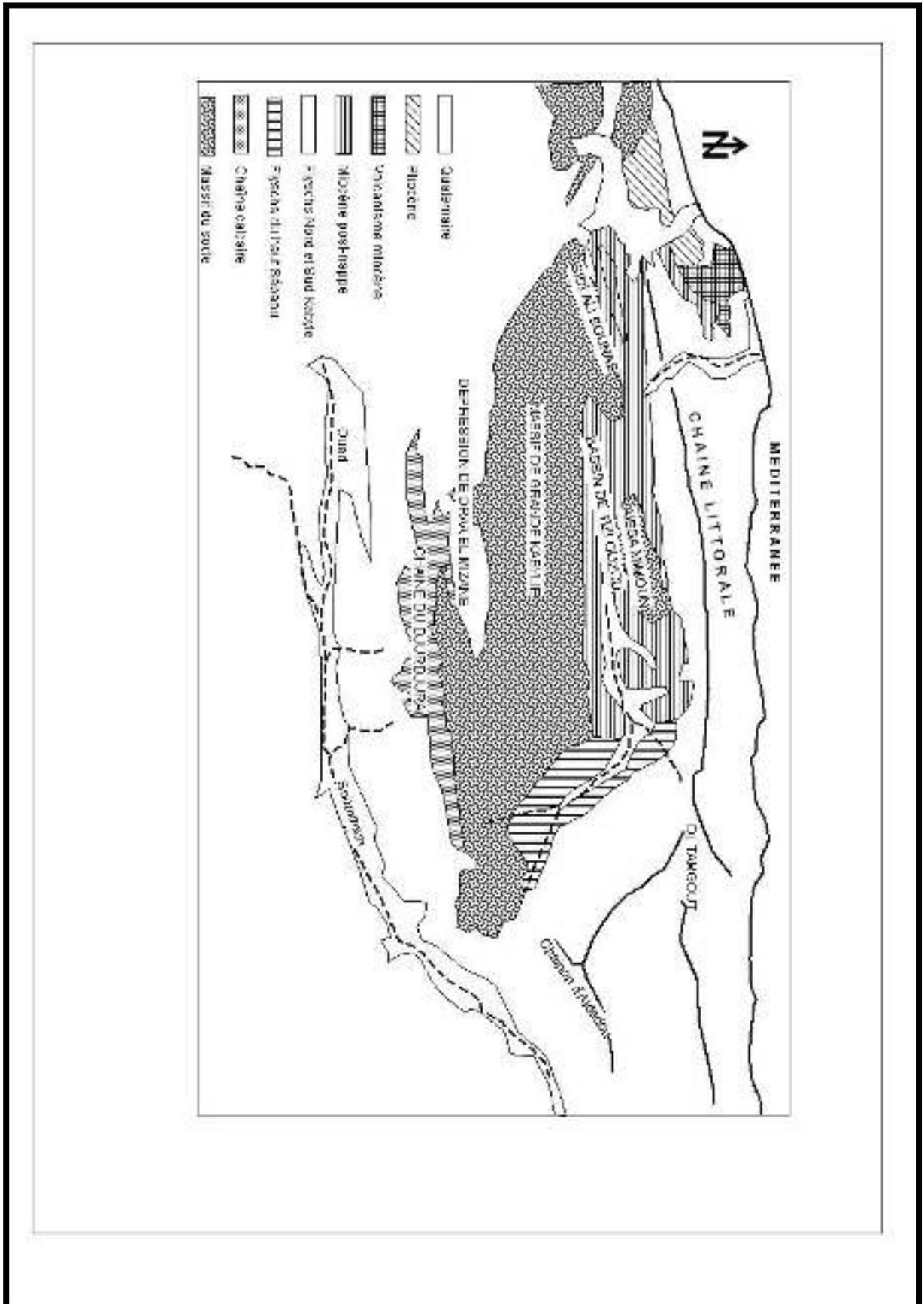


Figure N°II-1 : carte d'unité morphostructurale (source ANRH Blida)

**II-2.Lithologie :**

La perméabilité du sol et de sous sol d'un bassin versant est liée à la nature géologique qui conditionnera l'infiltration, le ruissellement ainsi que l'évaporation.

Mises à part les formations perméables de la chaîne calcaire de la plaine alluviale de l'oued Sébaou , les autres formations telles que celles du socle Kabyle , de Miocène post nappe et des flyschs qui occupent la majeure partie du bassin versant , sont généralement "impermeable".

**II-3.Végétation :**

Le couvert végétal joue un rôle extrêmement important, dans la protection des sols contre l'érosion par son action atténuante des crues et des averses particulières, en réduisant et en freinant le ruissellement superficiel.

La végétation de la région d'étude est de type méditerranéen, caractérisée dans son ensemble par trois étages bioclimatiques bien distincts :

- **Les cultures** : elles sont concentrées dans la plaine et représentées par l'arboriculture et les champs des cultures maraîchères, auxquelles s'ajoutent le laurier rose et le roseau dominant les zones incultes et inondables.
- **Les maquis** : caractérisant en particulier les zones intermédiaires, constitués essentiellement de très denses champs d'oliviers ,parcelles de figuiers et par quelque peuplement de chêne liège et de chêne vert, complété par une végétation arbustive assez basse qui reflète l'état de dégradation de la végétation dans la région.
- **Les forêts** : occupant les zones montagneuses et représentées généralement par le chêne vert, le chêne liège et le pin d'alepe.

Malgré sa diversification, le couvert végétal de notre région d'étude demeure très dégradé et n'occupe que 19%(soit 55025 ha) de la surface totale. Cette dégradation due indubitablement à l'activité humaine (défrichement, coupes, incendies.....) expose la région à une forte érosion et une déperdition accélérée des sols fertiles surtout en haute montagne.

#### II-4. Réseau hydrographique :

Le bassin versant du Sébaou représente un réseau hydrographique très développé. Le drainage très dense s'effectue par une multitude de torrents plus ou moins long.

Les torrents de rive droite proviennent de la chaîne littorale au nord du bassin versant et ne dépassent pas une quinzaine de kilomètres de long. L'oued Dis qui présente le plus fort débit prend sa source au Dj .Tamgout à 1278m d'altitude et débouche dans l'oued Sébaou juste après le premier coude majeur de l'oued à hauteur du village de Freha.

Les torrents de la rive gauche naissant dans le socle de la grande Kabylie :

- L'oued Sébaou lui-même et ses deux principaux affluent sud .prennent naissance dans la chaîne du Djurdjura.
- L'oued Bougdoura prend sa source à 1900m d'altitude. le profil longitudinal très relevé dans la section amont, s'abaisse rapidement, et au contact de la plaine, s'insinue entre les inters fleuves.
- L'oued Aissi prend sa source à 2000m d'altitude. C'est l'affluent qui a le plus fort débit et qui est responsable des modifications du tracé du lit de l'oued sébaou . En effet l'oued Aissi débouche dans l'oued sebaou juste en amont des gorges du Belloua.
- L'oued Sébaou débute à l'Est de la chaine du Djurdjura par l'intermédiaire de quatre torrents qui naissant entre le col de Tirourda à 2200m d'altitude le col de Chellata à 2100m d'altitude.

Les quatre torrents confluent après cinq kilomètres de parcours pour former le haut sébaou , que les kabyles nomment Acif n'Boubhir.

Dans la haute vallée, l'oued suit une direction SSE-NNW, jusqu'à un premier coude majeur, localisé entre Azzazga et Freha.

Dans la moyenne vallée, l'oued coule suivant une direction Est-Ouest dans le synclinal Miocène de Tizi-Ouzou.

Dans la basse vallée, on assiste à une nouvelle orientation du tracé. Vers Tadmait l'oued effectue un nouveau coude majeur et se met à couler suivant une direction parallèle à celle de sa direction amont, pour déboucher en mer, à l'Ouest de Dellys.

Dans cette section la terrasse la plus basse extrêmement étendue envahit toute la plaine alluviale, l'oued n'est plus adapté à la structure géologique dans cette région car il coupe en travers la chaîne littorale, et les chaînons côtiers (M.Benhassaine, 1980).

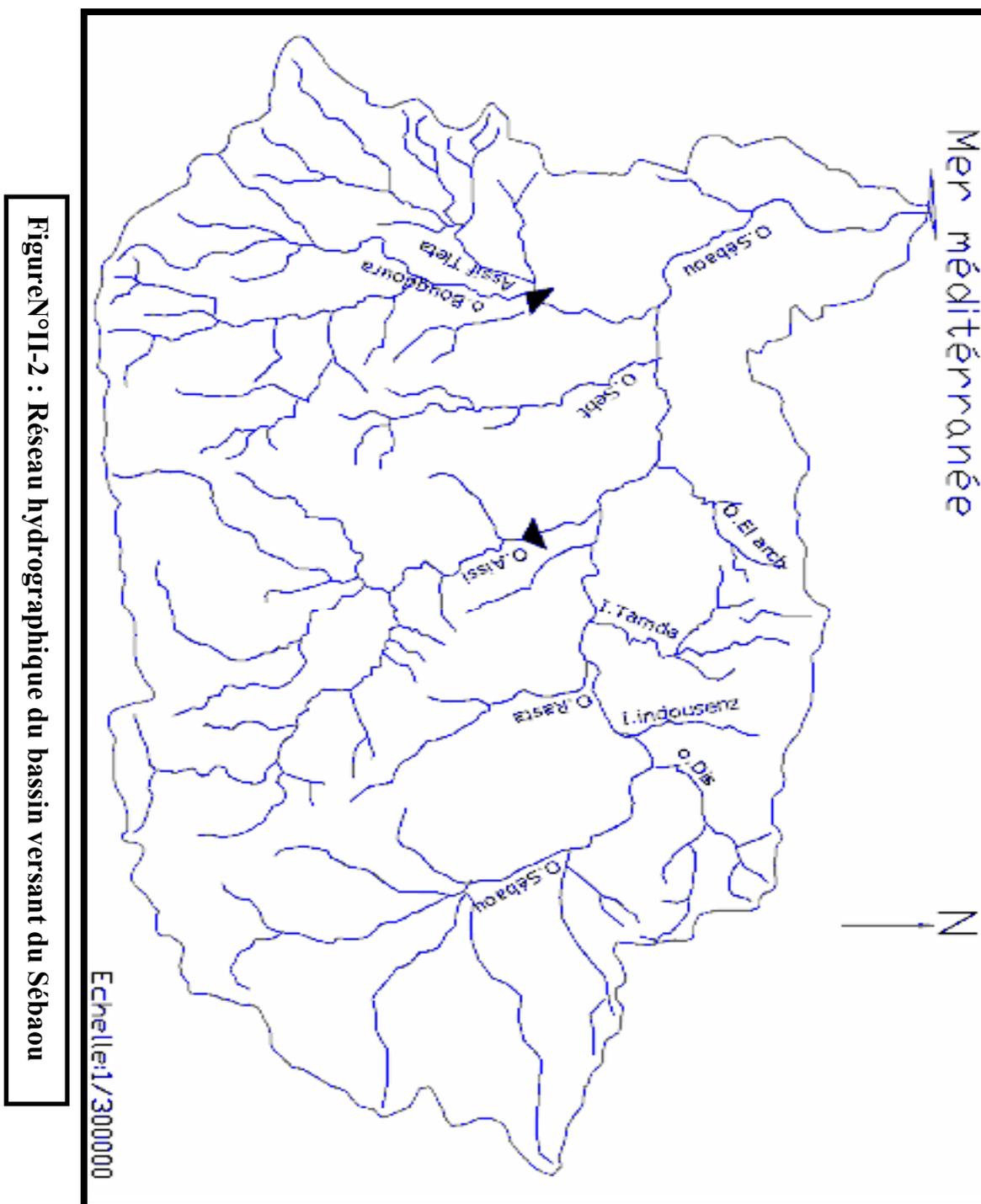


Figure N° II-2 : Réseau hydrographique du bassin versant du Sébaou

## II-5. Les paramètres physiques et géomorphologiques du bassin versant :

Chaque cours d'eau draine une certaine surface de terrain appelée bassin versant. Le bassin versant fonctionne donc comme un collecteur chargé de recueillir les précipitations et de les transporter par écoulement vers le point le plus bas appelé exutoire. Cette transformation est plus ou moins rapide suivant les caractéristiques physiques du bassin.

La morphométrie du bassin fait partie des facteurs permanents, leur variation influe sur les modalités des écoulements superficiels et leurs analyses permettra une meilleure compréhension des causes de variation des régimes hydrogéologiques.

### II-5-1. Paramètres géométriques :

Le bassin versant de la vallée de Sébaou (code 02 au répertoire de l'ANRH) subdivisé en 06 sous bassins répartis de façon inégale sur le Haut, Moyen, le Bas Sébaou figure II-3 Cette répartition est représentée dans le tableau II-1.

#### a) La surface :

La surface d'un bassin versant est l'aire géographique délimitée par la ligne de crêtes bordant le bassin. A l'intérieur de cette surface l'eau précipitée est drainée et orientée par un réseau hydrographique vers l'exutoire. La surface influe sur le processus de la formation de l'écoulement.

Le bassin versant de la vallée du sébaou couvre une superficie  $S = 2500 \text{ km}^2$ .

#### b) Le Périmètre :

Le périmètre est défini par la ligne de crêtes formant le contour du bassin versant. le périmètre du bassin versant de l'oued sébaou est  $P = 250.4 \text{ km}$ .

	Code des sous bassins versant du sébaou	Superficie en $\text{km}^2$	Périmètre en km
Haut Sébaou	02-15	532	102,4
	02-16	432	112
	02-17	468	98,6
Moyen Sébaou	02-18	304	82
	02-19	544	94,2
Bas Sébaou	02-20	220	62,6

**Tableau n°II-1 : Répartition des superficies par sous bassin.**

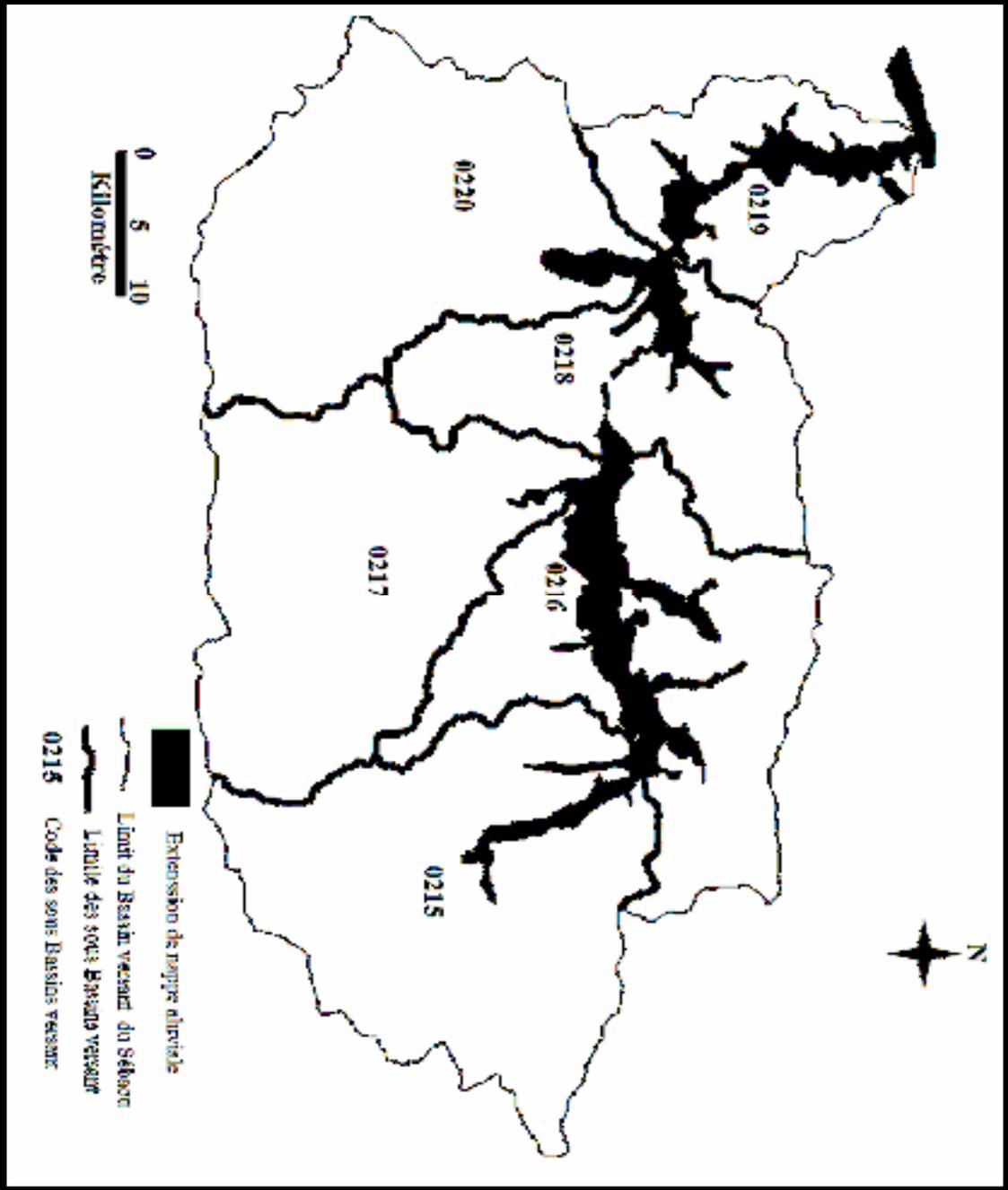


Figure N°II-3: les sous bassins versant du sébaou

## **II-5-2. Les paramètres de relief :**

### **II-5-2-1. Courbe hypsométrique :**

Le relief affecte les processus météorologique donc l'écoulement .On le caractérise souvent par la courbe hypsométrique qui donne la répartition de la surface du bassin versant suivant l'altitude.

Elle se construit en portant en ordonnée les altitudes  $H_i$  et en abscisses le cumul des surfaces partielles  $S_i$  comprises entre deux tranches d'altitudes successives choisis arbitrairement. Souvent les surfaces sont exprimées en pourcentage de la surface totale du bassin versant.

Nous déduisons le tableau (II-2) des pourcentages des surfaces comprise entre chaque tranche de 100m d'altitude, qui a servi à la construction de la courbe hypsométrique (figure N°II-4) du bassin versant de l'oued de Sébaou.

Classe d'altitude (m)	Moyen des classes ( $h_i$ )	Nombre de points d'altitude ( $a_i$ )	$a_i \cdot h_i$	$a_i$ cumulé	% surface cumulé
0-100	50	16	800	164	100
101-200	150	17	2550	148	90.24
201-300	250	25	6250	131	79.87
301-400	350	24	8400	106	64.63
401-500	450	20	9000	82	50.00
501-600	550	12	6600	62	37.80
601-700	650	11	7150	50	30.48
701-800	750	6	4500	39	23.78
801-900	850	10	8500	33	20.12
901-1000	950	5	4750	23	14.02
1001-1100	1050	4	4200	18	10.97
1101-1200	1150	3	3450	14	8.53
1201-1300	1250	5	6250	11	6.70
1301-1400	1350	1	1350	6	3.53
1401-1500	1450	1	1450	5	3.04
1501-1600	1550	3	4650	4	2.43
1601-1700	1650	1	1600	1	0.6
			$\sum a_i = 164$	$\sum a_i \cdot h_i = 81500$	

Tableau n°II-2 : Altitudes moyennes

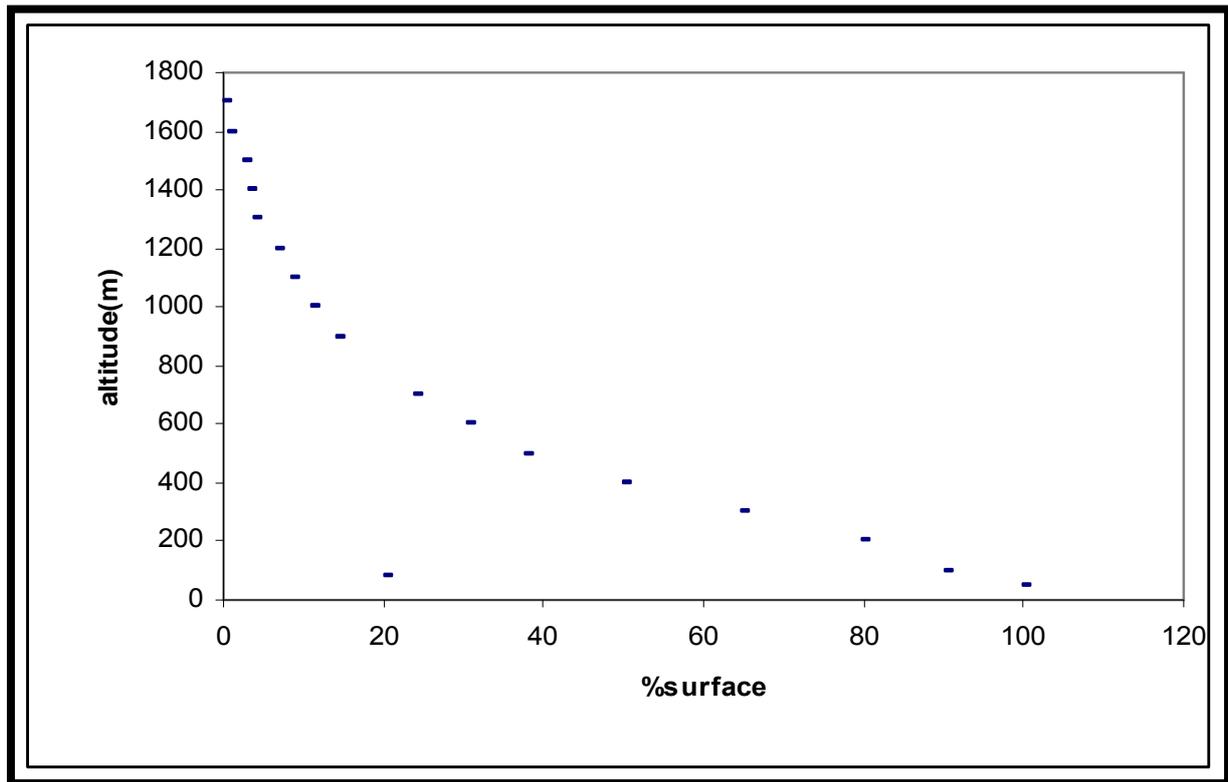


Figure N°II-4: courbe hypsométrique du sébaou

### II-5-2-2. Les altitudes :

La présence de barrières orographiques influe sur le parcours des masses d'air humides donc sur l'écoulement.

- L'altitude maximale correspond au sommet le plus haut du bassin versant, elle se trouve généralement vers l'amont.
- L'altitude minimale est celle de l'exutoire.
- L'altitude moyenne pondérée est calculée à partir de la relation :

$$H = \frac{\sum at \cdot hi}{\sum at}$$

- L'altitude médiane permet une bonne approche de l'asymétrie du relief. Elle correspond au point ordonné 50% de la courbe hypsométrique.
- Ces altitudes sont relevées de la courbe hypsométrique ainsi que quelques altitudes caractéristiques qui interviennent parfois dans les calculs des paramètres hydrologiques.

Ainsi a partir de la courbe hypsométrique du bassin versant nous a permis d'estimer les altitudes caractéristiques reportées dans le tableau ci-après :

Altitude de fréquence $H_{5\%}$	Altitude de fréquence $H_{95\%}$	Altitude de fréquence $H_{50\%}$	Altitude maximale (m)	Altitude minimale (m)	Altitude moyenne (m)
1300	150	440	1650	50	497

**Tableau n° II-3 : Altitude caractéristique.**

### II-5-3. Les paramètres de relief :

#### II-5-3-1. Indice de compacité de Gravelius :

la forme du bassin versant exerce une influence considérable sur la concentration des débits résultant d'une pluie donnée, plus le bassin est ramassé plus le débit se concentre .

L'indice admis pour représenter cette caractéristique est l'indice de compacité de Gravelius  $K_c$ .

L'indice de compacité, il est exprimé par la formule suivante :

$$K_c = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \quad \text{avec :}$$

P : périmètre du bassin en km.

A : surface du bassin versant en  $\text{km}^2$ .

Les valeurs de  $K_c$  pour l'ensemble du bassin versant du sébaou ainsi ainsi que des sous bassins, sont mentionnées dans le tableau suivant :

Bassin versant		Périmètre (km)	Surface ( $\text{km}^2$ )	$K_c$
<b>Haut Sébaou</b>	02-15	102.4	532	1.24
	02-16	112	432	1.50
	02-17	98.6	468	1.27
<b>Moyen Sébaou</b>	02-18	82	304	1.31
	02-19	94.2	544	1.13
<b>Bas Sébaou</b>	02-20	62.6	220	1.18
<b>Le grand bassin</b>		250.4	2500	1.4

**Tableau n°II-4 : Paramètres de forme.**

Les valeurs de  $K_c$  aussi bien pour le grand bassin que pour ces sous bassins sont supérieur à l'unité ,suggérant à priori une forme allongée pour l'ensemble , donc la

concentration des eaux à l'exutoire se fait lentement, ce qui favorise l'infiltration au le ruissellement.

### II-5-3-2. Rectangle équivalent :

C'est une transformation purement géométrique. On assimile le bassin à un rectangle de même périmètre et de même surface, donc même indice de compacité

Le rectangle équivalent sert à la comparaison des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement.

-La longueur du rectangle équivalent L en km :

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

-La largeur du rectangle équivalent l en km :

$$l = \frac{p}{2} - L$$

Pour  $k_c=1.4$  et  $A=2500\text{Km}^2$ .

$L=100\text{km}$  et  $l=25\text{km}$

### II-5-3-3. Indice de pente globale (I<sub>g</sub>) :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \quad \text{Avec :}$$

$H_{5\%}$  : Altitude de fréquence  $\frac{1}{4}=1300$ .

$H_{95\%}$  : Altitude de fréquence  $\frac{3}{4}=150$ .

L : longueur du rectangle équivalent =100m

Pour ces données on a :  $I_g=1.15\%$ .

### Conclusion :

Le bassin versant de l'oued Sébaou est de forme allongée, de direction E-W, il couvre une superficie de  $2500\text{km}^2$ , dont l'altitude moyenne est de 504m.

La nappe alluviale représente environ 36% de la surface totale du bassin, dont l'altitude est inférieure à 200m.

Les différents paramètres morphologiques du bassin versant du Sébaou sont récapitulés dans le tableau suivant :

Paramètres morphologiques	Valeurs
Surface	2500km <sup>2</sup>
Périmètre	240km
Longueur	93km
Largeur	27km
Altitude maximale	2305km
Altitude moyenne	504km
Altitude de fréquence ½	510km
Altitude la plus fréquente	300m
Indice de compacité de Gravelius	1.4
Indice de pente globale (I <sub>g</sub> )	1.15%

**Tableau n° II-5 : Les paramètres morphologiques du bassin versant du Sébaou (source ANRH Tizi-Ouzou).**

**Introduction :**

Dans le présent chapitre, nous analyserons les paramètres climatologiques. Les objectifs majeurs de notre étude étant de rechercher et d'évaluer l'ensemble des éléments climatologiques et aussi la manière dont les différents composants du climat se comportent l'un par rapport à l'autre.

Pour mieux caractériser le régime climatique dans la région d'étude, nous avons choisi quatre stations climatiques, systématiquement sur la surface du bassin versant figure III-1, couvrant une période de 30ans (1972-2002), les différentes caractéristiques relatives à ces stations sont regroupées dans le tableau III-1.

Bien que le nombre et la répartition de ces stations paraît à premier vue satisfaisantes pour mener une étude climatique sérieuse et bien définie. La réalité est autre car les informations que fournissent ces stations sont incomplètes pour la période d'observation considérée, exception faite pour les précipitations.

En raison des lacunes que comporte certains de ces stations climatiques, on s'y retrouve contraints de nous référer aux données antérieures élaborées par P.SELTZER (1913-1983).

Station pluviométrie	Code (ANRH)	Coordonnées		Altitudes (m)	Période de fonctionnement
		X	Y		
Azazga école	02-15-04	449.4	384	430	1970-actuel
Ain El Hammam	02-17-03	644.15	364.5	1200	1971-actuel
Draâ El Mizane	02-19-02	601.5	360.15	460	1970-actuel
Baghlia ville	02-20-02	603.5	391.15	30	1968-actuel

**Tableau n°III-1 : caractéristiques des stations pluviométriques utilisées.**



### **III-1. Analyse des paramètres climatiques :**

#### **III-1-1. Les précipitations :**

Les précipitations constituent la composante fondamentale de l'hydrologie et la connaissance de cet apport d'eau au sol est essentiel pour appréhender l'état des réserves en eau du sol, la recharge des nappes et le régime des cours d'eau.

Le bassin du Sébaou reçoit en général deux formes de précipitation bien distinctes :

- La première est la pluie, la forme la plus répandue dans tout le bassin ;
- La seconde est la neige, la forme la plus localisée dans le temps et dans l'espace, elle se produit principalement sur les reliefs montagneux du Djurdjura au sud, la chaîne littorale au nord.

L'utilité avantageuse de la neige apparaît surtout dans l'écoulement, elle le ralentit relativement et laisse le sol s'imbibber d'une façon continue et donc l'eau a largement le temps de s'infiltrer.

Malgré cet intérêt indéniable qu'apporte aux sources en eau, la neige reste le facteur le moins étudié dans le bassin du Sébaou en l'absence de station d'observation appropriée en hautes montagnes (pluviomètre totaliseur).

#### **III-1-1-1. Variation des précipitations :**

Le bassin versant de l'oued Sébaou possède un réseau pluviométrique très dense (26 stations), les données anciennes sont parfois manquantes, selon les stations.

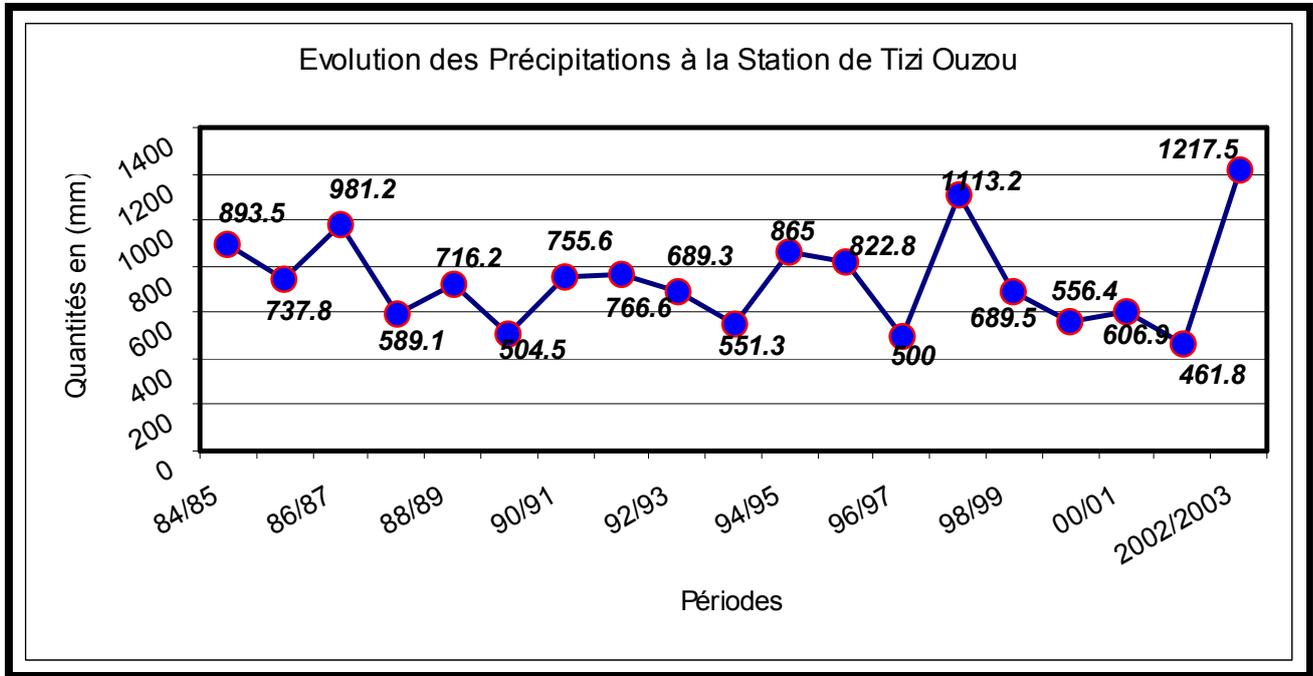
La pluviométrie moyenne à l'échelle du bassin versant est de l'ordre de 900 mm.

#### **a) variation annuelle :**

La figure ci-après figure III-2, nous montre l'évolution des précipitations en dents de scie à la station de Tizi-Ouzou, durant la période allant de 1984/1985 à 2002/2003, nous constatons que depuis l'année hydrologique 1988/1999, les apports en quantité de pluie annuelle ne cessent pas de diminuer, elle s'échelonne de 1113.2 mm en 1997/1998 jusqu'à 461.8 mm en 2001/2002.

Au cours de l'année 2002/2003 nous avons enregistré une nette augmentation des précipitations qui ont atteint 1217.5 mm à la station de Tizi Ouzou .

La moyenne annuelle enregistrée à l'échelle du bassin versant de l'oued Sébaou, pour la période 2002/2003 est de 1321.5 mm, ceci dépasse largement la moyenne annuelle des années précédentes, ce qui est exceptionnel. Les données pluviométriques sont consignées dans le tableau en annexe.



**Figure N°III-2 : évaluation des précipitations annuelles à la station de Tizi-Ouzou**

Sur un autre plan ;le diagramme de la figure figure n°III-3 établit à partir des données pluviométriques enregistrées au niveau des stations Azazga , Tizi-Ouzou ,Baghlia , Beni Yenni et Yakouren, N'Boubhir montre que les variations interannuelles des précipitations durant la période s'étalant depuis 1980/1981 à 2004/2005 sont assez concordantes.

Année	TIZI-OUZOU	BENI YENNI	BAGHLIA	AZAZGA	TN'BOUHIR	TIGHZERT
1980/1981		1037	763.5	930.8	930.7	1249.1
1981/1982		914.3	597.2	894.2	956.3	1042.5
1982/1983		777.1	688.9	865.5	1040.9	1077.1
1983/1984		885.6	550.3	926.1	909.3	1209.6
1984/1985	893.5	1008.6	799.1	1237.1	1155.8	1360.5
1985/1986	727.8	868.5	751.1	930.7	897.8	1144.6
1986/1987	981.2	1030	769.1	1106	1201.6	1342.4
1987/1988	589.7	691.6	606.3	689	790.1	829.4
1988/1989	715.2	765.2	658.6	819.2	926.2	890.3
1989/1990	504.5	521.5	523.6	542.9	665.9	719.8
1990/1991	755.6	841.8	725.1	826.9	913.2	1163.2
1991/1992	759.7	725.6	766.1	805	908.5	1014.6
1992/1993	689.3	710.8	679.6	867.7	925.1	1033.2
1993/1994	549.7	614.9	516.6	679	785.3	805.4
1994/1995	857.5	886.9	733.7	973.8	1135.2	1173.6
1995/1996	823.1	883.4	767.1	1093.6	1133.7	1174.3
1996/1997	500	505.5	499.6	591.8	707.7	696
1997/1998	1111.4	1177.2	1031.2	1317.9	1237.2	1663
1998/1999	661.3	765	737.7	855.3	774.8	988.7
1999/2000	555.6	614.3	568.6	780.6	520	831.6
2000/2001	602.9	758	620.7	826.6	808.9	961.1
2001/2002	520.7	479.6	446.9	521	628.9	634.6
2002/2003	1217.5	1417.2	1108.4	1537.4	1359.9	1700.1
2003/2004	865.6	818.8	846.1	1039.6		1209.5
2004/2005	758.1	879.5	713.6	987.2	883.8	1066.9

Tableau n°III-2 : précipitations moyennes annuelles

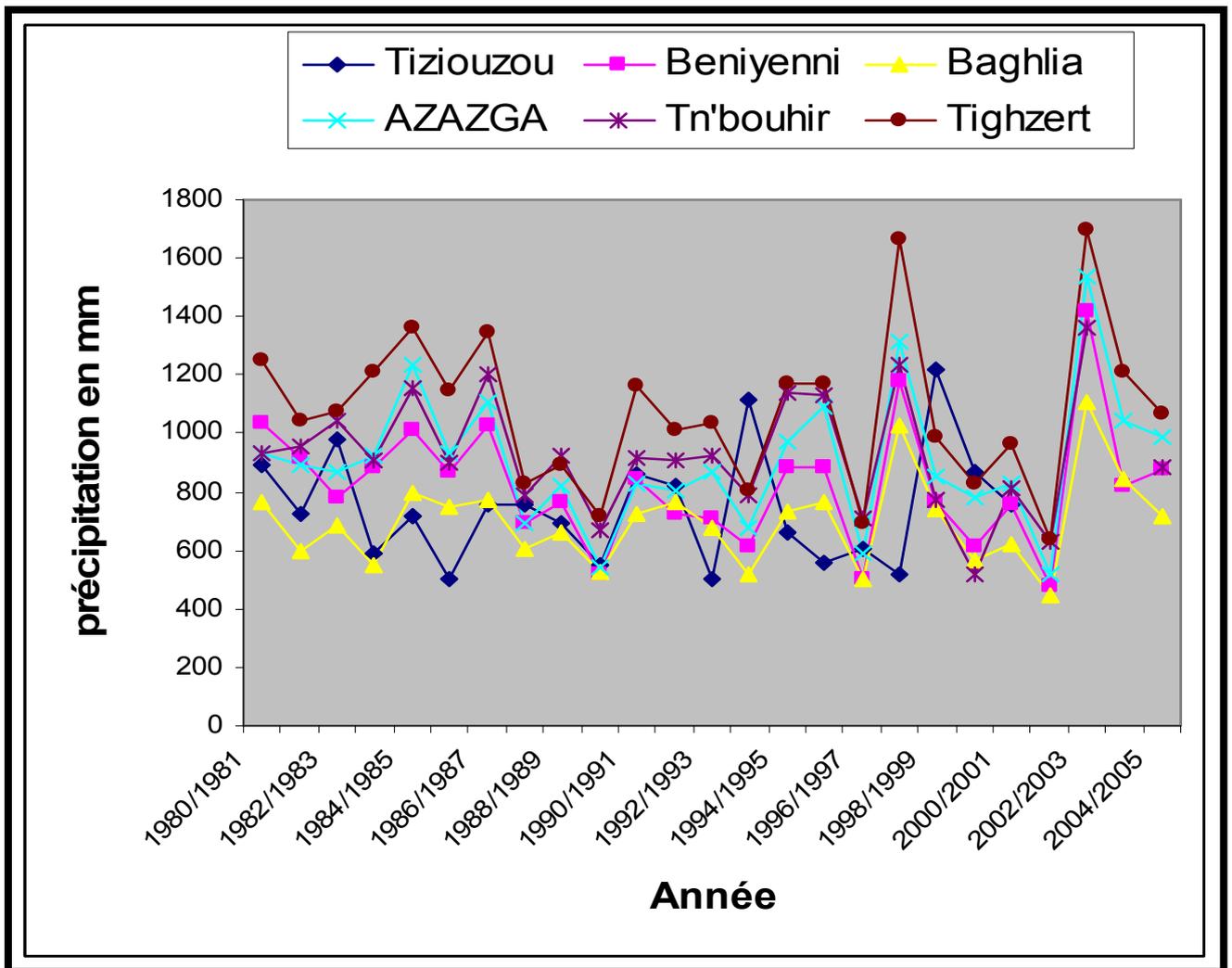
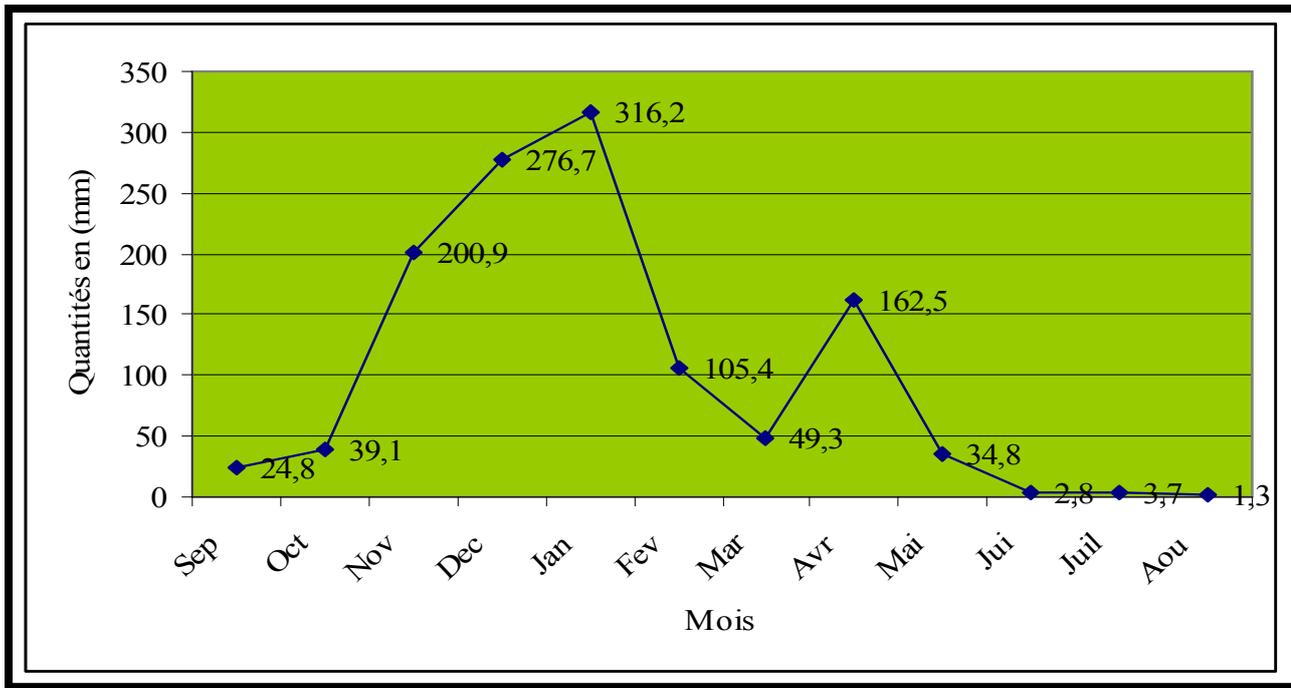


Figure N°III-3 : précipitations moyennes annuelles.

**b)variation mensuelle :** Le bassin versant de la grande Kabylie, jouie d'un climat méditerranéen, dont on distingue deux périodes à savoir, une période sèche allant du mois de mai au mois de septembre et une période humide allant du mois d'octobre au mois d'avril. L'évolution des précipitations à la station de Tizi Ouzou montre bien ces deux périodes durant l'année 2002/2003. (Figure n°III-4)



**figureN°III-4 :évaluation des précipitations mensuelles à la station de Tizi-Ouzou.**

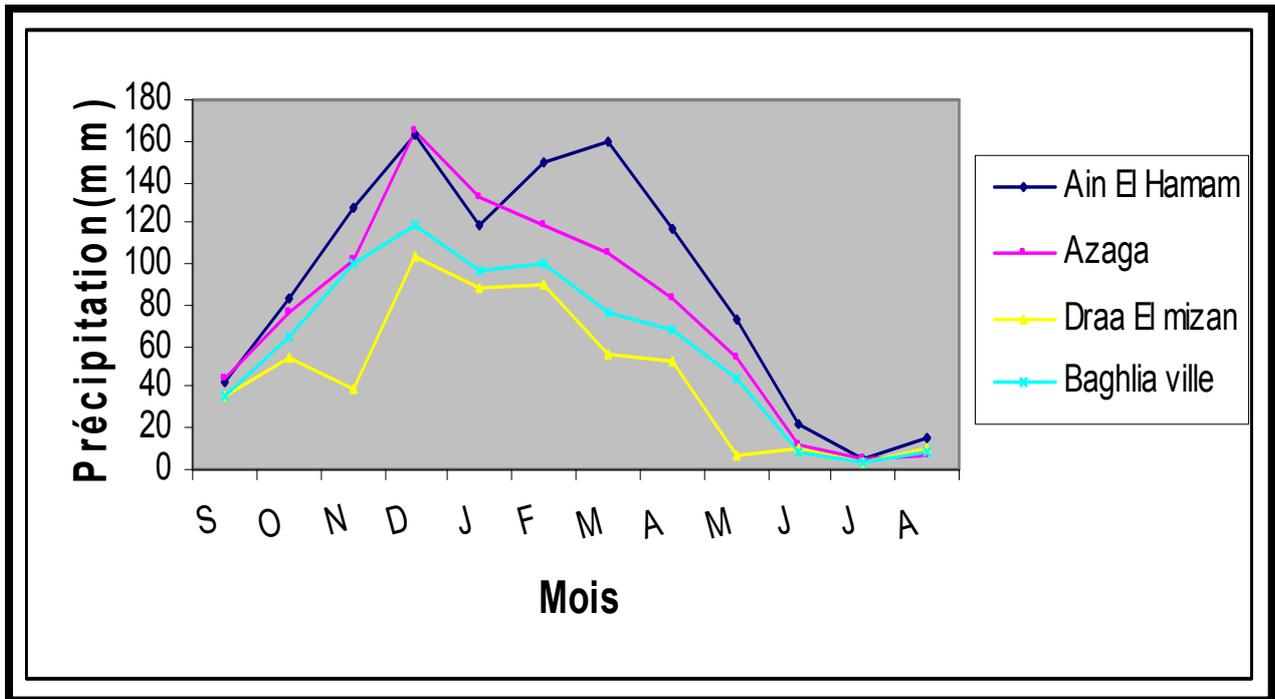
Les hauteurs moyennes des précipitations mensuelles enregistrées au niveau du bassin versant du Sébaou durant la période (1980-2005), pour les stations d’observation de Ain El Hammam, Azazga, Draa El Mizane, Baghlia village sont reportées dans le tableau n°III-3.

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O	Année
<b>Ain El Hammam</b>	41.84	82.70	127.16	162.32	118.92	148.61	158.82	117.84	72.19	21.79	5.02	14.99	1072.2
<b>Azazga</b>	44.04	77.11	101.16	164.09	132.58	118.78	105.29	82.63	54.43	11.82	5.36	6.60	902.27
<b>Draa El Mizan</b>	36.11	55.12	39.40	103.57	88.44	90.35	55.37	51.93	6.30	9.43	3.64	9.57	550
<b>Baghlia</b>	35.85	65	99.68	118.15	96.79	99.92	75.70	68.05	43.32	9.03	3.42	8.24	724.75

**Tableau n°III-3 : Précipitations moyennes mensuelles annuelles (1980-2005)**

Les résultats des quatre stations marquées dans le tableau ci-dessus confirme les résultats de la station de Tizi-Ouzou donc les précipitations sont réparties sur deux saisons :

- Une saison pluvieuse humide s’étalant du mois de octobre à avril avec un maximum enregistré au mois de décembre.
- Une saisons sèche s’étalant du mois de mai au moi de septembre. Figure III-5



**Figure N° III-5 : précipitations moyennes mensuelles des stations pluviométriques (1980/2005)**

Le graphe de la figure n° III-5, montre que l'évolution saisonnière des précipitations est similaire dans toutes les stations. Toutefois, nous constatons que la région la plus arrosée est celle de Ain El Hammam avec une moyenne annuelle de 1062.2mm, cela peut s'expliquer par sa position très élevée par rapport aux autres stations d'une part et l'influence maritime d'autre part.

En revanche, la station de Draa El Mizane, qui est relativement loin de la mer, reçoit le minimum de pluie soit une lame d'eau précipitée de 550mm par an.

### III-1-2. Température :

Les températures conditionnent le déficit d'écoulement ainsi que son estimation et encore jouent un rôle dans le processus de condensation et d'évaporation de l'eau.

C'est pourquoi ses études sont s'avère nécessaire dans le cadre de l'établissement du bilan hydrologique et la détermination du caractère climatique d'une région.

Pour une meilleur approche de ce paramètre, nous avons intérêt à considérer les anciennes données de la série de P.Selzer (1913-1938) et les plus récentes de la station de Tizi-Ouzou (1968-2002). dans le but d'établir une comparaison.

**III-1-2-1.Les données anciennes (1913-1938) :**

Les données de cette période sont relevées au niveau des stations de Tizi-Ozou, Ain El Hammam, Larabaa Neth Irathen et Aghribs.

	Larabaa Neth Irathen	Aghribs	Ain El Hammam	Tizi-Ozou
Sep	21.40	21.60	21.40	25.00
Oct	15.90	17.10	16.20	19.50
Nov	11.00	12.05	10.80	14.30
Dec	7.00	8.40	7.00	10.50
Jan	6.40	7.60	6.20	9.00
Fev	7.40	8.40	7.00	11.20
Mar	9.40	10.20	9.00	13.00
Avr	12.50	12.70	11.60	15.20
Mai	16.70	16.30	15.30	18.90
Jun	20.40	20.00	19.80	23.00
Jul	24.90	23.70	25.00	27.20
Aou	26.60	24.60	25.60	27.70
année	14.97	15.22	14.58	17.89

**Tableau n°III-4 : Température moyennes mensuelles (P.Seltzer 1913/1938).**

La comparaison des températures moyennes annuel mensuel tableau n°III-4 des différentes stations montre une concordance :

- Une décroissance rapide de Septembre à Janvier ;
- Une croissance modérée et régulière de Janvier à Août ;
- Les mois les plus froids sont par ordres : Janvier, Décembre et Février ;
- Les mois les plus chauds sont par ordre : Août, Juillet et Septembre ;
- L'écart de la température moyenne entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud est selon la station :

-Tizi-Ouzou 18.7°C.

-Aghribs17°C.

- Ain El Hammam 18.6°C.
- Larbaâ Nath Irathen 19.6°C.

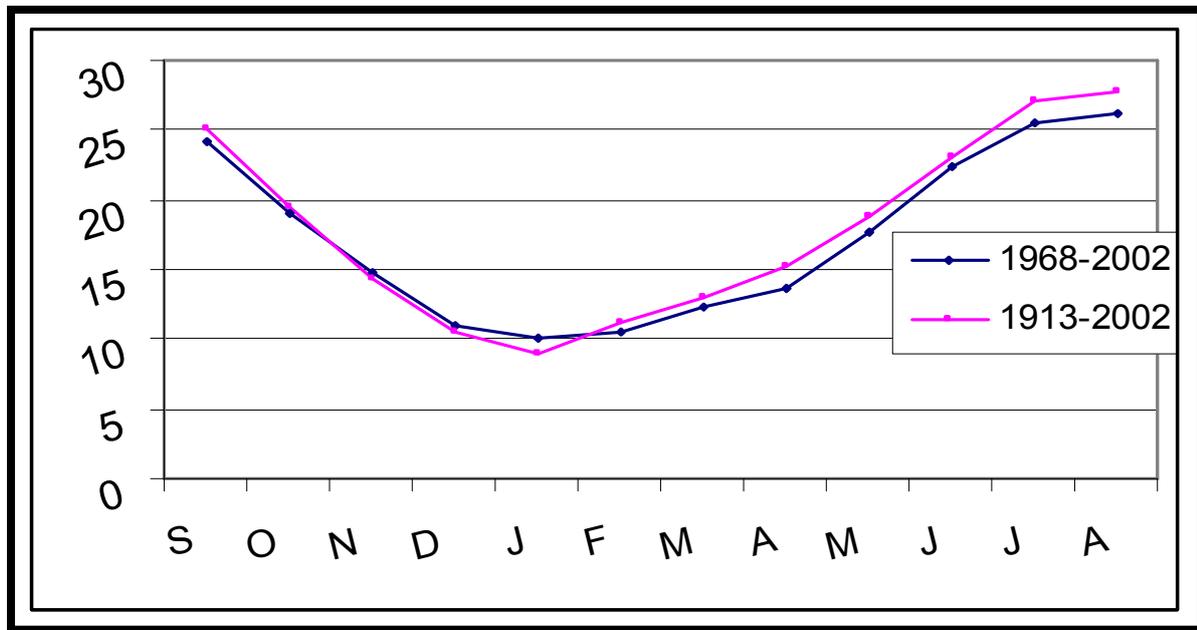
**III-1-2-2. Les données récentes (1968-2002) :**

Les seules données mises à notre disposition au niveau de l’ONM, sont celles mesurée à la station de Tizi-Ouzou pour la période 1968-2002.

La présentation de ces mesures est mentionnée dans le tableau ci-dessus :

Moi	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Année
Ten (C°)	24.23	19.13	14.67	10.95	10.05	10.63	12.21	13.90	17.63	22.46	25.51	26.16	17.30

**Tableau n°III-5 : Températures moyennes mensuelles annuelles de la station de Tizi-Ouzou (1968-2002)**



**Figure N°III-6: Comparaison des séries anciennes (1913-1938) et récentes (1968-2002) des températures à la station de Tizi -Ouzou**

La figure n°III-6 montre qu’au niveau de la station de Tizi-Ouzou, Il n y a pas une différence caractéristique entre la série ancienne (1913-1938) et la série récente (1968-2002).

La moyenne arithmétique des températures moyennes annuelles relatives aux deux périodes (anciennes et récentes) donne une température moyenne de 17°C.

**III-1-3.Régime climatique :**

De Martonne (1923) ,partant de la notion empirique d'aridité a conçu un indice caractérisé par la formule suivante :

$$A = \frac{P_i}{\theta + 10} \quad \text{Avec :}$$

$P_i$  : précipitation moyenne en mm ;

$\theta$  : Température moyenne en(C°);

A : indice de Marthone ;

Les valeurs de l'indice de Marthone permettent de correspondre à chaque région un étage bioclimatique. On distingue, ainsi, les cas suivants :

- $A < 5$ , correspond à une période aride ;
- $5 < A < 20$ , correspond à une période semi aride ;
- $20 < A < 30$ , correspond à une période tempérée ;

Les résultats mentionnés dans le tableau N°III-6 montre, à l'échelle mensuelle, l'existence de deux périodes :

- Une période tempérée (décembre, janvier, février et mars) ;
- Une période aride (juin, juillet, et août) ;

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T(C°)	25.00	19.50	14.30	10.50	9.70	11.15	13.00	15.20	18.20	23.00	27.15	27.7	17.87
P(mm)	32.10	57.90	87.70	120.30	97.50	96.80	91.20	69.70	37.60	10.60	4.80	7.90	714.10
A	11.01	23.55	43.31	70.42	59.39	54.92	47.58	33.19	16.00	3.85	1.5	2.51	25.63

**Tableau n°III-6 : Valeur de l'indice de Marthone (station de Tizi-Ouzou).**

**III-1-3-1.L'humidité relative de l'air :**

L'humidité relative de l'air est le rapport, exprimé en %, de la tension de vapeur d'eau à la tension de vapeur d'eau saturante, c'est un élément atmosphérique très important puisqu'il donne le taux de condensation de l'atmosphère. Les seuls enregistrements disponibles pour ce paramètre sont ceux effectués à la station de

Tizi-Ouzou pour une période de six ans (1989-1994) et dont les valeurs sont consignés dans le tableau ci-après :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Humidité(%)	58	71	76	78	74	76	71	70	60	58	51	50

**Tableau n°III-7: Moyenne mensuelle de l'humidité (1989-1994).**

Le tableau ci-dessus indique une humidité relative moyenne de l'air de 66% pour la période 1989-1994. sur un autre plan ,ces résultats montrent que l'humidité de l'air est relativement faible à partir du mois de mai jusqu'au moi de septembre avec un minimum de 50%au moi d'août et sensiblement élevée du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril, caractérisant la saison humide avec un maximum de 78% au mois de décembre.

### III-1-3-2. Le vent :

Le vent est l'un des éléments caractéristiques du climat régissant l'évaporation à la surface du sol et de la végétation .Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistré au niveau de la station de Tizi-Ouzou sont présentés dans le tableau n°III-8

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vitesse (km/h)	1.92	1.63	1.45	1.75	1.57	1.63	1.57	1.85	2.13	2.63	2.21	2.07

**Tableau n°III-8 : Moyenne mensuelles des vitesses des vents.**

D'après les données de l'ONM on constate que les vents dans la zone d'étude sont généralement d'orientation Ouest à Sud-Ouest.

### Force des vents :

Elle est estimée d'après une échelle télégraphique dont les degrés sont les suivants :

- 0 : vent calme ;
- 1-2 : vent faible ;
- 3-4: vent modéré ;
- 5-6 : vent assez fort ;
- 7-8 : vent fort ;

- 9 : vent violent ;

D'après les données disponibles, on constate que la région d'étude est caractérisée par des vents faibles.

### III-1-3-3.Sirocco :

La fréquence du sirocco est une des données caractéristiques du climat.

Les valeurs du tableau n°III-9 permettent de constater que la durée du sirocco est très variables, essentiellement un phénomène d'été avec cependant des fréquences relativement importantes au début de l'Automne (Septembre et Octobre).

Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Année
5.20	3.60	1.60	0.20	0.00	0.30	1.30	1.50	2.40	4.00	8.50	8.80	37.30

**Tableau n°III-9 : Nombre moyen de jours de sirocco à la station de Tizi-Ouzou (P.seltzer ; 1913/1938)**

### III-1-4.Etude de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est l'une des plus importantes composantes du bilan hydrologique.

L'évapotranspiration est la restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre quelque soit sa nature à l'atmosphère à partir de l'eau de surface (lacs, mers,...) souterraines (nappes aquifères) et de transpiration des plantes. Ce paramètre climatique conditionne l'abondance ou la disette en eau pour la végétation.

L'évapotranspiration est un paramètre difficile à mesurer, il dépend de plusieurs paramètres facteurs variant dans le temps et dans l'espace. Les principaux paramètres qui conditionnent l'évapotranspiration sont : la température, les précipitations, l'état du sol et la végétation.

L'évapotranspiration est la combinaison de deux phénomènes :

- L'évapotranspiration potentielle (ETP) qui représente la quantité d'eau maximale qui pourrait évaporée au niveau d'un sol saturé c-ad l'évapotranspiration potentielle est employée lorsque la surface évaporante est convenablement alimentée en eau.

- L'évapotranspiration réelle (ETR) qui désigne la quantité d'eau effectivement évaporée et transpiré c-a-d l'ETR désigne l'évaporation sans tenir compte de l'abondance de l'eau de l'abondance de l'eau à la surface évaporante.

### III-1-4-1.calcul de l'évapotranspiration réelle :

Des nombreux auteurs ont établi des formules empiriques donnant une approximation de l'ETP à partir de paramètres climatiques facilement accessibles.

La formule THORNTHWAITE c'est une des plus anciennes formules mises au point, elle reste très employée, car sa résolution nécessite que la connaissance de la température moyenne journalière de l'air. L'évapotranspiration potentielle se calcule à partir de la relation suivante :

$$ETP = 1.6 \left( 10 \frac{T}{I} \right)^a$$

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

$$a = (0.016 * I) + 0.5 \quad \text{Avec : } T=17.30^\circ\text{c.}$$

ETP : évapotranspiration potentielle (mm).

T : Température moyenne annuel ;

I : indice thermique annuel ;

i : indice thermique mensuel ;

Les valeurs mensuelles de l'ETP ainsi calculées sont multipliées par un facteur de correction K qui tient compte à la fois du nombre de jours par mois et de la durée du jour en fonction de latitude.

Les résultats obtenus par cette méthode sont reportés sur le tableau n°III-10 :

<b>AEH</b>	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T° c	21.40	16.20	10.80	7.00	6.20	7.00	9.00	11.60	15.30	19.80	25.00	25.60
i	9.04	5.90	3.19	1.65	1.37	1.68	2.43	3.58	5.44	8.00	11.47	11.48
ETP(mm)	103.15	62.91	29.76	14.83	12.71	15.34	27.09	42.81	72.19	107.94	158.35	148.22
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16
ETPc	106.24	61.02	25.59	12.45	11.05	13.09	27.90	47.09	87.34	131.67	196.35	164.97

<b>Agribs</b>	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T° c	21.60	17.10	12.05	8.40	7.60	8.40	10.20	12.70	16.30	20.00	23.70	24.60
i	9.16	6.43	3.79	2.17	1.88	2.19	2.94	4.08	5.98	2.88	10.55	11.16
ETP(mm)	105.56	69.83	36.47	20.46	18.38	20.89	33.95	50.21	81.02	39.33	146.21	144.71
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16
ETPc	108.73	67.73	31.36	17.19	15.99	17.76	34.97	55.23	98.03	47.98	181.3	167.86

<b>LNR</b>	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T° c	21.40	15.90	11.00	7.00	6.40	7.40	9.40	12.50	16.70	20.40	24.90	26.60
i	9.00	5.76	3.28	1.65	1.45	1.79	2.58	3.79	6.18	8.37	11.37	11.82
ETP(mm)	101.88	60.36	29.77	14.22	12.94	15.72	27.81	4.26	80.95	111.91	156.22	152.18
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16
ETPc	104.94	58.55	25.57	11.94	11.26	13.36	28.64	4.69	97.95	136.53	193.71	176.53

<b>Tiziouzou</b>	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T° c	24.23	19.10	14.67	10.85	10.05	10.63	12.21	13.90	17.63	22.46	25.51	26.16
i	10.90	7.62	5.10	3.23	2.87	3.13	3.86	4.70	6.73	9.72	11.79	12.24
ETP(mm)	113.9	73.6	45.69	26.55	23.13	25.58	32.83	41.46	63.61	98.36	123.70	129.43
K	1.03	0.97	0.85	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16
ETPc	117.32	71.39	38.84	22.30	20.12	17.49	33.81	45.61	76.97	120	153.39	150.14

**Tableau n°III-10 : valeur de l'ETP d'après la méthode de THORNTHWAITE**

**III-1-4-2 : calcul de l'évapotranspiration réelle :**

L'estimation de l'ETR est facilement accessible grâce à des formules empiriques qui utilisent les données faciles à quantifier comme la température et les précipitations.

**a) Méthode de Turc :**

Selon Turc, l'ETR est fonction de la quantité de la précipitation moyenne annuelle du bassin versant et d'un paramètre, L lui-même fonction de la température moyenne annuelle (t) du bassin versant.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$L = 300 + 25T + 0.05T^3$  avec :

ETR : Evaporation réelle moyenne annuelle (mm).

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (C°).

L : Pouvoir évaporant

Soit  $L = 991.38$  et  $P = 865 \text{ mm}$  avec  $T = 17.30^\circ \text{C}$

On aura :  $ETR = 671.10 \text{ mm}$ .

**b) Méthode de Coutagne :**

D'après cet auteur l'ETR est déduit en fonction des précipitations moyennes annuelles P(m) et de la température moyenne annuelle T(C°).

$$D = P - \lambda P^2$$

Avec :  $\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T} = 0.31$  cette formule exige une condition d'application :

$$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$$

D : déficit d'écoulement (m/an)

P : Hauteur moyenne des précipitations en m.

T : température moyenne annuelle en (C°).

Dans notre cas la condition est satisfaisante puisque  $P = 0.86 \text{ m}$  et  $1/8\lambda = 0.4$  et  $1/2\lambda = 1.61$  c-à-d ( $0.4 < 0.8 < 1.61$ ).

On déduit :  $ETR = 630 \text{ mm}$

### c) Méthode de Wundt :

C'est une méthode graphique, elle est basée sur l'utilisation de l'abaque de la figure III-7, c'est une méthode qui est en fonction de la température et de la précipitation.

Dans notre cas pour une précipitation de 865mm portée sur l'axe des ordonnées et une température de  $T=17.3^{\circ}\text{C}$  portée en abscisse, le déficit d'écoulement lu sur le diagramme, est de 670mm.

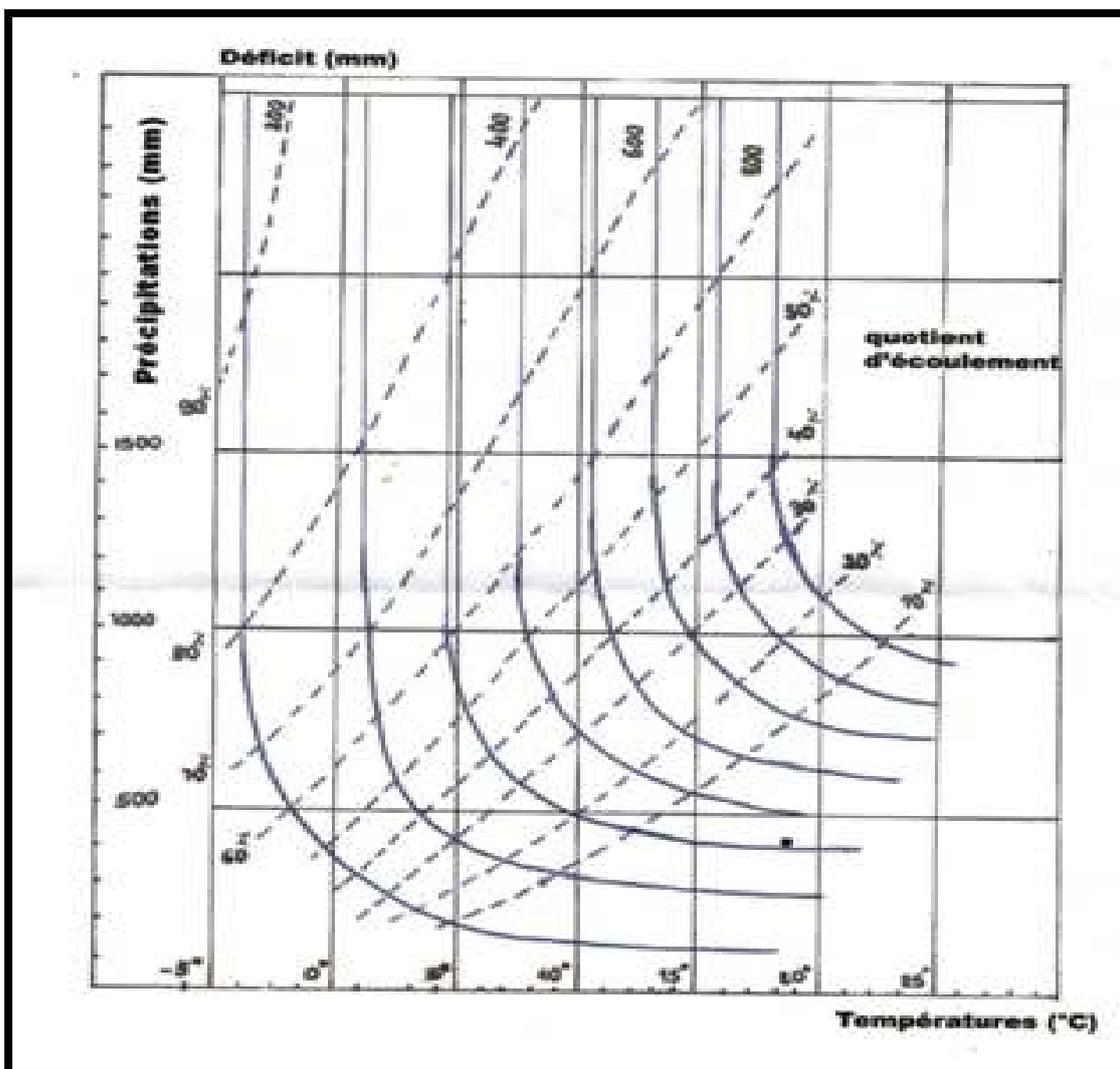


Figure N°III-7 : Abaque de Wundt modifié par Coutagne

- **Comparaison des résultats de l'évapotranspiration réelle ETR :**

Les résultats obtenus de l'évapotranspiration réelle (ETR) par les trois méthodes sont donnés dans le ci-dessous.

Méthode	TURC	COUTAGNE	WUNDT	MOYENNE
ETR(mm)	671.10mm	630mm.	670mm.	657.03

**Tableau n°III-11 : Résultats de l'ETR obtenu par les trois méthodes.**

Nous constatons que les valeurs de l'ETR obtenues par les trois méthodes citées ci-dessus ,sont assez proches ,nous retenons pour le calcul du bilan hydrologique ,la méthode de Turc qui s'applique à tout les climats,les deux autres méthodes s'appliquent généralement pour les climats humides.

### **III-2.Hydrologie de surface :**

Un bassin hydrographique se définit comme la surface topographique drainée par un cours d'eau et ces affluents de telle façon que tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface suive son trajet jusqu'à l'exutoire. En l'occurrence, c'est la mer méditerranée qui constitue l'exutoire du sébaou.

L'hydrologie de surface, s'intéresse, justement à la fraction de lame d'eau précipitée sur le bassin versant et drainée par le réseau hydrographique.

#### **III-2-1.station et données hydrométrique :**

Le bassin versant du sébaou compte six stations hydrométriques dont les caractéristiques sont consignées dans le tableau n° III-12.

Les données mensuelles et journalières aux stations hydrométriques du Sébaou ont été collectées à l'ANRH de Blida.

Oued	Nom de la station	Code	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Date de mise en service	Cordonnées lambert		
					X	Y	Z(m)
Boubhir	Boubroune	02.15.13	482	17/10/1987	645.600	382.600	140
Dis	Fréha	02.16.15	96	01/04/1973	642.950	384.250	130
Aissi	RN 30	02.15.17	445	15/10/1979	627.100	374.600	110
Sébaou	Belloua	02.18.03	1465	20/03/1973	623.300	381.200	90
Bougdoura	RN 25	02.19.09	296	25/04/1973	610.200	375.750	80
Sébaou	Baghlia	02.20.01		Depuis 1949	603.750	390.100	25

**Tableau n°III-12 : caractéristiques des différentes stations hydrométriques.**

### III-2-2. Estimation des sources en eau de surface :

Les ressources en eau de surface annuelles disponibles dans le Sébaou, sont estimées à la station hydrométrique de Baghlia durant la période (1986-1999) à 466.73 Hm<sup>3</sup> soit un débit moyen annuel de 14.8m<sup>3</sup>/s. cette valeur correspond à une lame d'eau écoulée de 187mm répartie sur l'ensemble du bassin, soit environ 23% des précipitations.

La répartition des débits moyens mensuels enregistrés à la station de jaugeage de Baghlia située à l'exutoire du bassin versant pour une période de 13 ans, est représentée dans l'hydrogramme de crue figure n°III-11, ce dernier est établi à partir des données du tableau n°III-13 et montre que le débit de l'oued Sébaou est fort au mois de décembre jusqu'en mai et faible durant les mois de juin jusqu'en novembre au point où se tarit complètement au mois d'août.

### III-2-3. Régime des apports :

#### III-2-3-1. Régime mensuel des apports :

Les histogrammes des débits moyens mensuels (figure n°III-8 et III-9) tracés à partir des données consignées dans le tableau n°III-14 montre une croissance des valeurs de septembre à février suivie d'une décroissance.

Le maximum des débits mensuels pour deux stations de Belloua et de Baghlia ; exutoires respectifs du haut et du bas Sébaou ; est enregistré aux mois de novembre à avril. Par contre le minimum d'apport est enregistré aux mois de juillet à octobre.

	S	O	N	D	J	F	M	A	m	J	J	A
Baghlia	0.22	0.40	6.45	28.35	38.20	39.92	24.89	19.95	15.17	3.88	0.19	0
Belloua	0.23	0.58	2.53	16.03	22.23	26.62	16.47	15.08	9.59	1.78	0.28	0.15

Tableau n° III-13 : débits moyens mensuels des stations de Baghlia et de Belloua

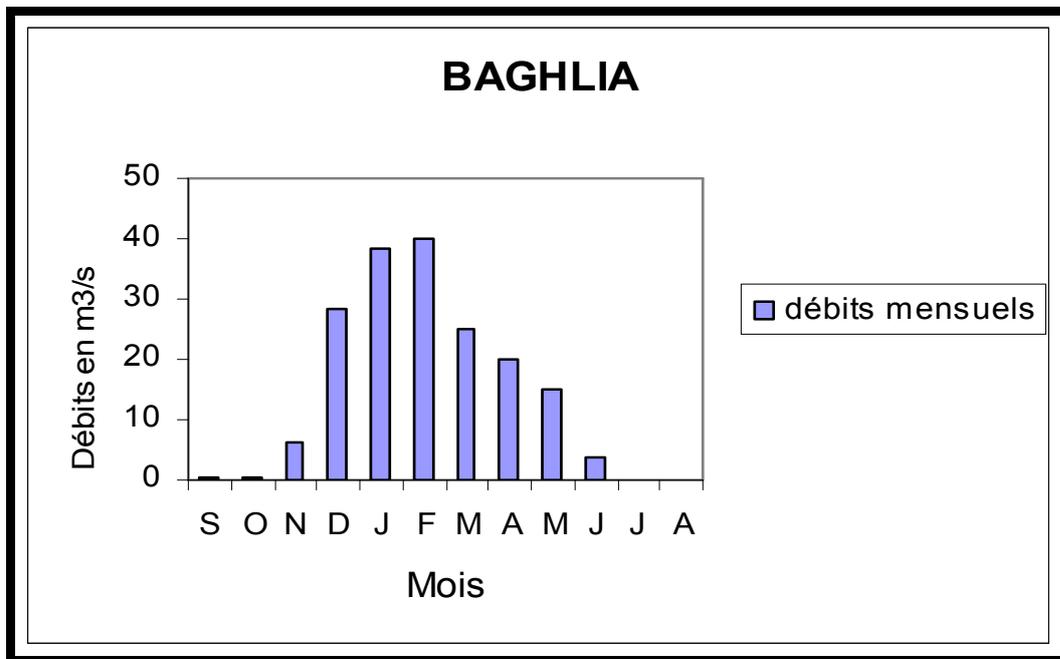


Figure N°III-8 : Variation mensuelle des apports de l’oued à la station de Bghlia(1986/1999)

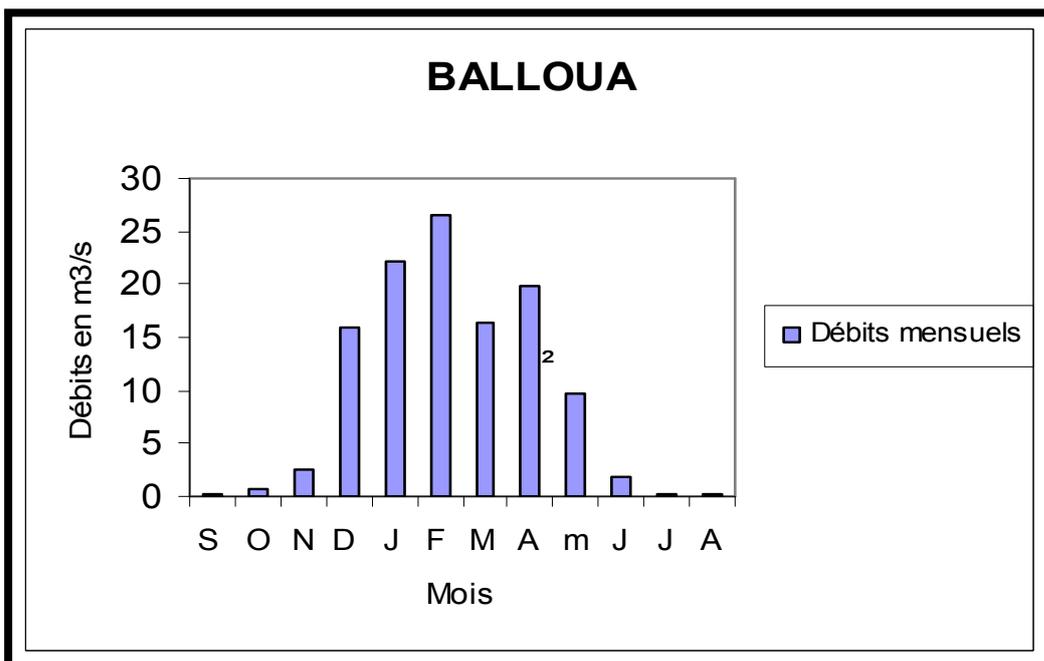


Figure N°III-9 : Variation mensuelle des apports de l’oued à la station de Bghlia(1986/1999)

En outre, on constate que les sommets des histogrammes des débits moyens mensuels sont observés au mois de février, cela peut-être expliqué par l'apport supplémentaire provenant de la fonte des neiges.

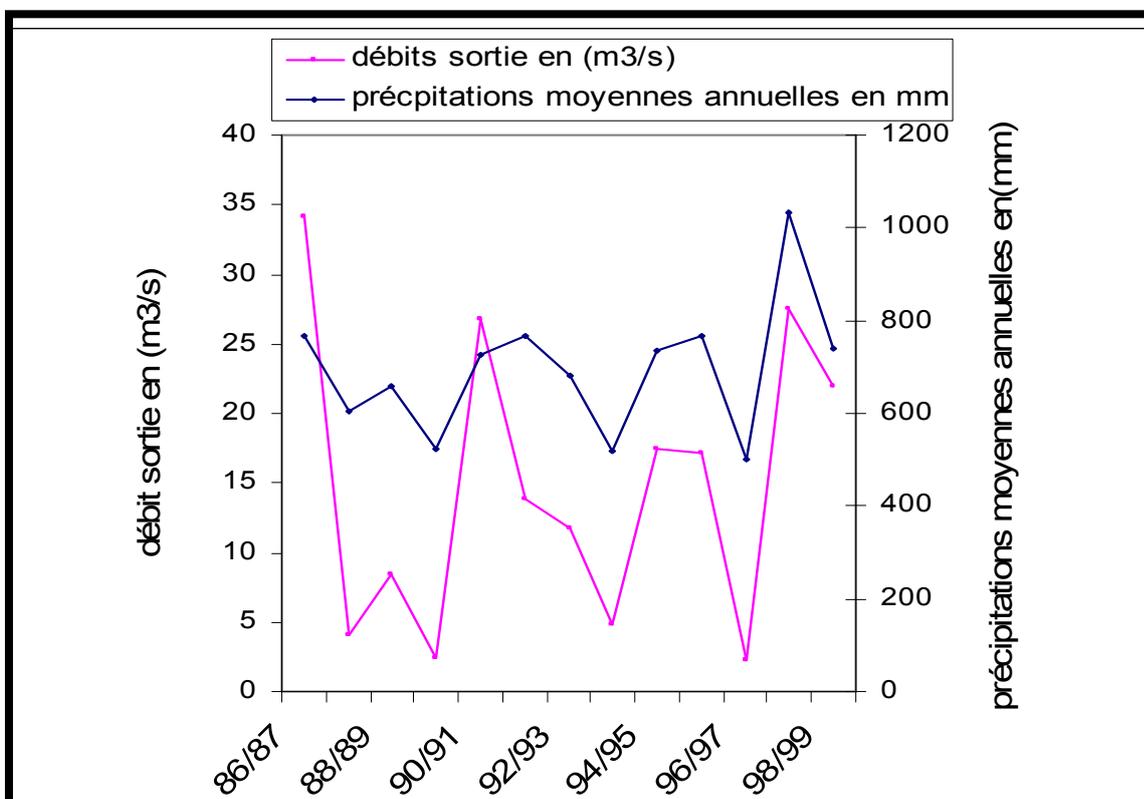
Sur un autre plan, on note une grande différence entre le maximum enregistré au mois de Février à la station de Baghlia (39.92 m<sup>3</sup>/s) et celui enregistré à la station de Belloua avec 26.62 m<sup>3</sup>/s seulement.

### III.2.3.2 Relation entre les précipitations et les débits évacués:

Le diagramme de la figure III-10 construit à partir des données de débit et de pluviométrie enregistrées à la station de Baghlia durant la période 1986/1999 (tableau III-14) montre une concordance entre les variations interannuelles de ces deux paramètres traduisant ainsi une alimentations de l'oued par les pluies.

donnée	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99
P(mm)	769.1	606.3	658.6	523.6	725.1	766.1	679.6	516.6	733.7	767.1	499.6	1031.2	737.7
Q(m <sup>3</sup> /s)	34.21	4.09	8.40	2.43	26.75	13.76	11.68	4.87	17.45	17.15	2.31	27.5	21.90

**Tableau n° III-14 : Corrélation précipitation/Débits évacués à la station Baghlia**



**Figure N° III-10 : corrélation précipitations- Débits évacués à la station de Baghlia**

### III-2-4. Détermination de la lame d'eau ruisselée (R) :

#### III-2-4-1. Méthode de Tixeront-Berkaloff :

C'est une méthode empirique applicable en zones arides, et la précision est d'autant meilleure dans le cas d'un bassin versant énorme avec des faibles précipitations ( $p < 300\text{mm/an}$ ). sa formation est la suivante :

$$R = \frac{p^3}{3(ETP)^2} \text{ Où}$$

R : ruissellement superficiel moyen annuel (en mm).

P : précipitations moyennes annuelles (en mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle moyenne annuelle (en mm).

Dans le cas du bassin versant du Sébaou , cette méthode donne le résultat suivant :

$$P=865\text{mm}$$

$$ETP=872\text{mm} \quad \text{d'où} \quad R=283.7\text{mm}$$

La lame d'eau ruisselée déterminée par la méthode de Texeront-Berkaloff est égale à 28.7%des précipitations.

#### III-2-4-2. Méthode de l'hydrogramme :

Le tracé de l'hydrogramme s'effectue en reportant les débits ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) en ordonnées et les temps (jour) en abscisses. Les données utilisées pour le tracé de cet hydrogramme figurent dans le tableau n°III-14.

Pour séparer les trois composantes du ruissellement, on procède de la façon suivante :

Nous transformons le temps (mois) en jour, puis nous reportons sur un papier semi-logarithmique les débits ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) en fonction du temps de la période d'avril à août (partie décroissante de l'hydrogramme).

Les débits étant en ordonnées à l'échelle logarithmique et le temps en abscisses à l'échelle arithmétique, nous observons deux points de brisure que nous appellerons  $S_1$  et  $S_2$  (figure n°III-12etIII-14)

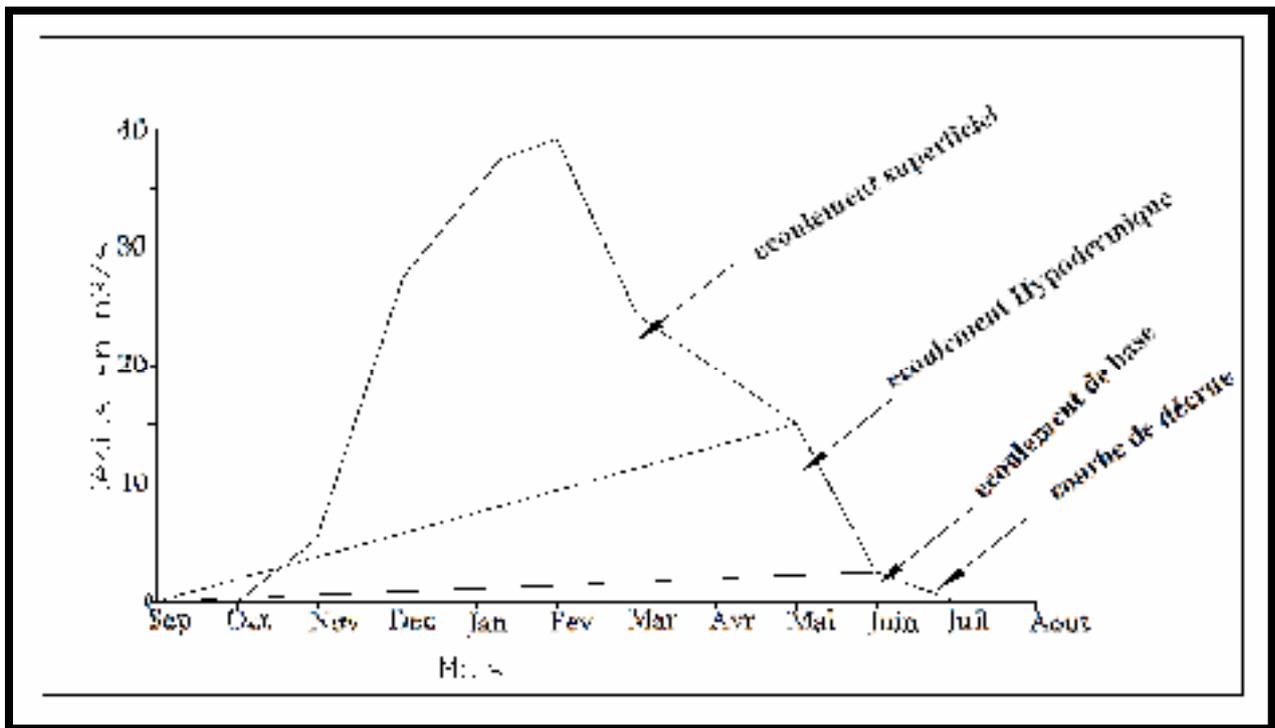
$S_1$  marque la fin du ruissellement superficiel et  $S_2$  marque la fin du ruissellement hypodermique et le début de l'écoulement de base.

Aux point  $S_1$  et  $S_2$  correspondent deux temps  $t_1$  et  $t_2$  en abscisses. on reporte ces deux temps sur l'hydrogramme, puis les joint par les droites 1 et 2 au point de départ de l'hydrogramme (figure n°III-11 et III-13)

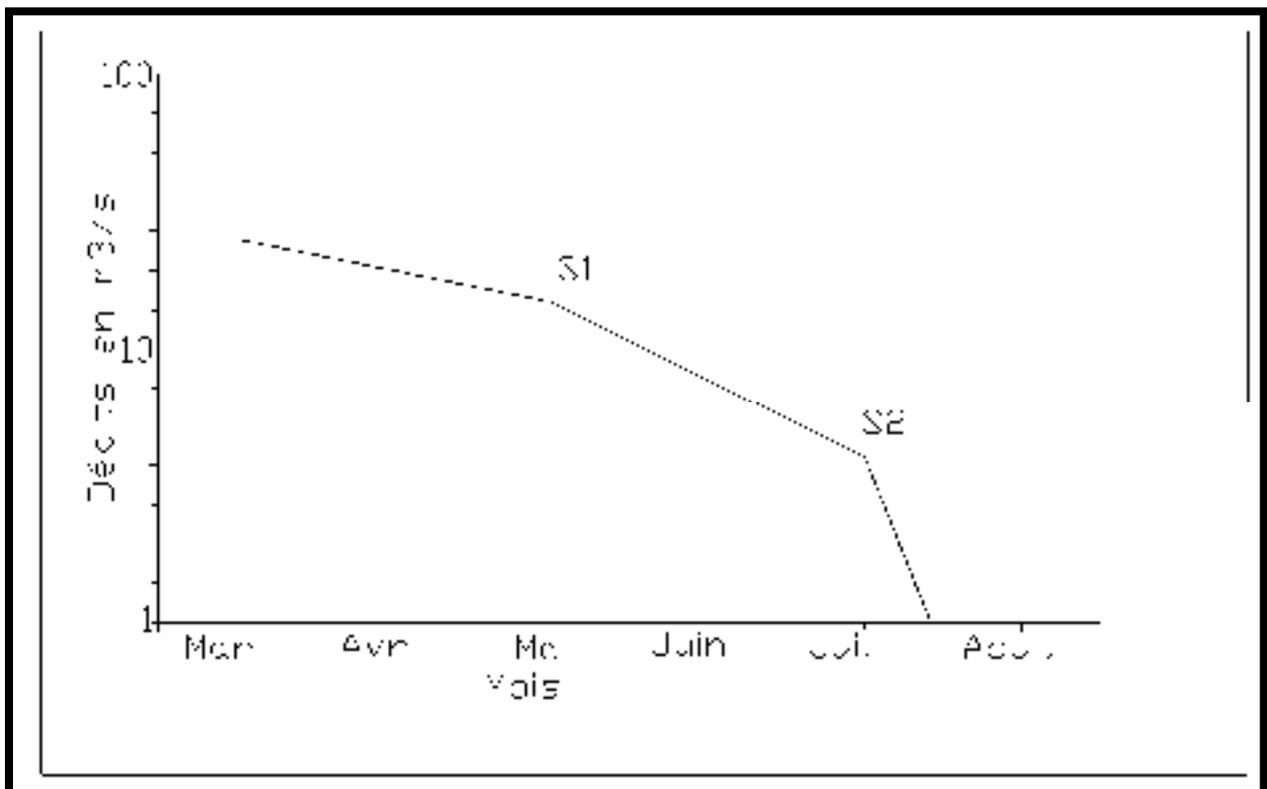
En suite, on procède au planimétrage du domaine de ruissellement et nous trouvons le ruissellement (R).

Les résultats obtenus par cette méthode sont :

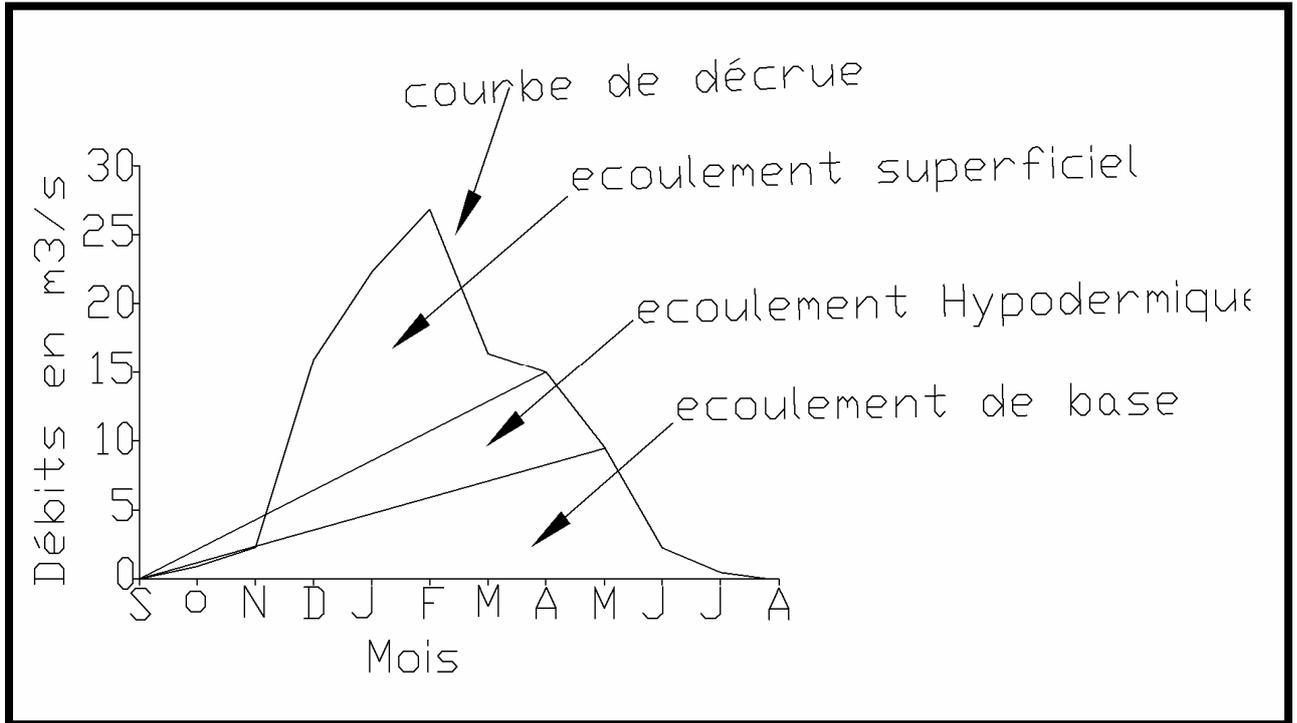
- Le ruissellement est estimé à 182mm soit 21% des précipitations globales.
- L'infiltration (assimilé à l'écoulement de base) est estimée à 5mm soit 0.58% des précipitations moyennes à l'échelle du bassin de Sébaou.



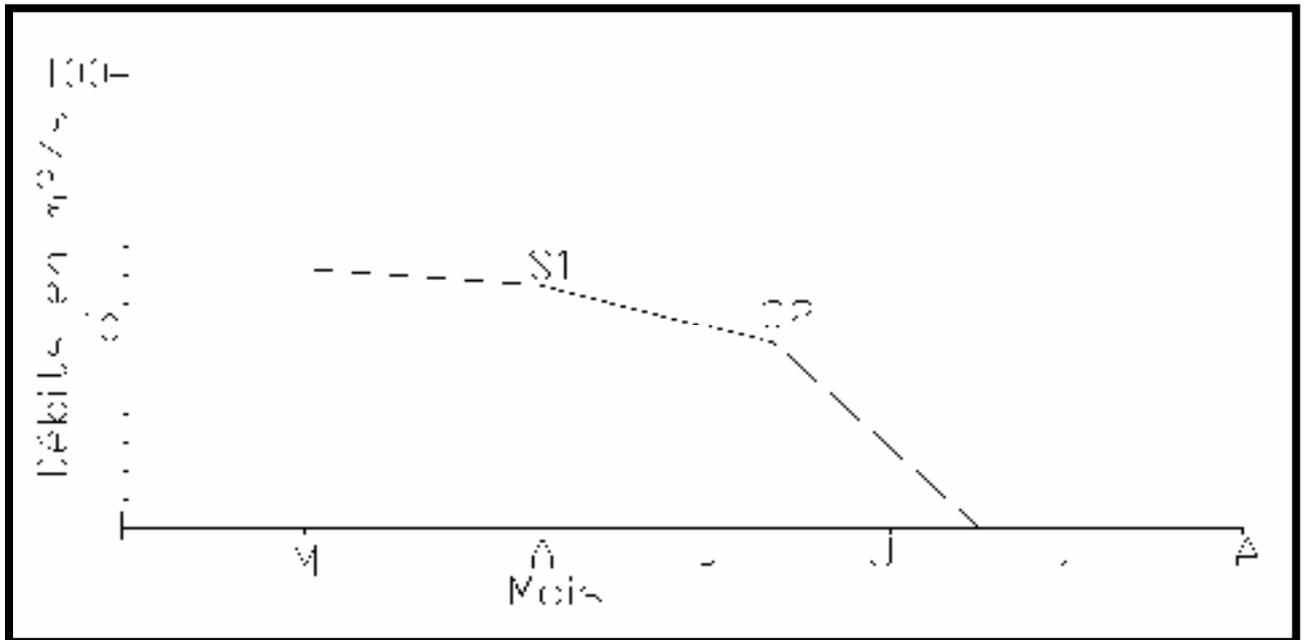
**Figure N°III-11 : Hydrogramme de crue de la station de Baghlia**



**Figure N°III-12 : Courbe de séparation des écoulements à la station de Baghlia**



**Figure N°III-13 : Hydrogramme de crue de la station de Belloua**



**Figure N°III-14: Courbe de séparation des écoulements à la station de Belloua**

**III-2-5. Le bilan hydrologique :**

La formule du bilan hydrologique peut être exprimée de la manière suivante :

$$P = ETR + R + I \pm \Delta S$$

Où :

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle (mm).

R : Ruissellement moyen annuel (mm).

$\Delta S$  = La variation des réserves que nous supposons nulles.

Pour déterminer le bilan il faut déterminer deux paramètres inconnus R et I.

Les paramètres du bilan hydrologique ont été calculés à partir des méthodes empiriques, sauf les précipitations qui elles ont été mesurées au moyen direct sur le terrain.

Apports (mm)		Exhaures (mm)				Ecart apport exhaure (mm)
Précipitations	Total des apports	ETR	R	I	Total des Exhaures	
865	865	671	182	5	858	7

**Tableau n°III-15 Les valeurs de Ruissellement et l'infiltration.**

En général l'équation hydrologique est relativement équilibrée, toutefois, on constate un léger écart qui peut être à cause de :

- Erreur de manipulation c-a-d erreur de mesure des paramètres climatiques telle que la précipitation et la température.
- L'utilisation des méthodes empiriques dans le calcul des paramètres du bilan .
- La négligence des précipitations solides (la neige) qui sont des apports latéraux qui peuvent influencer les écoulements surtout en absence de stations pluviométriques dans en hautes altitudes.

**Conclusion :**

L'examen des données climatiques nous a permis de définir deux périodes différentes :

- Une saison sèche, avec un climat sec qui s'étend de mai à septembre.
- Une saison froide, avec un climat humide tempéré s'étend d'octobre à avril.
- La température moyenne est d'environ de 17.30°C.
- La valeur de lame d'eau précipitée est de 865mm.
- Le régime climatique du bassin versant du Sébaou est humide et tempéré ; il a été déterminé par la méthode de De Martonne qui tient compte des précipitations et des températures.

La valeur de la lame d'eau ruisselée calculée par la méthode de l'hydrogramme est plus représentative et cette méthode est plus fiable et donne toutes les composantes de l'écoulement, alors que les résultats obtenus par la méthode Txiront-Berkaloff ne sont pas représentatifs pour notre bassin car cette dernière est plus adaptée pour les bassins versants situés dans des zones semi-arides à aride.

Les résultats du bilan hydrologique que nous avons établi montrent que plus de 77% des précipitations moyennes sont reprises par l'évapotranspiration réelle, le ruissellement et l'infiltration sont estimés respectivement à 21% et 0.58% des précipitations globales.

**Introduction :**

On rencontre en Algérie des ensembles structuraux diversifiés avec, du Nord au Sud :

- un ensemble plissé et formé de nappes de charriages, dit "chaîne alpine" ou "Berbérides".

Comprenant la dorsale kabyle au Nord, avec les massifs kabyles et le Djurdjura, et le domaine tellien au Sud,

- un domaine stable dit avant-pays correspondant aux hautes plaines,
- L'Atlas saharien,
- La plate forme saharienne,

**IV-1.Cadre géologique régional :**

La vallée de l'oued Sébaou est située au nord de la grande Kabylie .Elle correspond à un bassin miocène occupant la grande zone synclinale qui s'étend principalement d'Azazga à Dellys et fait partie de la chaîne des Maghrébides résultant des cycles orogéniques hercyniens et alpins(figure IV-1).

Selon la structure, on distingue trois ensembles géologique représentés par :

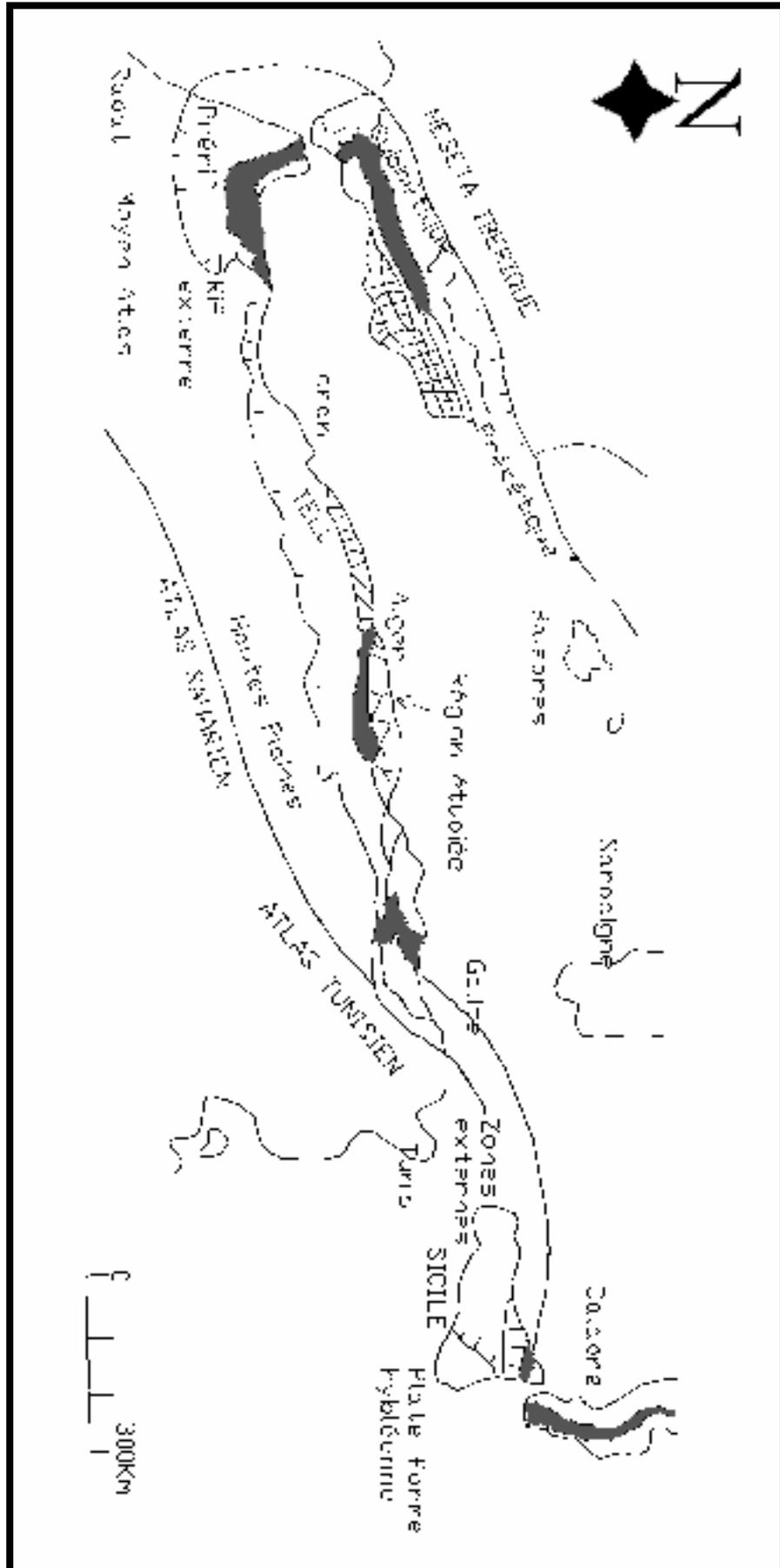
- Les zones internes ou " Domaine kabyle" ;
- La zone des flyschs ;
- Les zones externes ou "Telliennes" ;

**IV-1-1.Les zones internes ou "Domaine Kabyle" :**

Le socle cristallophyllien kabyle fortement métamorphisé d'âge Précambrien, sa couverture sédimentaire paléozoïque peu ou pas métamorphisé.

Le socle kabyle essentiellement carbonaté et intensément écaillé sous la poussée et par fois le chevauchement du cristallophyllien plus interne.

- Le socle kabyle d'âge paléozoïque ou même plus ancien, est constitué de formations cristallophylliennes. Ces terrains sont représentés par des gneiss ,des micaschistes , des schistes ,des amphibolites et des granulites.
- La couverture sédimentaire paléozoïque est discordante sur le socle, elle correspond à une formation essentiellement grés-pélitiques à intercalations



**Figure N°IV-1.a. Situation de la zone étudiée dans l’orogène alpin périméditerranéen (D’après M.Durand Delga, 1969)**

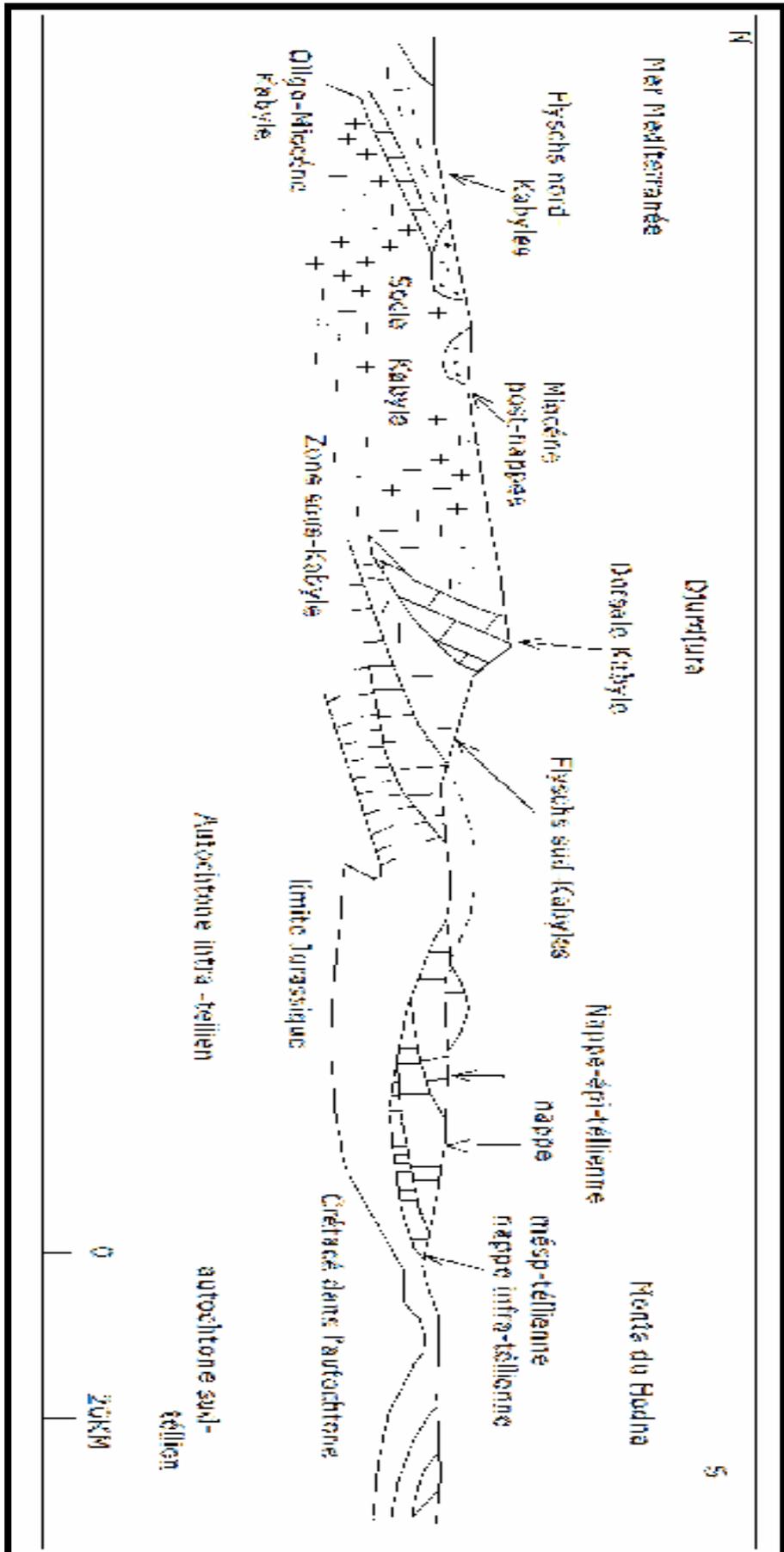


Figure N°IV-1.b. Rapport entre les grandes unités structurales sur le méridien de la grande Kabylie (D'après M.Durand Delga, 1969)

Carbonatées regroupant des séries allant du cambrien supérieur au carbonifère moyen.

La dorsale kabyle ou chaîne calcaire (Glangeaud,1932) est discordante sur le socle kabyle ,représentant sa couverture .elle comprend des faciès argilo-gréseux d'âges Triasique, des calcaires et marono-calcaire jurassique et des niveaux détritiques éocènes.

- Quant à l'oligo-miocène Kabyle, celui-ci correspond à une mollasse résultant de l'érosion des reliefs après l'orogénèse éocène. Elle est discordante sur les écaillés de la dorsale ou sur le socle kabyle.

#### **IV-1-2.Domaine des Flyschs :**

C'est un ensemble de nappes à matériel détritique daté du jurassique moyen à l'éocène.

Tectoniquement il se situe entre les zones internes et les zones externes nous pouvons distinguer trois types des nappes :

- La nappe du flysch Maurétanéen :  
Présente à la base des dépôts jurassique qui débutent par des formations grés-carbonatées du Néocomien ,passant à des faciès gréseux au Barrémien-Albien moyen, puis carbonaté à l'Albien supérieur et grés-micacé à l'oligo-miocène inférieur.
- La nappe du flysch Massylien :  
A base inconnue est représentée par des marnes argileuses d'âge Crétace-Eocène à niveau conglomératiques et des passées de microbrèches d'ou son nom de flysch à microbrèches.
- La nappe du flysch Numidien :  
De type allochtone présente des niveaux épais de grés alternant avec des passées d'argiles du Stampien-Aquitaniens.

#### **IV-1-3.Domaine externe :**

Ce domaine forme une large bande entre les zones internes et l'avant pays preatlasique, On y observe :

Le para-autochtone (massif à schistosité) avec des séries Paléozoïques et Mésozoïques. Cet ensemble est en général écaillé et épimétamorphique du Crétacé (Kireche, 1977).

Les nappes telliennes : constituées de terrains essentiellement marno-calcaires d'âge crétacé-éocène (Caire, 1971 ; Coutelle, 1979).

#### **IV-2.Cadre géologie de la région étudiée :**

La vallée du Sébaou correspond à un bassin dans lequel sont accumulés des sédiments Mio-plio-quadernaires.

##### **IV-2-1.La lithostratigraphie :**

L'extrait de la carte géologique à l'échelle 1/50000 montre que la région d'étude est caractérisée par les formations lithostratigraphiques suivantes :

- Le socle cristallophylien ;
- La chaîne calcaire ;
- L'oligo-miocène ;
- L'unité Numidienne ;
- Les flyschs ;
- L'unité Tellienne de Dellys ;
- L'Olistostrome ou "argiles a blocs" ;
- Les formations post-nappes ;
- Les formations quadernaires ;

##### **IV-2-1-1.Le socle kabyle :**

Il est formé de terrains constitués par la superposition de roches cristallophylliennes d'âge protérozoïque à paléozoïque, constituant le substratum de la dorsale kabyle est subdivisé en trois ensembles :

Le cristallophyllien inférieur, essentiellement gneissique avec des intercalations de marbres et d'amphibolites ; le tout recoupé par des filons de quartz et de tourmaline.

Le cristallophyllien supérieur ,composé de schistes satinés à quartz alternant avec des grés, des porphyroïdes ocellés et des lentilles de calcaires métamorphiques.

La couverture sédimentaire paléozoïque à formations gréseuses et carbonatées peu ou pas métamorphique, discordante sur les phyllades. Cette couverture sédimentaire est d'âge cambrien supérieur à carbonifère moyen.

#### **IV-2-1-2. La dorsale kabyle :**

Cette unité appelée chaîne calcaire (Glangeaud, 1932) ou dorsale kabyle (Durand Delga, 1969) est formée de terrains carbonatés datés du permo-Trias à l'Oligocène.

La dorsale kabyle qui représente la couverture du socle kabyle, limite le domaine interne au nord du domaine des flyschs au sud. Les auteurs distinguent à partir des considérations lithostratigraphiques une dorsales interne, médianes est externe.

FigureIV-2

- La dorsale interne : isolée au nord du massif de chellata , séparée des autres par de larges affleurement du socle .elle constitue l'unité de Berkaiiss , peu tectonisée.
- La dorsale médiane : occupant la partie centrale du massif de Chellata , elle est limitée au nord ouest par le socle cristallophylien et au sud-est par un occident de direction sud-ouest nord-est .
- La dorsale externe : elle correspond au remplissage de la partie sud du massif de Chellata. La figureIV-3 résume la colonne lithostratigraphie synthétique.

#### **IV-2-1-3. L'oligo-miocène :**

Le terme Oligo-Miocène Kabyle désigne pour les auteurs l'ensemble des formations détritiques discordantes sur le socle Kabyle ; les formation sont datées de l'oligocène Terminal au Miocène basal.

Cette formation est constituée de la base au sommet par des conglomérats surmontés par des argiles riches en débris de socle et parfois silicifiés, selon les lieux.

L'oligo-miocène Kabyle affleure a Ain El Bir au nord-ouest du Djebel Belloua , à Kouanine à Azib Bou Moussa , dans la région de Draà El Mizane , Oudhias et dans la région de Tabouda-Mréira (D.Raymond, 1976 ; J.P.Gélard,1979).

**IV-2-1-4. L'unité Numidienne :**

C'est une série de type flysch d'âge Oligo-Miocène comportant toute une partie des trois termes de la série numidienne ; les argiles sous numidiennes à la base , les grès numidiens et les formations supra-numidienne constituées d'argiles et de marnes intercalées de selexites.

Elle affleure dans les massifs d'Akfadou à l'Est d'Azaga et de la forêt de Mizrana.

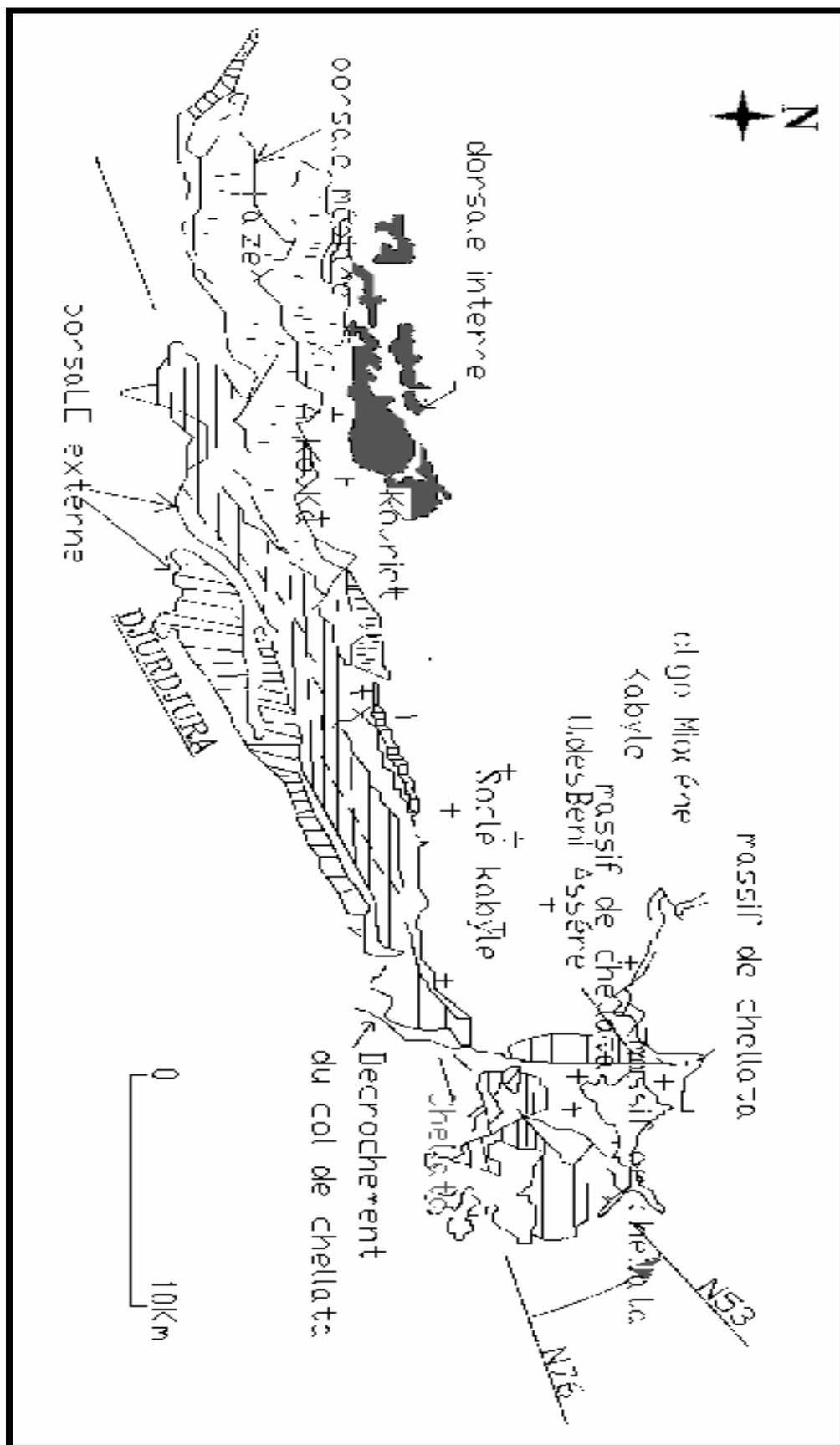


Figure N° IV-2: Carte schématique interprétative de la dorsale de la Grande Kabylie (J P Gélard, 1979 )

#### IV-2-1-5. Les flysch :

On rassemble dans les séries mauritanéennes et massyliennes toutes les formations associées aux flyschs terrigènes maghrébins d'âge jurassique moyen à Eocène figure n°IV-4

**a) Les flyschs Maurétaniens :** Le faciès se définit par un ensemble de caractères précis qui sont :

- Grès à faciès " Guerrouch " d'âge Barrémo-Aptien.
- Repère quartzite vert bouteille et calcaires microbréchiques d'âge Cénomaniensilicification blanche ;
- Calcaires microbréchiques, marnes rouges et conglomérats grossiers d'âge sénono –Eocène ;
- Calcaire microcodium d'âge Paléocène ;
- Couverture gréso-micacée d'âge stampanien-Aquitaniens (J.P.Gelard 1979).

**b) Les flyschs Massyliens :** Il est constitué de bas en haut :

- Flysch péléto-quartzitique d'âge Albien-Aptien.
- Calcaires fins jaunâtres en petits bancs, d'âge Albien supérieur Cénomaniens inférieur.
- Flysch argilo-marneux à plaquettes microbréchiques d'âge Maéstrichtien Eocène (J.P.Gelard 1979).

Au sein des flyschs ; le mauritanien et le massylien représentent les deux pôles extrêmes. Confirme leur éloignement paléogéographique : le premier est chargé de débris de dorsale (à partir du Crétacé supérieur) ; le second est fragmenté qui proviennent des zones externes (de type Babore) (J.P.Gélard, 1979).

**c) Les flyschs Mixtes :**

Il existe des séries mixtes, intermédiaires entre les séries types massyliennes et mauritaniennes, c'est :

**c-1. Le flysch du haut Sébaou-Azazaga :**

Ce flysch présente des affinités à la fois avec le Massylien et le Mauritanien. Il s'agit généralement d'un flysch ou le faciès argileux est dominant.

Sur les calcaires fins, datés du berriasien moyen-supérieur, on distingue :

- Un ensemble essentiellement argileux formé par :

- Une puissante série argileuse accompagnée de bancs de grés ou de grés quartzitiques.
  - Des grés en bancs réguliers séparés par des pelites sombres (Aptien supérieur-Albien).
  - Des marnes et argiles bleutées à passées rouges d'âges Aptien-Albien.
- Des calcaires fins interstratifiés par fois avec des phtanites peu épaisses et souvent argileuses.
- Des argiles et marnes grises ou bleutées présentant des passés rougeâtres. Elles sont datées du Maastrichtien.
- Des marnes roses ou rouges et des bancs de calcaires organoclastiques datées du Sénonien terminal-Paléocène supérieur.

### **c-2. Le flysch d'Afir-Azeffoun :**

Ce flysch affleure au SE de Dellys, dans la région d'Afir et dans la région d'Azeffoun ; il est composé de trois unités :

#### **c-2.1. L'unité inférieure d'Afir :**

C'est un complexe comportant de bas en haut :

- Un flysch pélito-quartzitique d'âge crétacé inférieur ;
- Un mince niveau de phtanites cénomaniennes ;
- Un complexe d'épaisseur réduite avec des argiles et microconglomérats et des calcaires fins d'âge crétacé supérieur (D.Raymond, 1976).

#### **c-2.2. L'unité supérieure d'Afir :**

C'est un complexe débutant par des phtanites cénomaniennes, surmontées d'un flysch crétacé supérieur, tendre, ou alternent des argiles et microconglomérats à ciment argileux ("flysch à microbrèches") (D.Raymond, 1976)

#### **c.2.3. Le flysch du haut Sébaou :**

C'est un flysch pélito-calcaro-microconglomératique verdâtre, extrêmement chaotique d'âge Crétacé supérieur.

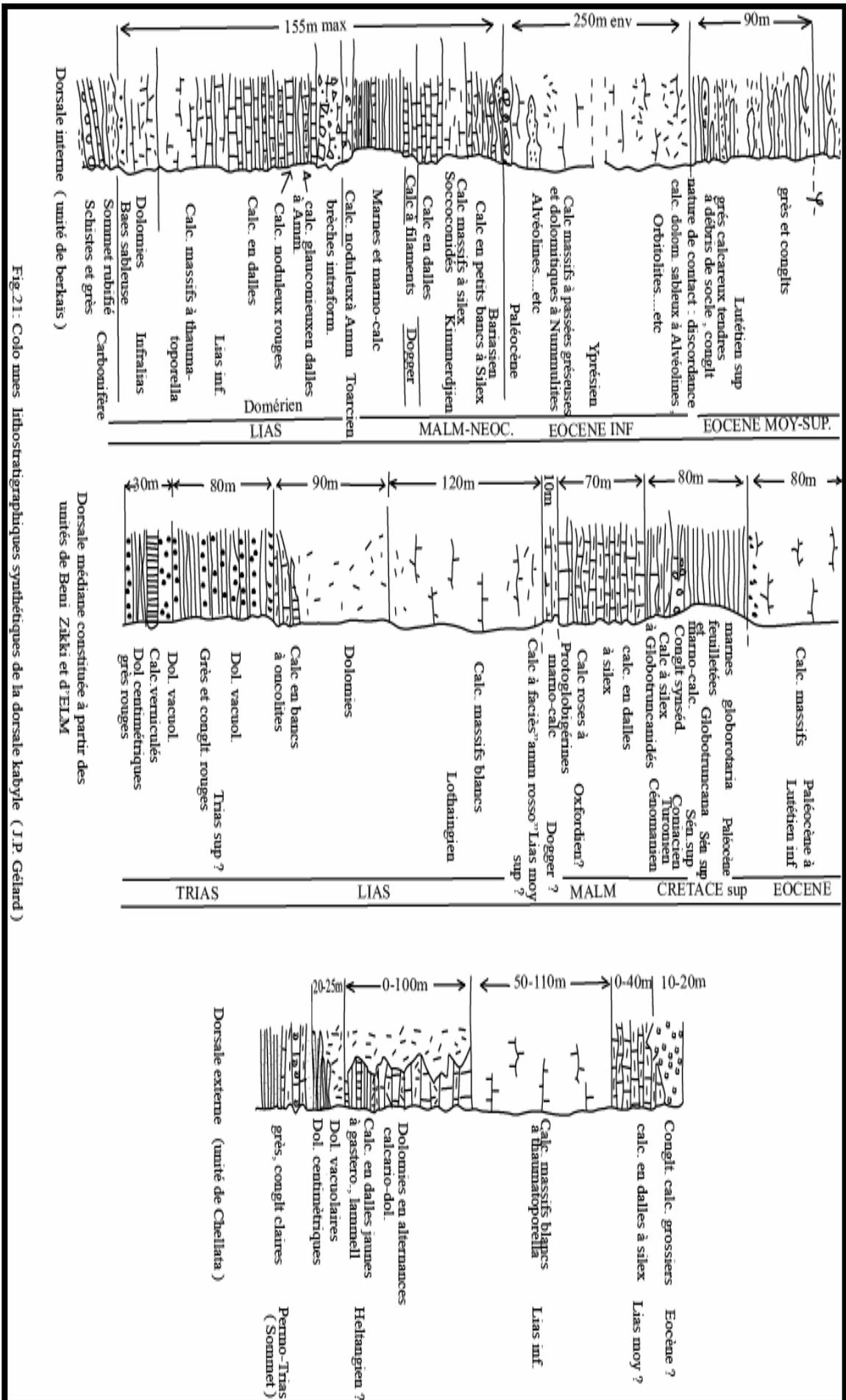
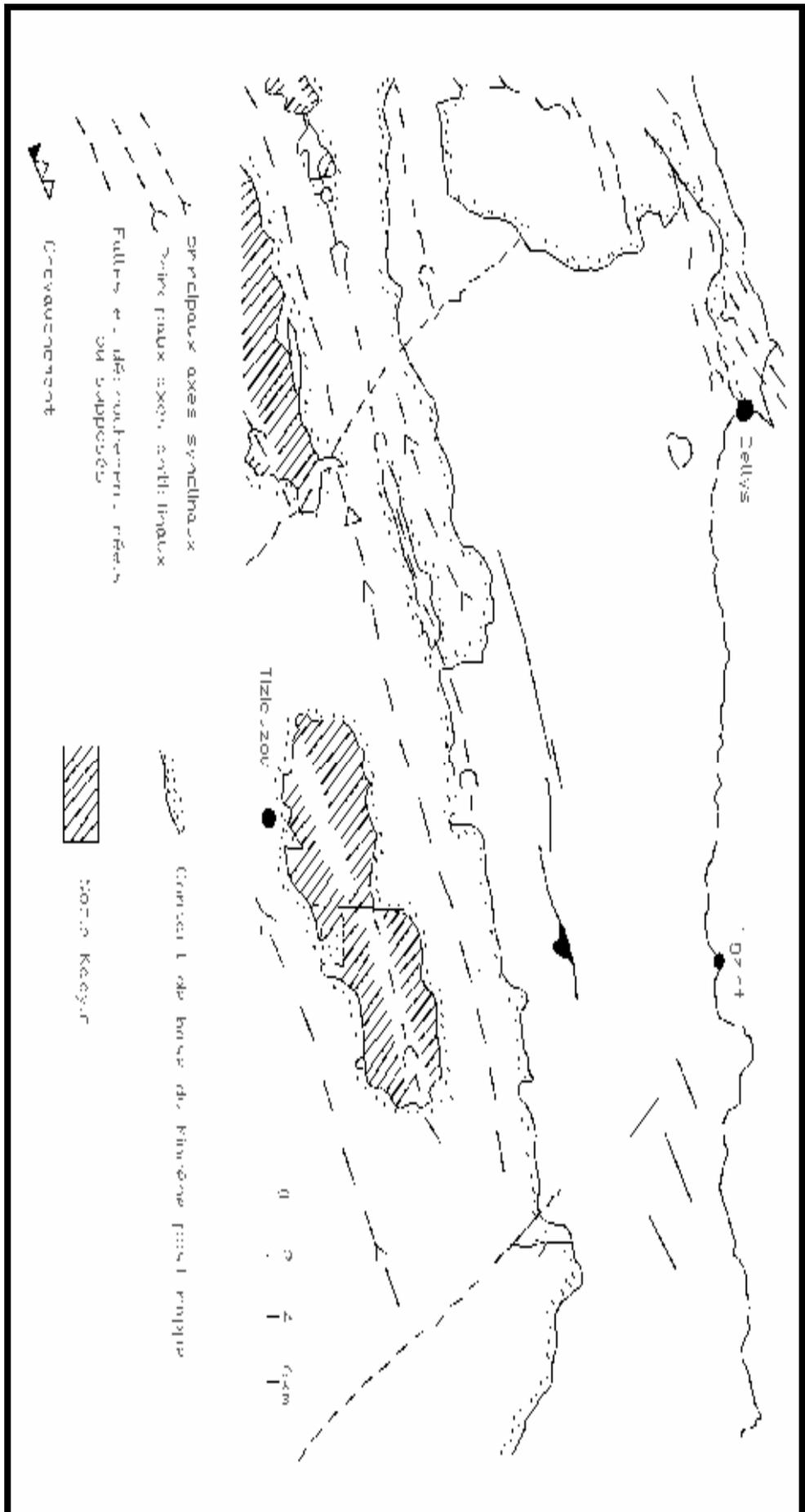


Figure N°IV-3: colonnes lithostratigraphiques synthétiques de la dorsale kabyle (J.P.Gélard)



**Figure N°IV-4 : Principales structures « post-nappes » dans le Nord Ouest de la grande kabylie (D.Raymond,1976)**

**IV-2-1-6.L'unité tellienne de Dellys :**

Cette unité est représentée essentiellement dans le secteur situé entre Baghlia et Ait Raouana. Elle est d'âge Crétacé supérieur à Eocène.

L'unité est formée d'une puissante série à sédimentation rythmique, composée de calcaires et de marnes, on distingue en fait :

- Des marnes intercalées de calcaires marneux (Turonien-Sénonien).
- Des calcaires marneux à rares silex et calcaires silicifiés (Yprésien-Lutitien inférieur)
- Des marnes noires

**IV-2-1-7.L'Olistostrome (ou argiles à blocs) :**

C'est une accumulation sédimentaire Chaotique, leur formation est liée à la mise en place des nappes sur le domaine interne

Leur mode de sédimentation, serait dû au glissement par gravité, sur une pente sous-marine d'une molasse sédimentaire ou à la dilacération d'un front de nappe, ou encore à la conjugaison des deux.

Cette formation est constituée par une matrice tendre (argileuse, marneuse ou pélitique) dans laquelle sont dispersés de menus débris qu'accompagnent des blocs (Olistolites) de taille variable d'âge Aquitaniens supérieur-Burdigalien inférieur (J.P.Bouillin , 1973) .cette formation affleure à Kouanine et Draa Karrouche .il affleure aussi sur la route joignant El Kalaâ et Boudjima et sur la route d'Azazga – Ain El Hammam.

**IV-2-1-8.Les formations post-nappes :**

Les formations post-nappe regroupe les terrains d'âge Miocène et Pliocène déposées après la mise en place des nappes de glissement au nord du socle Kabyle.

Le miocène : il occupe une grande zone synclinale entre Azazga et Dellys. Au Burdigalien terminal, il présente de bas en haut ; des marnes puis des conglomérats surmontés par la molasse et se termine par des marnes.

Les roches volcaniques : au sein des molasses Miocènes, apparaissent des roches volcaniques (basaltes, rhyolites et tufs) qui affleurent au Djebel Takdempt ,à l'Est du Dj.Bouberak dans la région de Guennama et au versant Nord du massif de Naceria.

Le Pliocène : Le pliocène repose en discordance sur le Burdigalien supérieur ; il est représenté par des marnes gris-clair dans dans la région de Dellys (vallée de l'oued l'Arbaa et à Djerabet).

#### **IV-2-1-9.Les formations quaternaires :**

Les formations sont représentées dans l'oued Sébaou par des dépôts alluvionnaires anciens et récents il s'agit de dépôt de galets sable grossiers et fins, gravier, limons et argiles qui se présentent sous forme de terrasses emboîtées ou étagées.

Les sondages mécanique et électriques ont permis de distinguer de haut en bas les sédiments suivants :

- Les limons de surface ;
- Les alluvions grossières, sable, gravier et galet ;
- Un substratum marneux.

En raison de l'importance de son développement et de ses caractéristiques hydrogéologiques (perméabilité, porosité,.....), le remplissage quaternaire essentiellement fluvatile constitue le meilleur aquifère de la région.

#### **IV-3. Evolution tectonique :**

Nous tenterons de reconstituer brièvement la chronologie des événements tectonique importants ayant affectés notre région d'étude après l'installation du socle métamorphique. En basant sur les travaux réalisés par D.Raymond 1976, D.Delga 1969 et J.P.Gelard 1979.

La période pré-orogénique qui commence dès le Trias et se poursuit jusqu'à l'Eocène. Cette est caractérisée par plusieurs transgressions sur la partie méridionale de la région avec des dépôts de sédiments argileux, schisteux et gréseux.

Les mouvements locaux notés au cours de cette période (discordance, fractures, plissements) ne paraissent pas liés à des phénomènes généraux.

La période orogénique va du début de l'Eocène jusqu'à la fin du Miocène.

Au lutétien : émergence du socle Kabyle bordé au sud par le dorsale Kabyle. Les premiers mouvements tectoniques se manifestent vers la fin du lutétien par un écaillage, et on assiste à des dépôts très fins de marnes et d'argiles.

Durant l'Eocène supérieur et l'Oligocène, on observe des décharges conglomératiques, avec un indice de discordance dans la zone des flyschs.

De l'Aquitaniens au Burdigalien moyen : mise en place de dépôt des séries micacées issues de l'érosion du socle kabyle en continuité de sédimentation marneuse et argileuse.

Les déplacements principaux des nappes sont plus récents, ils sont postérieurs aux dépôts Aquitaniens et antérieurs aux dépôts Burdigalien, après l'écoulement des nappes, deux phénomènes tectoniques ont affecté la région :

Le Burdigalien terminal est marqué par un réseau de fracturation très dense figure IV-5 découpant le Nord-Est de la grande Kabylie, et l'abondance relative des failles dans certains secteurs reflète, en grande partie, la nature lithologique des terrains affectés. Les images de satellite offrent un précieux moyen d'analyses de la fracturation, dans la mesure où elles sont en quelque sorte plus objectives que la carte géologique (J.P. Gelard 1979).

Deux principales directions affectent la Grande Kabylie

- N110 : la zone linéamentaire de Kiria s'étend d'Adekar au Dj Zraib (Nord-Est d'Azazga). elle est formée par des alignements morphologiques correspondant aux crêtes ou aux limites d'affleurement numidiennes du Dj. Toukra, Azrou, Toukouch et enfin Zraib.
- N070 : la zone linéamentaire est composée par la vallée de la soummam, de Sidi Aich à Béjaia, par ligne de Toudja, crêtes numidiennes encadrant Tifra, alignement des Babors d'Akbou.
- Autres directions c'est la direction N140 de l'oued Aissi elle décale par la bordure du socle Kabyle et pouvait participer aussi au décrochement apparent senestre du massif de Belloua et de Aissa Mimoun (D. Raymond 1976)

La structuration suivant les directions N070, N110, N140 n'est pas superficielle mais bien profonde, puisqu'elle affecte le socle.

La où la socle n'affleure pas des indications indirectes prouvent que certains accidents sont ancrés profondément, c'est le cas des accidents qui sont jalonnés par des sources thermominérales ou les eaux sortent à une température d'environ 40°C (J.P.Gelard).

C'est le cas de :

-Kiria : les émergences ont lieu à proximité de l'intersection des failles N110 et N140 ;

Tifra : la source la plus importante (El Hammam Sillal à quelques kilomètres au Sud-Ouest de Tifra) sort le long d'un miroir de faille de direction N140.



**Conclusion :**

La Grande Kabylie a connu des phases et phénomènes géologiques très complexes. La reconstitution de l'histoire géologique du secteur d'étude a fait l'objet de plusieurs travaux, complémentaires mais souvent contradictoires. A l'heure actuelle les géologues ne sont toujours pas d'accord.

De point de vue structural , la région d'étude est constituée essentiellement par des formations dites " poste nappes" et des terrains quaternaires qui sont limités de part et d'autre par des accidents par des accidents de quelques anticlinaux (Naciria,Sidi Ali Bounab,Dj.Belloua et Aissa Mimoun).L'analyse structurale du miocène post-nappe à permis de mettre en évidence une phase tectonique distensive ,responsable de la mise en place du réseau de fracturation , suivie d'une phase de compression qui se manifeste essentiellement par le plissement du socle et de sa couverture mollassique.

Du point de vue hydrogéologique, en plus la nappe alluviale du Sébaou qui alimente en grande partie la population de la grande Kabylie, la chaîne calcaire recèle un important réservoir d'eau difficile à exploiter. De ce fait, des études géologiques et hydrogéologiques détaillées seront nécessaires pour mieux connaître les mécanismes qui conditionnent les écoulements dans ces formations afin d'exploiter cet important réservoir.

**Introduction :**

l'étude géophysique s'est basée sur la prospection électrique de la plaine du Sébaou, à la demande de la direction de l'hydraulique de Tizi-Ouzou la compagnie générale de la géophysique(CGC) a effectué en 1964 une campagne de sondages électriques couvrant l'ensemble de la vallée du Sébaou.

La géophysique se proposait alors de préciser la géométrie du système aquifère et de localiser notamment les faciès grossiers et donc les plus productifs.

La CGC a découpé le terrain d'étude en 8 zones, dont 511 sondages électriques pour lesquels la longueur maximale d'émission a été de 1000m. Ces sondages électriques(S.E) sont disposés suivant des profils transversaux aux oueds Sébaou , Aissi, et Bougdoura.

Les résultats de l'interprétations des sondages électriques verticaux ont permis de tracer les cartes suivantes :

- Une cartes des résistivités apparentes ;
- Une carte du toit de substrum conducteur ;
- Une carte des résistances transversales pour les zones I,II,III ;



### V-1. Sondages électriques étalons et résistivités électriques des formations :

La résistivité des roches étant un bon indicateur de faciés, sa mesure sur le terrain nous permet de :

- Différencier le recouvrement alluvial résistant de son substratum conducteur et par conséquent de préciser la géométrie des structures aquifères.
- Suivre l'évolution spatiale du chimisme des nappes permettant ainsi d'identifier les zones polluées.
- De situer les meilleurs sites pour l'implantation d'ouvrages de captages grâce à l'établissement des cartes des résistances transversales.

Les résultats de la prospection électrique de surface, exprimés sous forme de diagramme permettent de distinguer quatre types de courbes :

➤ 1<sup>er</sup> cas : Type Q (Figure N° : V-2 et V-3) :

Nous rencontrons ce type de courbes dans la zone I : à l'aval de la vallée de l'oued Sébaou et dans la zone IV : à Draa Ben Khedda-Boukhalfa.

Les sondages électriques permettent de préciser la présence de quatre horizons superposés :

- A la surface, une couche de limons sableux et de graviers caractérisée par une résistivité de 40 à 100  $\Omega m$ .
- En dessous, une deuxième couche de sables et de graviers secs à résistivité élevée de 150 à 1400  $\Omega m$ .
- La troisième couche est formée de sables argileux et graviers imprégnés de résistivités allant de 30 à 150  $\Omega m$ .
- La quatrième couche correspondant au substratum conducteur est constituée de marnes de résistivité égale à 7  $\Omega m$ .

➤ 2<sup>ème</sup> cas Type KHK (Figure N°V-4) :

On rencontre ce type de courbe dans la zone II à Baghlia-Dar Beida. Les deux couches successives du diagramme représentent des alluvions aquifères de résistivités 80 à 130  $\Omega m$ , séparées par des sables passés argileux et d'argiles sableuses plus conductrices.

➤ 3<sup>ème</sup> cas : Type HK (Figure N°V-5):

Se trouve dans la zone III : à Kefel Aogab-Tadmait. Le diagramme du sondage électrique indique une résistivité de 125  $\Omega m$  pour les alluvions aquifères.

➤ 4<sup>ème</sup> cas : Type HQ (Figure N°V-6 et V-7) :

Nous rencontrons ce type de courbes dans les zones VII et VIII à Tazazrait -Kahra et à Fréha.

Les sondages électriques permettent de préciser la présence de trois horizons superposés:

- à la surface, des alluvions sèches ainsi que des limons de recouvrement de résistivités :8.5 à 30  $\Omega m$ .
- en dessous une deuxième couche d'alluvions aquifères présentant des résistivités de 75 à 120  $\Omega m$ .
- La troisième couche est constituée par les marnes du substratum qui ont une résistance de 6  $\Omega m$ .

Les mesures paramétriques effectuées dans les sondages électriques étalons ont permis d'établir l'échelle des résistivités suivantes, pour les divers formations géologique rencontrées (voir tableau N°V-1):

Echelle des résistivités( $\Omega m$ )	Caractéristiques lithologiques
<10	Marnes du Miocène
10 - 20	Argiles de la zones non saturée
20 - 50	Dépôts limon-sableux
50 - 100	Sables limoneux ,galets
100 – 200	Alluvions aquifères :sables,galets,graviers
200 - 800	Alluvions sèches :sable ,galet ,graviers

**Tableau N°V-1 : Echelle des résistivités**

En conclusion, les formations de couverture peuvent être soit conductrices (argileuses) soit résistantes (alluvions non saturées), la nappe aquifère constituée de sables, gravier, et galets de résistivités de l'ordre de 100 à 200  $\Omega m$  entrecoupée de lentilles argileuses de résistivité de l'ordre de 10 à 20  $\Omega m$  ;

Enfin le substratum conducteur constitué de marnes du miocène présente des résistivités inférieures à 10  $\Omega m$ .

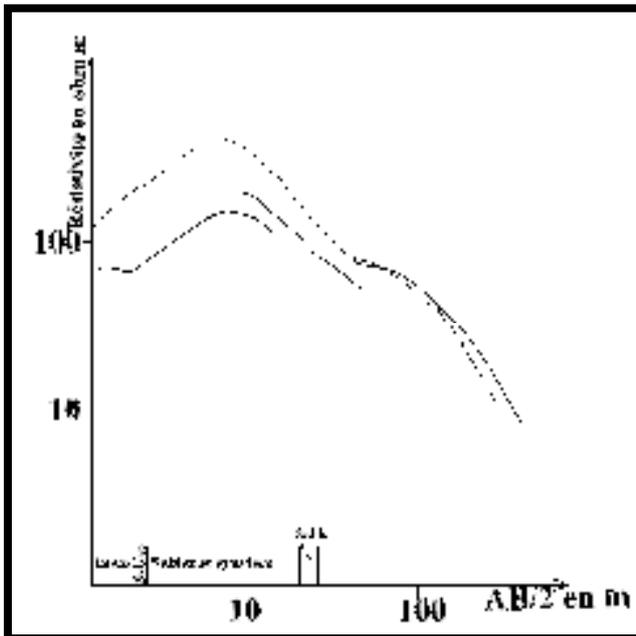


Figure N°V-2 :S.E Etalon 22C,Forage de Ben N'Choud(Zone I) Courbe de type Q

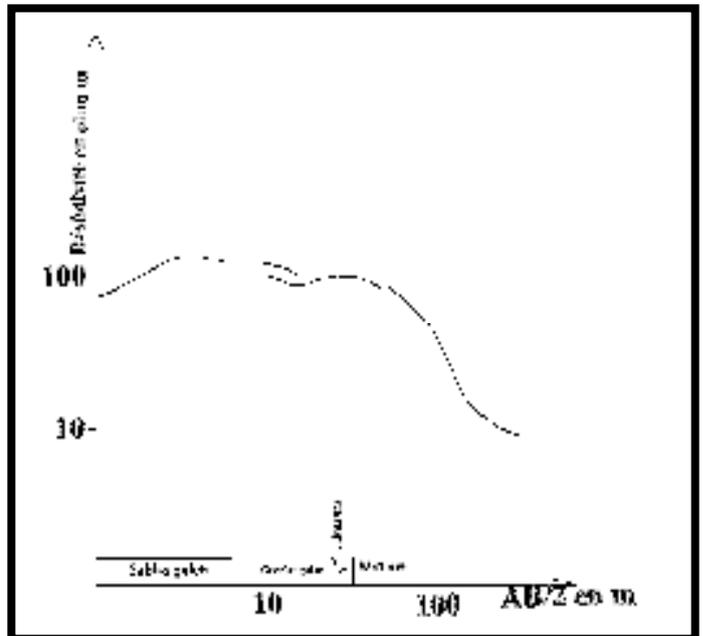


Figure N°V-3 :S.E Etalon F4,Forage D1 (Zone IV) Courbe de type Q

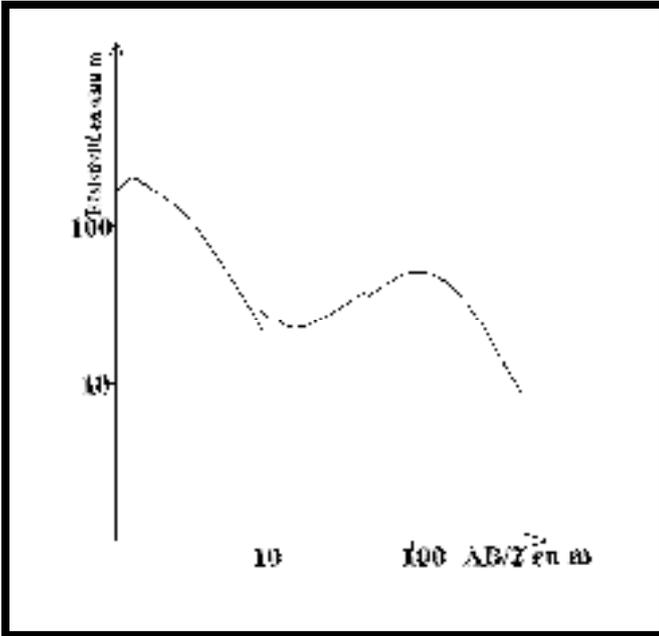


Figure N°V-4 :S.E Etalon 26C, (ZoneII) Courbe de type KHK

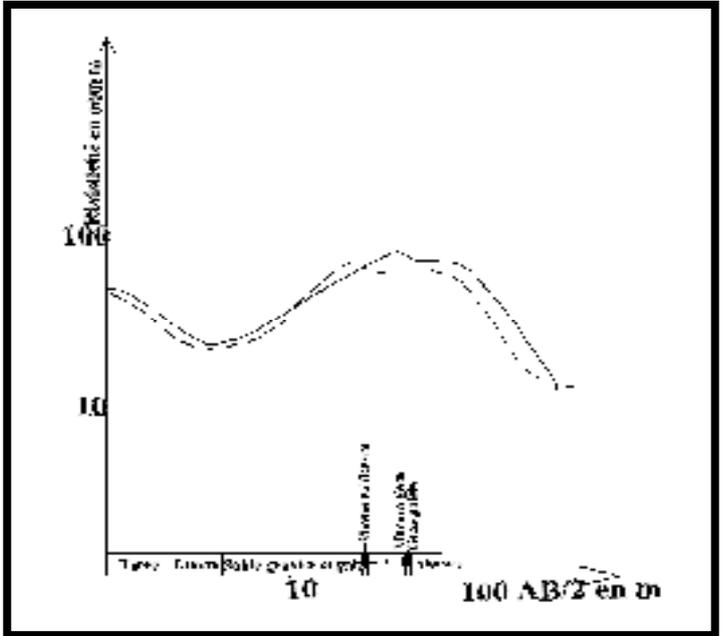


Figure N°V-5 :S.E Etalon 22C, Forage de Kef el Ogab (ZoneIII) Courbe de type HK

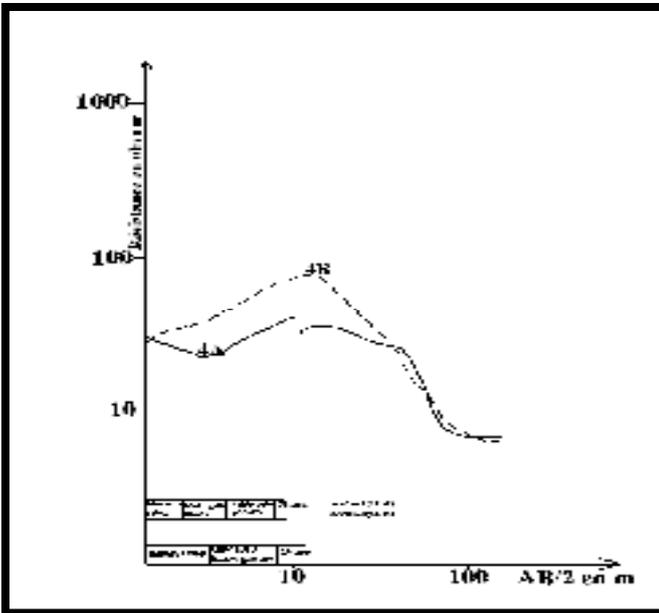


Figure N°V-6: S.E Etalon AB-4A, Oumzizou1 et 3 (ZoneI) Courbe de type HQ

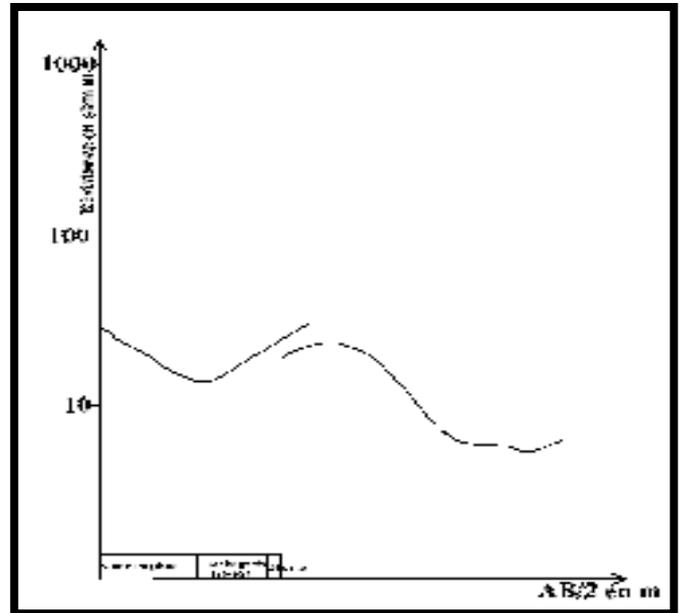


Figure N°V-7 :S.E Etalon A2, Forage de Fréha (ZoneVIII) Courbe de type HQ

**V-2. Interprétation des principaux résultats :****V-2-1. Coupes géoélectriques (figure : V-9, V-10) :**

Sur les coupes géoélectriques établies selon les profils des sondages électriques, on peut remarquer l'existence tantôt d'une résistance d'épaisseur réduite (0.5 à 1m) et correspondant à des alluvions sèches, tantôt d'un conducteur correspondant à des limons de recouvrement, l'épaisseur des alluvions aquifères augmente de l'amont vers l'aval, elle est en moyenne à 10m dans le haut Sébaou, 30 m dans le moyen Sébaou et 40m dans le bas Sébaou ; ces alluvions ont des résistivités de l'ordre de  $100 \Omega m$  à  $200 \Omega m$ .

Des niveaux discontinus ainsi que la présence des lentilles argileuses incorporées dans la masse alluviale confirment l'hétérogénéité de l'aquifère à l'échelle du sondage.

La diminution de la résistivité d'amont en aval est en parfait accord avec un enrichissement en particules fines et une augmentation de la minéralisation des eaux suivant le même sens. Cette évolution de la résistivité des formations est liée à un enrichissement en matériaux détritiques.



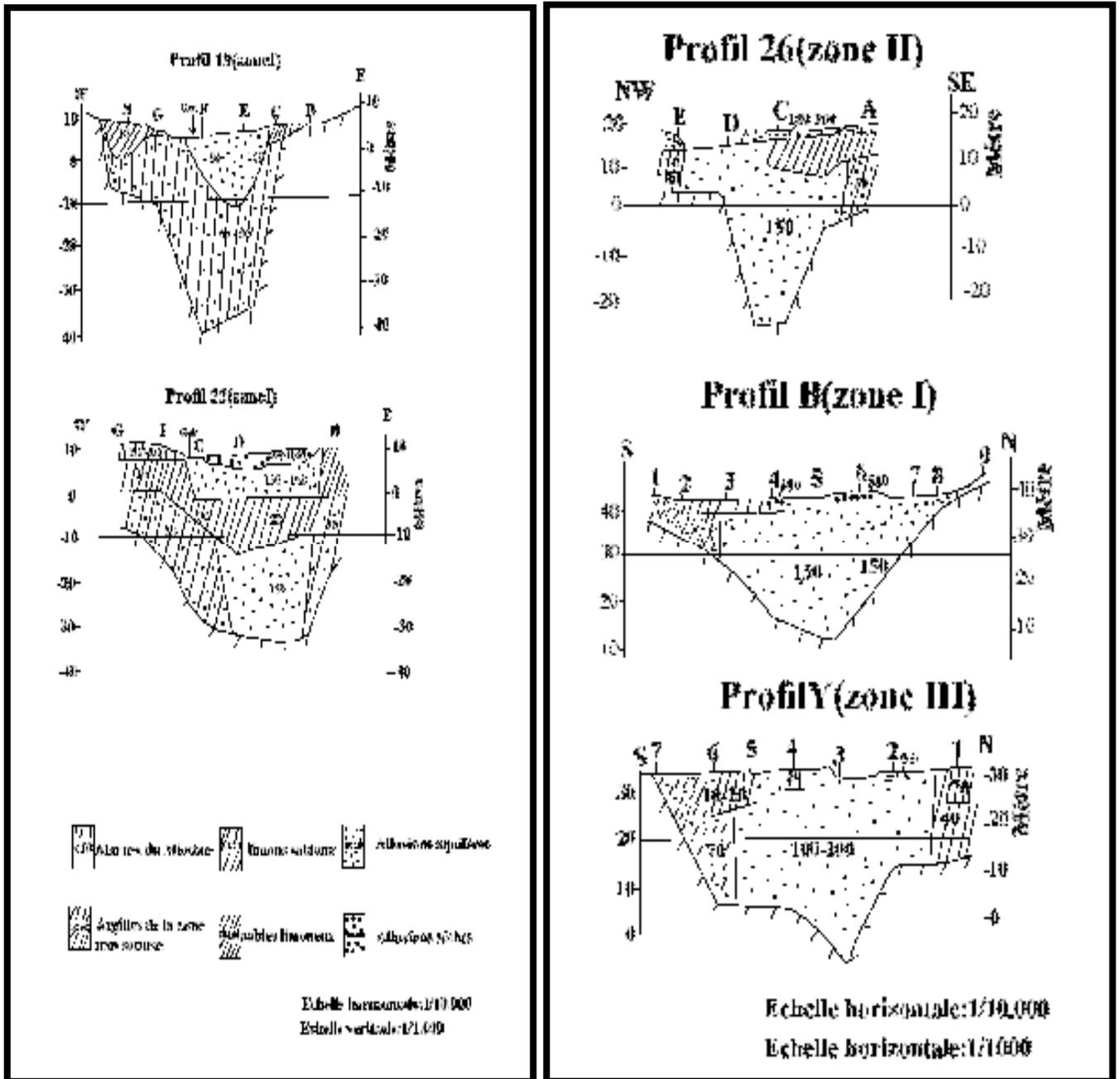


Figure N°V-9 : Coupes géoélectriques suivant les profils de S.E d'après (C.G.G,1964)

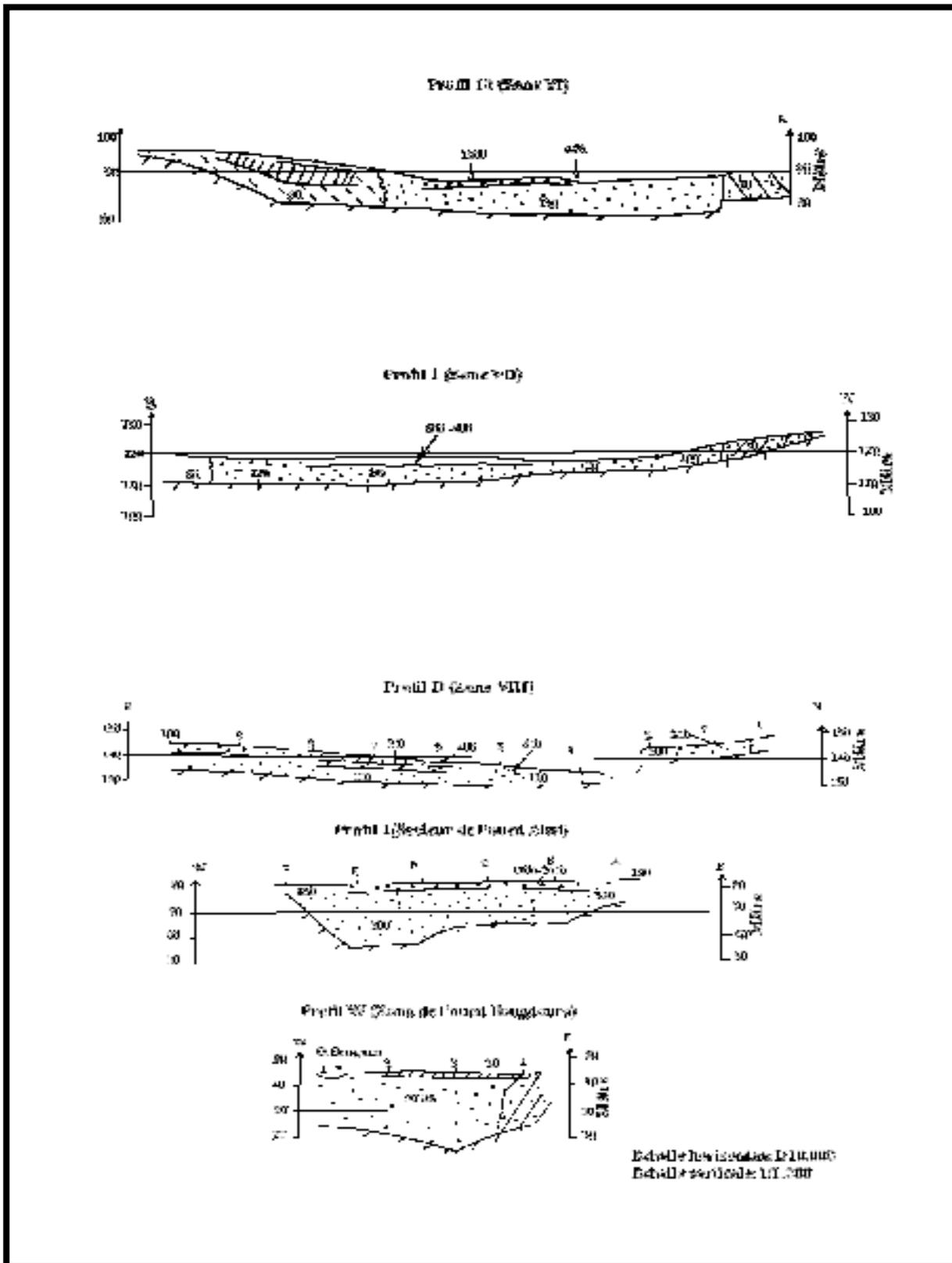


Figure N°V-10 : Coupes géoélectriques suivant les profils de S.E d'après (C.G.G,1964)

**V-2-2. Interprétation des cartes des résistivité apparentes (AB=1000m) :**

L'analyse des cartes (Figure : V-11, V-12, V-13) permet de distinguer deux zones de résistivités apparentes nettement différentes :

- Une zone de forte résistivité ( $\rho_a > 100\Omega m$ ) relative au centre de la vallée correspondant aux éléments grossiers des alluvions quaternaires.
- Une zone de faible résistivité ( $\rho_a < 100\Omega m$ ) relative aux bordure de la vallée, qui correspond au dépôt détritique trop fin, déposé par l'oued Sébaou en période de crue.

On distingue également une diminution de la résistivité de l'amont vers l'aval dû essentiellement au granoclassement des formations alluviales.

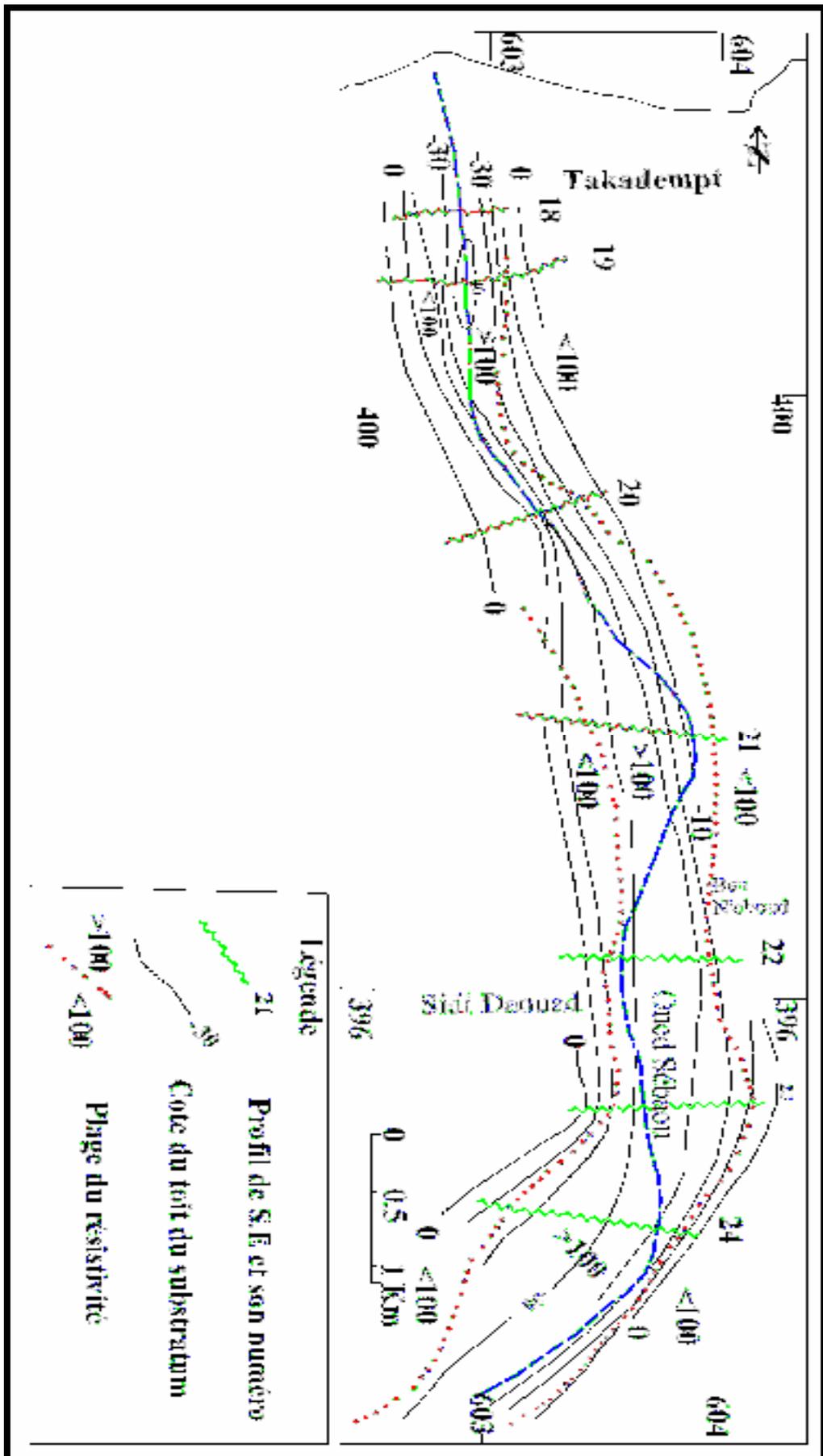


Figure N°V-11 : Carte des résistivités apparentes en ligne d'émission AB=1000m  
Zone IV : Takempt – Sidi Daoud(C.G.G,1964)

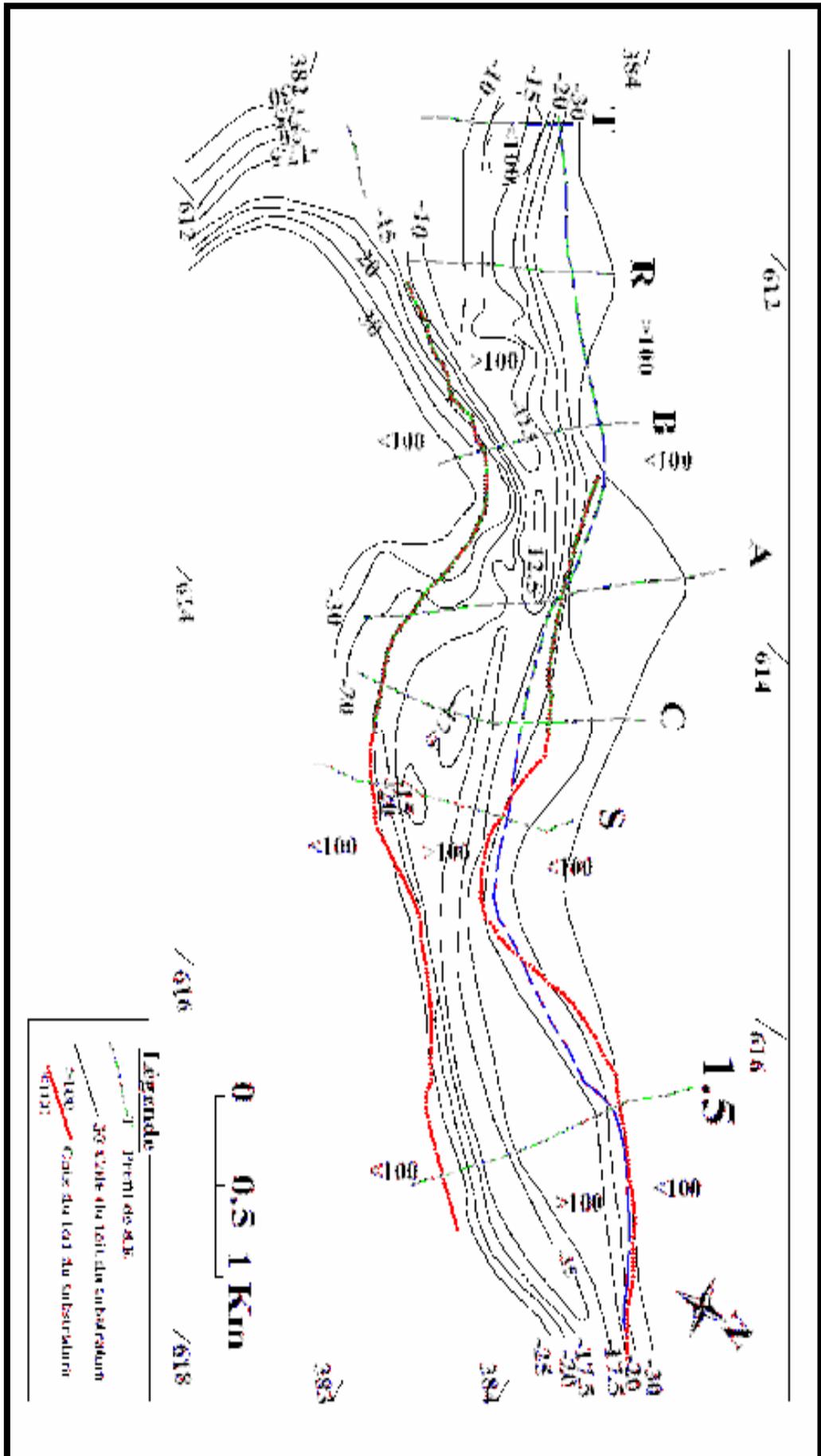


Figure N°V-12 : Carte des résistivités apparentes en ligne d'émission AB=1000m  
Zone IV : Draa ben Khedda - Boukhalifa

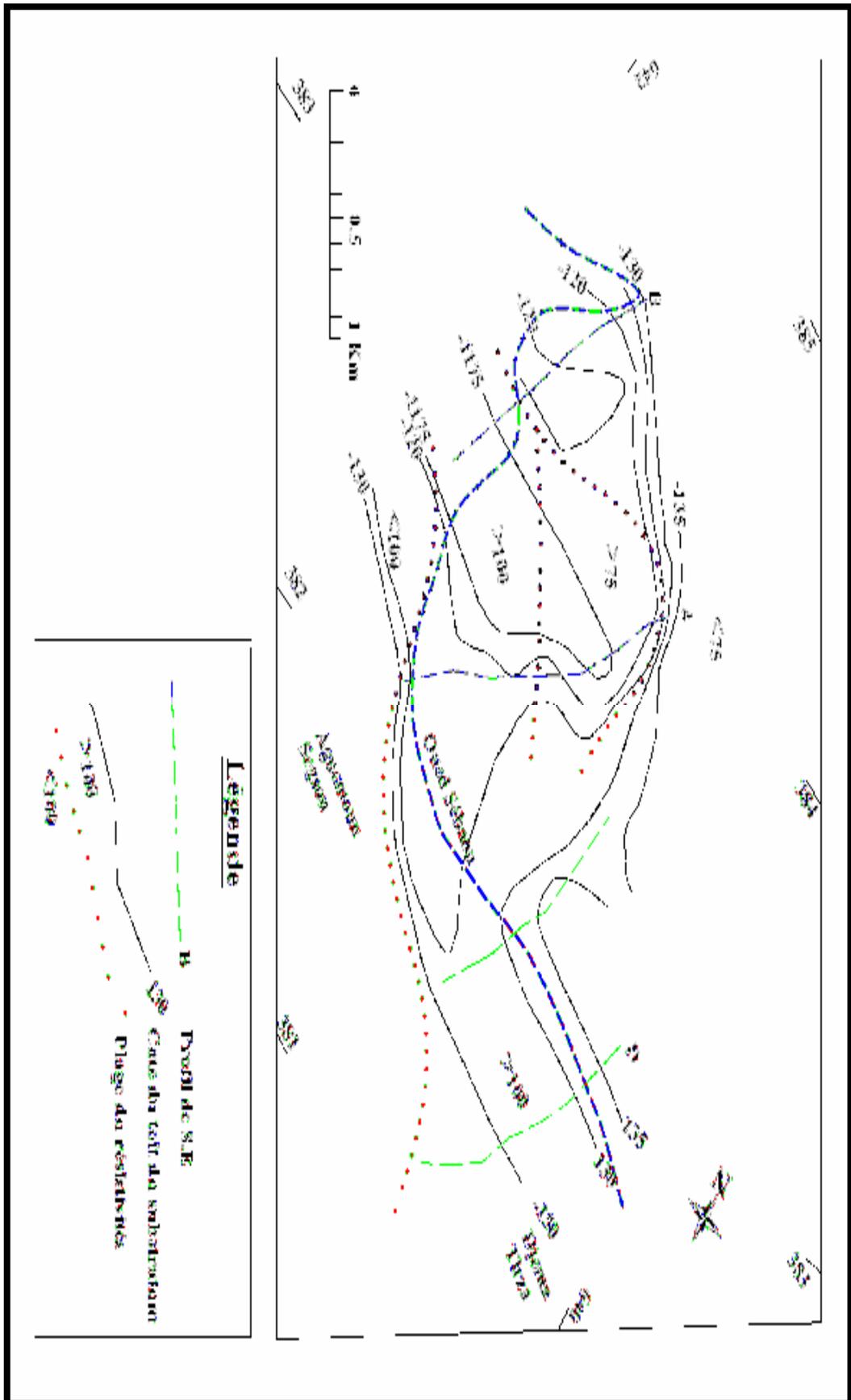


Figure N°V-13 : Carte des résistivités apparentes en ligne d'émission AB=1000m  
Zone VII : Fréha – Djamaa Tizra

**V-2-3. Interprétation des cartes des résistances transversales**( voir Figure : V-14et V-15) :

La résistance transversale ( $R_t$ ) est le produit de l'épaisseur par la résistivité d'une même couche.

Etablies par la *C.G.G* à partir des données des sondages électriques, les cartes d'isorésistance transversale montrent une augmentation des valeurs de ( $R_t$ ) au fur et à mesure que l'on s'éloigne des bordures de la plaine en allant vers le centre de la vallée. Ce qui est en conformité avec le sens de variation des épaisseurs des alluvions constaté sur les profils géoélectriques et hydrogéologiques. Alors, les fortes valeurs de ( $R_t = 5000 \text{ ohm. m}^2$ ) sont enregistrées au cœur de la plaine et les faibles valeurs ( $R_t = 1000 \text{ ohm.m}^2$ ) s'éparpillent sur les bordures.

Cependant, nous constatons une diminution des valeurs de ( $R_t$ ) d'amont en aval et ce dans le sens contraire de la croissance de la puissance des alluvions. Ce-ci est dû essentiellement à la dégradation de la qualité des alluvions causée par un enrichissement dans le même sens en sédiments fins et à l'intrusion d'eau de mer.

L'analyse de ces cartes nous permet donc d'avoir une idée sur l'évolution du front salé dans l'espace de la nappe et de situer les meilleurs sites d'implantation des ouvrages de captages, qui correspondent aux plages de forte valeur de ( $R_t$ ) qui à leur tour se superposent au cœur de la vallée.

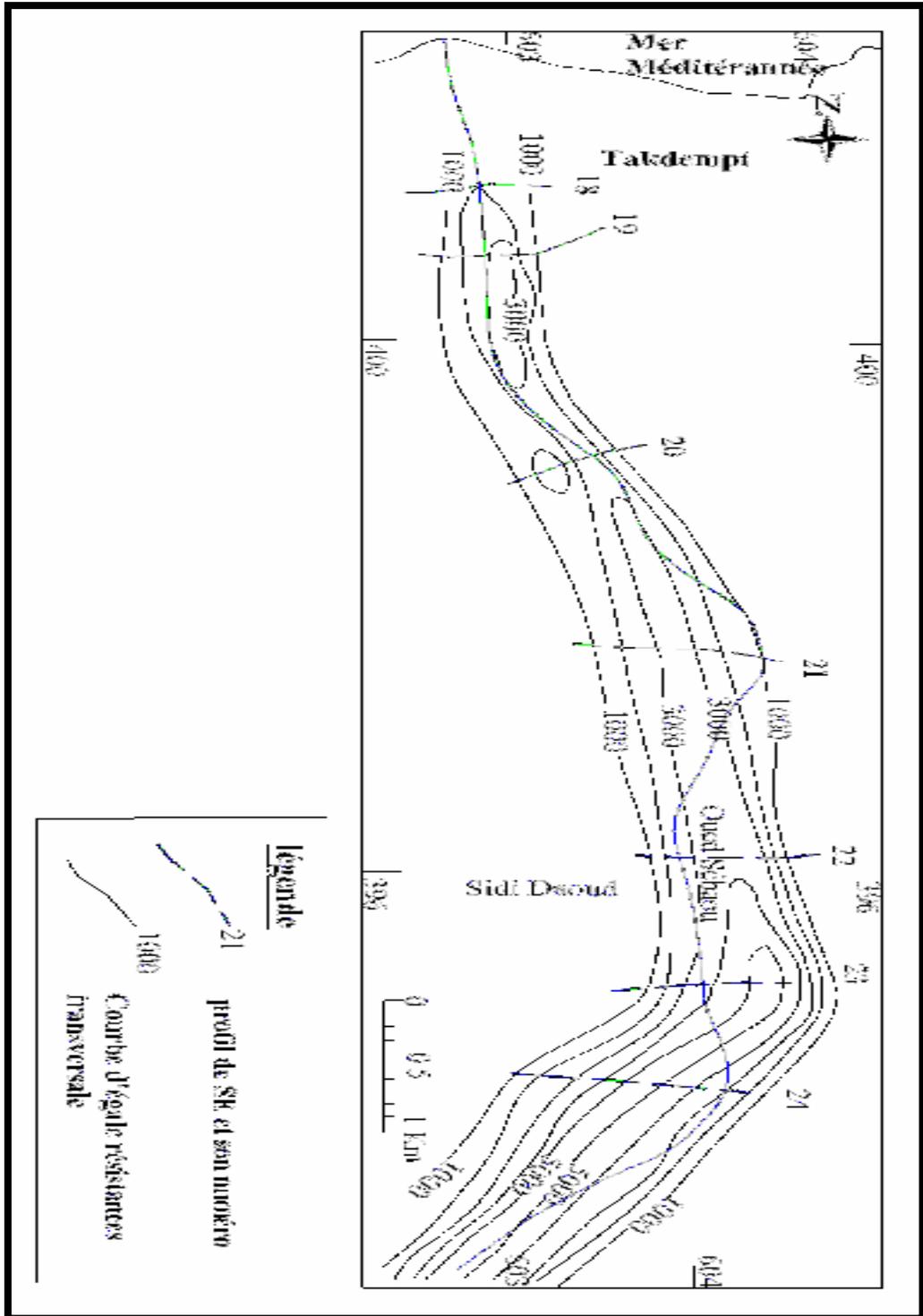


Figure N°V-14:cartes des résistances transversales.Zone I Takdempt-Sidi Daoud(C.G.G1964)

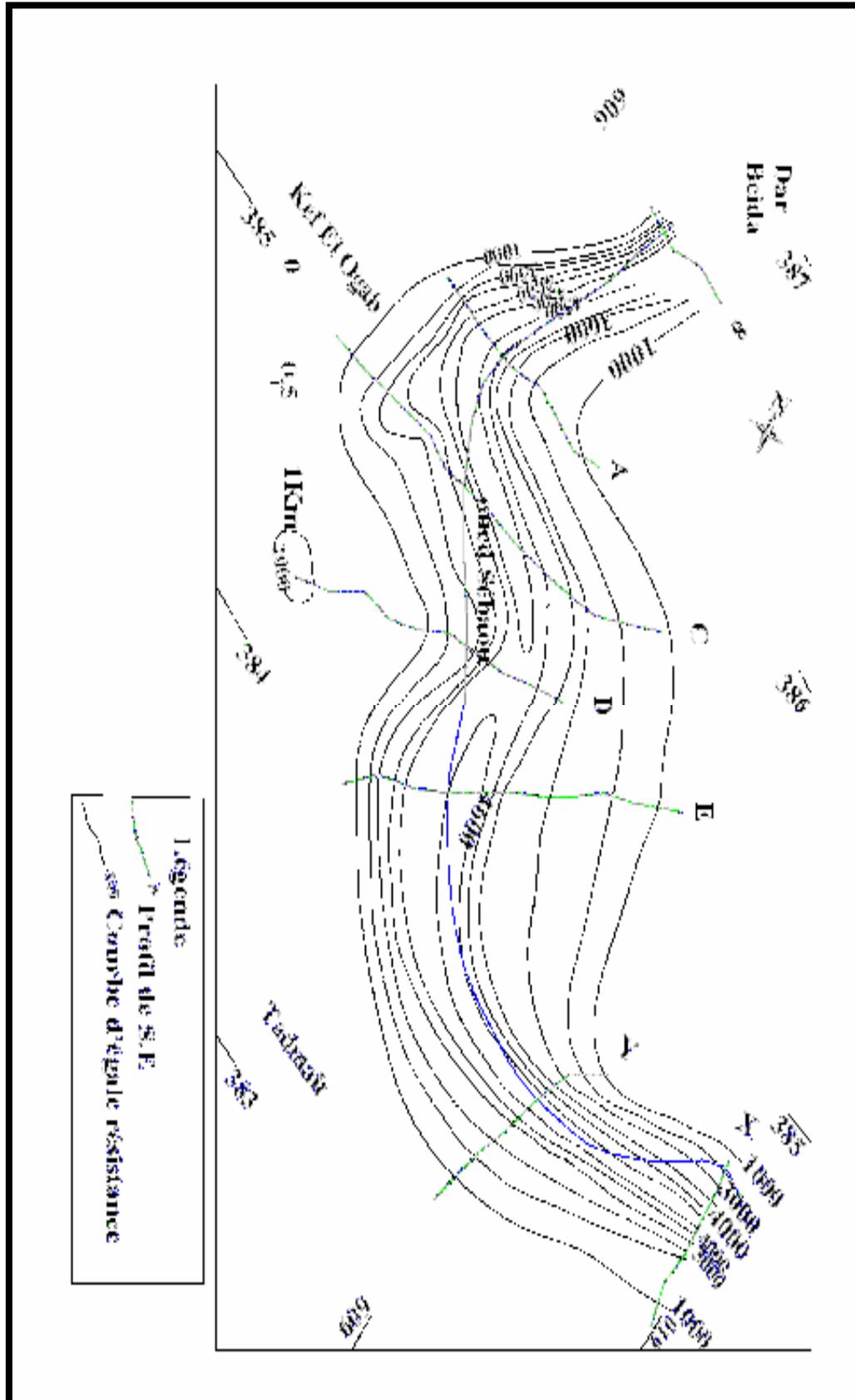


Figure N°V-15 : Carte des résistances transversales .Zone III :Kef El Ogab-Tadmait

**V-3. structure et géométrie de l'aquifère alluvial :**

La vallée du sébaou est constituée par des dépôts détritiques où sont incorporés des horizons argileux discontinus .ces formations d'âges quaternaire représentent l'aquifères de la vallée, qui constitue le remplissage d'un synclinal à cœur miocène.on retrouve dans cette dernière un matériau hétérogène,formé de sable,galet et gravier.

Les recherches géophysiques (C.G.G 1964) ont permis de déterminer l'extension spatiale des alluvions,en section longitudinale et transversale.

Dans le haut Sébaou : la nappe s'étale sur une longueur de 50 Km et sur une largeur moyenne égale à 10 m.elle varie de 8 m dans la partie amont (Boubroune) et à 15 m dans la partie aval(Belloua) .Dans cette zone la nappe est libre.

Dans moyen Sébaou : La nappe alluviale S'étend sur 13 Km de long et 13 Km de large.l'épaisseur du remplissage alluvial est de l'ordre de 30m. les courbes géophysiques montrent l'existence des horizons argileux discontinus incorporés dans la masse détritique résistance .

**Conclusion :**

L'interprétation des diagrammes de sondage électrique ,des coupes géoélectriques réalisée après les longs des forages met en évidence l'existence de :

- Un substratum marno-argileux d'âge miocène avec des résistivités faibles d'ordre 10ohm.m
- Un niveau résistant constitué d'alluvions aquifères de résistivités variant entre 100 et 200 ohm.m.
- Des intercalations d'horizons argileux de résistivités comprises entre 10 et 20 ohm.m
- Une couverture limono-argileuses qui couvre par endroits les alluvions aquifères.

La formation aquifère du Sébaou correspond donc à des dépôts détritiques quaternaires de puissance moyenne qui s'étendent sur environ 100Km.

L'unité du haut Sébaou est formée par une série de terrasses étagées dont la première constitue l'aquifère le plus important, avec des alluvions formées de sables grossiers et de galets d'épaisseur moyenne de 10m.

A la différence du haut Sébaou, le bas Sébaou, de part son système de terrasses emboîtées, présente un aquifère assez puissant avec une épaisseur moyenne égale à 40m. La nappe du bas Sébaou comprend essentiellement deux niveaux aquifères qui sont indépendants et séparés par une couche d'argile dans la zone de Tadmait - Baghlia.

Dans la région de Draâ Ben Khedda, le niveau conducteur disparaît et les deux aquifères sont à ce niveau en relation hydraulique. En outre, le bas Sébaou se différencie de la partie amont par le fait qu'il est difficile d'en préciser le type de nappe. En effet, il est par endroits captif à semi captif et en d'autres libre.

L'interprétation des cartes de résistivités apparentes et celles des résistances transversales montre que l'épaisseur de l'aquifère alluvial augmente des bordures de la vallée vers son centre qui est l'endroit privilégié pour l'implantation des ouvrages de captage.

La plaine alluviale du sébaou correspond à une dépression comblée de terrasses alluvionnaires emboîtées et/ou étagées reposant sur les formations marnoargileuses du miocène inférieur.

**Introduction :**

Les formations aquifères de la vallée du Sébaou sont constituées par des dépôts détritiques où sont incorporés des horizons argileux discontinus.

Ces formations détritiques d'âge quaternaire représentent l'aquifère de la vallée, qui constitue le remplissage d'un synclinal à cœur miocène, on retrouve dans cette dernière un matériau hétérogène, formé de sables, galets, graviers et limons.

La puissance de l'aquifère alluvial varie d'amont en aval, elle est égale en moyenne :

- à 10m dans le haut Sébaou, dans cette zone la nappe est libre.
- à 30m dans le moyen Sébaou, dans cette zone la nappe est libre jusqu'à la région de Tadmaït où elle devient captive.
- à 40m dans le bas Sébaou, dans cette zone la nappe est captive à semi captive par endroit.

**VI-1.Etude piézométrique :****VI-1-1.Inventaire des points d'eau :**

La synthèse des différents inventaires a été possible grâce aux travaux réalisés depuis plusieurs années. La première campagne piézométrique qui a couvert toute la vallée du Sébaou (septembre, octobre 1972 et mars ,avril 1973).a été réalisée par Y.Chadrin, Le tableau N°VI-1 donne une aperçu sur les difrents compagnes qui ont suivi à nos jour.

**VI-1-2.Caractéristiques des points d'eaux :**

Les points d'eaux choisis sont généralement des puits paysans qui sont pour la plupart des ouvrages artisanaux construits en briques ou en pierres ,non couverts ,ils servent pour la majorité à l'irrigation et très peu à l'alimentation en eau potable ;ces puits ne captent pas la totalité de l'aquifère alluvial.

Les forage reverains sont généralement en exploitation ,ce qui rend les mesures de niveau statique impossible.

Période et auteur	Région d'étude		
	Bas Sébaou	Moyen Sébaou	Haut Sébaou
1972 - 1973 (Y.Chadrine.ANRH)	Hautes eaux Basses eaux	Hautes eaux Basses eaux	Hautes eaux Basses eaux
1980(Bouzar-USTB mémoire d'ingénieur)			Basses eaux
1981(M.DjamaiUSTB. mémoire d'ingénieur)		Basse eaux	
1981(Aigoune,USTB mémoire d'ingénieur)	Région de Baghlia (Basses eaux)		
1982-1983 (M.Djemai,Grenoble Thèse de Magister)			Hautes eaux Basses eaux
1992(Sais et Si Mohamed USTB,Ingénieur )	De Baghlia à l'embouchure (Octobre-Novembre)		
1999 (Bouadjla - ANRH)			Hautes eaux Basses eaux
2000 ,2001 ,2002, 2003, 2004(Bouadjla.ANRH)	Hautes eaux Basses eaux	Hautes eaux Basses eaux	Hautes eaux Basses eaux
2006(Bouadjla ,ANRH)	Hautes eaux	Hautes eaux	Hautes eaux

**Tableau N°VI-1: les mesures piézométriques effectuées dans la plaine alluviale  
du sébaou**

**VI-1-3. Interprétation des cartes piézométriques :**

Cette interprétation va permettre de :

- définir l'écoulement souterrain des eaux de l'aquifère.
- définir les relations hydrauliques qui pourraient exister entre les différentes terrasses.
- calculer les gradients hydrauliques, importants dans la quantification des différents apports latéraux.

Les cartes piézométriques établies par différents auteurs pour différentes périodes (Chadrine 1975, Djemai 1980 et 1983 et ANRH 2004) ne montrent pas de grandes variations dans la position des équipotentielles (figures VI-1a, VI-1b, VI-2a, VI-2b, VI-3a et VI-3b).

D'après les cartes piézométriques réalisées par l'ANRH de Tizi-Ouzou en 2004 On peut conclure que Dans le haut Sébaou, les écoulements souterrains se font dans la direction Sud-Nord dans sa partie Est jusqu'aux environs de Freha où ils prennent la direction Est-Ouest pour traverser la cluse de Belloua .Dans la partie moyenne du sébaou à partir de boukhalfa l'écoulement converge vers une dépression formée par le champ du captage de Boud au-delà de Draà Ben Khedda l'écoulement prend la direction Est-Ouest.

Dans la partie basse du Sébaou, à partir de Tadmait l'écoulement devient Sud-Nord. Sur les bordures, les lignes de courant convergent vers l'axe de la vallée alluviale.

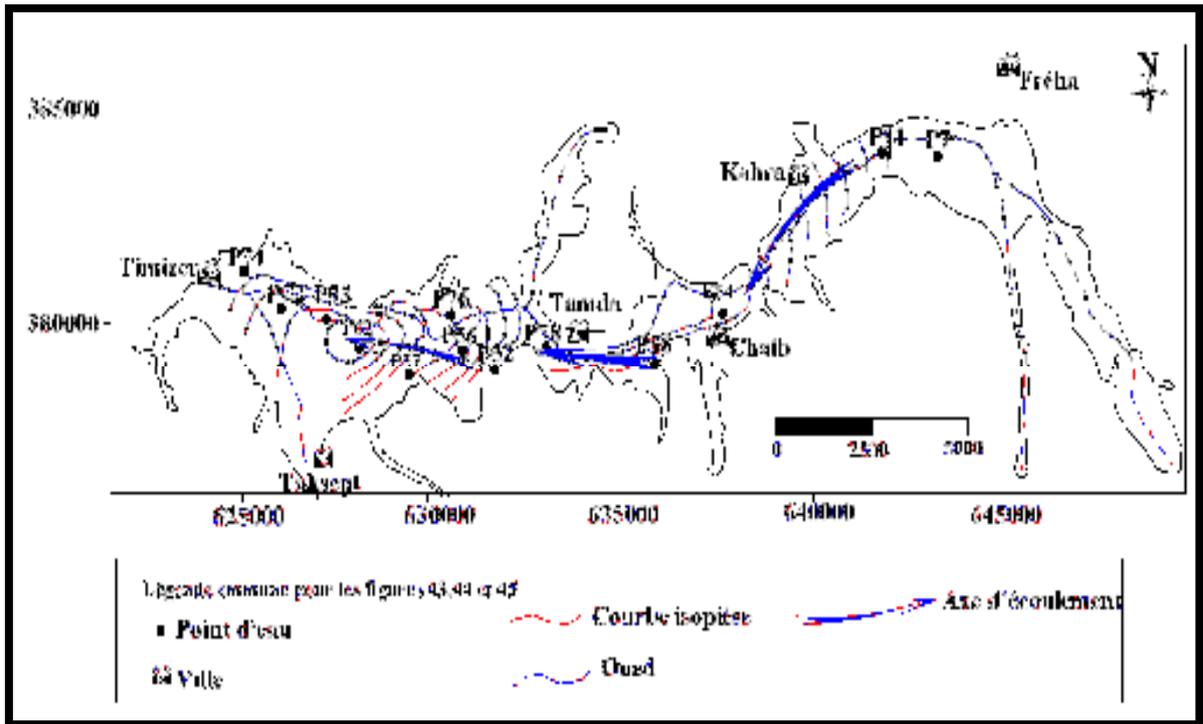


Figure N°VI-1a: Carte piézométrique (Haut Sébaou, hautes eaux)

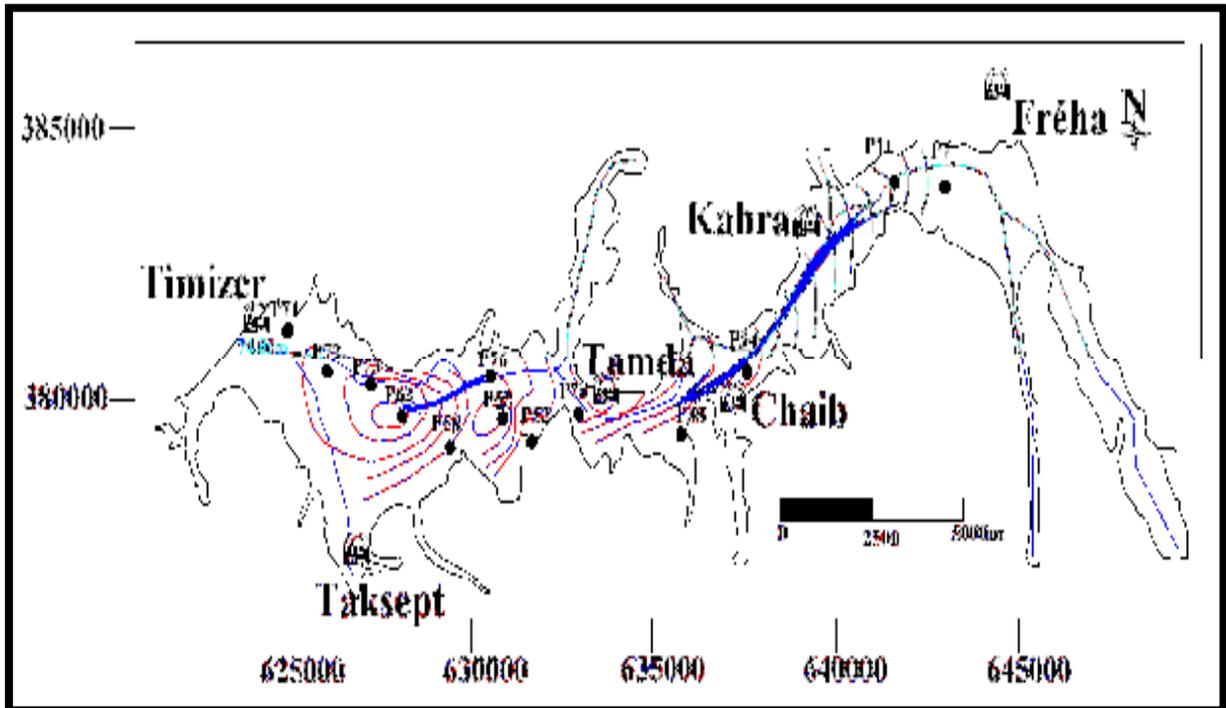


Figure N°VI-1b : Carte piézométrique (Haut Sébaou, Basses eaux)

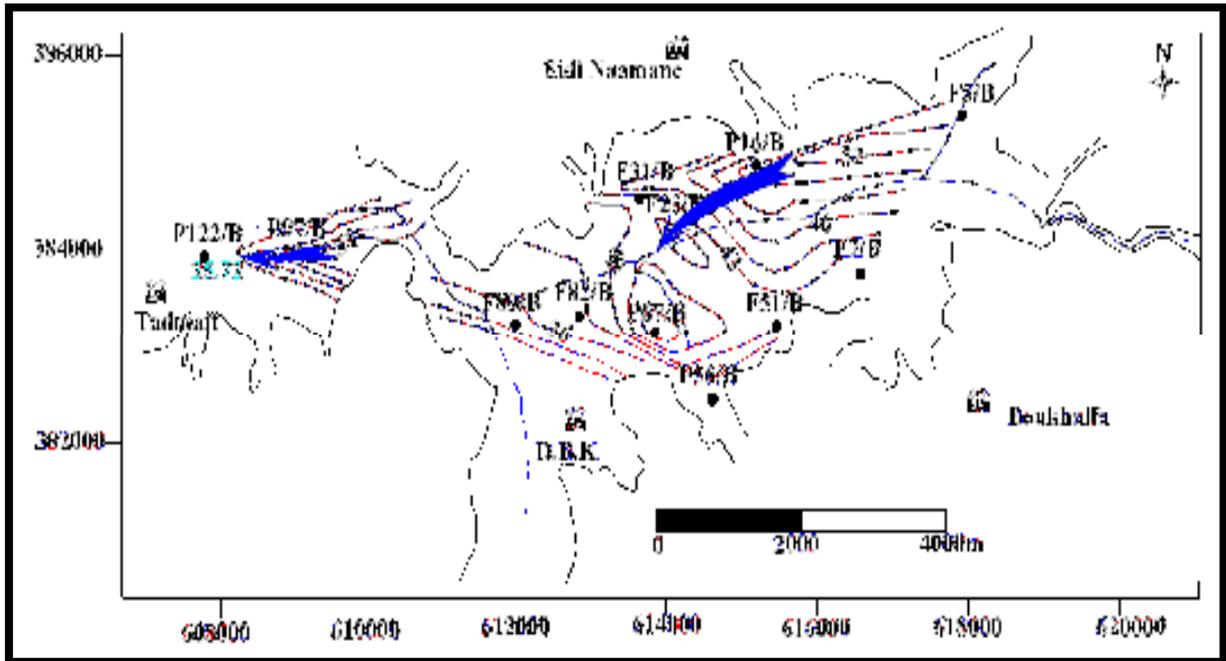


Figure N°VI-2a :Carte piézométrique (Moyen Sébaou ,Hautes eaux) Année 2004

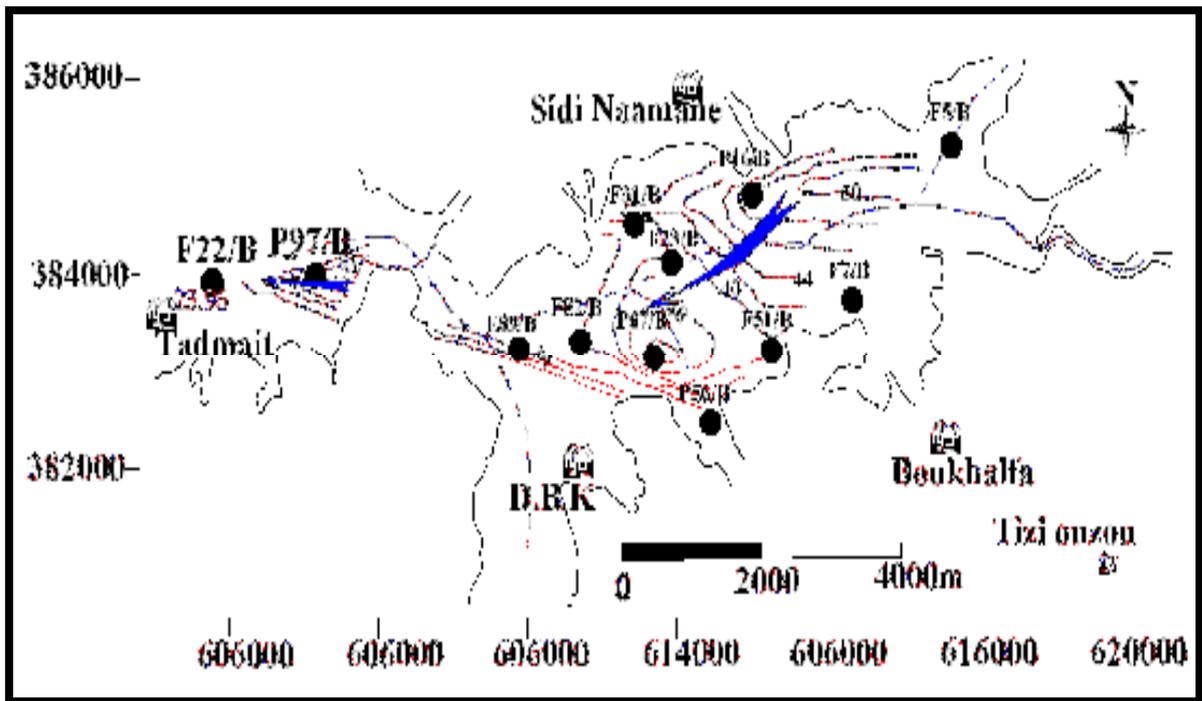


Figure N°VI-2b :Carte piézométrique (Moyen Sébaou ,Basses eaux) Année 2004

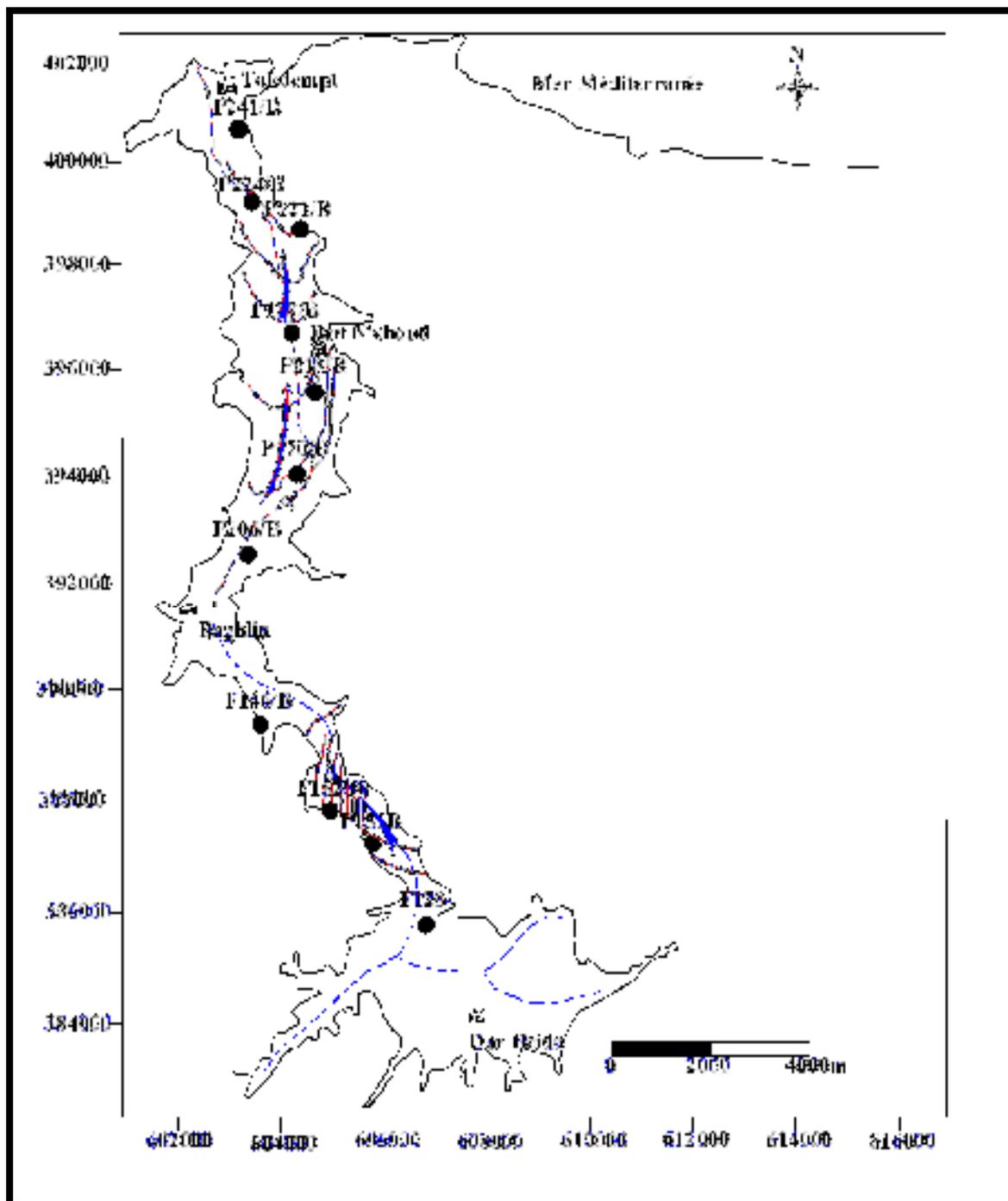


Figure N°VI-3a :Carte piézométrique (Bas Sébaou ,hautes eaux)  
Année 2004

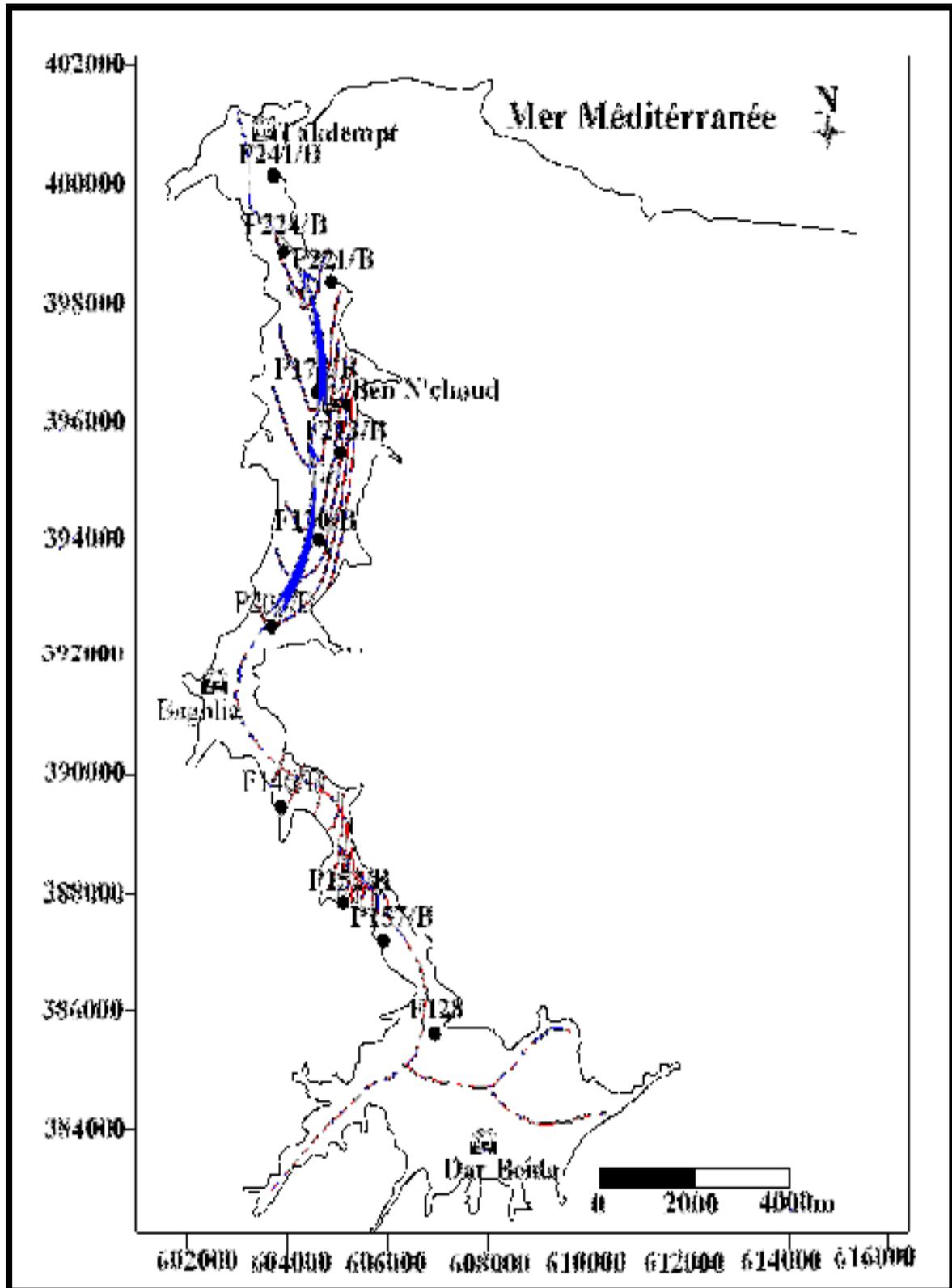


Figure N°VI-3b :Carte piézométrique (Bas Sébaou ,basses eaux)  
Année 2004

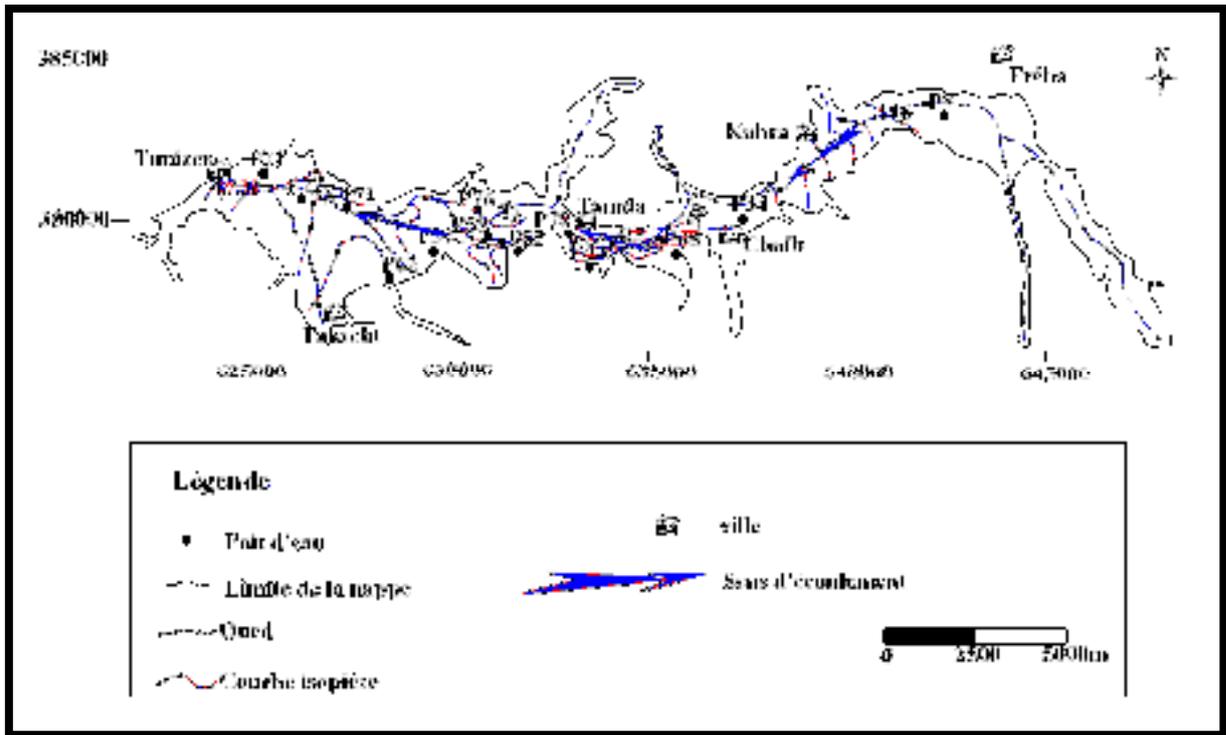


Figure N°VI-4 :Carte piézométrique (Haut Sébaou ,Avril2006)

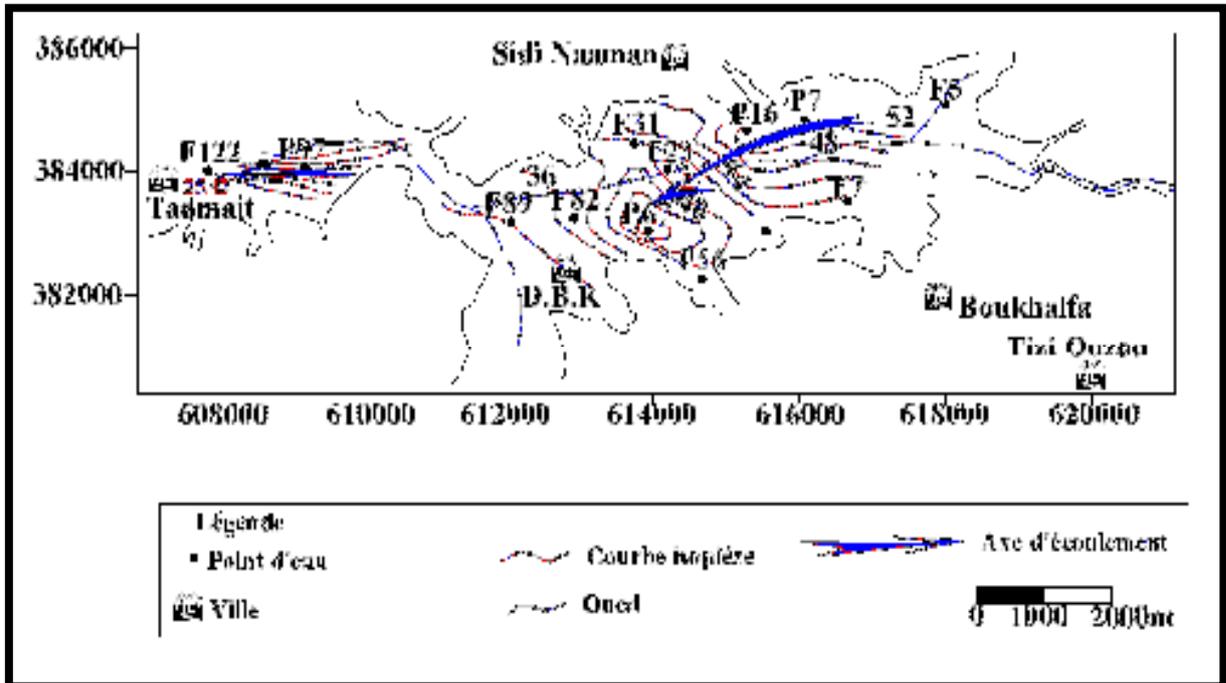


Figure N°VI-5 :Carte piézométrique (Moyen Sébaou ,Avril 2006)

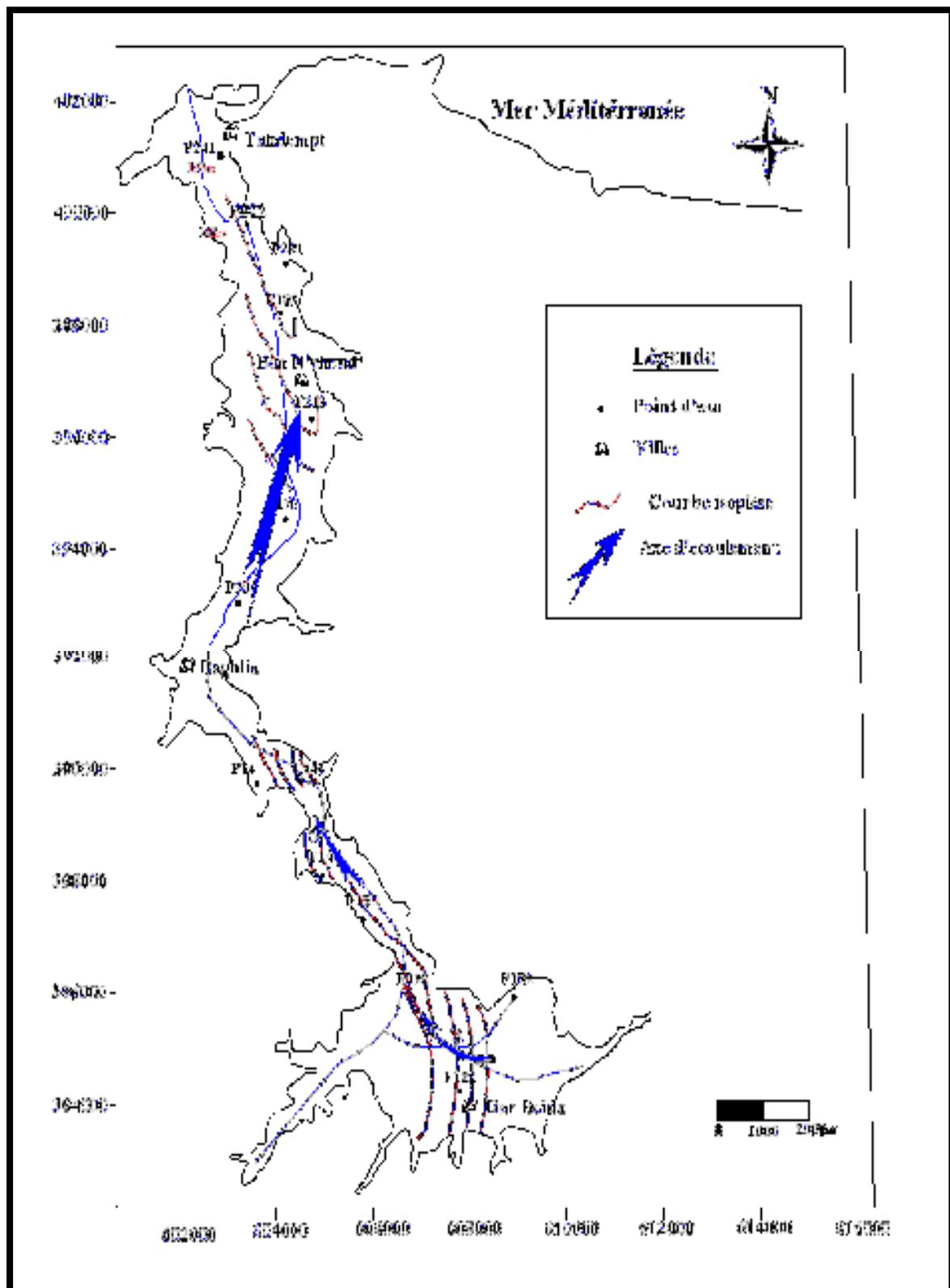


Figure N°VI-6: Carte piézométrique (Bas Sébaou ,Avril 2006)

#### **VI-1-4.Fluctuation piézométrique :**

##### **a)Profondeur de la nappe :**

L'étude de Y.Chadrine Sep-Oct1972 en période d'étiage a montré une profondeur variant entre 0.4 à 5.7m pour le haut Sébaou et 3 à 3.5m pour le moyen et le bas sébaou.

L a défférence de la profondeur entre le haut et le bas Sébaou s'expliquerait par le fait que dans le bas Sébaou la nappe est captive.

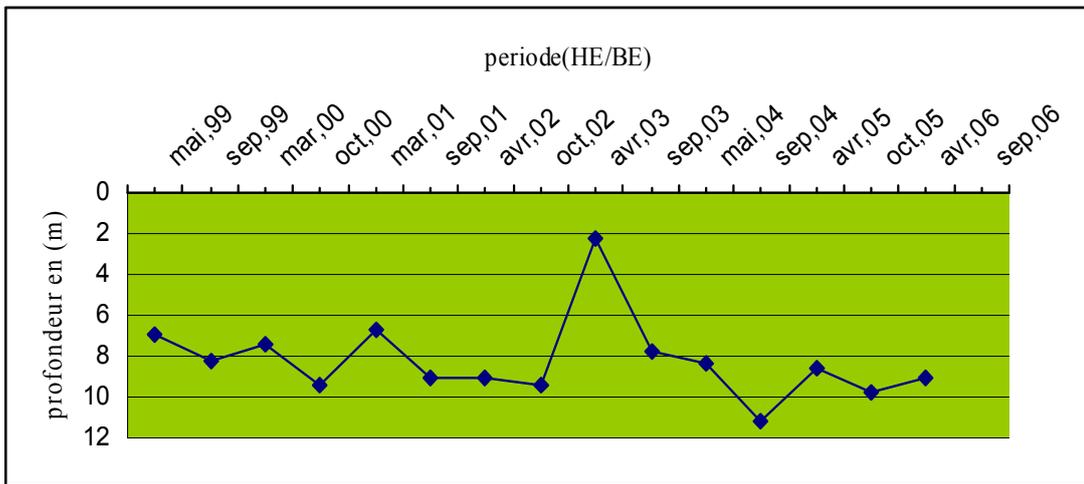
D'autre part d'après l'étude qui a été fait en septembre 1999 a montré que la profondeur de la nappe varie de 2.55 à 14.8m .

A titre comparatif; les niveaux des eaux souterraines ont subi des baisses relativement importantes par rapport à l'année 1972 surtout à l'embouchure de l'oued Aissi où on a constaté l'assèchement de nombreux puits. Cela est dû principalement à :

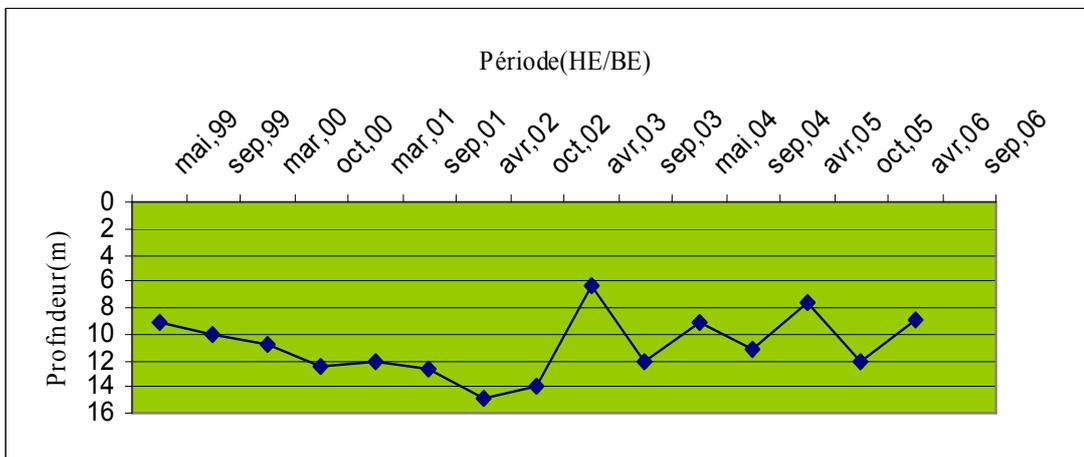
- La surexploitation de la nappe causée par le nombre important de forages implantés après 1974.
- L'impact du barrage de Taksebt implanté à l'amont de l'oued Aissi.

Pour bien suivre l'évolution de la profondeur de la nappe alluviale du Sébaou en fonction du temps, depuis des mesures effectuées en 1999 jusqu'à la dernière campagne Piézométrique des hautes eaux effectuée en avril 2006 (campagnes réalisées par M.Bouadjla. ANRH de Tizi Ouzou), on a établi des graphes (figuresVI-4,VI-5 etVI-6) dont l'interprétation nous Permet de constater :

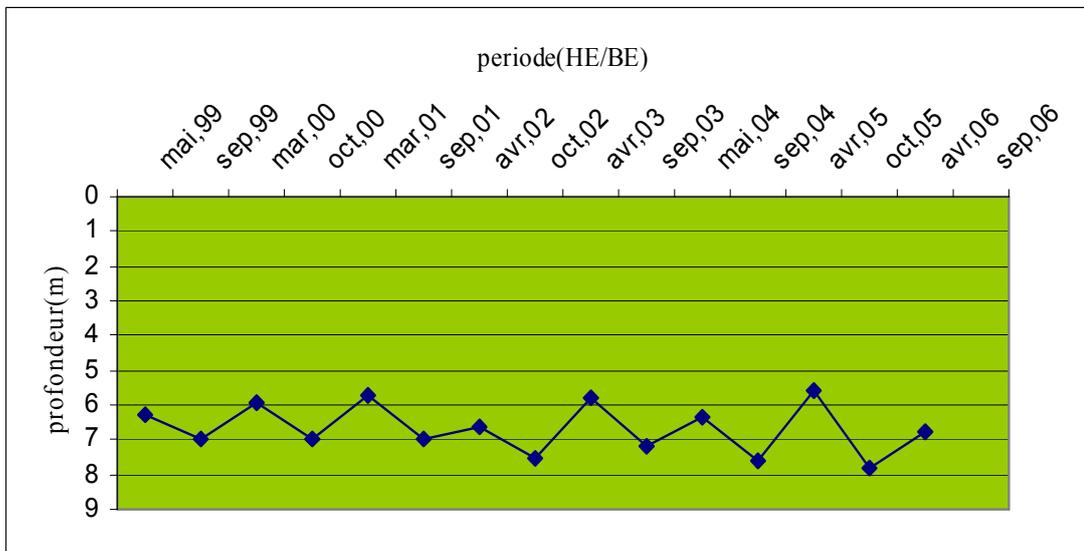
- Les profondeurs du niveau statique évoluent en dents de scies, reflétant des fluctuations relativement importantes entre les basses eaux et les hautes eaux.
- les niveaux statiques augmentent dans les puits de façon progressive depuis 1999 à 2002, au-delà de cette période les profondeurs ont diminué considérablement, par rapport aux années précédentes et les résultats des dernières campagnes illustrent bien cette évolution. Ces variations sont étroitement liées aux régimes des précipitations.



**Figure N°VI-7 :Evolution des niveaux statiques au pont de Bougie(P70)**



**Figure N°VI-8:Evolution des niveaux statiques à Tamda (P52)**



**Figure N°VI-9 :Evolution des niveaux statiques au puit P52**

**b) Influence du barrage de Taksept sur les niveaux piézométriques :**

D'après les données issues du réseau des eaux souterraines du haut Sébaou (compagnes piézométriques 2002, 2003, 2004, 2005), il est possible de tirer quelques renseignements sur l'influence du barrage de Taksept sur les niveaux piézométriques.

La campagne de mesure menée en 2002 sur les forages situés en aval de barrage de Taksept (puits P61 et P62) montre que le niveau piézométrique de la nappe semble être plus élevé que les années antérieures notamment en période d'étiage (ces puits étaient secs durant l'étiage de 1999 et 2000 et ne l'étaient pas en 2002). Ce phénomène peut provenir de la mise en eau de la retenue qui, de fait de la charge hydrostatique, provoque un relèvement du niveau piézométrique à l'aval immédiat de la retenue.

Par contre dès que l'on s'éloigne du barrage, on peut remarquer une baisse notable du niveau piézométrique de -5m par rapport aux années antérieures (points d'eau PI82 et P70), que se soit en période d'étiage ou de crue. Rappelons que la nappe du haut Sébaou est libre et alimentée principalement par les eaux superficielles et par les affluents principaux. Ceci nous laisse supposer que l'oued Aissi rechargeait localement la nappe de Sébaou.

La campagne piézométrique effectuée par M. Bouadjla (ANRH de Tizi-Ouzou) en 2004 a révélé que dans la nappe de l'oued Aissi, le niveau statique est de l'ordre de 12.50m au point F62, situé juste en aval de la digue du barrage de Taksept et que la plupart des puits ne dépassant pas 10m de profondeur sont à sec. Donc, le barrage de Taksept a eu un impact sur la réalimentation de la nappe alluviale.

**VI-1-5. la recharge de la nappe :**

La recharge de la nappe peut se faire par :

- infiltration efficace des précipitations, notamment dans les secteurs où la nappe est libre ou semi-libre (Haut et moyen Sébaou);
- alimentation à partir des eaux de l'oued Sébaou;

les apports des eaux souterraines qui proviennent soit, des terrains de bordures perméables représentés principalement par les micaschistes et les schistes altérés, les conglomérats et les grès du Miocène, soit des terrains plus éloignés tel que la chaîne du Djurdjura située plus au sud. Ces apports se font à partir des écoulements latéraux ou par l'intermédiaire des accidents géologiques qui peuvent constituer des drains non négligeables s'ils ne sont pas colmatés

**VI-1-6.conclusion :**

Dans la vallée alluviale du Sébaou la recharge de la nappe est assurée essentiellement par l'infiltration des eaux de précipitations et par les eaux de ruissellement s'effectuant le long des cours d'eau dans les secteurs où la nappe est libre.

Durant les années précédentes les profondeurs de la nappe ne cessent d'augmenter, par contre cette année on a enregistré pour les deux compagnes hautes et basses eaux, une diminution considérable de la profondeur de la nappe alluviale, ce qui s'est traduit par des remontées des niveaux statiques,

Les graphes des niveaux statiques illustrent bien cette évolution, c'est du à l'apport pluviométrique important enregistré cette année.

Les rabattements de la nappe alluviale du Sébaou varient de 0.5m à 3m, les faibles rabattements sont observés au niveau des terrasses inférieures et en aval de la nappe alluviale, par contre les rabattements élevés sont observés au niveau des terrasses supérieures et en amont de la nappe alluviale, ce qui nous montre le sens d'écoulement souterrain, qui coïncide avec l'écoulement superficiel d'oued Sébaou ,En effet l'examen des cartes piézométriques a montré des écoulements latéraux des bordures vers le centre de la vallée qui constitue un axe de drainage d'orientation :

- NE-SW pour le haut Sébaou;
- E-W pour le moyen Sébaou;
- S-N pour le bas Sébaou

Nous enregistrons un manque dans la donnée hygrométrique, pour cette période car aucun jaugeage n'a été effectué cette année, pour déterminer les débits au niveau des stations hydrométriques.

## VI-2. Caractéristiques hydrodynamiques :

Les caractéristiques hydrodynamiques transmissivité (T), le coefficient d'emmagasinement (S) et la perméabilité (K) nous permettent d'établir un bilan hydrogéologique et estimer les réserves en eaux souterraines des différentes formations alluviales du Sébaou.

La mesure de ces paramètres est effectuée sur le terrain à partir des essais de pompages ou plus précisément de leur interprétation graphique.

Dans notre étude on utilise les résultats des essais de pompage réalisés en mois de novembre et décembre 2004 par le bureau d'étude **BETA-Consult**.

### VI-2-1. Définition :

#### a) la transmissivité (T):

La transmissivité (T) est un débit régissant le débit d'eau qui s'écoule par unité de largeur de la zone saturée aquifère et par unité de gradient hydraulique. Elle est égale au produit du coefficient de perméabilité K par l'épaisseur de l'aquifère e.

Elle s'exprime en mètre carré par second ( $m^2/s$ ). (G. Castany, J. Margat 1977)

#### b) Perméabilité (K) :

C'est la faculté avec laquelle un milieu poreux peut laisser filtrer (circuler l'eau). Elle s'exprime en mètre par second (Chettouh, 1997)  $K = T/e$

K : perméabilité (m/s).

T : transmissivité ( $m^2/s$ ).

E : épaisseur de la nappe au niveau du forage (m).

Le coefficient de perméabilité défini par Darcy est le volume d'eau gravitaire en  $m^3$  traversant, en une unité de temps (1 second), sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique, une unité de section orthogonale à la direction de l'écoulement.

#### c) le coefficient d'emmagasinement (S) :

Le coefficient d'emmagasinement est le rapport du volume d'eau libéré ou emmagasiné par unité de surface d'un aquifère à la variation de recharge hydraulique correspondante, sans référence au temps (ou en un temps limité).

Dans un aquifère captif ce paramètre est lié à la compressibilité et à l'extensibilité de l'eau et du milieu aquifère, le coefficient est égale à la porosité efficace. Il est sans unité (G.Castany, J-Margat 1977)

**d) porosité efficace( $Q_e$ ) :**

La porosité efficace est un paramètre sans dimension, exprimé en (%). Il est défini par le rapport du volume d'eau gravitaire à son volume d'eau total. Il est déterminé par la méthode d'Archie.

**VI-2-2. Les essais de pompage réalisés :**

Dans notre étude on utilise les essais de pompage qui ont été réalisés au mois de novembre et décembre 2004, par le bureau d'étude BETA-CONSULTS en vue de mieux approcher les caractéristiques hydrodynamiques des formations alluvionnaires de la nappe du Sébaou.

Les études anciennes réalisées par le service forage de la D.H. W de Tizi-ouzou, et la quantification des paramètres hydrodynamiques se limitaient généralement à celle des transmissivités. En effet; le manque de renseignements précis relatifs à la réaction de l'aquifère et à sa granulométrie a conduit à une estimation approximative de leur ordre de grandeur.

Les données d'essais de pompage sont illustrées dans les annexes Les forages pris en compte dans notre étude sont représentés dans le tableau N°VI-2 ci-dessous :

Lieu	Forage	X Km	Y Km	Z m	NS/sol m	Cote piéz(m)	Distance Forage- Piézo(m)
<b>Bas Sébaou</b>	F1R-Vas Ben N choud	604.878	395.576	8	7.40	0.6	58
	Piézomètre	604.975	395.525	14	11.07	2.93	
	Boukhalfa	617.05	384.152	54.1	9.58	44.52	250
	Piézomètre BA61 bis	616.977	384.216	57	9.17	47.83	
<b>Haut Sébaou</b>	Tamda TM1 FM1	633.282	379.316	95.3	6.13	89.17	285
	Piézomètre (FTM2)	/	/	/	8.49	/	
	Fréha FR3	642.298	382.980	170	5.45	146.46	60
Piézomètre(Puit N°5)	/	/	/	3.79	/		

**Tableau N°VI-2 : Coordonnées des forages et piézomètres (BETA-CONSULT/ANRH)**

L'interprétation des courbes obtenues à partir des mesures effectuées dans ces forages nous permet de déterminer la transmissivité (T) et la perméabilité (K) de l'aquifère constitué par des formations alluvionnaires quaternaires.

En outre; l'interprétation des courbes issues des mesures effectuées dans des Piézomètres permet également de déterminer ces paramètres ainsi que le coefficient d'émagasinement (S) et le rayon d'influence ( $r_0$ ).

### VI-2-3.Détermination des caractéristiques hydrodynamiques :

#### a) La transmissivité :

Partant d'une conception nouvelle du comportement hydrodynamique de l'aquifère , C.V Theis (1935)établit le premier les expressions de l'écoulement l'eau souterraine vers les ouvrages de captage,dites en régime transitoire.

Et après C.E Jacob est continué le travail de C.V Theis.

Le ce fait les les résultats des données des essais ont été interprésés à l'aide de la méthode qui s'appelle méthode d'approximation de Theis et Jacob.

#### • Méthode de la courbe de descente de theis et Jaccop :

Dans ce cas l'équation d'approximation de Theis et Jacob s'écrit :

$$\Delta = \frac{0.138Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2S}$$

$\Delta$  = Rabattement (Niveau dynamique - NS);

**Q** = Débit de pompage;

**T** = Transmissivité;

**t** = temps de pompage;

**S** = Coefficient d'emmagasinement;

**r** = Distance de piézomètre ;

la transmissivité est calculée par la pente de la droite représentative l'échelle des coordonnées n'étant pas homogène ,la pente est déterminée par l'accroissement des rabattements (ou des profondeurs des niveaux d'eaux ),au cours d'un module logarithmique ,noté C. la transmissivité est calculé par l'équation :

$$T = \frac{0.183Q}{C}$$

Le coefficient d'émagasinement est obtenu par calcul numérique dans la deuxième terme .

$t_0$ : le temp correspondant à l'intersection de la droit avec l'axe des rabattements nuls :On obtient alors :

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

- **Méthode de la courbe de remontée de theis et Jaccob :**

Cette méthode de détermination de transmissivité est la plus fiable car; pendant la remontée; l'écoulement des eaux souterraines est soumis à un régime naturel. Dans la mesure où les conditions de la méthode de Jacob sont satisfaites; c'est-à-dire une nappe captive, homogène, isotrope et infinie; on mesure le rabattement résiduel qui représente la différence entre le niveau d'eau statique et le niveau d'eau Mesuré à l'instant  $t$  (temps écoulé depuis l'arrêt du pompage).

$$\Delta_r = \frac{0.183Q}{T} \log\left(\frac{2.25Tt}{r^2S}\right) - \frac{0.183Q}{T} \log\left(\frac{2.25Tt'}{r^2S}\right)$$

Ou encore :

$$\Delta_r = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{t}{t'}$$

$\Delta_r$  : rabattement résiduel ;

$t$  : temp écoulé depuis le début de pompage.

$t'$  : temps écoulé depuis l'arrêt de pompage.

Dans le cas de la remontée nous portons en abscisse  $\log (t/t')$  et on ordonnées les Rabattements résiduels( $\Delta_r$ ).

$$T = \frac{0.183Q}{C}$$

**b) La perméabilité :**

C'est la faculté avec laquelle un milieu poreux peut laisser filtrer (circule l'eau) . elle s'exprime en mètre par second (Chettouh,1997)  $K=T/e$

**K** :perméabilité(m/s).

**T** :transmissivité(m<sup>2</sup>/s).

**e** :épaisseur de la nappe au niveau du forage(m).

**c) Le coefficient d'emmagasinement(s) :**

Le coefficient d'emmagasinement est obtenu par calcul numérique dans le deuxième terme de l'expression (1). Ou, plus simplement, avec  $t_0$  déterminé graphiquement comme suit :

Au point d'intersection de la droite de Rabattement - Log T (1) avec l'axe des abscisses (temps en seconde) nous déterminons  $t_0$ .

$$\Delta = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2S} \text{ devient } l = \frac{2.25Tt}{r^2S}$$

Où  $r^2=X^2$  (distance d'observation).

$$S = \frac{2.25Tt_0}{X^2}$$

T :transmissivité ;

X :distance piézomètre-forage.

$t_0$  : déterminer sur le graphe.

**d) Rayon d'influence ou rayon d'action :**

C'est la distance à partir de laquelle le rabattement devient nul. Il dépend de la transmissivité (T), du coefficient d'emmagasinement (S) et du temps de pompage (t).

$$r_0 = 1.5 \sqrt{\frac{Tt}{S}}$$

T = transmissivité;

t = temps de pompage;

S = Coefficient d'emmagasinement ;

➤ Dans le cas d'une nappe libre, l'expression d'approximation logarithmique de CE. Jacob ne peut être appliquée que lorsque le rabattement ( $\Delta$ ) est petit comparé à l'épaisseur e de l'aquifère. Les conditions de validité sont fixées à  $\Delta < 0.1 e$  avec une tolérance portée à  $\Delta < 0.3 e$ .

La distance du piézomètre doit être supérieure à 5 m pour éviter l'influence des pertes de charges au voisinage de l'ouvrage provoquées par l'exécution.

des travaux de fonçage et doit être au maximum de 150 m afin d'obtenir des mesures de rabattement significatives et de rester dans les limites de validité de l'expression de Jacob. Elle sera égale au tiers du rayon d'influence à explorer.

#### VI-2-4.Exemple d'application :

On prend comme exemple un forage distant d'une centaine de mètres du lit majeur de l'oued Sébaou qui se situe à environ 1Km au SE de la localité de Ben N'choud (F1R-VAS1).cet ouvrage a recoupé 49m de formation essentiellement graveleuse avec de rare passage de marnes vaseuses(figure VI-7)

Il est exploité à un débit de 30l/s et un rabattement observé esr de 4.76 m après 72 heures de pompage et le débit spécifique est de 6.30 l/s/m soit 8.33m<sup>3</sup>/h/m.

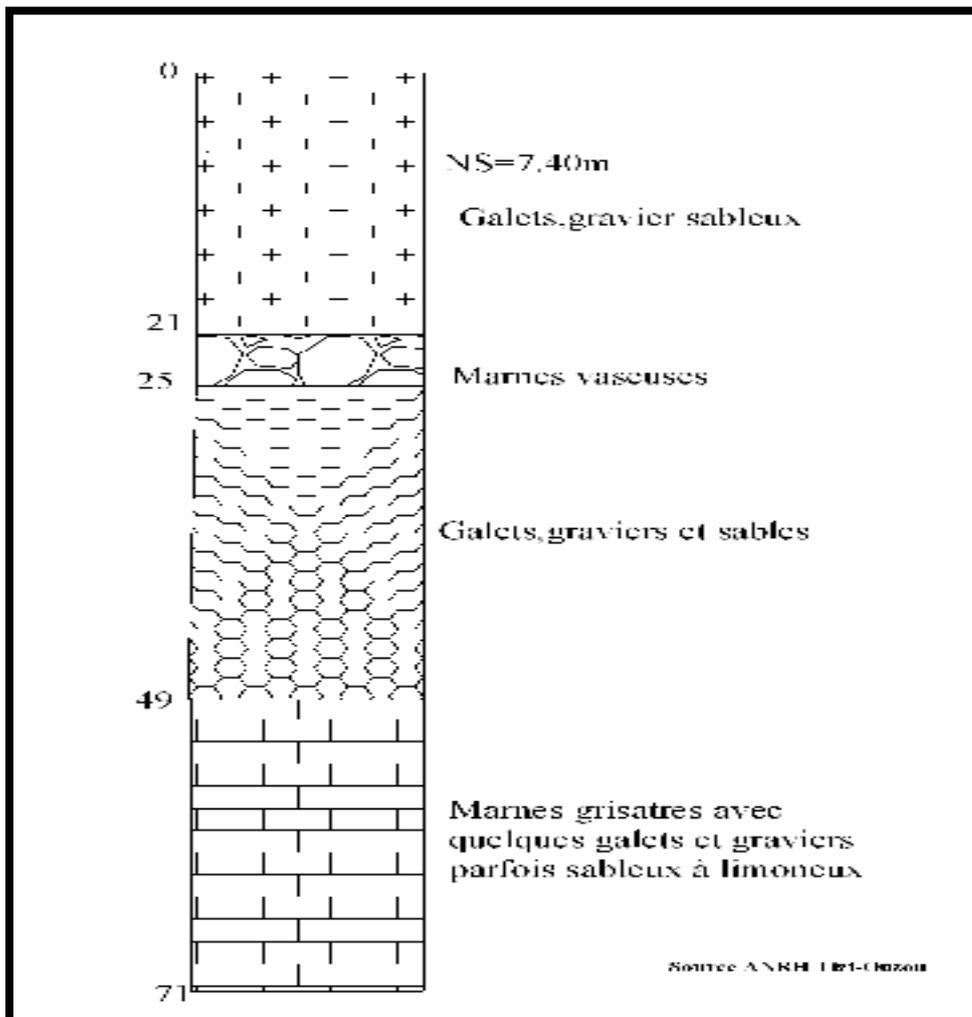


Figure N°VI-7 :Coupe lithologique du forage F1R-VAS1 Ben N'Choud

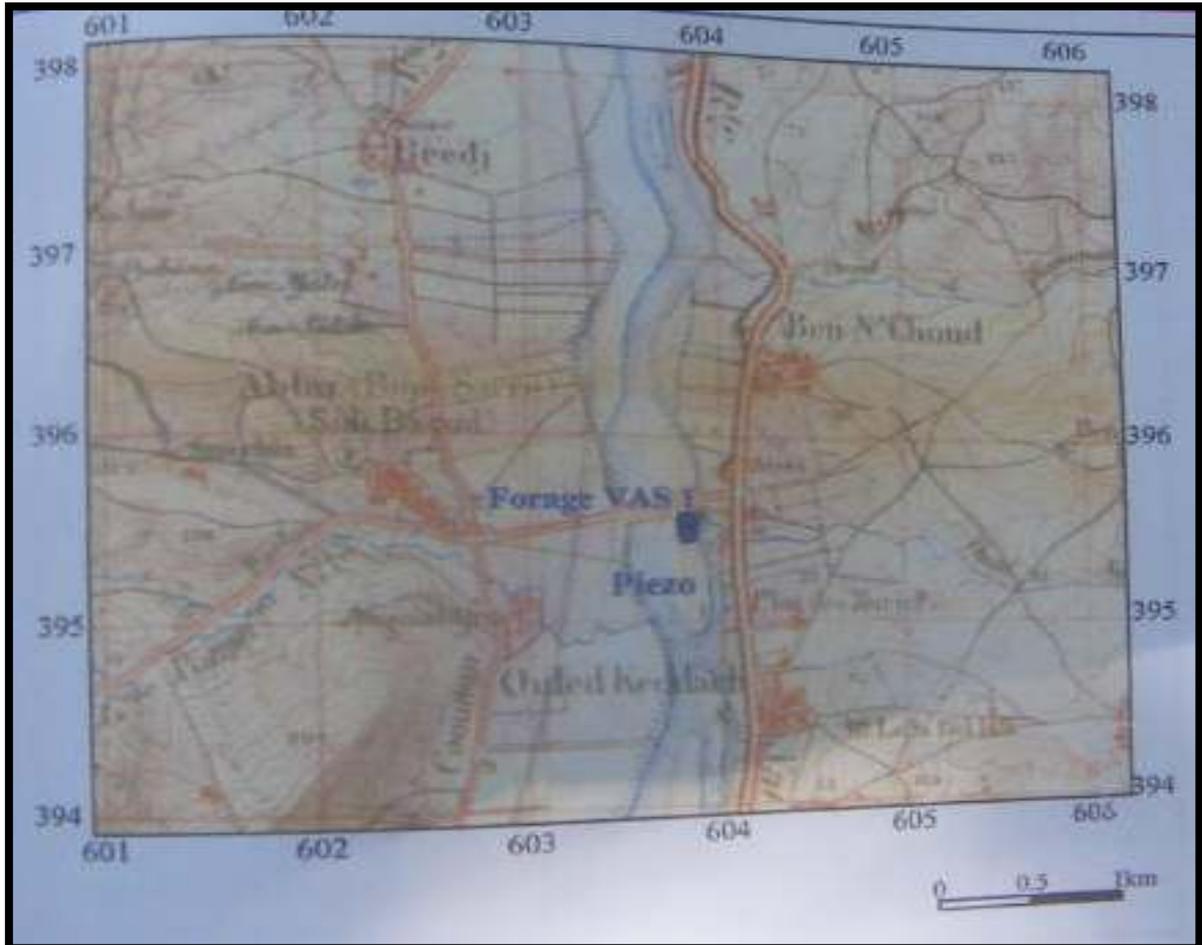


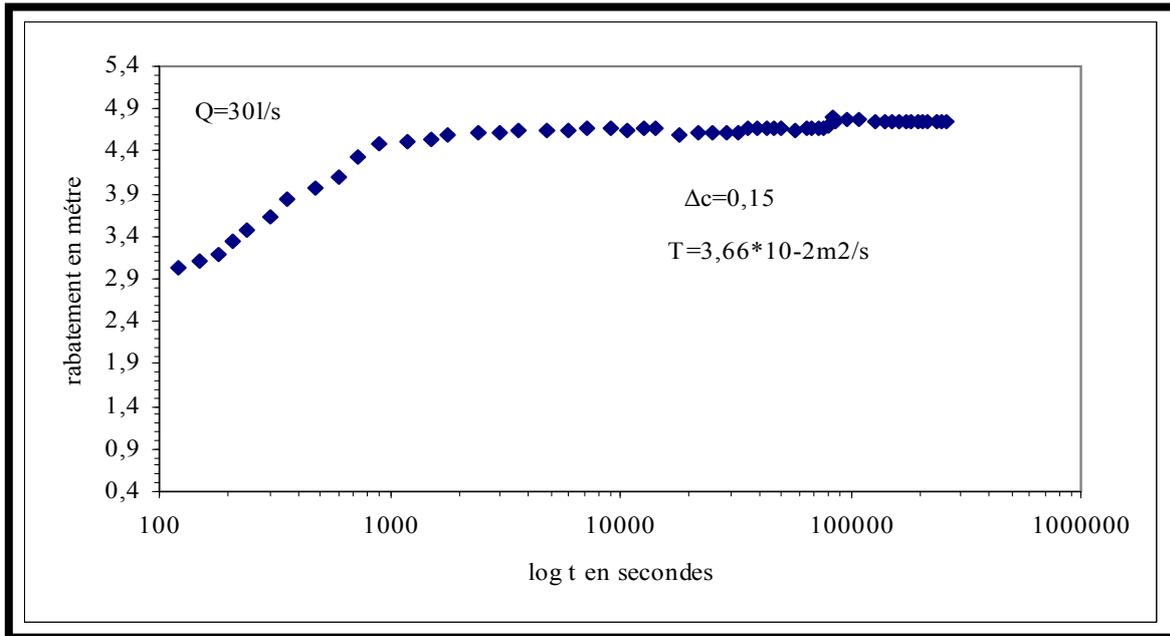
Figure N°VI-10 : Carte de situation du forage F1R-VAS1 (ANRH)

### a) Détermination de la transmissivité :

#### a-1) Courbe de descente dans le forage F1R-VAS1 (voir figure N°VI-11) :

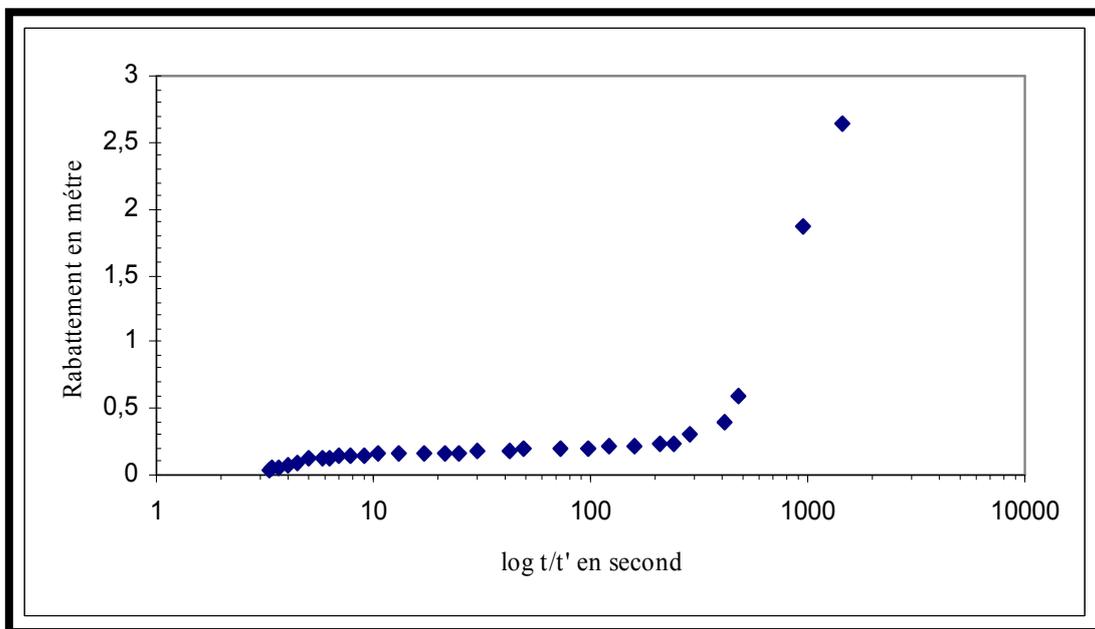
La courbe de descente montre une droite représentative avec deux tronçons dont le premier présente une pente assez aiguë correspondant au premier quart d'heure de Pompage (c'est l'effet de vidange) et le deuxième est assez long avec une pente faible et assez régulière.

La pente de la droite représentative est  $C = 0.15$ , le débit  $Q=301/s$ ; on aura :  
 $T=3.66 \cdot 10^{-2} m^2/s$ .



**Figure N°VI-11 :Courbe de descente dans le forage F1R-VAS1**

**a-2) courbe de remontée dans le forage F1R-VAS1 (voir figure N° VI-12) :**  
 la pente de la droite de remontée des rabattement au niveau du forage  $C=0.12$  donc  
 $T= 4.75 \cdot 10^{-2} \text{m}^2/\text{s}$

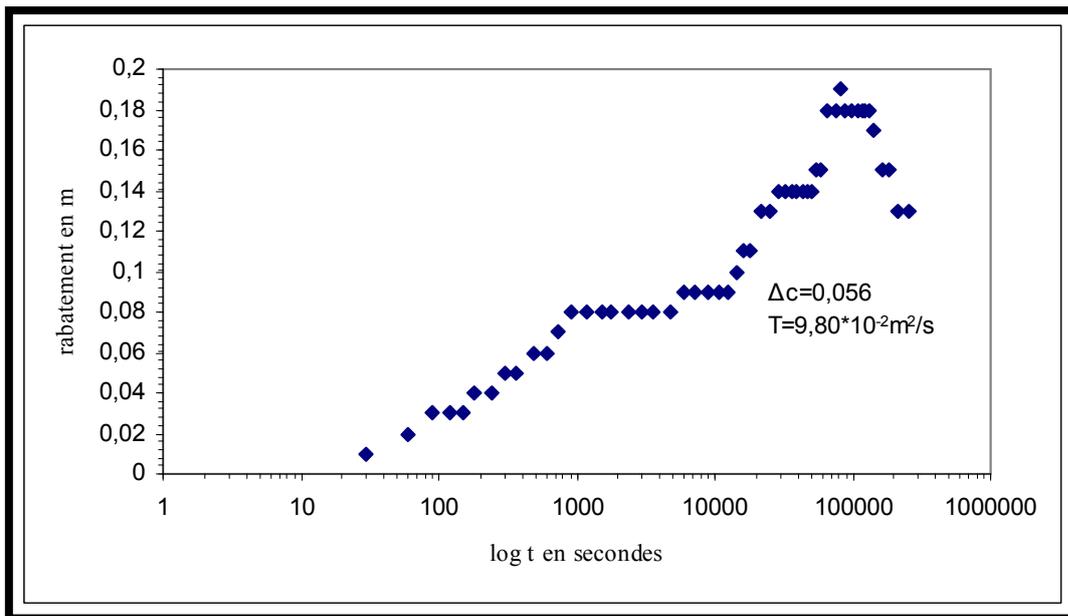


**Figure N°VI-12 :Courbe de remontée dans le forage F1R-VAS1**

**a-3) courbe de descente dans le piézomètre F1R-VAS1(voirfigureVI-13) :**

Ce piézomètre est situé à une distance de 58m du forage et permet d'observer l'évolution du niveau dynamique.

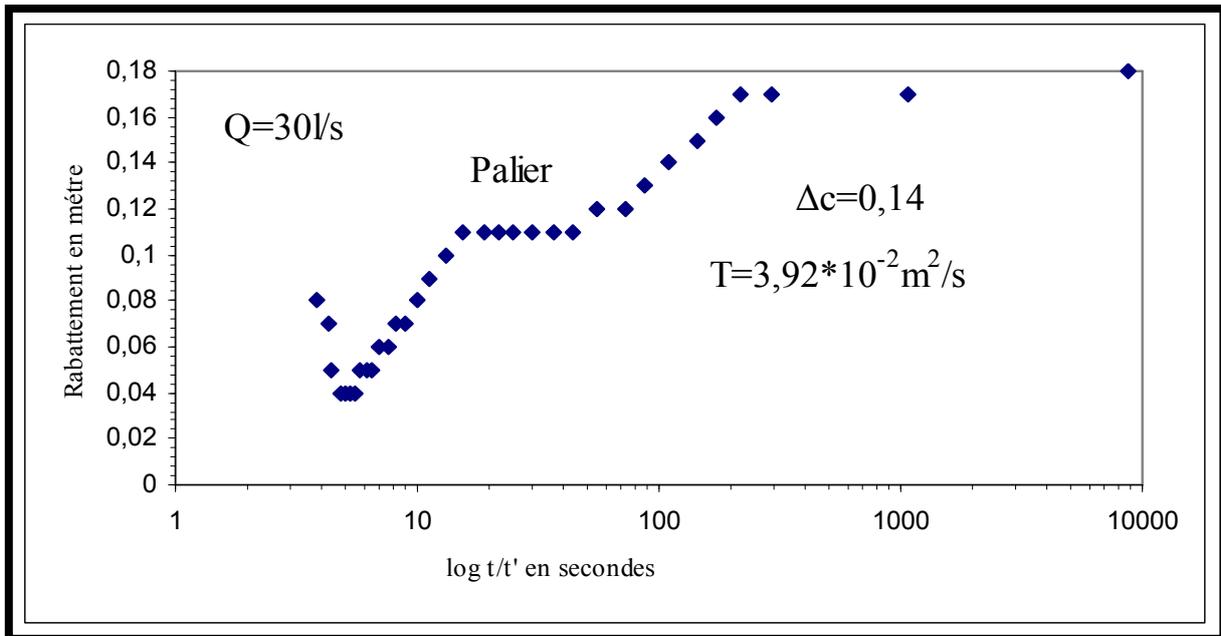
La courbe de descente tracée montre deux tronçons de droite séparés par un **miter** et la détermination de  $C= 0.056$  permet de calculer une transmissivité  $T= 9.8 \times 10^{-2}m^2/s$ .



**Figure N°VI-13 : Courbe de descente dans le piézomètre F1R-VAS1**

**a-4) Courbe de remontée dans le piézomètre F1R-VAS ( voirFigure N°VI-14):**

La courbe de remontée montre deux tronçons de droite séparés par un palier. La pente correspondant au deuxième tronçon relatif aux rabattements résiduels en fin de remontée est :  $C = 0.14$  et la transmissivité correspondante est de :  $T= 3.92 \times 10^{-2}m^2/s$ .



**Figure N°VI-14 : Courbe de remontée dans le piézomètre F1R-VAS1**

### B) Détermination du coefficient d'emmagasinement (S) :

Pour  $t_0=40\text{s}$ ,  $T=9,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  (courbe descendante) et  $X=58\text{m}$  on a trouvé un coefficient d'emmagasinement  $S=2,91 \cdot 10^{-3}$ .

### C) Rayon d'influence :

Pour un temps du pompage de 72 heures (259200s),  $T=3,92 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $S=2,91 \cdot 10^{-3}$  on a trouvé  $r_0=4441\text{m}$ .

### Remarque :

La valeur de  $r_0$  ainsi trouvée est très élevée et elle ne reflète pas la réalité. Cela peut être expliqué par les conditions locales de réalisation de ces essais de pompage qui peuvent être résumées comme suit :

- Le pompage dans les ouvrages situés à proximité;
- Infiltrations induites par les précipitations du mois de novembre et décembre;
- Des éventuelles relations oued-nappe (le forage est distant d'une centaine de mètres du lit majeur de l'oued Sébaou);
- La proximité des bordures de la nappe alluviale qui sont de nature imperméable à semi perméable.

## VI-2-5. Tableau des résultats :

<b>Bas Sébaou</b>	Pompage dans VAS1(Baghli) Q=30l/s	<b>Forage</b>		<b>Piézomètre</b>	
		Descente	Remontée	Descente	Remon tée
	-Transmissivité <b>T</b> m <sup>2</sup> /s	3.66*10 <sup>-2</sup>	4.57*10 <sup>-2</sup>	9.80*10 <sup>-2</sup>	3.92*1
	-Perméabilité <b>K</b>	8.8*10 <sup>-4</sup>	11*10 <sup>-4</sup>	23.5*10 <sup>-4</sup>	0 <sup>-2</sup>
	Coef.d'emmagasinement <b>S</b>			2.91*10 <sup>-3</sup>	
	Rayon d'influence <b>r<sub>0</sub></b>			4421??	
	Pompage dans BA5 (Boukhalfa) Q=40l/s	<b>Forage</b>		<b>Piézomètre</b>	
		Descente	Remontée	Descente	Remon tée
	-Transmissivité <b>T</b> m <sup>2</sup> /s	2.20*10 <sup>-2</sup>	8.1*10 <sup>-2</sup>	10.16*10 <sup>-2</sup>	
-Perméabilité <b>K</b>	6.6*10 <sup>-4</sup>	4.4*10 <sup>-3</sup>	5.5*10 <sup>-4</sup>		
Coe.d'emmagasinement <b>S</b>			1.01*10 <sup>-3</sup>		
Rayon d'influence <b>r<sub>0</sub></b>			7659m??		
<b>Haut Sébaou</b>	Pompage dans F 4 (FRéha) Q=6.91l/s	<b>Forage</b>		<b>Piézomètre</b>	
		Descente	Remontée	Descente	Remon tée
	-Transmissivité <b>T</b> m <sup>2</sup> /s	3.71*10 <sup>-3</sup>	11.47*10 <sup>-3</sup>	4.05*10 <sup>-2</sup>	1.62*1
	-Perméabilité <b>K</b>	1.45*10 <sup>-3</sup>	4.5*10 <sup>-3</sup>	1.76*10 <sup>-2</sup>	0 <sup>-2</sup>
	Coef. d'emmagasinement <b>S</b>			3.1*10 <sup>-1</sup> ?	
	Rayon d'influence <b>r<sub>0</sub></b>			1517m??	
	Pompage dans F TM1(Tamda) Q=27l/s	<b>Forage</b>		<b>Piézomètre</b>	
		Descente	Remontée	Descente	Remon tée
	-Transmissivité <b>T</b> m <sup>2</sup> /s	3.09*10 <sup>-2</sup>	4.29*10 <sup>-2</sup>	15.44*10 <sup>-2</sup>	1.46*10 <sup>-2</sup>
-Perméabilité <b>K</b>	5.1*10 <sup>-3</sup>	7.3*10 <sup>-3</sup>	2.62*10 <sup>-3</sup>	7.9*10 <sup>-</sup>	
Coef. d'emmagasinement <b>S</b>			1.14*10 <sup>-2</sup>		
Rayon d'influence <b>r<sub>0</sub></b>			2810m??		

**Tableau N°VI-3 :Tableau récapitulatif des paramètres hydrodynamiques  
(BETA- CONSULTS/ANRH)**

**VI-2-6. Discussion des résultats :**

D'après l'étude réalisée dans des forages et piézomètres captant la nappe alluviale du Sébaou, on a remarqué :

Les transmissivités ainsi évaluées sont assez élevées. Elles varient entre  $3.71 \times 10^{-3}$  et  $15.44 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Les perméabilités correspondantes sont également très élevées ; elles sont comprises entre  $7.9 \times 10^{-4}$  et  $2.62 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ . Ces bonnes perméabilités enregistrées; surtout dans le haut Sébaou (voire tableau précédent); s'expliquent par la nature alluvionnaire assez grossière de l'aquifère.

Les valeurs de coefficient d'emmagasinement (S) évaluées au niveau des piézomètres sont moyennes, elles oscillent entre  $2.9 \times 10^{-1}$  (29%) pour Baghlia et  $1.14 \times 10^{-1}$  (11.4%) pour Tamda. De même; pour ce qui est de la porosité efficace; elle a été déterminée pour la première fois par la C.G.G. (1964) et la valeur moyenne donnée est égale à 22%.

Et d'autre part on peut expliquer la courbe de descende du piézomètre F1R-VAS(Ben N'Choud) qui est montre deux troçons de droites séparés par un palier par :

- Les essais de pompage ont été réalisés au mois de novembre et décembre 2004 qui correspondent à la période de reconstitution de la nappe après les premières pluies d'octobre et novembre-a-d les probables infiltrations.
- Le pompage dans les forages situés à proximité (FI et F4), qui étaient en production dès le début des essais.

Enfin les rayons d'action sont assez élevés et ne reflètent, en aucun cas, la réalité sur le terrain.

**Conclusion à l'étude hydrodynamique :**

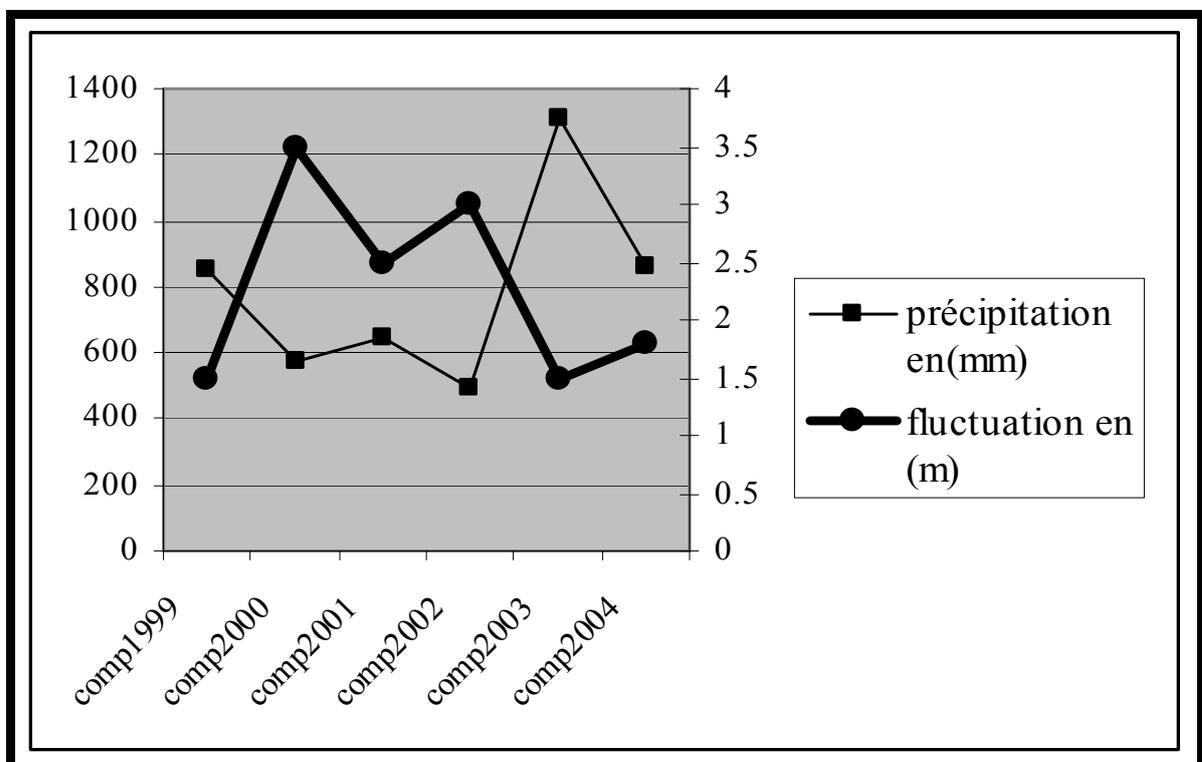
L'étude piézométrique a permis de mettre en évidence les sens d'écoulements des bordures de l'aquifère alluvial qui convergent vers l'axe de la vallée montrant ainsi une alimentation à partir de celles-ci, ainsi qu'un axe de drainage des eaux souterraines qui coïncide avec l'écoulement superficiel de l'oued Sébaou .

Les campagnes piézométriques réalisées en hautes et basses eaux dans la nappe alluviale du Sébaou, montre que la nappe fluctue de 0.5 à 4 m. Ces variations sont étroitement liées aux régimes des précipitations.

l'influence ds précipitations sur les fluctuations piézométriques(ANRH) sont resumé dans le tableau suivant :

Périodes	L'ordre des fluctuations moyennes entre les campagnes basses eaux et hautes eaux	Pluviométries moyennes annuelles
Compagnes 1999	1.5m	853.3mm
Compagnes 2000	3.5m	578.5mm
Compagnes 2001	2.5m	647.3mm
Compagnes 2002	3m	493.5mm
Compagnes 2003	1.5m	1312mm
Compagnes 2004	1.8 m	865.3mm

**Tableau N°VI-4 : Influence des précipitations sur les fluctuations piézométriques(ANRH)**



**Figure N°VI-15: Influence des précipitations sur les fluctuations piézométriques**

nous estimons que ces pompages d'essai réalisés dans quatre (4) forages seulement ne permettent pas une approche d'étude hydrodynamique assez complète. Mais d'après les quatres essai réalisées on peut dire que l'aquifère présente des bonnes caractéristiques hydrodynamiques ;les valeurs de transmissivité et de perméabilité assez grandes, ce qui atteste la caractère grossier des alluvions quaternaires.

**Introduction :**

L'étude hydrochimique de la nappe du Sébaou a été entreprise afin de mieux comprendre les mécanisme d'alimentation de l'aquifère. La connaissance détaillée de la chimie des eaux de la nappe permettra également de mieux les utiliser en particulier en irrigation et en alimentation en eau potable.

A cet égard, l'ANRH (secteur de Tizi-Ouzou) effectue des prélèvements d'échantillons d'eau en guise de qualification et de contrôle de pollution de l'eau. Dans ce sens, nous signalons que pour notre région d'étude, la campagne d'échantillonnage a été effectuée sur vingt quatre points d'eau répartis sur l'ensemble de la plaine comme suit :

- 14 points d'eau dans le haut Sébaou;
- 10 points d'eau dans le bas Sébaou. (Compagnes des hautes eaux 2006).

Les analyses chimique ont été effectuées au niveau du laboratoire de la DRC/ANRH de BLIDA ,et ont porté principalement sur les éléments majeurs à savoir :

- Cation : $\text{Ca}^{++}$ , $\text{Mg}^{++}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ .
- Anion: $\text{Cl}^-$ , $\text{So}_4^-$ , $\text{Hco}_3^-$ , $\text{CO}_3^-$ , $\text{NO}_3^-$ .

Les résultats de ces analyses sont consigné dans le tableau en **annexe**.

**VII-1 Caractéristique physico-chimique :**

L'étude hydro-chimique s'orientra vers deux buts :

Le premier, c'est avoir une idée globale sur la qualité acruelle des eaux de la zone étudiée.

Le second,c'est l'analyse de l'évolution spatiale de chaque élément à travers l'aquifère afin de :

- Distinguer les phénomènes qui in fluent sur le teneur d'un éléments.
- Détecter les zones qui présentent des anomlies en rapport avec la concentration .
- Apprécier les mécanismes des écoulements des eaux souterraines ainsi que leur

origine .

Pour s'y faire on a établie pour chaque éléments des cartes d'égaies teneur superposées sur un fond géologique et topographique en s'appuyant sur les analyses physico-chimique effectué par l'ANRH.

### VII-1-1.La conductivité :

Elle exprime la propriété de l'eau à conduire le courant électrique, donc traduit sa teneur en sels dissous , La conductivité d'une eau exprimée en  $\mu mho/cm$  ou  $mmho/cm$ . L'appréciation de la conductivité d'une eau permet donc de qualifier sa minéralisation.

Les résultats d'analyses des échantillons d'eau prélevés dans la plaine de Sébaou montrent des conductivités des eaux souterraines de la nappe alluviale du Sébaou oscillent entre 0.38 et 1.77  $mmhos/cm$  en hautes eaux, entre 0.8 et 2.54  $mmhos/cm$  en basses eaux. En générale tout les valeurs sont modérées variant entre 0.5 et 1,2  $mmho/cm$ . Exception faite pour les points situés à l'embouchure (P222/B, P218/B,...)

D'après des cartes des figures N°VII-1 et VII-2 montre que les valeurs de conductivité augmente progressivement de l'amont vers l'aval.

- Dans le haut Sébaou, les fortes valeurs se rencontrent dans les ouvrages F63, P73 situés entre les régions à fortes agglomérations de Tamda et Timizer.
- Dans le bas Sébaou, c'est au niveau des puits circonscrits dans la région côtière que sont enregistrées les fortes valeurs de conductivités.

Ces fortes valeurs peuvent être expliquées par :

- Le lessivage des terrains sédimentaires traversés par l'eau ;
- L'évaporation que subissent les eaux peu profondes de la nappe aquifères en bordure de la vallée, se traduit par une augmentation de la concentration en sels dessous dans le sens d'écoulement, les eaux se charge en sel tout au long de leur trajet ;
- Des rejets d'eaux usées d'origine domestique et industrielle ;
- des engrais chimiques et pesticides utilisées en agriculture ;

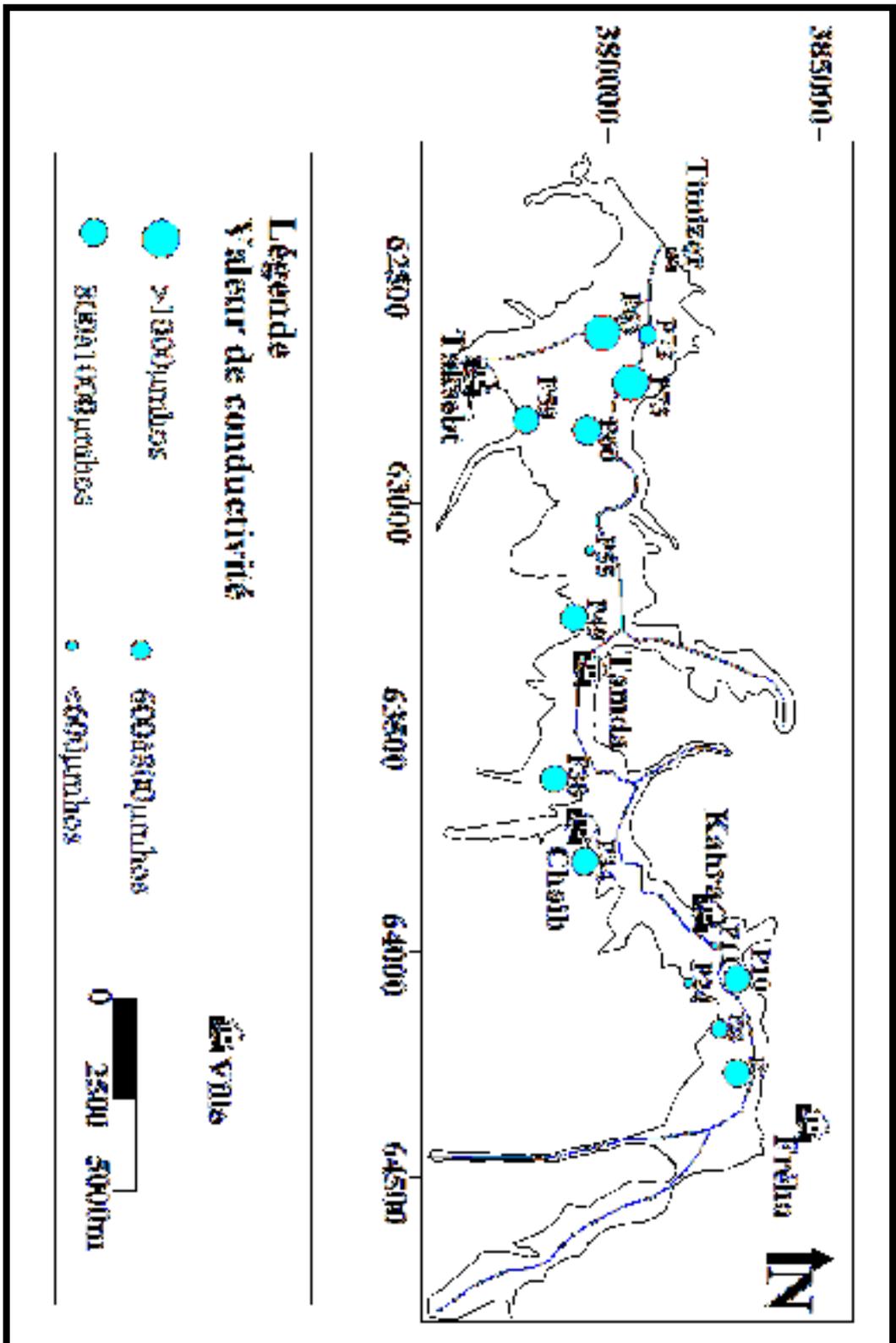


Figure N°VII-1 : carte de conductivité (Haut Sébaou ,Avril2006)

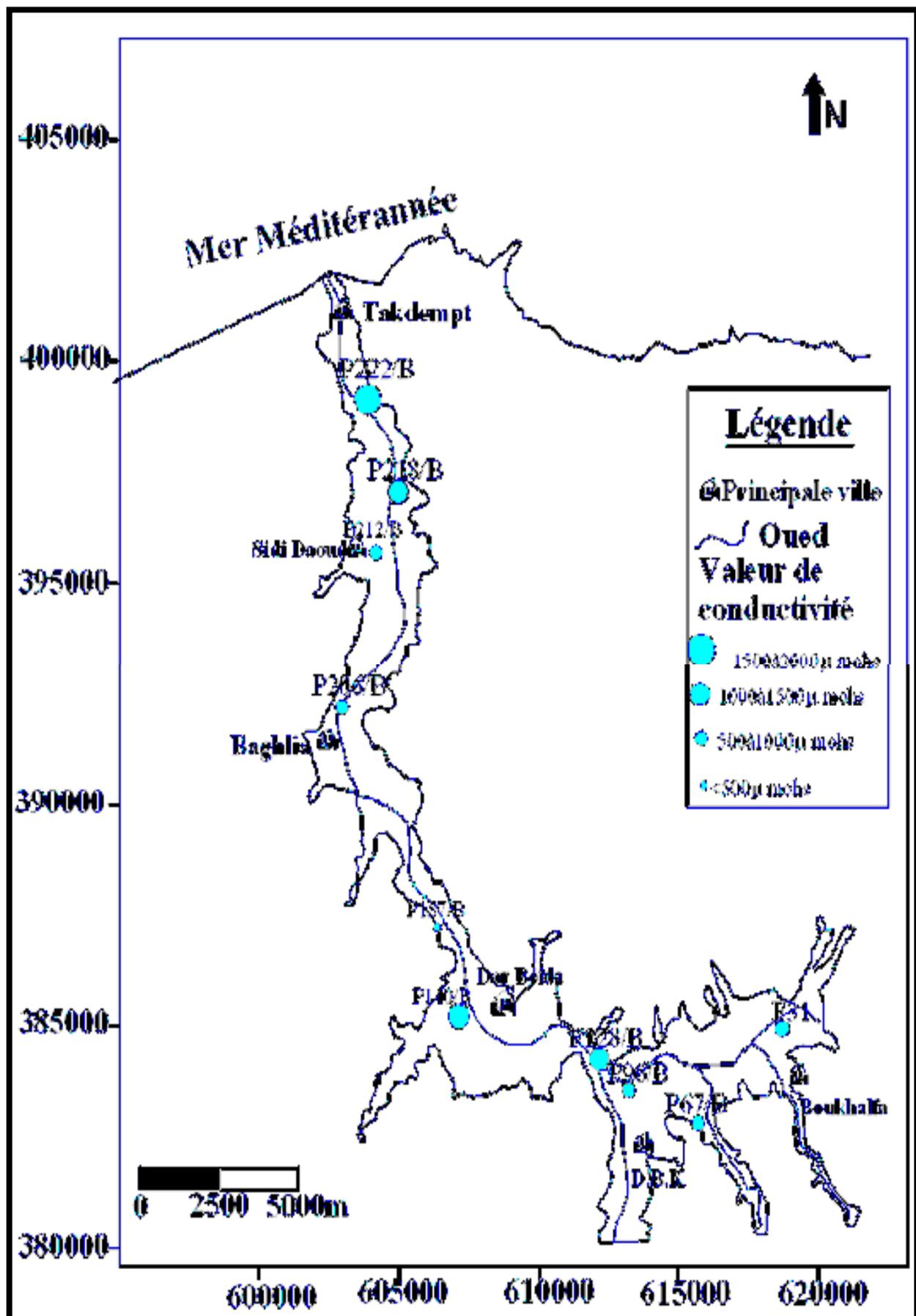


Figure N°VII-2 : carte de conductivité de la basse vallée du Sébaou(Avril2006)

**VII-1-2. Degré hydrométrique total des eaux DHT(dureté) :**

La potabilité d'une eau est aussi évaluée à l'aide du degré hydrotimétrique correspond à la teneur en sel de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  exprimée en degrés français.

$$\text{T.H} = (\text{rCa}^{2+} + \text{rMg}^{2+}) \times 5^{\circ}\text{F}$$

Pour les eaux de la nappe alluviale du Sébaou le degrés hydrotimétrique varie en hautes eaux de 15 à 62  $\text{F}^{\circ}$ , en basses eaux il varie de 34 à 63  $\text{F}^{\circ}$ , sauf pour le point p231 situé en aval de la nappe dont l'eau présente une dureté de 86  $\text{d}^{\circ}\text{F}$ .

Les valeur de DHT sont consignées dans le tableau **en annexe**.

Classe de D.H.T ( $\text{F}^{\circ}$ )	Dureté de l'eau	Haut Sébaou	Bas Sébaou
<10	Douce	0%	0%
10 à 20	Moyennement douce	14.29%	10%
20 à 35	Dure	50%	50%
>35	Très dure	35.71%	40%

**Tableau N°VII-1:duretés des eaux de la nappe alluviale du Sébaou.**

En considérant les normes françaises qui donnent une limite acceptable à 35  $\text{d}^{\circ}\text{F}$  et d'après ce tableau nous pouvons noter que la majorité des eaux souterraines de la nappe alluviale du Sébaou sont assez douces à dures.

Notons que les forages qui se situent à l'aval de la nappe alluviale (Takdempt - Sidi Daoud); tel que P222/B et P218/B; présentent les duretés les plus élevées, ceci est certainement dû à l'avancée de biseau salé dans la nappe côtière.

**VII-1-3.PH mesuré et PH d'équilibre(le potentielle hydrogène) :**

Le PH d'une solution varie en fonction de la concentration en ion  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  ou  $[\text{H}^+]$  c-a-d Le pH est le cologarithme de la concentration de l'ion  $\text{H}^+$  ou  $\text{H}_3\text{O}^+$  EL permet la connaissance de l'état d'équilibre d'une eau.

$$\text{PH} = \log \frac{1}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

On remarque que :

- Les valeurs de pH mesurés sont généralement supérieures à 7.0 ;
- La valeur moyenne calculée sur 24 points d'eau est de 7.7 ;
- La valeur minimum est de 7.4 qui correspond au puit P59 situé à Taksept ;
- La valeur maximum est de 8.2 qui correspond au puit P222 situé à Takdempt ;

Le pH d'équilibre est déduit directement des représentations des analyses sur les diagrammes de Schoeller-Berkaloff tout en joignant par une droite la teneur de  $\text{CO}_3^{2-}$  et celle de  $\text{Ca}^{++}$ .

Le tableau suivant est le résultat de la comparaison du pH d'équilibre déduit du diagramme semi-logarithmique de Schoeller-Berkaloff et celui mesuré au laboratoire (**Tableau N°VII-2**).

Catégories d'eau	Catégories d'eau	Haut Sébaou	Bas Sébaou	Vallée de Sébaou
pH < pH <sub>éq</sub>	Agressive	7.14%	10%	8.33%
pH > pH <sub>éq</sub>	Incrustante	85.71%	90%	87.5%
pH = pH <sub>éq</sub>	Neutre	7.14%	0%	4.16%

**Tableau N°VII-2 : Tableau du comparaison du PH**

pH < pH<sub>éq</sub> : dissolution du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  ;

pH > pH<sub>éq</sub> : dépôt de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  ;

D'après les résultats précédents Les pH d'équilibre sont en majorité inférieurs aux pH mesurés au laboratoire, les eaux de la vallée du Sébaou sont en majorité incrustantes : Elles auront tendance à déposer des carbonates qui ont un effet corrosif sur les réseaux de conduite.

#### VII-1-4. Les Résidus sec :

Le résidu sec représente la totalité des sels dissous et la matière organique et correspond à la minéralisation totale d'une eau.

Dans la nappe alluviale du Sébaou le résidu sec varie de 350 à 784 mg/l en hautes eaux et de 312 à 1213 mg/l, en basses eaux .

les fortes teneurs sont observées en aval de la nappe alluviale notamment au niveau des points P222/B et F63, qui présentent une forte minéralisation (Figure N°VII-3 et

VII-4). Les résultats d'analyse du bas et haut Sébaou concernant la conductivité et le résidu sec donnent des valeurs presque identiques.

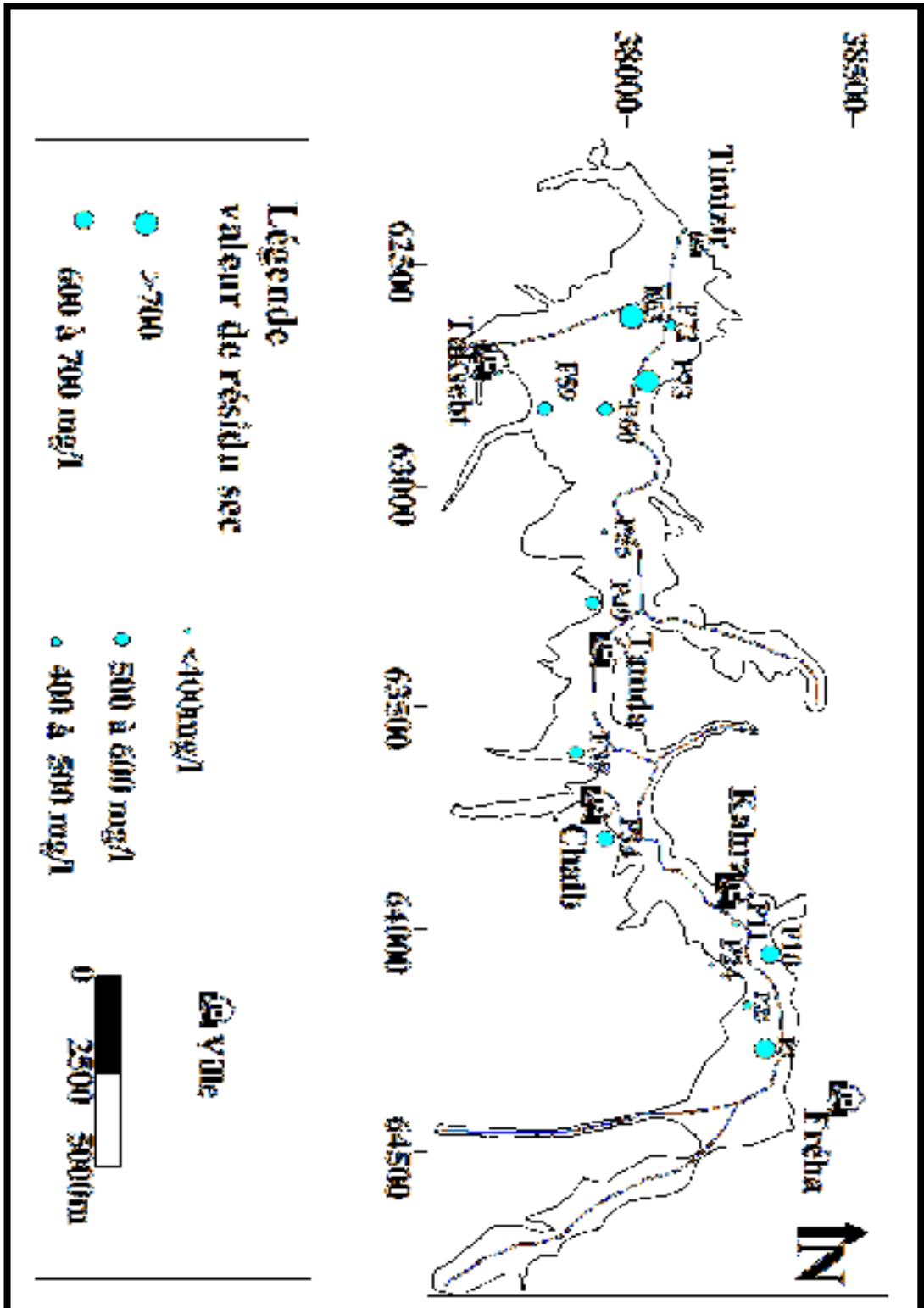


Figure N°VII-3 : carte de résidu sec (Haut Sébaou ,Avril2006)

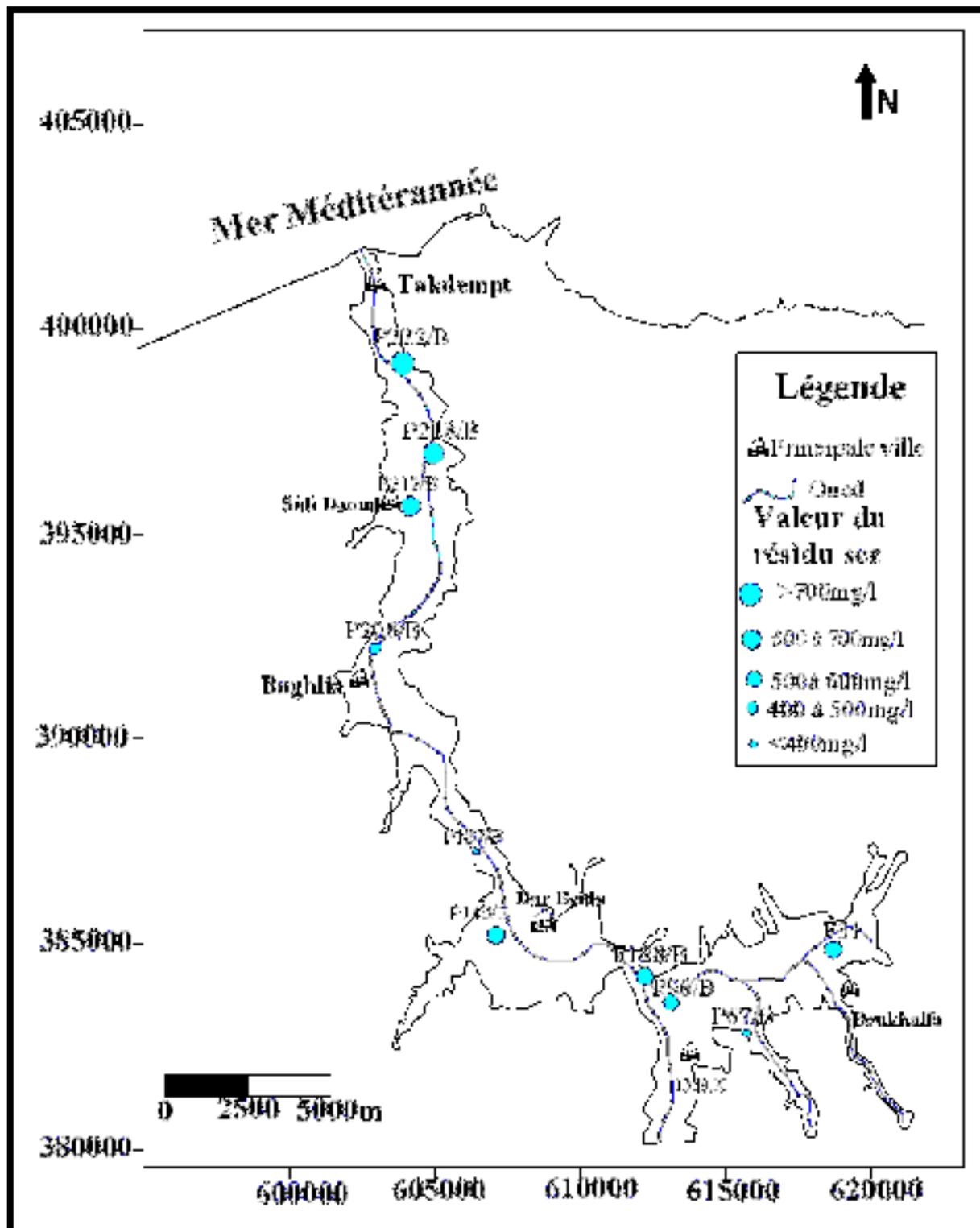


Figure N°VII-4 : carte du résidu sec de la basse vallée du Sébaou(Avril2006)

N° de forage	Formule caractéristique	Faciès des eaux
--------------	-------------------------	-----------------

## VII-2. Classification des eaux :

### VII-2-1. Classification d'après la formule caractéristique :

La classification des eaux d'après Stabler consiste en premier lieu à calculer le pourcentage de chaque ion par rapport à la concentration totale en utilisant la formule dite caractéristique définie par Stabler comme suit :

$$r\% = \frac{100}{C} \times r$$

$r\%$ : pourcentage de chaque élément par rapport à la concentration total

C : concentration totale

r : concentration de l'élément considéré

L'étape suivante consiste à classer séparément les anions et les cations par ordre décroissant de leur teneur de gauche à droite. Les résultats obtenus; mentionnés dans le tableau en annexe permettent de distinguer les différents faciès chimiques des eaux de la nappe du Sébaou.

P73	$rHCO_3 > rSO_4 > r(Cl+NO_3)$ $rCa > r(Na + K) > rMg$	Bicarbonaté calcique	
P11 P22 P24 P55 P60 F59 F63	$rHCO_3 > rSO_4 > r(Cl + NO_3)$ $rCa > rMg > r(Na + K)$		
P10	$rHCO_3 > r(Cl + NO_3) > rSO_4$ $rCa > rMg > r(Na+K)$		
P49	$rHCO_3 > rSO_4 > r(Cl+ NO_3)$ $rMg > rCa > r(Na+K)$		Bicarbonaté magnésien
P72	$rHCO_3 > rSO_4 > r(Cl+ NO_3)$ $r(Na + K) > rCa > rMg$		Bicarbonaté sodique
P34	$rSO_4 > r(Cl + NO_3) > rHCO_3$ $rCa > r(Na+K) > rMg$		Sulfaté calcique
F38	$rSO_4 > r(Cl + NO_3) > rHCO_3$ $rCa > rMg > r(Na + K)$		
P7	$rSO_4 > rHCO_3 > r(Cl + NO_3)$ $rMg > rCa > r(Na + K)$	Sulfaté magnésien	

**Tableau N°VII-3 : classification des eaux de la haute vallée du Sébaou selon les Formules Caractéristiques de Stabler**

N°de forage	Formule caractéristique	Faciès des eaux
F31/B P157/B	$rHco_3 > rSo_4 > r(Cl + N0_3)$ $rCa > rMg > r(Na + K)$	Bicarbonaté calcique
P96/B P140	$rHco_3 > r(Cl + No_3) > rSo_4$ $rCa > r(Na + K) > rMg$	
F128/B	$rHco_3 > rSo_4 > r(Cl + No_3)$ $rCa > r(Na + K) > rMg$	
P212/B P218/B	$rHco_3 > r(Cl + No_3) > rSo_4$ $rCa > rMg > r(Na + K)$	
P67/B	$rHco_3 > r(Cl + No_3) > rSo_4$ $r(Na + K) > rMg > rCa$	Bicarbonaté sodique
P206/B	$rSo_4 > r(Cl + No_3) > rHco_3$ $rCa > r(Na + K) > rMg$	Sulfaté calcique
P222/B	$r(Cl + N0_3) > rSo_4 > rHco_3$ $rCa > rMg > r(Na + K)$	Chloruré calcique

**Tableau N°VII-4: classification des eaux de la basse vallée du Sébaou selon les formules caractéristiques Stabler**

D'après cette classification, on distingue trois (3) types de faciès chimique drainant des eaux :

- **Le faciès bicarbonaté** : qui est le plus répandu. Les bicarbonates ont une origine géologique, il se forme par l'intermédiaire du  $Co_2$  contenu dans les eaux d'infiltration et qui dissolvant les carbonates. Ce faciès caractérise les points d'eau situés dans les zones où l'alimentation se fait par infiltration directe notamment dans les régions de D.B.K, Sidi Namane et Dar Beida ;
- **Le faciès sulfaté** : Il caractérise les points d'eau P34, F38 et P7 situés dans la région de Chaib à Tamda ;
- **Le faciès chloruré** : se rencontre dans le puits P222/B situé à Takdempt; dans la nappe Côtière du bas Sébaou. Ce puits est caractérisé par une teneur anormalement élevée en

chlorures qui reflète certainement l'influence des eaux saumâtres sur les eaux de la basse vallée de Sébaou (problème d'intrusion marine) ;

### VII-2-2. représentation graphiques des analyses et classification chimique des eaux :

Afin de déterminer le faciès chimique d'une eau; plusieurs méthodes de représentation graphique et de classification ont été élaborées. Parmi elles; nous avons retenu celles de Schoeller Berkaloff et de Piper.

#### a- Représentation des analyses chimiques sur les diagrammes verticaux (Schoeller Berkaloff).

Pour définir le faciès chimique d'une eau à partir de ce diagramme, on observe la ligne figurative et on prend en considération les points les plus élevés des anions et de même pour les cations. manque des figures (VII-5a, VII-5b, VII-5c, VII-5d, VI-5e, VI-5f, VI-5g, VI-5h)

L'analyse; par cette méthode; des échantillons prélevés a permis de définir trois grandes familles :

- **La familles des eaux bicarbonatées** : qui est la plus répandue sur toute la vallée. Elle est représentée par le faciès bicarbonaté calcique, bicarbonaté magnésien et bicarbonaté sodique avec un pourcentage de 66.66%.
- **La famille des eaux sulfatées** : représentée par le faciès sulfaté sodique et sulfaté calcique avec un pourcentage de 25%.
- **La familles des eaux chlorurées** : représentée par le faciès chloruré calcique avec un pourcentage de 8.33%.

Le tableau suivant récapitule les principaux résultats obtenus dans l'ensemble de la vallée du Sébaou.

Faciès		Haut Sébaou		Bas Sébaou		Sébaou	
		effectif	(%)	effectif	(%)	effectif	(%)
bicarbonaté	calcique	8	57.14	5	50	13	54.16
	Magnésien	1	7.14	/	/	1	4.16
	Sodique	1	7.14	1	10	2	8.33
sulfaté	Calcique	3	21.42	2	20	5	20.83
	Magnésien	1	7.14	/	/	1	4.16
Chloruré calcique		/	/	2	20	2	8.33

**Tableau N°VII-5: Répartition des faciès chimiques des eaux souterraines de la nappe alluviale du Sébaou (d'après Schoeller-Berkaloff)**

**b.représentation des analyses chimiques sur les diagrammes losangiques de Piper :**

La représentation des analyses chimiques sur ce type de diagramme permet d'avoir une approche globale de la composition chimique des eaux. Le principe consiste à représenter dans chaque triangle réservé à cet effet les quantités en réactions en pour cent (%) de chaque cation ou anion.

$$r^{\circ\%} = \frac{100}{\sum r^-} \times r \quad \text{Et} \quad r^{\circ\%} = \frac{100}{\sum r^+} \times r$$

Avec :  $r^+$ =cation (meq/l) Et  $r^-$ =anion (meq/l)

Dans chaque triangle, on obtient un point triple soulignant la dominance ou la non dominance d'un cation ou d'un anion donné.

Ces deux points triples nous donnent un point unique dans le losange qui caractérise le faciès chimique de l'échantillon considéré.

Après avoir reporté les résultats chimiques des échantillons d'eau prélevés dans le secteur d'étude sur ce diagramme, on a pu faire les constatations suivantes :

- Les cations présentent une tendance vers le pôle calcique et les anions ont une tendance vers le pôle carbonate.
- Sur le losange; nous avons distingué les types de faciès suivants :
  - Chloruré et sulfaté, calcique et magnésien;
  - Bicarbonaté calcique et magnésien;
  - bicarbonaté sodique et potassique.

Cependant; on note une dominance des deux premiers faciès et la troisième classe n'est représentée que dans deux échantillons qui sont : P72 et P67/B situé respectivement à Timizar et Sidi Namane.(Figure VII-6a, VII-6b et VII-6c et VII-6d)

### VII-3. Interprétation des cartes hydrochimiques :

Les interprétations graphiques des analyses chimiques a permis de constater :

- Dominance du faciès bicarbonaté calcique qui apparaît aussi bien dans le haut Sébaou que dans le bas Sébaou. due au lessivage des formations carbonatées
- Des teneurs anormalement élevées dans les ouvrages circonscrits dans la nappe côtière du bas Sébaou. Ce phénomène est dû certainement à l'influence de l'invasion marine.

A partir de ces considérations et dans le but de bien suivre l'évolution spatiale des éléments chimiques, nous avons choisi l'établissement des cartes hydrochimiques suivantes:

- Carte des faciès chimiques;
- Carte d'isoteneurs en bicarbonates;
- Carte d'isoteneurs en chlorures;
- Carte d'isoteneurs en calcium;
- Carte d'isoteneurs en magnésium;
- Carte du sodium Na ;
- Carte du nitrate ;
- Carte d'équirapport :  $\frac{rCl^-}{rHCO_3^- + rCO_3^{--}}$  ;

#### VII-3-1. Carte d'isoteneurs en bicarbonates :

Dans le secteur d'étude, les teneurs en bicarbonates obtenus sont inférieures à celles exigées par l'OMS (400 mg/l). Elles s'échelonnent entre 140 mg/l (forage F38) et 348 mg/l (P96/B). La majorité des points d'eau analysés présentent des teneurs comprises entre 200 et 300 mg/l.

Les cartes d'isoteneurs en bicarbonates (Figure VII-7 et VII-8) montrent que les teneurs les plus importantes sont enregistrées dans les régions de Tamda, Tala Toulmouts et Timizer pour le haut Sébaou et dans les régions de Boukhalfa et Draâ Ben Khedda pour le bas Sébaou.

Notons que les fortes concentrations des bicarbonates dans l'eau sont fonction des paramètres suivants : Tension du CO<sub>2</sub> dissous, température de l'eau et nature lithologique des terrains traversés.

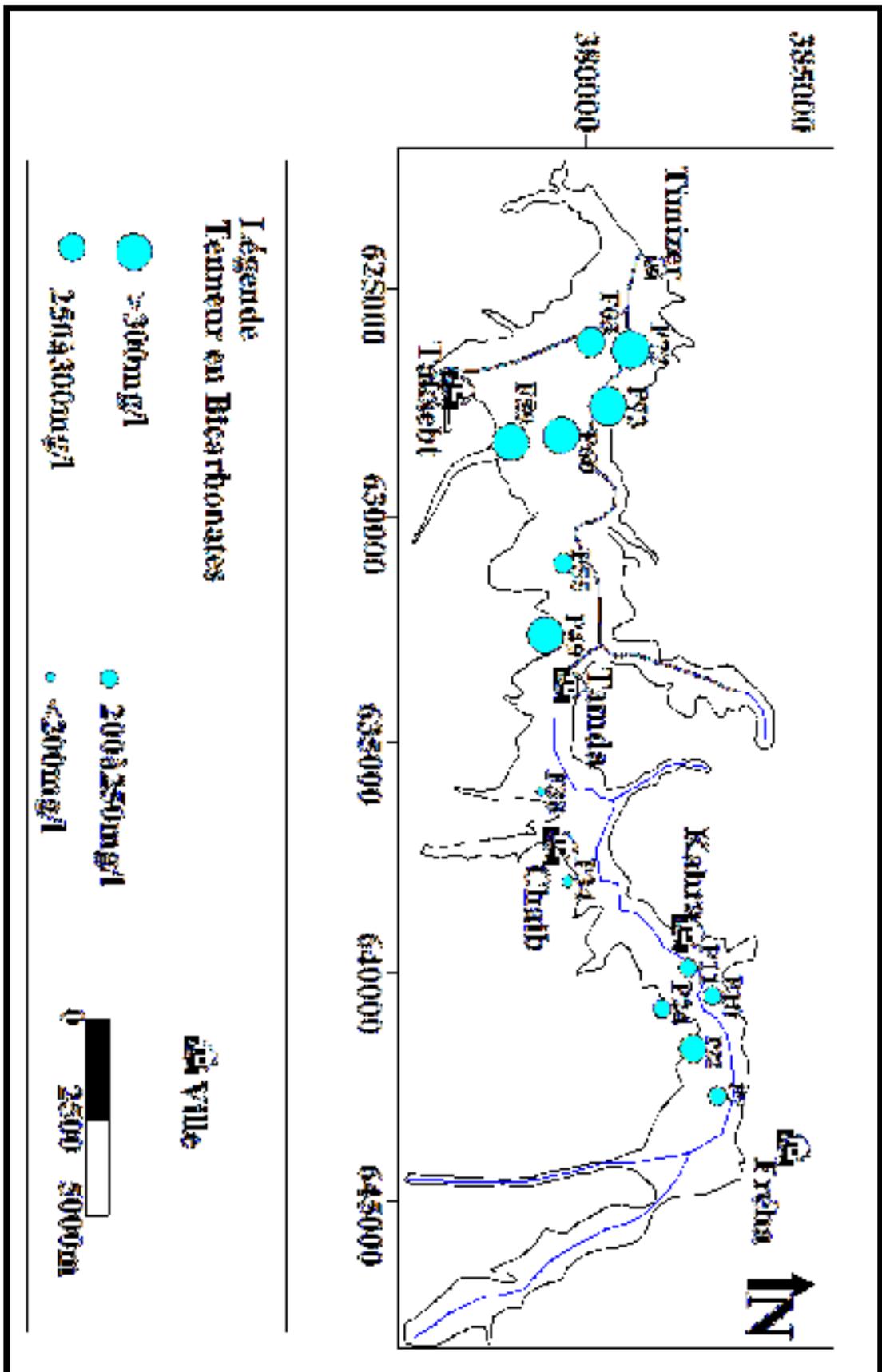


Figure N°VII-7: Carte d'isoteneurs en bicarbonates (Haut Sébaou , Avril2006)

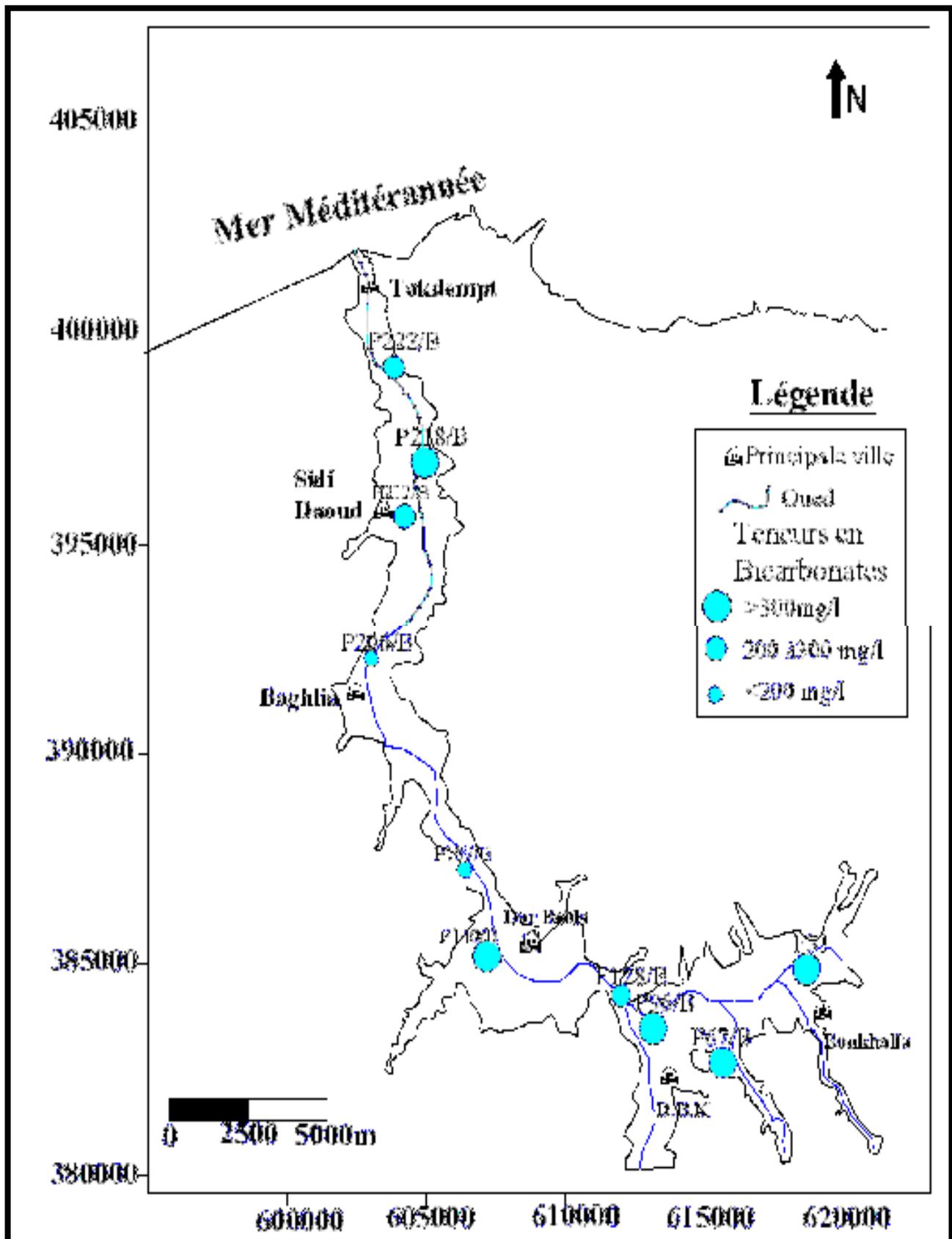


Figure N°VII-8 :Carte d'isoteneur en bicarbonate de la basse vallée du Sébaou(Avril ,2006)

**VII-3-2. Cartes d'isoteneurs en chlorures** ( voir Figures VII-9et VII-10) :

Les teneurs en chlorures des eaux de la nappe alluviale du Sébaou sont relativement faibles et ne dépassent pas les normes de l'OMS (200 mg/l) à l'exception des points situés à l'embouchure comme le puits P222/B qui présente une teneur de 292 mg/l. Cette augmentation des teneurs en chlorures vers l'aval de la nappe est due à l'effet de l'intrusion marine.

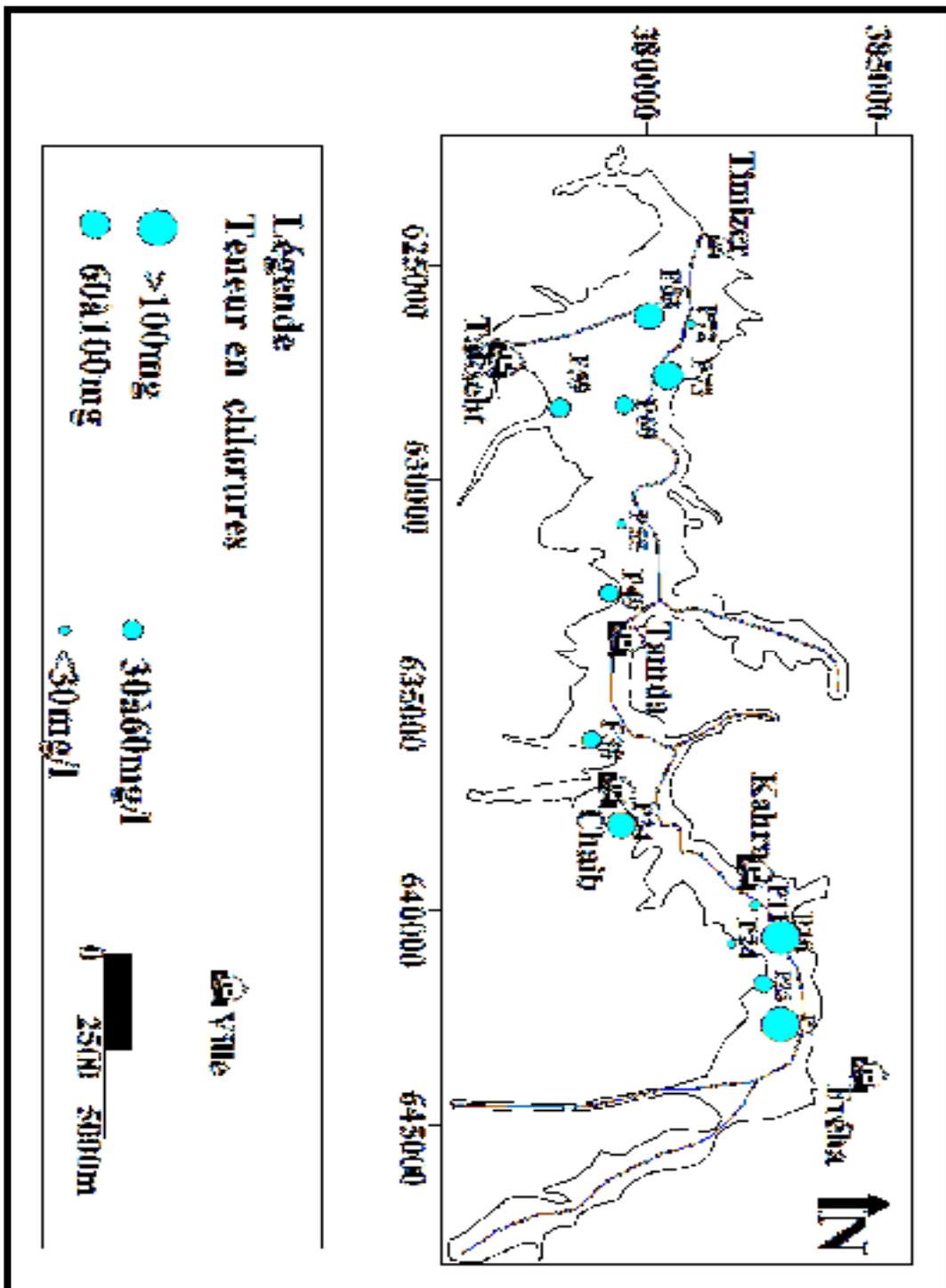


Figure N°VII-9 : Carte d'isoteneurs en chlorures (Haut Sébaou, Avril 2006)

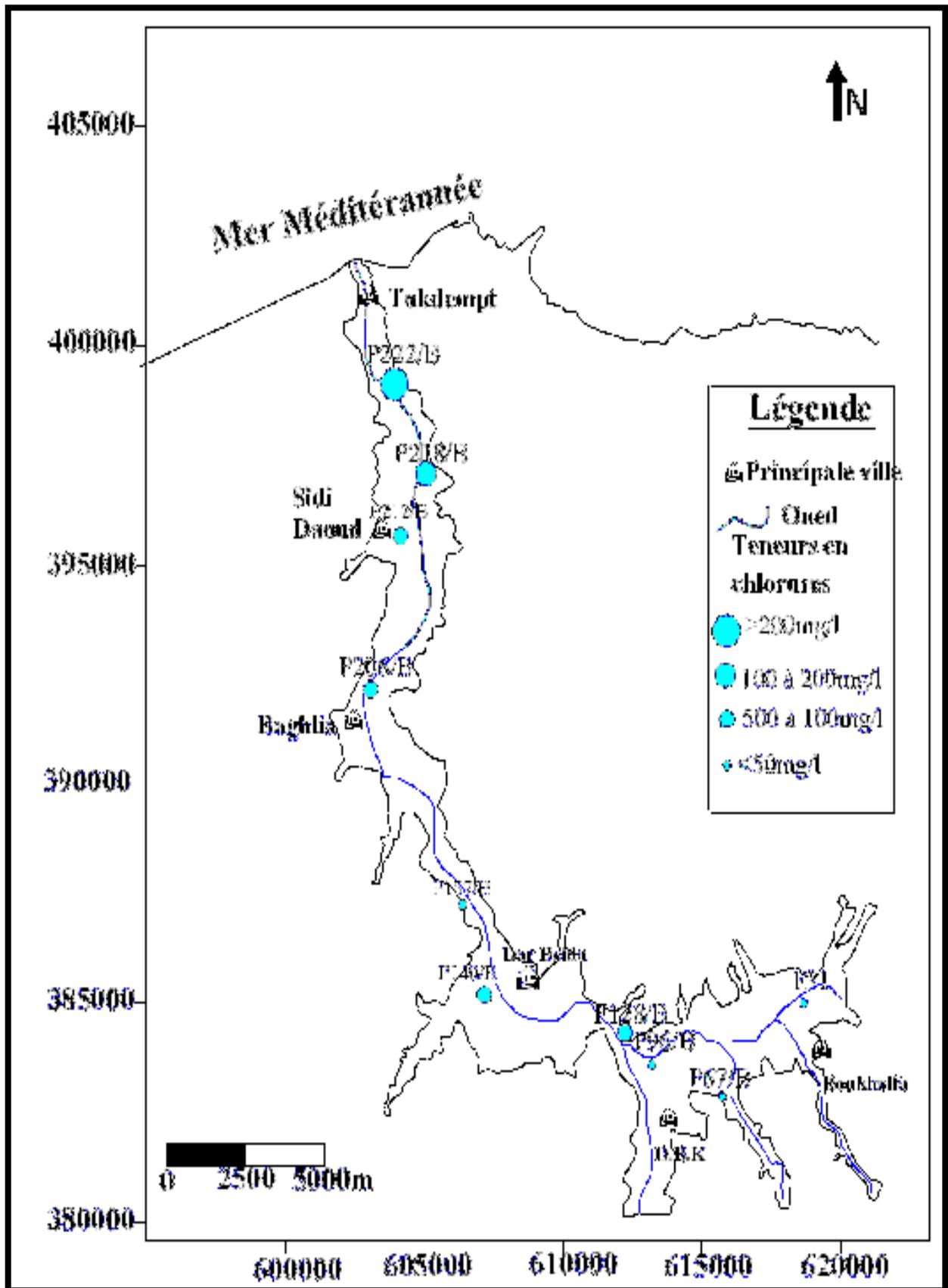


Figure N°VII-10: Carte d'isoteneurs en chlorures (Bas Sébaou, Avril 2006)



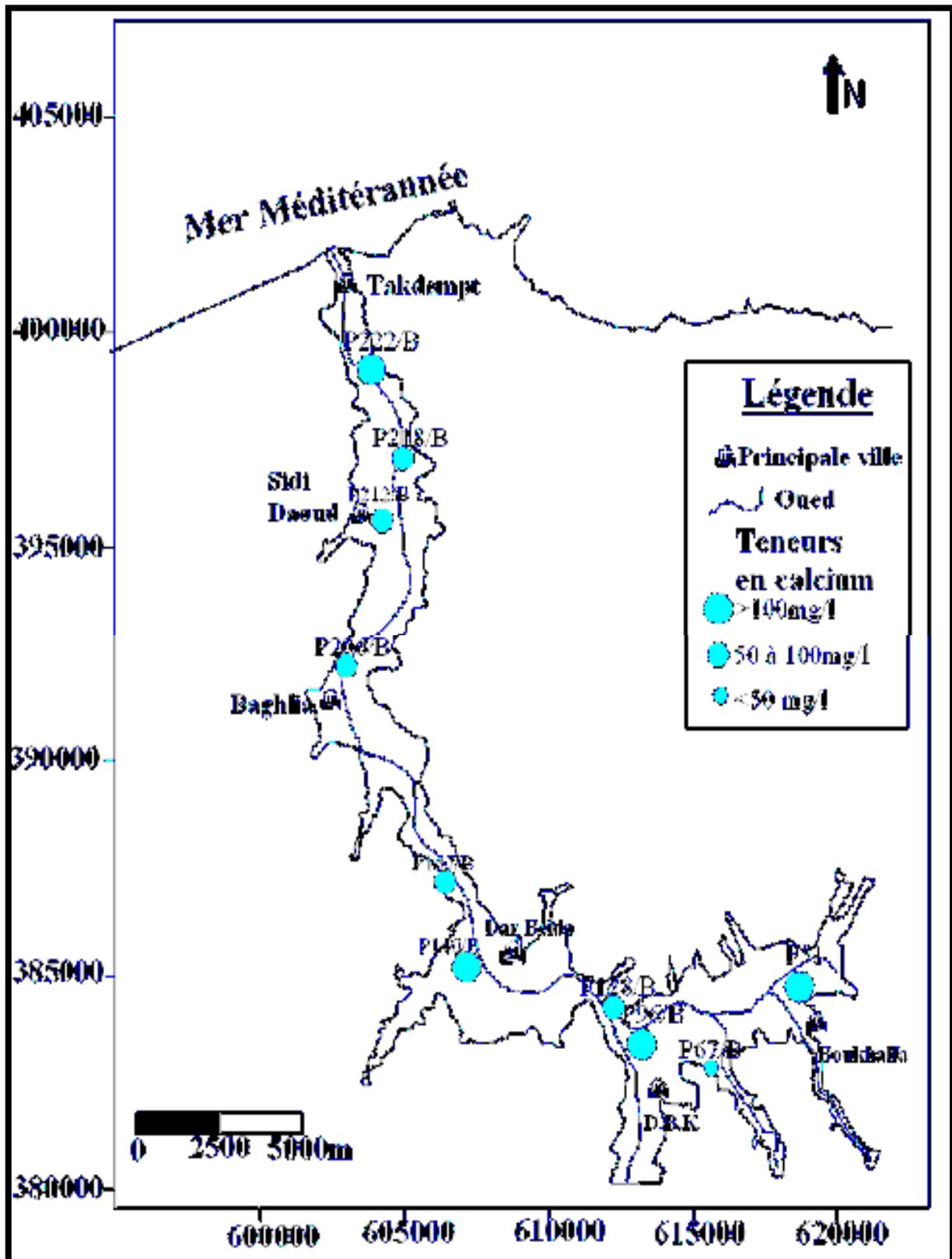


Figure N°VII-12: Carte d'isteneurs en Calcium (Bas Sébaou, Avril 2006)

### VII-3-4. Cartes d'isoteneurs en magnésium (voir Figures VII-13 et VII-14) :

Les teneurs en magnésium des eaux souterraines de la nappe du Sébaou sont relativement bonnes. La totalité des échantillons analysés présentent des teneurs inférieures ou égales à 50 mg/l.

Le magnésium peut provenir de :

- la dissolution des roches dolomitiques de la dorsale kabyle;
- L'altération des minéraux calco-magnésiens présents dans les roches ;
- métamorphiques (Socle cristallophyllien);
- L'infiltration de l'eau de mer

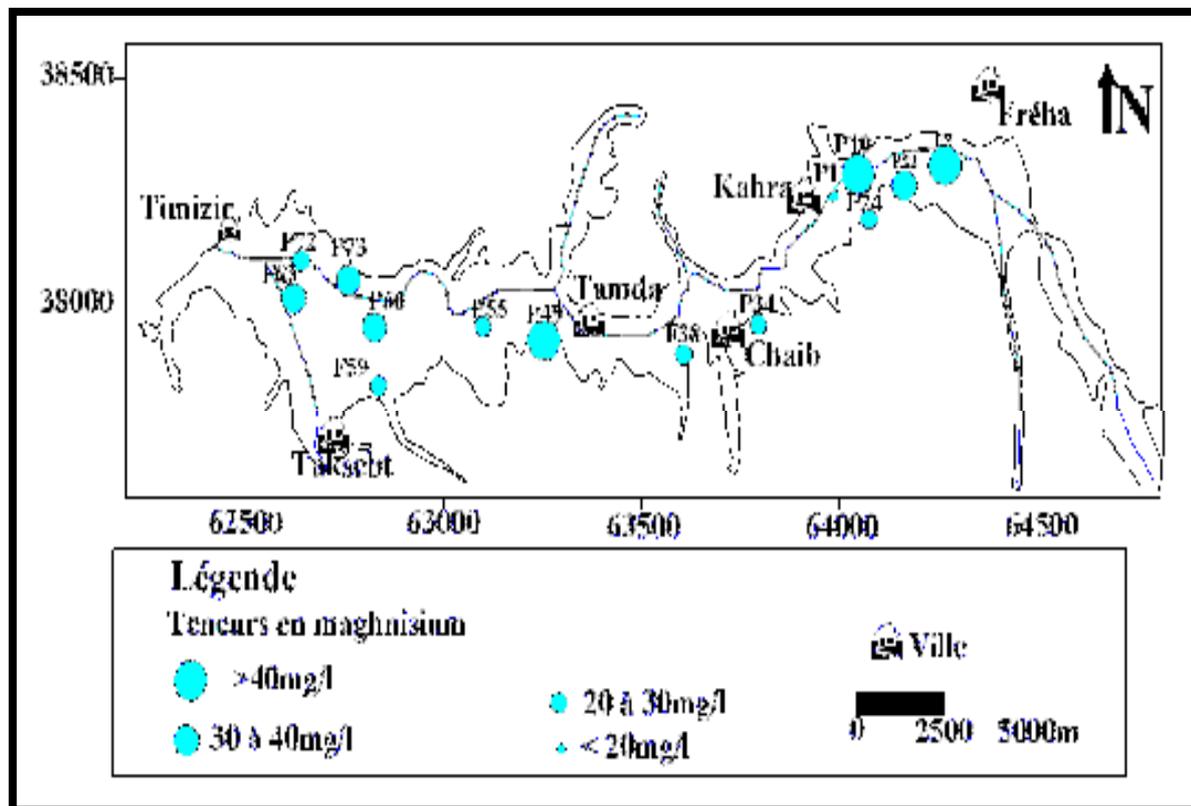


Figure N°VII-13: Carte d'isoteneur en Magnésium  
(Haut Sébaou, Avril 2006)

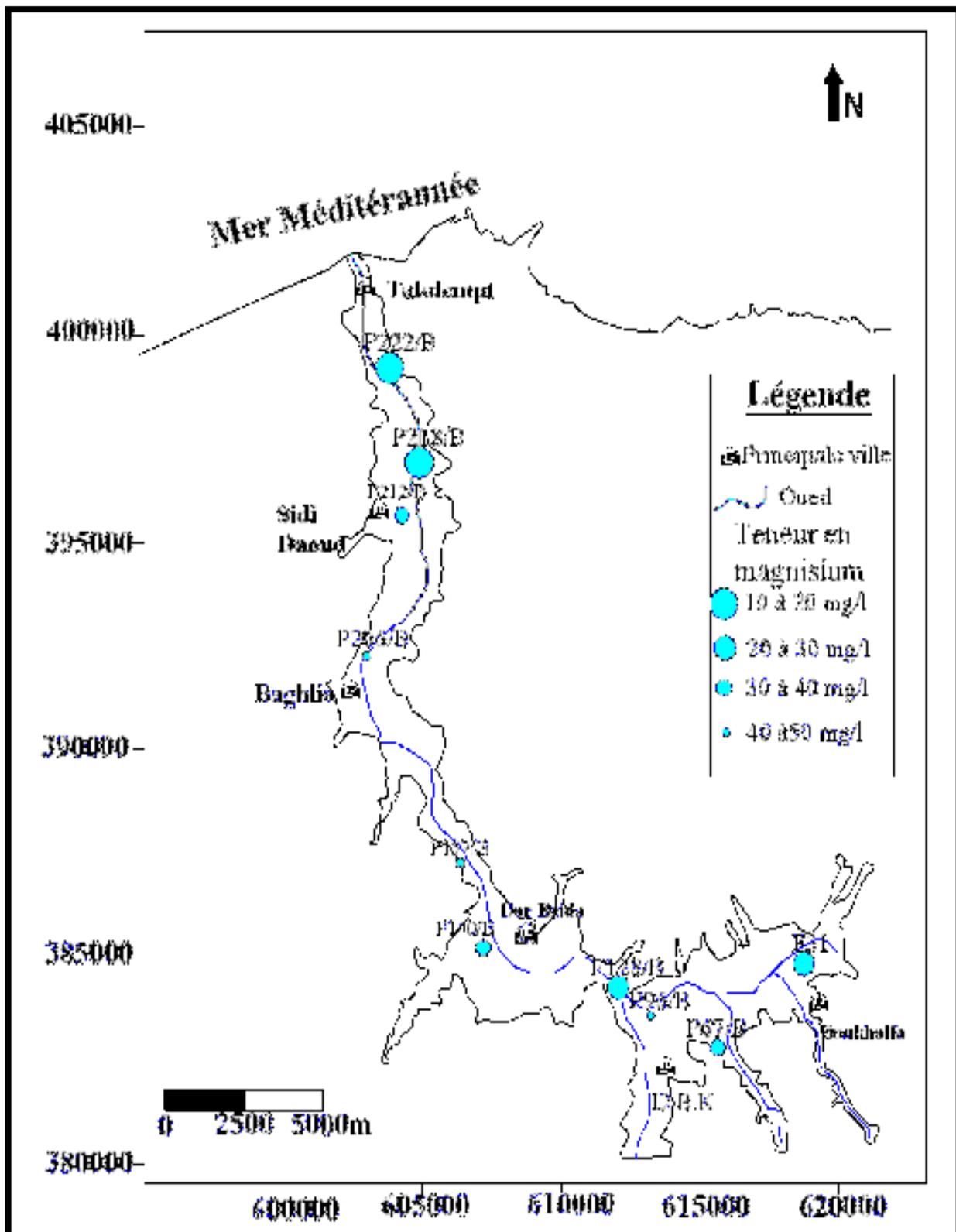


Figure N°VII-14 :Carte d'isoteneur en Magnésium (Bas Sébaou,Avril 2006)

### VII-3-5. Cartes d'isoteneurs en sodium Na (voir Figures VII-15 et VII-16) :

Le sodium est le sixième élément le plus abondant dans la croûte terrestre, qui contient 2.83% de sodium sous toutes ses formes

Le sodium est, après le chlore, le deuxième élément le plus abondant dissous dans l'eau de mer.

Les teneurs en sodium des eaux souterraines de la nappe du Sébaou sont relativement bonnes. La totalité des échantillons analysés présentent des teneurs inférieures à 150mg/l.

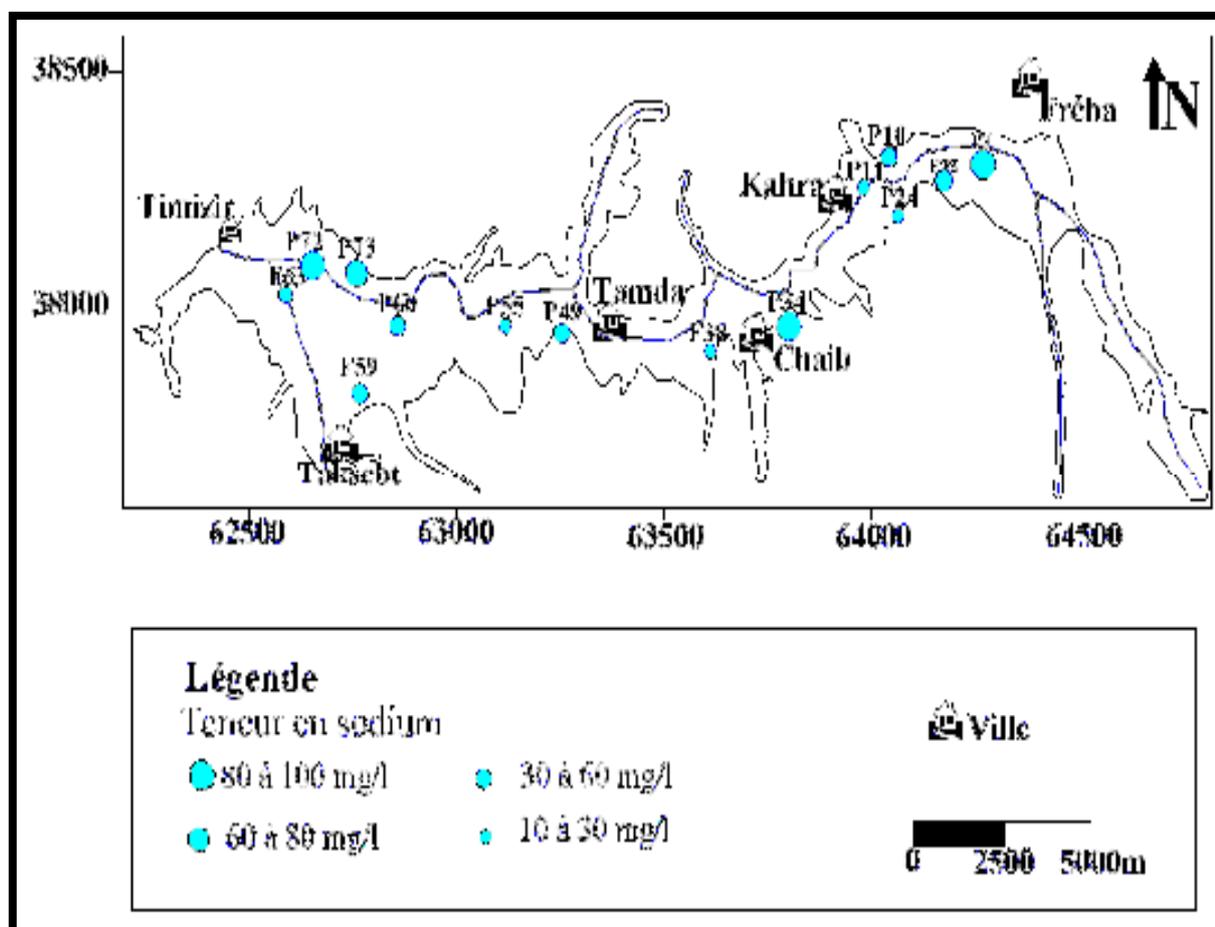


Figure N°VII-15: Carte d'isoteneur en Sodium (Haut Sébaou, Avril 2006)



### V-3-6. Carte d'isoteneurs en Nitrate $NO_3$ (voir Figure VII-17 et VII-18) :

La présence de nitrates dans l'eau peut avoir plusieurs origines :

- une origine liée aux activités humaines (rejets industriels, agricoles et urbains) ;
- une origine naturelle dans la mesure où les nitrates résultent des transformations de l'azote dans les eaux et les sols (cycle de l'azote).

La limite de qualité est fixée à 50 mg/L en nitrates dans l'eau d'alimentation. Elle est fondée sur les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Les teneurs en Nitrate des eaux souterraines de la région étudiée sont comprises entre 0mg/l enregistrée au niveau du puits P157 et 65mg/l dans le point P140.

On a remarqué encore que tout les teneurs en nitrates dans la région du Sébaou sont inférieur à 50mg/l c-a-d sont inférieur à celle exigé par l'OMS. Sauf dans les deux puits situés dans le Bas Sébaou (P140, et P218/B).

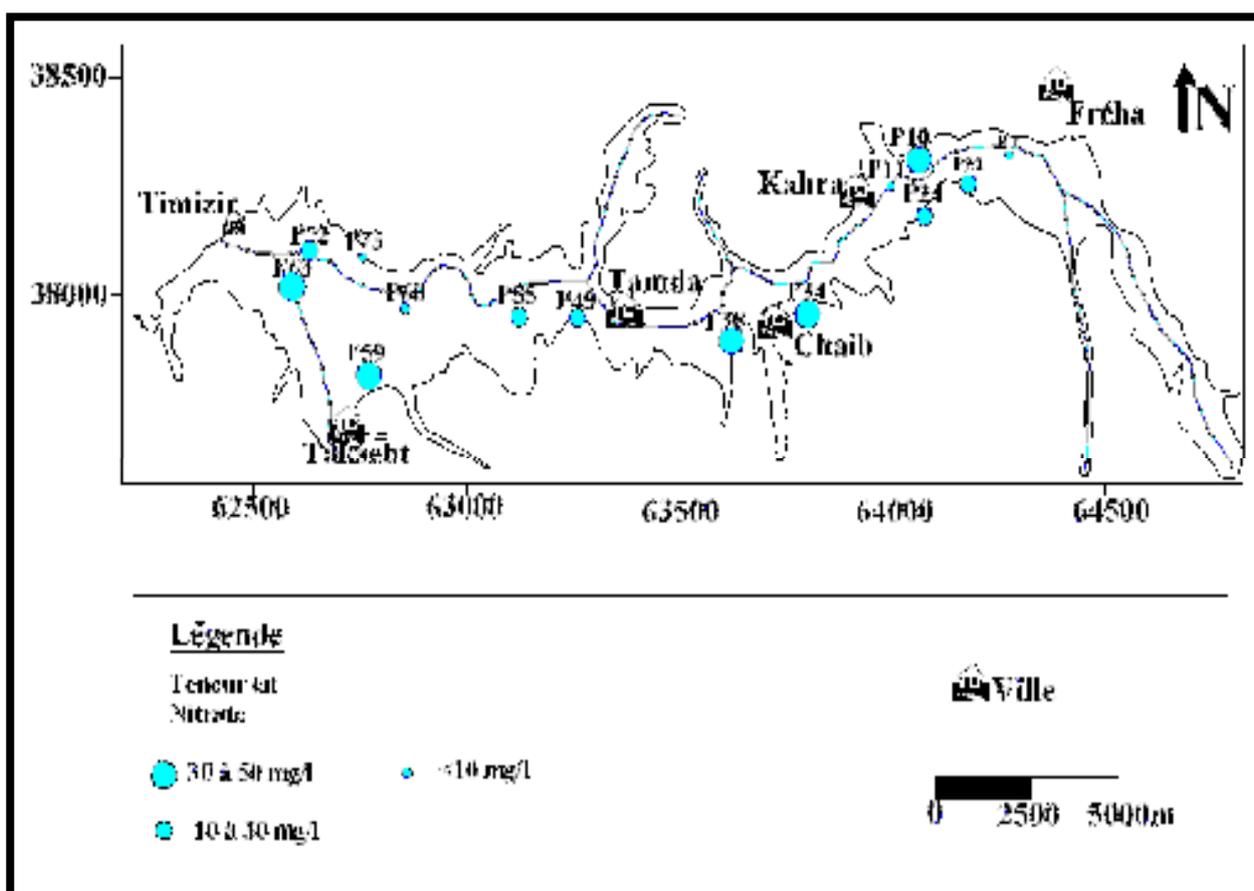


Figure N°VII-17: Carte d'isoteneur en Nitrate (Haut Sébaou, Avril 2006)

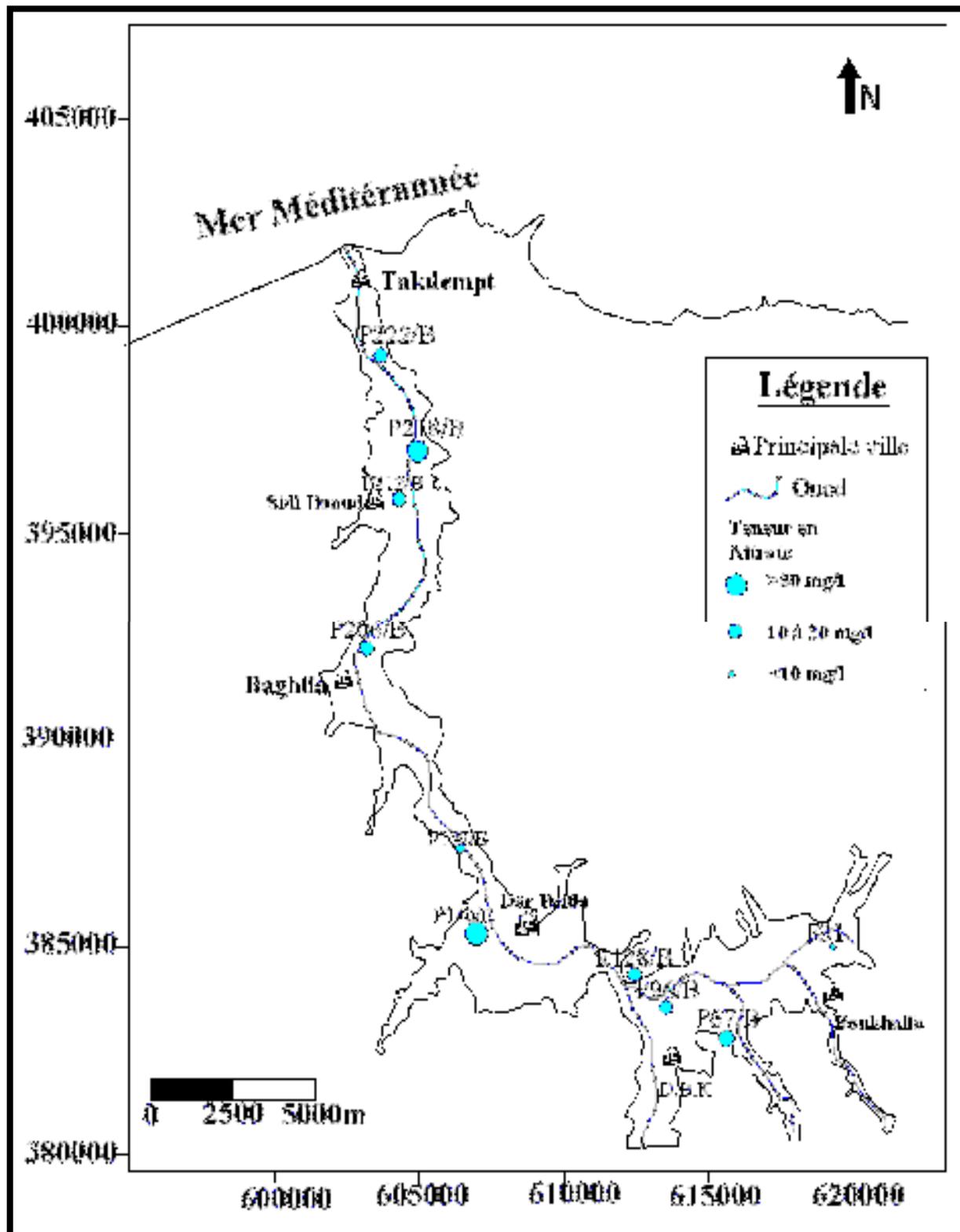
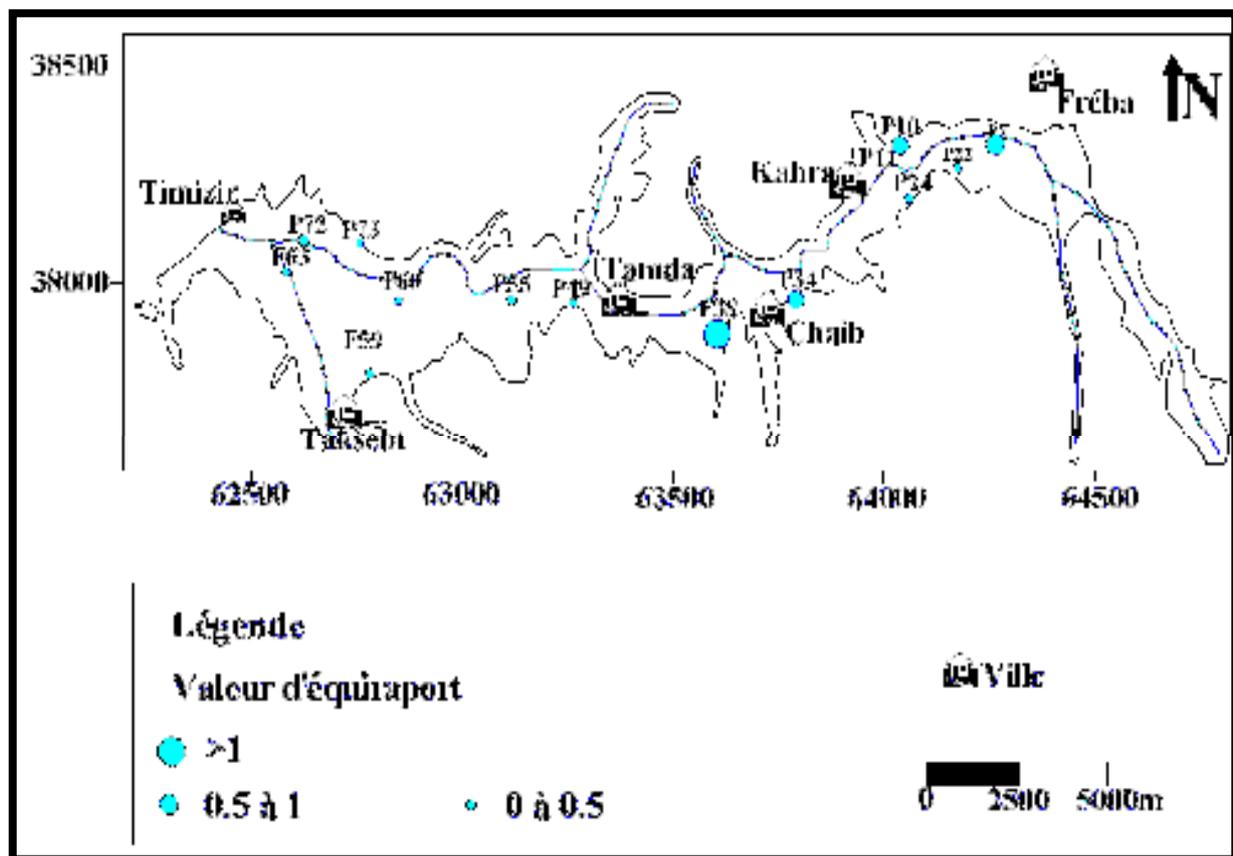


Figure N°VII-18 : Carte d'isoteneur en Nitrate (Bas Sébaou, Avril 2006)

**VII-3-7. Carte d'équirapport**  $\frac{rCl^-}{rHCO_3^- + rCO_3^{2-}}$  (voir figure VII-19 et VII-20) :

La carte d'équirapport  $\frac{rCl^-}{rHCO_3^- + rCO_3^{2-}}$  montre des valeurs généralement inférieures à 1 traduisant ainsi la prédominance des bicarbonates sur les chlorures. Toutefois dans la partie aval de la basse vallée du Sébaou (Baghlia – Takdempt), elle présente des valeurs supérieures à 1 traduisant ainsi la prédominance des chlorures qui est causé par l'infiltration de l'eau de mer dans la nappe .



**Figure N°VII-19: Carte d'équirapport  $rCl^- / rHCO_3^- + rCO_3^{2-}$  (Haut Sébaou, Avril 2006)**

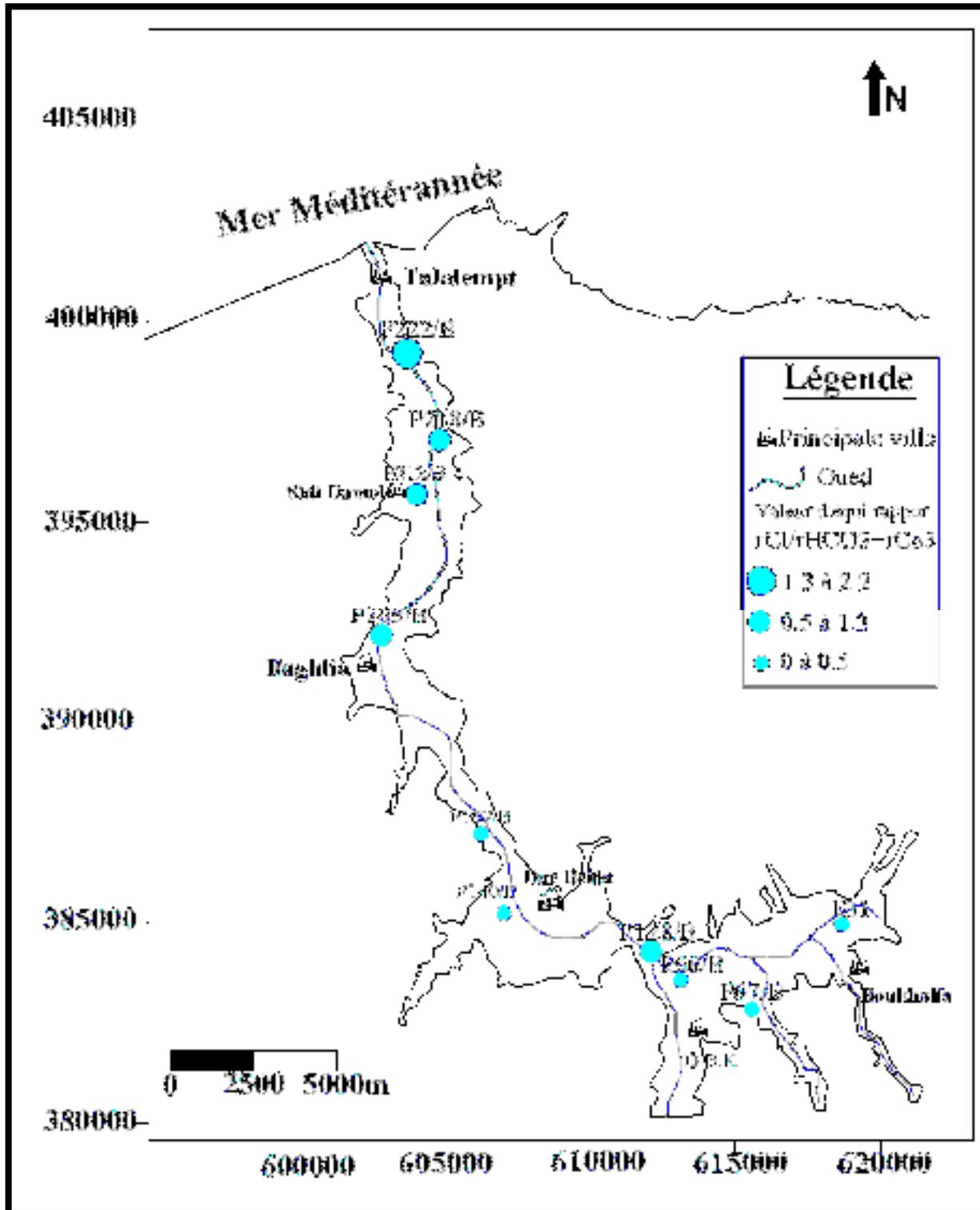


Figure N°VII-20: Carte d'équirapport  $rCl^- / rHCO_3^- + rCO_3^{2-}$   
(Bas Sébaou, Avril 2006)

### VII-3-8. Carte des faciés chimiques :

Pour bien suivre l'évolution spatiale des différents faciés chimiques précédemment étudiés, nous avons établi les cartes d'isofaciés (figure N°VII-21 et VII-22) qui montrent la répartition de ces classes d'eau.

Ces crtes montrent la prédominances du faciés bicarbonaté calcique sur l'ensemble de la vallée du Sébaou notamment dans le haut Sébaou ainsi que dans la région situé entre Baghlia et Dar Beida (bas Sébaou).

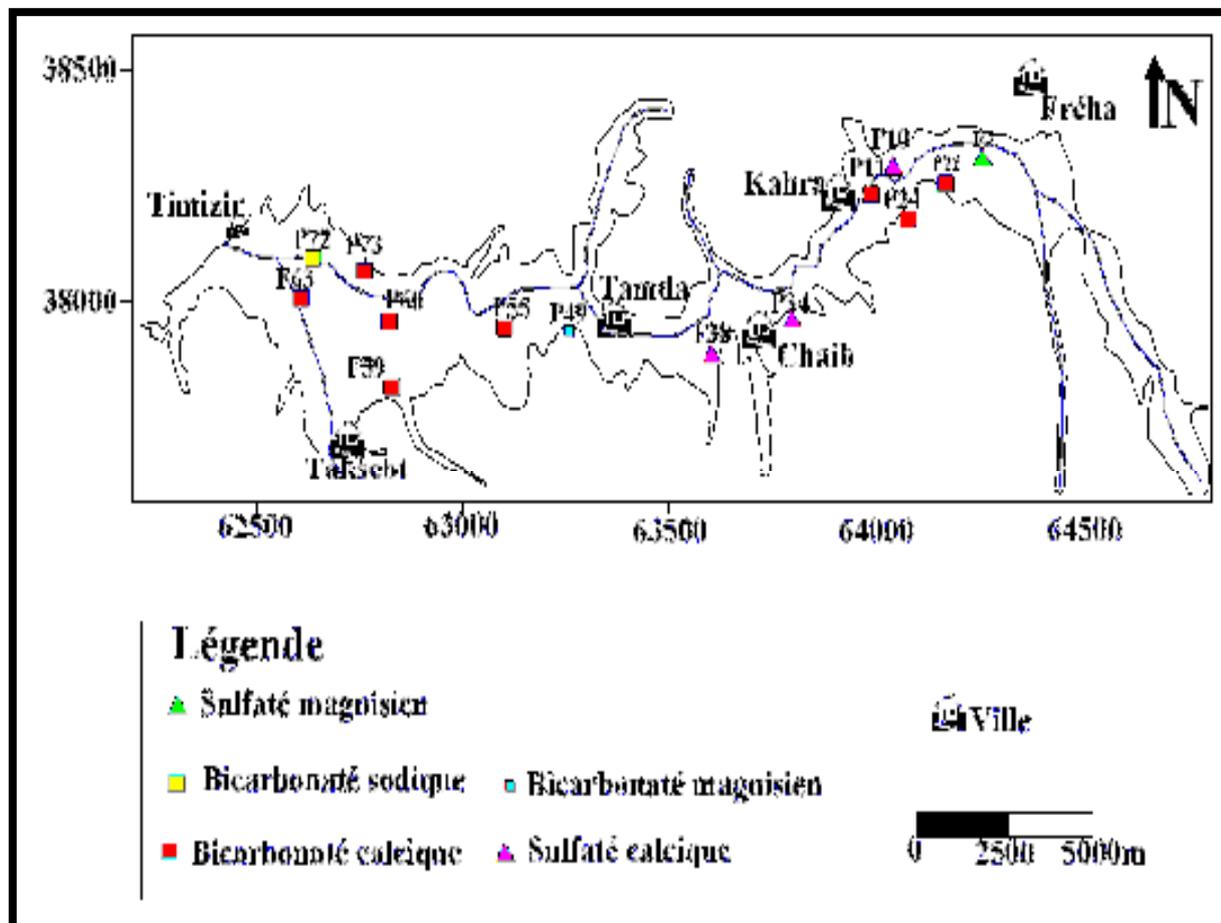


Figure N°VII-21 : Carte d'isofaciés (Haut Sébaou ,Avril 2006)

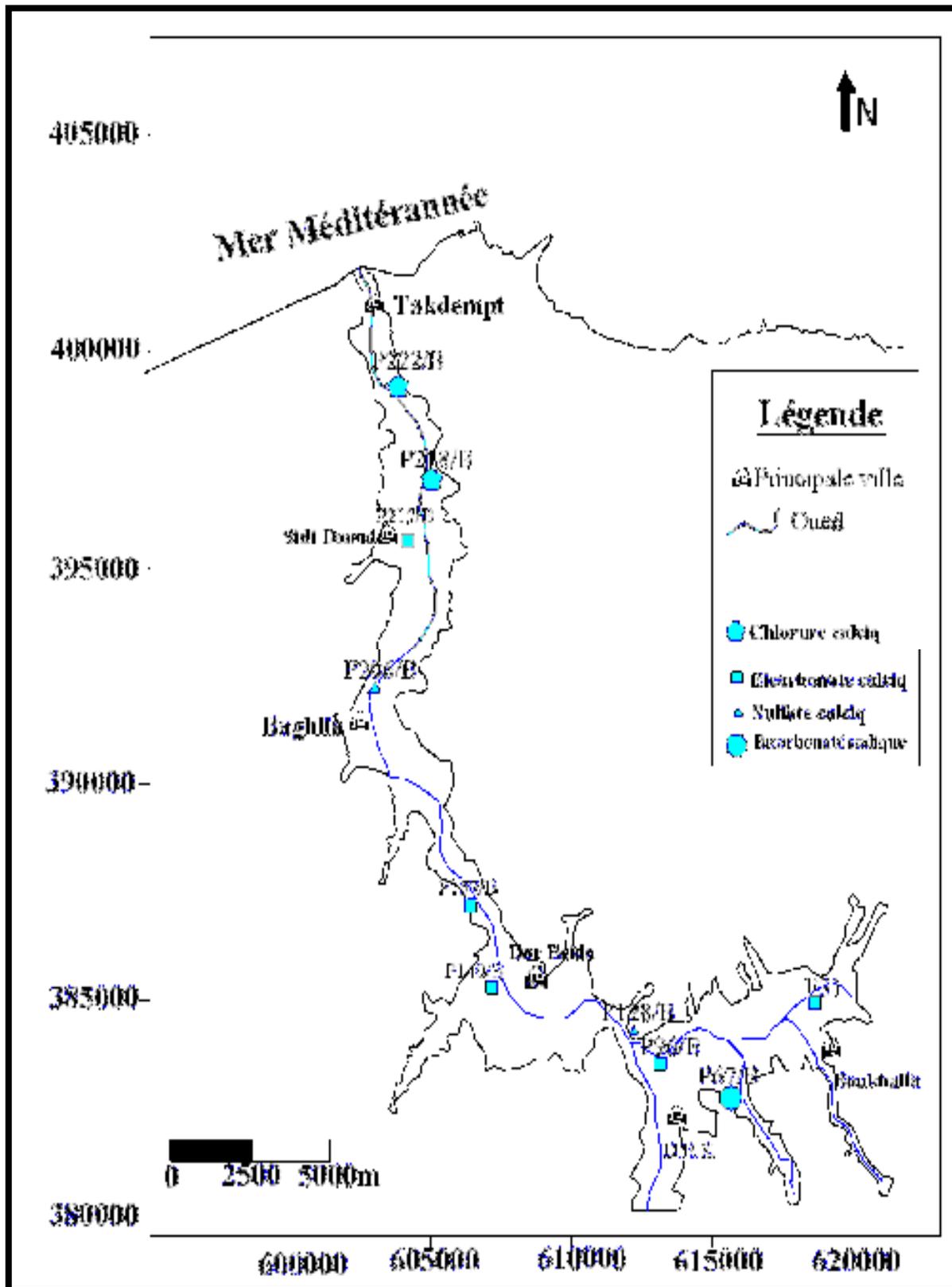


Figure N°VII-22 :Carte d'isofaciés(Bas Sébaou,Avril 2006)

**Conclusion :**

De cette étude hydrochimique nous retiendront que les eaux de la nappe de la vallée du sébaou présentent des conductivités comprise généralement entre 500 et 1000  $\mu mhos$  ces valeurs implique des une minéralisation moyenne.

L'examen de la classification d'après la formule caractéristique et d'après la classification de Schoeller –Berkalff et de piper montre que les eaux de la vallée du sébaou sont bicarbonnées calciques et magnésiennes à tendances chlorurées et sodiques .

Enfin malgré les teneurs élevées des différents ions et leurs caractères incrustantes et dures, les eaux de la vallées du sébaou restent propices à l'irrigation et les normes de l'OMS pour l'eau potable sont en générale respectées sauf pour les eaux de quelque puits.

La pollution des eaux de l'oued sébaou provient des déversements incontrôlés dans ce dernier des eaux résiduaires urbaines ,industrielles et agricoles, sans négliger le biseau salé qui constitue une source de pollution importante

**Introduction :**

Les eaux souterraines ont pendant longtemps ,été synonyme «d'eau propre » et répondant naturellement aux normes de potabilité.Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles.

Or les nombreuses contaminations des nappes d'eau souterraines dénombrées à travers tous les continents ont prouvé que cette ressource n'était pas invulnérable et que les aquifères n'étaient pas inégalement protégés contre les pollutions.

Et encore Il existe une relation étroite entre les eaux superficielles et souterraines , et il est indispensable de préserver ces ressources car la pollution des eaux superficielles se répercutera à brève échéance sur la qualité des eaux souterraines.

Une eau souterraine peut devenir polluée dès qu'elle contient des substances autres que celles liées à la nature des terrains traversés ou de son gisement. Elle le devient également quand les constituants dissous ou en suspension dépassent les normes admissibles définies par l'OMS .

**VIII-1.pollution de la nappe :**

Le risque de pollution de la nappe dépend du type de nappe libre ou captive , et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère.les nappes libres sont les plus vulnérables.les polluants d'origines superficielles peuvent diffuser librement dans le sol et la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique.

Les nappes captives en revanche sont mieux protégées par les couches imperméables qui les surmontent,leur alimentation en eau superficielle est plus circonscrite, donc plus aisée à protéger.leur pollution apparaît lorsque le niveau protecteur imperméable est percé par un ouvrage comme par exemple un ancien forage.

**VIII-2.Classes des polluants :**

Les pollutions sont classées suivant différents critères :

**VIII-2-1.En fonction de l'origine de la pollution :**

- Urbaine :eaux usées domestiques,eau pluviales, eaux d'infiltration sous les dépôts d'ordures,etc....

- Industrielle :eaux rejetées par les usines ,eaux d'infiltration sous le stockage des déchets industriels ,liquides dangereux tels qu'hydrocarbures et solvants ,eaux des bassins de lagunage,etc....
- Agricole :eaux d'infiltration de drainage et de ruissellement sous aires cultivées, eaux sous aires agricoles (élevage ,stockage et épandage d'engrais et de produit phytosanitaire).

#### **VIII-2-2.Selon la nature des polluants :**

- Physique :température, matieres en suspension ,radioactivité.
- Chimique :sel minéraux,métaux lourds,pesticides,détergents hydrocarbures solvants.
- Microbiologiques :mcro-organisme,virus,bactéries.

#### **VIII-2-3.Selon la répartition géologique :**

- Pollution diffusée.
- Pollution ponctuelle.

#### **VIII-2-4.En de la répartition dans le temps :**

- Pollution permanente.
- Pollution saisonnières.(sels de déneigement,etc...)
- Pollution accidentelle.

#### **VIII-3.Types des polluants :**

##### **VIII-3-1.polluants physiques :**

Les trois principaux agents physiques de la pollution sont : la température,les matières en suspension et la radioactivité.

- **La température** : c'est un facteur très importants pour les qualité des eaux en général,puisque l'équilibre physico-chimique est directement lié à la température.

L'augmentation de la température de l'eau (surtout de la suraface ) se traduit par des modification écologiques importantes, ceci a pour conséquences : la diminution de

la solubilité de l'oxygène, la perturbation des métabolismes phytoplanctoniques, la prolifération des bactéries et des micro-organismes.

- **Les matières en suspension (MES) :** les particules en suspension (suspension pour les solides et émulsion pour les liquides) sont responsables de la turbidité de l'eau. Elle est introduite par les précipitations et les eaux de surface, leur dimension varie de  $100\mu\text{m}$  à 1 mm.

Une turbidité trop importante provoque un rejet de la part de l'utilisateur.

Elle doit être éliminée pour les raisons suivantes :

- permettre une bonne désinfection de l'eau .
- Éliminer tout polluant adsorbé sur les MES.
- Éviter tout dépôt dans les réseaux de distribution.

- **La radioactivité :** C'est celle à craindre de toutes les pollutions vu ses méfaits sur la faune et la flore , en général, et sur l'homme en particulier. L'ingestion de produits radioactifs tel que :

$^3\text{H}^+$  (Tritium)  $^{226}\text{Ra}$  ,  $^{210}\text{Pb}$  , etc ..... peut avoir sur l'homme un effet somatique conduisant à l'apparition de tumeurs malignes ou un effet mutagène qui se révèle sur la descendance .

C'est pourquoi tous les rejets sont sévèrement réglementés et contrôlés.

### VIII-3-2. les polluants chimiques :

- **Composés azotés :** l'eau d'une nappe ne contient naturellement pas de composés azotés : ceux-ci proviennent de la décomposition de la matière vivante par les micro-organismes. C'est l'augmentation artificielle de la quantité d'azote combiné disponible dans le sol qui crée un déséquilibre entre l'apport et la consommation et produit un excès d'azote qui est finalement entraîné vers la nappe, cet azote se trouve sous forme de nitrates et d'ammonium.

L'origine domestique et industrielle est secondaire ; la pollution engendrée est plus ponctuelle (assainissement défectueux par exemple).

- **Métaux :** la pollution par composés métalliques est généralement d'origine industrielle mais elle peut également provenir de la lixiviation des déchets solides ménagers. Des métaux ne produisent que des inconvénients d'aspect ou de goût

(Fer,Zinc, manganèse.....)l'eau doit être traitée pour être potable , les métaux lourds, comme le Mercure,le Cadmium,le Plomb le chrome ,sont toxiques et rendent l'eau inutilisable pour l'usage domestique et l'agriculture.

- **Autres corps :** de nombreux corps minéraux toxiques ou nom par l'industrie peuvent être des polluants ponctuels des nappes :chlorures,sulfates, cyanures,sel d'arsenic.....

En Alsace l'exploitation de la potasse a produit la pollution par chlorures et les sulfates se l'eau des nappes.

### VIII-3-3.Les polluants organiques :

- **Produits de dégradation de la matière vivante :** la décomposition de la matière organique par les micro-organismes libère des nitrites, des nitrates, ammonium ,méthane et hydrogène sulfuré ;la matière organique résiduelle persistant dans l'eau constitue un milieu favorable au développement des germes qui peuvent être pathogènes.

- La présence de matière organique et de ses produits de dégradation dans l'eau d'une nappe indique généralement une pollution ponctuelle proche du captage, sauf dans des milieux fissurés ou l'origine peut être plus lointaine ; c'est un facteur de déclassement de l'eau.

- **Hydrocarbures :** La contamination de la nappe de la nappe est généralement accidentelle (fuite de uve d'essence , de mazout , rupture de canalisation .....)les hydrocarbures légers , non miscibles à l'eau ,s'étendent à la surface de la nappe ;il confèrent à l'eau un goût caractéristique même à très faible teneur qui la rend imbuvable .le traitement de la nappe se fait par pompage du polluant.

Les hydrocarbures lourds se rassemblent à la base nappe ;il diffusent moins .

- **Détergents :** Les détergents sont en général biodégradables dans le sol ou adsorbés par les argiles.Certains atteignent la nappe à partir des puits ou à partir des rivières polluées dans les nappes alluviales.leur toxicité est faible mais en tant que produits mouillants il favorisent la dispersion d'autres produits indésirables comme les pesticides.

- **Pesticides** : ces produits généralement peu solubles, sont associés à des mouillants qui favorisent leur dispersion. Ils sont en partie métabolisés ou retenus dans le sol et dans la zone non saturée. Leur transfert à la nappe est faible, même en région agricole : on trouve principalement dans l'eau les traces de deux herbicides, l'atrazine et la simazine, employés à forte dose dans les cultures de maïs.
- **Polychlorobiphényles(PCB)** : les polychlorobiphényles sont utilisés par l'industrie dans les transformateurs électriques, les peintures, les matières plastiques, ils sont très toxiques. Ils se retrouvent fréquemment dans les eaux superficielles mais rarement dans les nappes, sauf pollution accidentelle.
- **Solvant** : les solvants chlorés (trichloréthylène, tétrachloréthylène, tétrachlorure de carbone) sont peu biodégradables et peu retenus dans le sol : leur transfert à la nappe est donc aisé. Ce type de pollution est absorbé dans les zones urbaines et industrielles et dans les décharges non contrôlées.

#### **VIII-3-4. Les polluants microbiologiques :**

Les micro-organismes sont peu nombreux dans les nappes du fait des conditions généralement anaérobies et des faibles quantités de nutriment disponibles. Le transfert de la matière organique dans la nappe favorise leur prolifération. Les milieux fissurés, surtout karstiques, présentent des conditions favorables à la survie et la multiplication des germes : pénétration facile de la matière organique, conditions aérobies, pas de filtration.

#### **VIII-4. Mécanisme de pollution :**

##### **VIII-4-1. Dans une nappe libre :**

La propagation et l'évolution des polluants, de la surface du sol vers l'aquifère, s'effectue en quatre étapes.

##### **a) Introduction du polluant dans le sol :**

L'introduction de polluant crée des foyers de pollution par épandages à la surface du sol ou enfouissement à des profondeurs plus ou moins grandes dans le sous-sol (fosse, puisard et rejets en nappe profonde). Les polluants sont mis en solution et

constituent un soluté, dont la vitesse de déplacement est souvent différente de celle des particules d'eau souterraine.

L'intensité de la pollution dépend du type de sol, de la dose du polluant et des conditions climatiques (précipitation en particulier) qui apportent un volume d'eau variable (G.Castany, 1983).

**b) Migration et évolution du polluant dans la zone non saturée (auto épuration) :**

La zone non saturée est comprise entre le sol et la surface de la nappe. De nature très diverse, suivant le type de roche concernées et, d'épaisseur variable (de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres). Elle conditionne en grande les temps de transfert vers la nappe (de quelques jours à plusieurs années).

Suivant que la roche est perméabilité d'interstice (sable, grès) ou des fissures (calcaire), les circulations seront plus ou moins rapides.

**c) Propagation et évolution du polluant dans l'aquifère (dilution) :**

La zone saturée constitue l'aquifère. Dans cette zone, les transferts sont essentiellement latéraux (composante horizontale) selon la direction générale d'écoulement de la nappe. Dans l'aquifère, en raison de l'absence d'oxygène, de matière organique et de micro-organismes, le rôle épurateur est très réduit. Pratiquement, seule la dilution agit. Celle-ci est proportionnelle au débit de la nappe (transmissivité). Un fort renouvellement est favorable à l'élimination de la pollution.

**d) persistance de la pollution (Rémanence) :**

Par suite du phénomène de désorption (libération des cations) la pollution persiste dans l'eau souterraine, après interruption de son introduction. Cette rémanence peut se manifester pendant des mois, voire des années. Ces faits expliquent les difficultés des opérations de décontamination.

**VIII-4-2. Dans une nappe captive :**

Dans ce cas la nappe est protégée par des formations géologiques imperméables ou très peu perméables. Si elles sont suffisamment épaisses, le risque principal de pollution, et l'injection des polluants par les intermédiaires des forages ou de mise en communication avec des nappes supérieures par des ouvrages à paroi non étanches (EX : forage profond d'eaux, hydrocarbure, forage sauvage).

Les pollutions peuvent aussi provenir des zones d'affleurement de l'aquifère plus ou moins éloignées.

#### **VIII-4-3. Dans un aquifère fissuré :**

La pollution peut s'introduire par les points , bétoires ,gouffres ,à travers la zone non saturée.

Si les action d'auto épuration sont plus ou moins importantes en milieu poreux et dépendent de la granulométrie,elle deviennent très faibles ,voir nulles en milieu fissuré Karstique ,et c'est ce qui fait ,la fragilité de ces systèmes face à la pollution (il sont diminués de toute protection contre la pollution).

#### **VIII-4-4. Dans une nappe alluviale ou proche d'un corps d'eau :**

Si le fond du lit du cours d'eau de surface n'est pas parfaitement étanche , la pollution peut provenir des eaux de surface si celle-ci sont polluées ou de mauvaise qualité .

#### **VIII-5. Source de pollution :**

##### **VIII-5-1. Les sablières :**

Une sablières est une carrière de sable .le site est toujours choisi de façon à faciliter le transport d'une part et du volume de sable disponible d'autre part .Dans la vallée de l'oued Sébaou , la superficie d'extraction autorisée s'étale de 10000 à 15000 m<sup>2</sup> et la quantité extraite et en moyen de 50000m<sup>3</sup>/an (DHW de Tizi-Ouzou et de Boumérdes).Cependant ,les enquêtes menées sur le terrain montrent que ces chiffres sont loin de refléter . la réalité, car en plus de concession (sablières) des autorisations d'extraction à la pelle baladeuse sont accordées.

"Les chiffres déclarés par les propriétaires des sablières concernant les volumes d'alluvions extraits, ne représente que 1/3 à 1/4 de leur exploitations annuelles réelles"(Bouadjla ,1996)

Le démentèlement des matériaux de l'Oued ,porte atteinte non seulement aux réseve de la nappe et au résevoir en question (diminution de la capacité du résevoir)

Mais elle induit aussi une dégradation de la quantité des eaux souterraines (pollution suite aux déversement des hydrocarbures et des huiles d'engin ainsi les excavations provoquées par l'extractions ,sont de véritable foyer de prolifération des germes pathogène.

#### **VIII-5-1-1.Constat sur l'état d'exploitation des sablières :**

Les rapports des directions de l'hydraulique des wilayas de Tizi-Ouzou et de Boumerdès font état de l'existence de 26 sablières le long de la vallée d'oued Sébaou ainsi que 22 pelles baladeuses autorisées. Ceci a fait que la distance qui sépare les différents sites d'extraction est très courte et parfois; certaines de ces sablières se trouvent dans des aires où sont implantés les forages destinés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

Pour essayer de venir au bout de la dégradation de l'oued et de la nappe alluviale, plusieurs commissions ont été créées par les services de l'hydraulique (D.H.W.T.O) afin d'établir un constat sur la situation physique de l'oued Sébaou.

L'impact de ces extractions constaté sur le terrain est multiple et met en péril la qualité des eaux souterraines. Les observations relevées par ces commissions lors de leurs missions de terrain peuvent se résumer comme suit :

- La mise à nu de la nappe à plusieurs endroits suite à l'extraction excessive de sables et tout venant de l'oued;
- La formation de cratères atteignant la profondeur de 6m et des diamètres de 300 et 400m.
- La destruction des gabions et arbres de fixation des berges le long des oueds;
- L'érosion des berges provoquant la perte de plusieurs hectares de terres agricoles;
- L'effondrement et la menace d'effondrement de plusieurs ouvrages hydrauliques (forages) et autres (pont de Bougie, 2002).
- La disparition par endroit de la couche aquifère.

#### **VIII-5-1-2. Conséquences hydrogéologiques des sablières :**

- Réduction des apports à la nappe qui est dû essentiellement à la diminution du volume des alluvions; qui forment le réservoir le plus important en eau souterraine; d'une part et au dépôt de boues et des terres glaises; provenant de lavages hydromécanique des

graviers bruts; qui colmatent les berges et le lit de l'oued minimisant ainsi la recharge de la nappe.

- L'abaissement important du niveau statique : ce phénomène est beaucoup plus important dans le haut Sébaou où ces extractions provoquent une baisse notable du niveau piézométrique de la nappe libre. Ces données montrent fort combien la nappe est sub-affleurante ou proche de la surface .cette condition constitue la grande vulnérabilité de la nappe à la moindre contamination en surface .cette condition favorise également la décharge de la nappe par évapotranspiration.
- L'élargissement du lit majeur de l'oued atteignant par endroits 500 m avec déviation annuelle des écoulements.
- Réduction du taux d'infiltration :les catégories du sable sont obtenues le plus souvent par des procédés hydromécaniques nécessitant une importante quantité d'eau pour le lavage du gravier brut.le résultat de se lavage constitue des boues qui sont soit délaissées anarchiquement en surface ,soit utilisées pour combler les excavations .En saison humide, ces boues deviennent de véritables vases .Elles sont essentiellement constituées de terres glaises très colloïdales qui colmatent le lit de l'oued ,ceci diminue considérablement les apports à la nappe par infiltration.

Aujourd'hui et bien que toute extraction de sable en dehors des sablières autorisées soit interdite, l'impact de cette activité sur l'oued Sébaou et sa nappe aquifère demeure majeure. Les recommandations faites par les différentes commissions d'enquête ont tous donné lieu à la nécessité d'un arrêt définitif et immédiat de l'exploitation abusive des sablières. La liste des recommandations émises par la commission d'enquête de 1996 est la suivante :

- Arrêt immédiat de toute extraction;
- Arrêt définitif des salières et leur démantèlement immédiat;
- Gabionnage et reboisement au niveau des berges très exposés à l'érosion;
- Les cratères doivent être comblés par des agrégats et couverts par une couche étanche;
- Mise en place des périmètres de protection des sablières;
- Surveillance régulière de la qualité chimique et bactériologique des eaux;
- Orientation des entreprises d'exploitation des sablières vers les carrières de montagne;
- Interdiction de la liaison des activités industrielles avec les réseaux d'assainissement urbains;
- Réglementation de l'utilisation des produits phytosanitaires

- Interdiction de toutes décharges solide ou liquide dans l'oued ;

### VIII-5-2. Pollution industrielle :

Sur l'ensemble de la wilaya de Tizi-Ouzou ,on relève 82 unités industrielles qui se subdivisent en 34 de statut public et 48 de statut privé. L'agro-alimentaire et les matériaux de construction constituent les activités les plus importantes par leur nombre.

On compte trois pôles d'activité importants ,située essentiellement dans la zone de Tizi-Ouzou et sa périphérie et généralement sur les rives du Sébaou :

- Zone des parcs de Tizi-Ouzou :cette zone est située à la sortie ouest de la ville de part et d'autre de la route menant vers Alger.Les unités ,au nombre de dix ,sont spécialisées dans la production des matériaux de construction.Elles rejettent leur eaux dans le réseau de la ville souvent après passage par un réseau de décantation dans bien des cas inadaptés.
- Zone industrielle de Oued Aissi : Elle est située su la route d'azzaga à une dizaines de Km à l'Est de Tizi-Ouzou.Exceptée l'usine ENIEM qui est dotée d'une station de traitement .toutes les autres rejettent leur eaux dans le réseau d'assainissement de la zone sans aucun traitement préalable .Les eaux de rejets sont supposées aboutir à un bassin de décantation largement dimensionné et en très bon état mais non fonctionnel du fait qu'il n'est pas encore raccordé au réseau.
- Zone Industrielle de Tala Athmane : Cette zone est située au Nord et face à la zone précédente sur la rive droite du Sébaou .On y compte une dizaine d'unités industrielles relativement importantes qui rejettent leurs eaux dans le réseau d'assainissement de la zone.

La majorité des complexes industriels implantés dans la vallée du Sébaou rejettent des eaux usées directement dans l'oued ou dans des stations d'épuration non fonctionnelles (SONITEX, ONALAIT, SNLB,...). A titre d'exemple, on peut cité les sociétés et les entreprises suivantes :

#### a) Les unités industrielles :

- **E.N.A.T.(Taboukrit)** :cette unité est une miniserie industrielle, elle fabrique les meubles.

Les produits utilisées par cette entreprise : les vernix, les teintes ,l'amoniaque , colle et dilluant .

Elle retire ces eaux ( $50\text{m}^3/\text{j}$ ) à partir d'un forage foucé dans le sébaou . Elle rejété ses eaux usées  $45\text{m}^3/\text{j}$  dans une fosse sceptique.

▪ **ENIEM(oued Aissi) :** les produits utilisés :

-les toxiques :accélarateur chlorates et sel de chrome.

-les acides :Hcl, Acide basique, acide nitrique.

-les polluants :les degraissement ,les peintures, trichromo-ethane.

L'entreprise soutire ses eaux ( $2800\text{m}^3/\text{j}$ ) de l'oued Aissi.Les eaux usées sont rejété dans une station monobloc où on procède à la réduction du chrome età la neutralisation des eaux avant rejet dans l'oued Aissi.

Les déchets solides sont stockés dans des fûts prêt des lits de séchage.

• **S.N.V.I(oued Aissi) :** elle fabrique des véhécules industriel et des pièces de rechange.

les rejets de cette société sont diversés directement dans l'oued .

• **E.N.E.L (Freha) :**elle fabrique les moteurs, les alternateurs et les transformateurs .

**Les matières premières utilisées dans cette unité sont :**les résines ,les colles, lesgraisses , l'alluminium , lees alliages ,le cuivre , la peinture , dilluants.....

Sa source en eau ( $120\text{m}^3/\text{j}$ ) est soutirée à partir de forages,elle rejetté  $100\text{m}^3/\text{j}$  vers une station d'épuration à disque biologique.

Les résidus solides sont stockées dans fût au sein de l'unité ,aucune décharge n'existe dans la région pour ce type de résidu.

• **SONITEX(Draâ ben Khedda) :**l'usine textile de Draâ ben Khedda fabrique du filet tissu.

Elle soutire se source en eau ( $8500\text{m}^3/\text{s}$ ) à partir de forage foussé dans le Sébaou .es eaux sont adoucies avant utilisation dans les chaudières et dans les processus de fabrication des tissus

Les produits chimiques utilisées sont :les sulfates alluminium, acide, chlorohydrique,acide phosphorique...

Les volumes des eaux rejetter est  $7800\text{m}^3/\text{j}$ .l'usine possède une station d'épuration d'une capacité  $400\text{m}^3/\text{h}$ .

Les résidus solides sont évacué ver les décharges publiques.

- **ONALAIT(Draâ Ben Khedda) :** c'est l'industrie agro-alimentaire ,elle produit du lait et du dérivés.

Sa source en eau est est de 1300m<sup>3</sup>/j ,elle rejet 950m<sup>3</sup>/j dans le réseau de la ville qui aboutissent à l'oued Boughdoura

**b)Les huilleries :**

Fonctionnent généralement de décembre à février tout les huilleries sont dépourvues de traitement d'effluent rejeté le long des cours d'eaux. Ce type d'activité à un impact néfaste sur l'environnement et de ce fait pose par fois des problèmes de pollution difficilea résoudre .

Dans le tableau suivant sont portés les résultats des analyses spéciales indicatrices d'une pollution chimique ou organique. Ces analyses ont été effectuées sur des échantillons prélevés au niveau des rejets de différentes unités industrielles de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Lieu de prélèvement	NH <sub>4</sub> (mg/l)	P0 <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO <sub>5</sub> (mg/l)
Unité de textile de Draâ Ben Khedda	6.07	3	220	400
ONALAIT Draâ Ben Khedda	0.05	6.2	1160	2400
Pompe à essence de Draâ Ben Khedda	1.24	-	9700	2000
SONATRO de Tadmaït	1.97	6.1	250	410
Usine de buses de Baghlia	0.16	0.1	30	80
Usine de carrelage de Takdempt	0.06	-	60	110

**Tableau N°VIII-1: Qualité des eaux des rejets industriels (DHWde TiziOuzou)**

Paramètre (mg/l)	Niveau de pollution des eaux				
	Excellent	bon	passable	médiocre	excessive
DB0 <sub>5</sub> (eau brute)	3	3 - 5	10-25	10-25	25
DCO (eau brute)	20	20-25	25-40	40-80	80
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	8
Phosphate (P0 <sub>4</sub> )	0,54	0,5 - 0,94	0,5 - 0,94	0,94	0,94

**Tableau N°VIII-2 : Qualité des eaux usées utilisées en France Pour la classification des cours d'eaux**

La lecture de ces deux tableaux (VIII-1 et VIII-2) permet de conclure :

- Pour les paramètres DBO5, les teneurs varient de 30 à 9700 mg/l dépassant ainsi de loin les normes exigées ;
- Pour la DCO, les teneurs pour les différentes unités varient de 80 à 2400 mg/l témoignant de même d'une pollution excessive ;
- Pour les phosphates, seules deux valeurs qualifient l'eau d'excellente, les autres témoignent d'une qualité médiocre.

### **VIII-5-3. Les rejets d'eaux usées :**

EN dehors des quelques points de rejets qui aboutissent sur des ouvrages de traitement (une trentaine environ), la presque totalité des rejets aboutissent dans des talwegs qui débouchent dans l'oued Sébaou et ses affluents. On constate aussi que sur 608 villages que compte la wilaya de Tizi Ouzou, seulement 90 sont totalement assainis, ce qui correspond à un taux de 6.7% et 297 sont partiellement assainis, ce qui porte ce taux à 62.7%.

Le nombre des points de rejet est d'environ de 1100. La morphologie, souvent accidentée de l'ensemble des zones urbanisées explique l'importance de ce nombre.

la wilaya de Tizi Ouzou possède cinq stations d'épurations des eaux domestiques mais actuellement la seule station de traitement des eaux usées qui fonctionne régulièrement est celle du pont de Bougie, le reste sont en générale à l'arrêt, elles sont abandonnées en raison de la détérioration des équipements électromécaniques ou en raison de leur saturation par les boues.

Les quelques analyses effectuées au niveau de quelques points de rejets recensés dans la région d'étude témoignent des dangers de pollution qui guettent la nappe des alluvions de Sébaou.

N° du rejet		5	3	4	2	1	42	41	43	44
paramètre	pH	7,7	8	8,1	7,35	4,4	7	6,8	6,9	6,7
	MES	236	20	140	190	86	424	50	1332	728
	DBO <sub>5</sub>	76	5,2	191	91	17	186	120	520	338
	DCO	170	25	470	210	50	370	213	905	598

**Tableau N°VIII-3 : Qualité des rejets dans le moyen Sébaou  
(source DHW Tizi-ouzou)**

Ces résultats d'analyse attestent pour tous les points de rejets d'un risque de pollution excessive.

#### **VIII-5-4. Pollution d'origine agricole :**

La pollution agricole provient essentiellement de l'utilisation en excès des engrais azotés ou des pesticides dans les cultures.

L'évaluation du risque de contamination des eaux souterraines par les nitrates d'origine agricole tient compte à la fois du type de l'activité agricole (type de culture) et des différentes conditions hydrogéologiques de la nappe étudiée.

L'application de cette approche dans la nappe alluviale du bas Sébaou a permis de distinguer trois niveaux de risque qui sont :

- Cultures à risque négligeable : Surfaces toujours en herbe, pépinières ligneuses, noyers, chataigniers, production végétales divers.
- Cultures à risque élevé : Cultures fruitières, cultures maraîchères, cultures fleurales, jardin familiaux, terres labourables (légume secs de plein champ, cultures légumières de pleines champ, culture fruitières).
- Cultures à risque notable : Terres labourables, vignes, oliveraies en plein.

#### **VIII-5-5. Pollution par le biseau salé :**

Le phénomène de pollution par le biseau salé dans la nappe côtière du bas Sébaou se caractérise manifestement par la modification de certains éléments et paramètres

physico-chimiques des eaux souterraines. Cette modification se traduit généralement par la dégradation de la qualité chimique de l'eau.

Les résultats d'analyses physico-chimiques de l'échantillonnage réalisé lors de la campagne d'avril 2006 dans la basse vallée du Sébaou ont permis de constater que sur les dix points d'eau analysés, deux montrent un faciès chloruré calcique avec une minéralisation nettement plus élevée par rapport aux eaux de la partie amont qui présentent une minéralisation moyenne de 500 mg/l. Ceci confirme une contamination marine par avancée du biseau salé dans la partie aval de la vallée. Une contamination qui a été révélée lors de l'étude de C.G.G, 1969, qui montrait dans la région de Takdempt des résistivités relativement faibles indicatrices d'un milieu aquifère influencé par les eaux soumâtres.

L'interprétation des différentes cartes des paramètres physico-chimiques; en particulier celles des faciès chimiques, celles des Chlorures et les cartes de conductivité; permet de suivre l'évolution du biseau salé dans l'espace souterrain et de déduire une délimitation probable de l'interface eau douce/eau salé.

La carte de conductivité permet de constater que les eaux des points (P222/B et P218/B) présentent des conductivités très importantes (1,84 mmohs et 1,13 mmohs), ce qui permet de dire que les eaux souterraines de la nappe côtière du bas Sébaou sont légèrement contaminées par le front salé.

Sur la carte des teneurs en Chlorures, on remarque que les fortes concentrations de chlore se rencontrent au niveau des points proche de l'embouchure (P222/B et P218/B). Ceci est confirmé par le calcul du rapport caractéristique ( $rCl/rHCO_3^- + rCO_3^{--}$ ), qui donne des valeurs nettement supérieures à 1 traduisant ainsi la prédominance des Chlorures.

L'approche par la méthode de Todd qui utilise ce même rapport  $R_c = \frac{rCl^-}{rHCO_3^-}$

Permet de rendre compte du degré de contamination des eaux douces par l'invasion Marine.

$R_c = 0.5$  : l'eau est qualifiée de normale;

$R_c = 1.3$  : contamination légère par la mer;

Rc = 2.2 : la contamination est modérée;

Rc = 6.6 : la contamination est forte;

Rc = 15.5 : l'eau est très fortement contaminée;

Rc = 20 : c'est l'eau de mer contenant un peu d'eau douce.

L'application de cette approche permet de qualifier la contamination de modérée Pour les points situés à proximité immédiate de la mer (Rc = 2.17 au point P222/B) et devient légère quand on s'éloigne de la côte.

A l'heure actuelle; l'étude hydrochimique des eaux souterraines a permis de localiser dans l'espace souterrain une avancée du front salé de plus de 3 Km .

### **Conclusion :**

L'étude hydrochimique des eaux de la nappe alluviale du Sébaou fondée sur l'analyse physicochimique des échantillons d'eau prélevés dans la région d'étude a montré les caractéristiques suivantes :

La comparaison du pH d'équilibre et celui mesuré au laboratoire a permis de constater que les eaux de la nappe de Sébaou sont en majorité incrustantes.

Les conductivités sont généralement comprises entre 500 et 1000  $\mu$ mho/cm, ces valeurs impliquent une minéralisation moyenne.

La classification des eaux souterraines par la méthode de Schoëller Berkaloff et celle de Piper permet de déduire que les eaux de la nappe étudiée sont caractérisées par un faciès bicarbonaté calcique et magnésien. Le faciès chloruré calcique caractérise les eaux de la partie avale de la nappe située dans la zone comprise entre Sidi Daoud et Takdempt.

Les eaux souterraines de la nappe alluviale du Sébaou sont dures à très dures : 70 % des échantillons analysés présentent un D.H.T > 30 °F.

Il existe dans la plaine de Sébaou plusieurs pratiques qui induisent la pollution de l'oued Sébaou et de sa nappe d'eau souterraine. Les principales sources de pollution sont : Les rejets d'eaux usées, les rejets des unités industrielles et la qualité et la quantité des engrais chimiques utilisés en agriculture. On note par ailleurs que la basse

vallée du Sébaou est menacée par l'intrusion des eaux de mer dans sa partie côtière.

Ceci est favorisé par l'action conjuguée de deux principaux paramètres qui sont :

- La sur exploitation de la nappe du bas Sébaou;
- L'extraction incontrôlée des alluvions du lit de l'oued qui dépasse considérablement l'apport solide naturel.

## Conclusion générale

Située à environ 80Km à l'Est d'Alger, le bassin versant du Sébaou couvre une superficie de 2500 Km<sup>2</sup>. Il est de forme allongée et son altitude moyenne s'élève à 504m.

De point de vue hydroclimatologie; la région d'étude jouit d'un climat méditerranéen caractérisé par une température moyenne de 17,30°C et des précipitations moyennes de 865mm dont 670mm s'évaporent, 05mm s'infiltrent et 182mm s'écoulent pour déboucher vers la mer.

Les données géologiques et géophysiques ont permis de définir dans le bassin versant du Sébaou trois (3) formations géologiques jouissant de propriétés hydrogéologiques importantes; il s'agit :

- ❖ Des formations cristallophylliennes d'âge protérozoïque et paléozoïque inférieur qui constitue le socle kabyle;
- ❖ Des formations jurassiques et crétacées contenues dans le massif du Djurdjura qui forment un réservoir important;
- ❖ Du remplissage alluvionnaire quaternaire essentiellement fluvial qui constitue le principal aquifère de la région.

L'étude de remplissage alluviale a montré que la vallée de l'oued Sébaou correspond à une large dépression comblée de terrasses reposant sur les formations marno-argileuses du miocène inférieur. Ces formations alluviales aquifères sont séparées en deux par le verrou géologique de Belloua qui scinde naturellement l'axe longitudinal de la vallée en deux zones indépendantes avec des conditions hydrogéologiques diverses. On distingue ainsi :

- Le haut Sébaou dont la disposition des terrasses est étage. Cet aquifère est caractérisé par des alluvions formées de sables grossiers et de galets avec une épaisseur qui varie entre 9 et 20m. ce niveau alluvial est occupé par une seule nappe « libre » qui est alimentée principalement par les eaux superficielles de l'oued Sébaou et ses principaux affluents à savoir les oueds Aissi et Boubhir.
- Le bas Sébaou est caractérisé par un système de terrasses emboîtées. Cette unité inclut les plaines de ses principaux affluents (oueds Djemaa et Bougdoura). Dans cette partie de la vallée; l'aquifère supérieur (la nappe superficielle) est recouverte

par un niveau limono-argileux, l'aquifère est ainsi captif à semi captif.

L'alimentation de la nappe souterraine du haut Sébaou se fait en premier lieu par l'infiltration de la pluie sur les formations alluviales. Toutefois, une partie importante des apports provient des formations calcaires très perméables du Djurdjura. Pour le bas Sébaou, l'alimentation se fait par infiltration directe là où la plaine alluviale est libre, c'est-à-dire au niveau de la zone transitoire (Tadmaït -D.B.K.). Au-delà (Tadmaït - embouchure), les aquifères sont captifs et l'alimentation s'effectue en bordures de la plaine à partir d'apports des versants.

L'estimation des paramètres hydrodynamiques à partir des essais de pompage permet de retenir les valeurs suivantes :

- La transmissivité varie entre  $3.7 \times 10^{-3}$  et  $15.4 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.
- La perméabilité varie entre  $7.9 \times 10^{-4}$  et  $6.6 \times 10^{-2}$  m/s.
- Le coefficient d'emménagement oscille entre 11.5 et 29 %. Ces valeurs attestent le caractère grossier des alluvions aquifères. L'interprétation des analyses chimiques a permis de mettre en évidence les faciès

Suivants :

- Le faciès bicarbonaté calcique qui est le plus dominant;
- Le faciès sulfaté magnésien que l'on rencontre dans les régions à fortes agglomérations;
- Le faciès chloruré calcique qui caractérise les eaux de la nappe côtière (Sidi Daoud - Takdempt)

Sur le plan qualité; les eaux souterraines de la plaine alluviale du Sébaou sont en général dures et incrustantes.

Par ailleurs, la pollution menace gravement l'eau souterraine du Sébaou. Outre la contamination par l'eau de mer dans la partie avale (Takdempt), l'oued Sébaou subit une dégradation significative tout au long de son cours. Une pollution qui est en relation avec les impacts cumulés d'un assainissement lacunaire, des rejets d'eaux usées et de rejets industriels. Cette menace s'est d'avantage précisée suite à l'extraction anarchique de matériaux de l'oued; véritable filtre protecteur de la nappe phréatique.

- Alious .S** ,2004 : Méthodologie de la cartographie de la vulnérabilité à la pollution du Sébaou. Mémoire d'ingénieur, USTHB.
- Baraka.S**, 1990 : synthèse des études hydrogéologiques de la vallée de l'oued Sébaou. Mémoire d'ingénieur, USTHB.
- Benhassaine M.**, 1980 Recherche sur les modèles des reliefs et les formations superficielles dans la nappe de l'Oued Sébaou. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle.
- Bouadjla ,1996** : Rapport sur l'extraction de sable a partir de l'oued Sébaou, ANRH Tizi-Ouzou.
- Boumaza N .2001** : Cartographie hydrogéologie de la vallée de Sébaou Thèse de magister, USTHB.
- Bouzar I. 1980** : Hydrogéologie du haut Sébaou Mémoire d'ingénieur, USTHB.
- C.G.G, 1964** : Prospection électrique électrique des plaines d'oueds : Sébaou, Isser, et Assif El Hammam.
- Chadrine, Y.1972** : Etude hydrogéologique de la nappe alluviale du sébaou Mémoire d'ingénieur .ANRH, Alger.
- Djemai M.1982** : Hydrogéologie du moyen Sébaou Mémoire d'ingénieur. USTHB.
- Durand Delga M .1968** : Mise au point sur la structure de Nord Est de la berbérie, ANRH Tizi-Ouzou.
- Hiaddihine .H ,1996** : approche du bilan hydrologique du bassin versant du sébaou .Mémoire d'ingénieur. USTHB.
- Malek .A** : structure et fonctionnement d'un Karst de Montagne sous climat méditerranéenne : exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie – Algérie).Pou l'obtention du diplôme de docteur d'état de l'université de FRANCE-COMTE.
- Ramdane .S** ,1999 : vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines - Méthode et cartographie- (Application aux aquifères du moyen Sébaou et la Matidja centrale) USTHB.

Haut Sébaou avril 2006																		
Analyse	Ca		Mg		Na		K		$\sum r^+$	Cl		So <sub>4</sub>		Hco <sub>3</sub>		No <sub>3</sub>		$\sum r^-$
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	
F63	151	7.55	34	2.79	18	0.78	0	0.00	11.12	63	1.77	205	4.27	274	4.49	31	0.5	11.03
P72	42	2.10	22	1.80	96	4.17	0	0.00	8.07	27	0.76	74	1.54	310	5.08	15	0.24	7.62
P73	98	4.90	35	2.87	78	3.39	1	0.025	11.18	85	2.39	147	3.06	316	5.18	08	0.12	10.75
P7	76	3.80	47	3.86	81	3.52	1	0.025	11.20	105	2.95	185	3.85	222	3.63	07	0.11	10.54
P10	86	4.30	42	3.45	53	2.30	1	0.025	14.07	105	2.95	143	3.10	227	3.72	45	0.72	10.49
P11	53	2.65	18	1.48	19	0.82	2	0.05	5.00	25	0.70	42	0.87	240	3.93	02	0.03	5.53
P22	70	3.50	33	2.71	35	1.52	0	0.00	7.73	36	1.01	100	2.08	273	4.47	16	0.25	7.81
P24	50	2.50	21	1.72	21	0.91	4	0.10	5.23	13	0.36	41	0.85	229	3.75	11	0.17	5.13
P34	90	4.50	20	1.64	95	4.13	3	0.076	10.34	99	2.78	183	3.81	185	3.03	49	0.79	10.41
P38	84	4.20	29	2.38	23	1.00	4	0.10	7.68	91	2.56	176	3.66	140	2.29	32	0.51	9.02
P46	63	3.15	40	3.28	52	2.26	0	0.00	8.69	43	1.22	122	2.54	317	5.19	13	0.20	9.14
P55	40	2.00	23	1.89	24	1.04	2	0.05	4.98	20	0.56	38	0.79	238	3.90	14	0.22	5.47
F59	93	4.65	29	2.38	38	1.65	4	0.10	8.78	41	1.15	113	2.35	226	5.34	41	0.66	9.5
P60	61	3.05	37	3.04	44	1.91	2	0.05	8.05	42	1.18	108	2.25	314	5.14	04	0.06	8.63
Bas Sébaou avril 2006																		
F31/B	118	5.90	35	2.87	11	0.74	0	0.00	9.24	29	0.81	185	3.85	321	5.26	4	0.06	9.98
P67/B	23	1.15	27	2.22	99	4.30	0	0.00	7.67	40	1.12	69	1.41	328	5.37	20	0.32	8.22
P96/B	104	5.20	20	1.64	53	2.30	0	0.00	9.14	44	1.23	48	1.00	348	5.70	28	0.45	8.38
F128/B	81	4.05	34	2.79	78	3.39	2	0.05	10.28	90	2.53	182	3.79	245	4.01	19	0.30	10.63
P140	131	6.55	29	2.38	59	2.56	5	0.12	11.61	84	2.36	154	3.20	300	4.91	65	1.05	11.52
P157/B	54	2.70	17	1.39	12	2.52	0	0.00	4.61	16	0.45	42	0.87	176	2.88	0	0.00	4.20
P212/B	81	4.05	30	2.46	48	2.08	0	0.00	8.59	70	1.97	91	1.89	224	3.67	19	0.30	7.83
P206/B	75	3.80	15	1.23	46	2.00	1	0.02	7.05	61	1.71	149	3.10	84	1.37	22	0.35	6.53
P218/B	89	4.45	50	4.11	73	3.17	5	0.12	11.85	150	4.22	127	2.64	325	5.32	53	0.85	13.03
P222/B	188	9.40	42	3.45	77	3.34	0	0.00	16.19	292	8.22	226	4.70	231	3.78	22	0.35	17.05

Annexe IV-1 : Résultats d'analyses chimiques (Sébaou, Avril 2006)/source ANRH

<b>Haut Sébaou (Avril 2006)</b>							
<b>Analyse</b>	<b>CEmmohs</b>	<b>Minéralisation mg/l</b>	<b>R.Sec mg/l</b>	<b>PH d'équilibre</b>	<b>PH mesuré</b>	<b>TH °F</b>	<b>TAC °F</b>
<b>F63</b>	1.04	645	784	7.1	7.9	52	22
<b>P72</b>	0.78	484	499	7.5	7.6	20	25
<b>P73</b>	1.00	619	773	7.2	8.0	39	25
<b>P7</b>	0.98	608	629	7.6	7.8	39	18
<b>P10</b>	0.93	577	614	7.3	7.8	39	18
<b>P11</b>	0.49	304	381	7.5	7.8	21	19
<b>P22</b>	0.68	422	449	7.3	7.8	31	22
<b>P24</b>	0.53	329	350	7.5	7.8	21	18
<b>P34</b>	0.88	546	575	7.4	7.7	31	15
<b>P38</b>	0.86	532	516	7.5	7.6	33	11
<b>P46</b>	0.85	527	561	7.3	7.8	32	26
<b>P55</b>	0.53	329	350	7.4	7.5	20	19
<b>P59</b>	0.82	508	541	7.15	7.4	36	26
<b>P60</b>	0.86	533	568	7.30	7.7	31	25
<b>Bas Sébaou (Avril 2006)</b>							
<b>F31/B</b>	0.99	614	653	7.1	7.7	44	26
<b>P67/B</b>	0.69	428	399	7.6	8.1	17	26
<b>P76/B</b>	0.89	552	587	7.1	7.7	34	28
<b>F128/B</b>	1.02	632	673	7.3	8.1	34	20
<b>P140</b>	1.06	658	657	7.0	7.8	45	24
<b>P157/B</b>	0.41	254	312	7.6	8.0	21	14
<b>P212/B</b>	0.79	490	630	7.3	7.9	33	18
<b>P206/B</b>	0.69	428	455	7.6	7.5	25	7
<b>P218/B</b>	1.13	701	746	7.2	7.6	43	26
<b>P222/B</b>	1.84	1140	1213	7.0	8.2	65	19

Annexe IV-2 : Résultats d'analyses chimiques (Sébaou, Avril 2006)/source ANRH

<b>Haut Sébaou(Avril 2006)</b>			
Nom	X	Y	N.P(m)
P7	643.278	383.4	122.18
P34	637.685	379.998	100.14
P38	635.894	378.896	110.79
P44	633.626	378.41	101.27
P52	631.76	378.864	88.41
P55	630.961	379.325	77.59
F57	629.565	378.828	81.58
P62	628.444	378.003	69.04
P70	624.283	383.4	117.77
P71	625.285	381.161	77.38
P72	626.283	380.396	74.5
P73	627.451	380.104	72.17
P76	630.685	380.029	79.37
P78	633.103	379.363	86.12
<b>Moyen Sébaou(Avril 2006)</b>			
F5	618.166	385.274	54.82
P7	616.125	384.939	50.10
F7	616.714	383.621	41.42
P16	615.3	384.725	50.61
F23	614.166	384.046	36.63
F31	613.67	384.44	39.12
P34	615.989	382.971	34.90
F51	615.54	383.09	39.71
P56	614.65	382.32	38.71
P67	613.875	383.01	45.42
F82	612.835	383.22	36.75
F89	612	383.15	34.36
P97	609.23	383.92	33.90
F122	607.875	383.9	25.42
<b>Bas Sébaou(Avril 2006)</b>			
F122	607.875	383.9	25.42
F128	606.9	385.6	29.28
P141	603.79	389.35	19.83
F146	604.73	389.35	13.06
F149	605.052	387.746	14.40
F152	609	385..5	16.94
F156	605.9	387	34.49
P157	605.9	387	26.51
P170	604.489	393.945	5.78
P182	604.489	397.645	1.81
P206	603.479	392.503	8.58
F213	605.1	395.75	2.46
P221	604.605	398.571	1.62
P222	603.791	399.328	1.65
P224	603.75	399.328	2.02
P241	603.234	400.584	1.65

Annexe II : Tableau des mesures piézométriques(ANRH)

Forage F1R-VAS Ben N'Choud						
Essai longue durée 72 Heures/NS=9.8m,Q=30l/s						
Descente						
Date	Heure	T(mn)	T(s)	N.D(m)	Rabat(m)	Observation
23/11/2004	10h30	0	0	9.80	0	
		0.5	30	11.73	1.93	
		1	60			
		1.5	90	12.35	2.55	
		2	120	12.83	3.03	
		2.5	150	12.91	3.11	
		3	180	12.99	3.19	
		3.5	210	13.14	3.34	
		4	240	13.27	3.47	
		5	300	13.43	3.63	
		6	360	13.65	3.85	
		7	420			
		8	480	13.76	3.96	
		9	540			
		10	600	13.91	4.11	
		12	720	14.13	4.33	
		15	900	14.28	4.48	
		20	1200	14.31	4.51	
		25	1500	14.33	4.53	
		30	1800	14.40	4.6	
		35	2100			
		40	2400	14.41	4.61	
		50	3000	14.43	4.63	
	11h30	60	3600	14.44	4.64	
		70	4200			
		80	4800	14.45	4.65	
		90	5400			
		100	6000	14.45	4.65	
	12h30	120	7200	14.46	4.66	
	13h00	150	9000	14.46	4.66	
	13h30	180	10800	14.45	4.65	<b>arrêt de</b>
	14h00	210	12600	14.46	4.66	<b>pompage</b>
	14h30	240	14400	14.47	4.67	<b>dans les</b>
	15h00	270	16200			<b>Forages</b>
	15h30	300	18000	14.38	4.58	<b>F1 et F4</b>
	16h30	360	21600	14.41	4.61	
	17h30	420	25200	14.41	4.61	
	18h30	480	28800	14.41	4.61	
	19h30	540	32400	14.42	4.62	
	20h30	600	36000	14.46	4.66	
	21h30	660	39600	14.48	4.68	
	22h30	720	43200	14.48	4.68	
	23h30	780	46800	14.47	4.67	
	00h30	840	50400	14.47	4.67	
	01h30	900	54000			
	02h30	960	57600	14.45	4.65	

<b>Suite descente</b>	03h30	1020	61200			
	04h30	1080	64800	14.46	4.66	
	05h30	1140	68400	14.47	4.67	
	06h30	1200	72000	14.47	4.67	
	07h30	1260	75600	14.46	4.66	
	08h30	1320	79200	14.49	4.69	
	09h30	1380	82800	14.53	4.73	<b>démarrage</b>
	10h30	1440	86400	14.56	4.76	<b>dans les</b>
	13h30	1620	97200	14.58	4.78	<b>forages</b>
	16h30	1800	108000	14.58	4.78	<b>F1 et F4</b>
	18h30	1980	118800			
	20h30	2040	122400			
	22h30	2160	129600	14.54	4.74	
<b>25/11/2004</b>	01h30	2340	140400	14.55	4.75	
	04h30	2520	151200	14.55	4.75	
	07h30	2700	162000	14.55	4.75	
	10h30	2880	172800	14.55	4.75	
	13h30	3060	183600	14.56	4.76	
	16h30	3240	194400	14.56	4.76	
	19h30	3420	205200	14.56	4.76	
	22h30	3600	216000	14.56	4.76	
	01h30	3780	226800			
	04h30	3960	237600	14.56	4.76	
	07h30	4140	248400	14.56	4.76	
	10h30	4320	259200	14.56	4.76	

**Remontée**

Date	Heure	T (mn)	T(s)	1+t/t'	N.D (m)	Rabat(m)	Observation
<b>26/11/2004</b>	10h30	0	0		14.56	4.76	<b>pompage</b>
		0.5	30	2881.00	12.44	2.64	<b>dans</b>
		1	60	1441.00	11.67	1.87	<b>F1 et F4</b>
		1.5	90	961.00			
		2	120	721.00			
		2.5	150	577.00	10.39	0.59	
		3	180	481.00	10.19	0.39	
		3.5	210	412.43			
		4	240	361.00	10.11	0.31	
		5	300	289.00	10.03	0.23	
		6	360	241.00	10.03	0.23	
		7	420	206.71			
		8	480	181.00	10.02	0.22	
		9	540	161.00			
		10	600	145.00	10.01	0.21	
		12	720	121.00	9.99	0.19	
		15	900	97.00	9.99	0.19	
		20	1200	73.00			
		25	1500	58.60	9.99	0.19	
	11h30	30	1800	49.00	9.98	0.18	
		35	2100	42.14			
		40	2400	37.00	9.98	0.18	
		50	3000	29.80	9.97	0.17	
	11h30	60	3600	25.00	9.97	0.17	
		70	4200	21.57			

<b>Suite Remontée</b>		80	4800	19.00	9.96	0.16	
		90	5400	17.00			
		100	6000	15.40	9.96	0.16	
	12h30	120	7200	13.00	9.96	0.16	
		150	9000	10.60	9.95	0.15	
	13h30	180	10800	09.00		0.14	
		210	12600	07.80	9.94	0.14	
	14h30	240	14400	07.00	9.93	0.13	
		270	16200	06.33	9.93	0.13	
	15h30	300	18000	05.80	9.92	0.12	
	16h30	360	21600	05.00	9.89	0.09	<b>arrêt de</b>
	17h30	420	25200	04.43	9.87	0.07	<b>pompage</b>
	18h30	480	28800	04.00	9.86	0.06	<b>dans les</b>
	19h30	540	32400	03.67	9.86	0.06	<b>forages</b>
	20h00	600	36000	03.40	9.83	0.03	<b>F1 et F4</b>
	20h30	630	37800	03.29	9.79	-0.01	
	21h30	660	39600	03.18	9.76	-0.04	
	22h30	720	43200	03.00	9.74	-0.06	
	23h30	780	46800	02.85	9.73	-0.07	
<b>27/11/2004</b>	00h30	840	50400	02.71	9.72	-0.08	
	01h30	900	54000	02.60	9.70	-0.10	
	02h30	960	57600	02.50	9.68	-0.12	
	03h30	1020	61200	02.41	9.62	-0.18	
	04h30	1080	64800	02.33	9.62	-0.18	
	05h30	1140	68400	02.26	9.62	-0.18	
	06h30	1200	72000	02.20	9.65	-0.15	
	07h30	1260	75600	02.14	9.67	-0.13	
	08h30	1320	79200	02.09			
	09h30	1380	82800	02.04			
	10h30	1440	86400	02.00	9.51	-0.29	

<b>Descente</b>						
<b>Date</b>	<b>Heure</b>	<b>T (mn)</b>	<b>T(s)</b>	<b>N.D (m)</b>	<b>Rabat (m)</b>	<b>Observations</b>
<b>23/11/2004</b>	10h30	0	0	11.07	0	
		0.5	30	11.08	0.01	
		1	60	11.09	0.02	
		1.5	90	11.10	0.03	
		2	120	11.10	0.03	
		2.5	150	11.10	0.03	
		3	180	11.11	0.04	
		3.5	210			
		4	240	11.11	0.04	
		5	300	11.12	0.05	
		6	360	11.12	0.05	
		7	420			
		8	480	11.13	0.06	
		9	540			
		10	600	11.13	0.06	
		12	720	11.14	0.07	
		15	900	11.15	0.08	
		20	1200	11.15	0.08	
		25	1500	11.15	0.08	



<b>Suite descente</b>	11h00	30	1800	11.15	0.08	
		35	2100			
		40	2400	11.15	0.08	
		50	3000	11.15	0.08	
	11h30	60	3600	11.15	0.08	
	11h40	70	4200			
	11h50	80	4800	11.15	0.08	
	12h00	90	5400			
	12h10	100	6000	11.16	0.09	
	12h30	120	7200	11.16	0.09	
	13h00	150	9000	11.16	0.09	
	13h30	180	10800	11.16	0.09	
	14h00	210	12600	11.16	0.09	
	14h30	240	14400	11.17	0.10	
	15h30	300	18000	11.18	0.11	
	16h30	360	21600	11.18	0.11	<b>F1.F3 et F4</b>
	17h30	420	25200	11.20	0.13	<b>en pompage</b>
	18h30	480	28800	11.20	0.13	
	19h30	540	32400	11.21	0.14	
	20h30	600	36000	11.21	0.14	
	21h30	660	39600	11.21	0.14	
	22h30	720	43200	11.21	0.14	
	23h30	780	46800	11.21	0.14	
	00h30	840	50400	11.21	0.14	
	01h30	900	54000	11.21	0.14	
	02h30	960	57600	11.22	0.15	
	03h30	1020	61200	11.22	0.15	
	04h30	1080	64800			
	05h30	1140	68400	11.25	0.18	
	06h30	1200	72000			
	07h30	1260	75600			
	08h30	1320	79200	11.25	0.18	
	09h30	1380	82800			
	10h30	1440	86400	11.26	0.19	
	11h30	1500	90000	11.25	0.18	
	12h30	1560	93600	11.25	0.18	<b>F1, F3 et F4</b>
	13h30	1620	97200	11.25	0.18	<b>en pompage</b>
	14h30	1680	100800	11.25	0.18	
	15h30	1740	104400	11.25	0.18	
	16h30	1800	108000	11.25	0.18	
	17h30	1860	111600	11.24	0.17	
	18h30	1920	115200			
	19h30	1980	118800	11.22	0.15	
	20h30	2040	122400			
	21h30	2100	126000	11.22	0.15	
	22h30	2160	129600			
	23h30	2220	133200			
	00h30	2280	136800	11.20	0.13	
	01h30	2340	140400			<b>pompage</b>
	02h30	2400	144000			<b>dans FI et F4</b>
	03h30	2460	147600			
	04h30	2520	151200	11.20	0.13	

<b>Suite descente</b>	05h30	2580	154800	11.20	0.14	
	06h30	2640	158400	11.25	0.18	
	07h30	2700	162000	11.25		
	08h30	2760	165600	11.25	0.18	
	09h30	2820	169200	11.25	0.18	
	10h30	2880	172800	11.25	0.18	
	11h30	2940	176400			
	12h30	3000	180000	11.25	0.18	
	13h30	3060	183600			
	14h30	3120	187200			
	15h30	3180	190800	11.25	0.18	
	16h30	3240	194400			
	17h30	3300	198000			
	18h30	3360	201600	11.25	0.18	
	19h30	3420	205200			
	20h30	3480	208800			
	21h30	3540	212400	11.25	0.18	
	22h30	3600	216000			
	23h30	3660	219600			
	00h30	3720	223200	11.25	0.18	
	01h30	3780	226800			
	02h30	3840	230400			
	03h30	3900	234000	11.25	0.18	
	04h30	3960	237600			
	05h30	4020	241200			
	06h30	4080	244800	11.28	0.21	
	07h30	4140	248800			
	08h30	4200	252000			
	09h30	4260	255600	11.25	0.18	
	10h30	4320	259200			

<b>Remontée</b>							
<b>Date</b>	<b>Heure</b>	<b>T (mn)</b>	<b>T(s)</b>	<b>1+t/t'</b>	<b>N.D (m)</b>	<b>Rabat (m)</b>	<b>Observations</b>
<b>26/11/2004</b>	10h30	0	0		11.25	0.18	
		0.5	30	8641.00	11.25		
		1	60	4321.00			
		1.5	90	2881.00			
		2	120	2161.00			
		2.5	150	1729.00			<b>pompage</b>
		3	180	1441.00			<b>en FI et F4</b>
		3.5	210	1235.29			
		4	240	1081.00	11.24	00.17	
		5	300	865.00			
		6	360	721.00			<b>arrêtée</b>
		7	420	618.14			<b>pompage</b>
		8	480	541.00			<b>en F1 et F4</b>
		9	540	481.00			
		10	600	433.00			
		12	7200	361.00			
		15	900	289.00	11.24	0.17	
		20	1200	217.00	11.24	0.17	
		25	1500	173.80	11.23	0.16	

Suite remontée		30	1800	145.00	11.22	0.15	
		35	2100	124.43			
		40	2400	109.00	11.21	0.14	
		50	3000	87.40	11.20	0.13	
		60	3600	73.00	11.19	0.12	
		70	4200	62.71			
		80	4800	55.00	11.19	0.12	
		90	5400	49.00			
		100	6000	44.20	11.18	0.11	
		120	7200	37.00	11.18	0.11	
		150	9000	29.80	11.18	0.11	<b>pompage</b>
		180	10800	25.00	11.18	0.11	<b>en F1 et F4</b>
		210	12600	21.57	11.18	0.11	
		240	14400	19.00	11.18	0.11	
		270	16200	17.00			
		300	18000	15.40	11.18	0.11	
		360	21600	13.00	11.17	0.10	
		420	25200	11.29	11.16	0.09	
		480	28800	10.00	11.15	0.08	
		540	32400	09.00	11.14	0.07	
		600	36000	08.20	11.14	0.07	
		660	39600	07.55	11.13	0.06	
		720	43200	07.00	11.13	0.06	
		780	46800	06.54	11.12	0.05	
		840	50400	06.14	11.12	0.05	
		900	54000	05.80	11.12	0.05	
		960	57800	05.50	11.11	0.04	
		1020	61200	05.24	11.11	0.04	
		1080	64800	05.00	11.11	0.04	
		1140	68400	04.79	11.11	0.04	
		1200	72000		11.11	0.04	
		1260	75600	04.43	11.12	0.05	
		1320	79200	04.27	11.14	0.07	
		1380	82800	04.13			
		1440	86400	04.00			<b>pompage</b>
		1500	90000	03.88	11.15	0.08	<b>en F1 et F4</b>

**Annexe III : résultats de l'essai de pompage effectué dans le puit  
F1R-VAS Ben N'Choud (Novembre 2004)**

<b>STATION DE TIZI-OUZOU</b>													
année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	TOTAL
84/85	24	116	28	198	121.6	54.9	242	17.9	90.6	0	9		893.5
85/86	38.5	54	84.7	67.5	78.8	117	210	47.3	6.7	18	7.3	9	737.8
86/87	23.1	46.2	105	255	191	239	73.2	7.9	22.8	13.5	1.1	3.5	981.2
87/88	18.1	37.9	115	59.8	61.3	48.9	84.2	83.1	33.4	37	11.3	0.2	589.7
88/89	58.2	5.6	70.5	246	55.5	38.1	36.8	133	6.9	9.7	3.9	51.6	715.2
89/90	23.5	30.5	80.5	34	83.8	0.1	39.5	83.1	84.3	19.8	25.4		504.5
90/91	8.1	63.6	64.6	201	103.2	139	83.9	46.1	36.1	2.9	6	6.5	755.6
91/92	10.1	164	38.6	12.5	144.2	44.3	90.9	160	61.1	33.8	7.6	0.2	759.7
92/93	5.7	75.9	91.1	180	50.3	71.3	27.2	126	53	0.4	0	8.6	689.3
93/94	61.1	39.1	81.7	99.5	114	78.5	4.5	58	2.5	0.3		10.5	549.7
94/95	114.5	72.5	15.5	133	285.4	40.9	119	38.1	1.2	14.3	0.4	22.5	857.5
95/96	7.4	24.3	27.2	81.2	148.2	215	67.2	159	54.4	19.7	7.6	11.2	823.1
96/97	36.3	99.9	73.2	83.9	49.6	17.2	23.8	71.2	24.6	4.4	0.6	15.3	500
97/98	41.8	93	213	144	57.4	160	57.5	101	239	0.7		3.6	1111.4
98/99	26.3	84.1	126	99.1	113.8	71.6	75.7	17.7	44.1	0.6	0	2.6	661.3
99/00	29.9	15	153	217	21.1	5.8	7.1	36.5	64.3	6.3		0.3	555.6
00/01	6.4	51.9	82.7	75.3	227	73.3	2.6	38.7	44.1	0		0.9	602.9
01/02	38.3	7	60.4	69.8	86.2	34.2	47.3	54.3	37.7	1.5		24	520.7
02/03	24.8	39.1	201	277	316.2	105	49.3	163	34.8	2.8	3.7	1.3	1217.5
03/04	33.1	66.8	91.3	172	126.6	49.9	86.1	90.4	135	1.6	2.2	10.9	865.6
04/05	20.4	37.1	118	213	138.7	123	27.3	75.6	2.3	0	1.4	0.7	758.1
05/06	19.6	53.6	76.2	99.5									
<b>STATION DE BENI YENNI</b>													
73/74	130.33	31.3	25.8	148	33	195	403	151	2.8	10.3	0.8	3.5	1134.6
74/75	25.2	85.5	74.3	20.5	47.9	102	157	41.6	70.4	40.8		26.2	691.3
75/76	43.7	5.7	259	64.8	67.3	215	126	104	132	28.4	42.8	13.1	1101.2
76/77	61.6	115	119	200	99.2	41.2	21.1	117	54.2	9.4		18.6	855.8
77/78	1.7	23.4	133	19.3	99.7	50.6	137	155	89.4	3.1	1.4		714.2
78/79	3.2	97.8	109	42.4	63	132	94.9	95.4	20.2			2.8	660.1
79/80	63.6	81.5	148	47.5	94.5	79.7	142	154	43.6	3.3			857.6
80/81	6.8	71.7	122	367	74.6	105	140	87.5	45.1	17.3			1037
81/82	28	68.2	21.7	101	313.4	193	63.2	40.2	73	12.7	1.4		914.3
82/83	71.3	123	233	184	2.4	73.7	49.2	2.9	18.7	4.3	1.4	13.7	777.1
83/84	2.9	49.2	92.6	51.3	170.1	214	80.5	63.2	126	14.3	4		885.6
84/85		132	24.5	254	85.5	70.5	329	42.2	68.2	2.7		0.6	1008.6
85/86	76.2	39.9	89.5	84.8	71.8	83.2	315	64	10.9	31.6	1.7		868
86/87	42.4	74.2	94.7	230	150.5	285	77.3	31	29.1	6.6	9.2		1030
87/88	19.4	51.1	132	51.7	84.8	82.9	97.2	82.3	51.2	26.2	12.3	0.2	691.6
88/89	45.5	4.5	79.9	235	66	47.3	69.4	149	11.2	33	4.3	19.7	765.2
89/90	30.2	30.9	101	28.3	87.8		43.5	91.1	51.4	27.6	29.4	0.5	521.5
90/91	8.6	54.6	82	222	98.1	160	102	35.7	61.6	9.5	1.4	6.9	841.8
91/92	19.1	120	40.5	18.2	128.2	30.5	98.4	170	59.8	36.7	4.4		725.6
92/93	31.8	92.9	114	189	52.2	68.5	26.7	88	42.2	2.5	0.1	3.4	710.8
93/94	68.9	84.2	87.2	110	105.3	81.1	0.4	70	3	3.5		0.9	614.9
94/95	77.5	119	32.5	102	298.2	54.4	122	29.6	0.7	31.5		20.2	886.9
95/96	18.3	38.9	32.1	67.7	162.9	216	70.1	147	75.4	26.3	10.2	18.4	883.4
96/97	36.3	79.6	66.3	66.5	41	20.2	27.7	101	20.9	10.8	0.6	34.9	505.5
97/98	69.6	125	193	147	53.1	101	47.9	159	273	3.5		6.3	1177.2
98/99	34.5	96.2	166	91.1	116.6	71.4	86.2	23.1	54	14.7	0.2	11.3	765
99/00	46	17.6	110	249	18.6	11.6	17.1	50.2	93.8	1.1	0.3	0	614.3

00/01	61,3	77,9	57,1	67,3		60,1	8,5	79,7	46,2	—	—	7,6	758
01/02	32	3,8	33,3	43	87,7	61,6	75,3	49,2	37,3	1,3	17,9	37,2	479,6
02/03	18	38,3	234	302	323,2	109	36,3	279	62,4	2,5	10,3	3,1	1417,
03/04	31,6	96,2	58,7	216	136	67,2	66,2	102	158	7,7	7,1	13,9	818,8
04/05	34,3	45,7	153	226	134,4	163	36,4	72,7	8	1,2	1,1	3,4	879,5
05/06	39,6	35,1											
<b>STATION DE BAGHLIA</b>													
72/73	66,1	114	53,7	285	171,1	308	108	40	0	30,3	0	3,2	1180
73/74	176,1	68,1	23,3	174	19,3	262	342	125	2,5	4,5	0,2	3,5	1200,
74/75	29,6	123	71,2	30,4	37,8	83,9	116	35,3	78,1	22,6	—	28,9	657,1
75/76	16,4	38	390	50,6	86,1	245	38,6	62,4	72,3	13,5	29,9	22,6	1065,
76/77	15,3	123	99,5	154	105,5	30,5	20,1	87,9	33	3,6	0,4	19,3	692,2
77/78	3,9	17,6	97,5	11,5	135	41,6	111	168	96,4	1,3	0,7	—	684,4
78/79	2,4	73,5	71,6	53,4	59,6	192	88,8	64,4	12	1,3	2,4	4,3	626,1
79/80	93,5	85,3	186	45,6	134,2	54,8	95,7	127	16,2	0,4	—	—	839,2
80/81	0,8	52,1	81,9	282	52,8	60,1	76,8	88,1	46,1	5,7	—	16,7	763,5
81/82	2,9	48,7	21,6	129	180	119	28,7	15,1	36,3	7,6	—	8,3	597,2
82/83	41,2	73,8	227	132	3	75,6	63,8	17,6	12,8	—	4,4	37,4	688,9
83/84	3,4	31,6	71,4	71,7	82,8	124	38,2	28,5	88,8	10,1	—	—	550,3
84/85	24	106	29,4	142	124,3	37,9	218	11,8	116	—	—	—	799,1
85/86	79,3	65,9	120	54,7	72,9	106	171	56,9	4,6	12,8	5,9	0,4	751,1
86/87	14,2	41	75,5	202	114,8	228	43	4,1	12,9	33	—	1,2	769,1
87/88	97,3	45,7	119	48,2	65,5	46,9	66,4	58,5	24,7	31,4	3,2	—	606,3
88/89	71,2	4,2	90	255	46,7	25,7	37,5	96,7	6	17,1	3,9	4,4	658,6
89/90	33,8	24,1	101	49	84,2	—	35,6	61	79,6	13,8	42	—	523,6
90/91	1,8	70,2	56,5	200	91,5	143	64,5	53	38,5	3	—	2,5	725,1
91/92	15,8	190	51,9	14,2	157,3	52,5	90,2	103	57,9	31,4	2,3	—	766,1
92/93	6	78,9	119	165	36,5	92	23,9	115	39,2	—	—	3,9	679,6
93/94	29,4	53,3	83,4	130	94,2	64,3	—	56,6	4,8	—	—	—	516,6
94/95	68,9	69	29,3	122	212,2	40,6	101	41,1	0,2	10,4	—	38,9	733,7
95/96	11,7	18,4	17,1	80,6	166,2	221	46,2	144	34,2	12,6	6,1	9,2	767,1
96/97	30,3	112	57,6	70,2	47,8	16	24,6	101	14	6,2	1,3	18,6	499,6
97/98	61	71,4	161	145	56,9	91,5	62,4	111	219	1,1	—	1,8	1031,
98/99	44,1	51,5	139	112	148,3	103	83	32,5	21,7	—	—	2,4	737,7
99/00	25,7	22,4	170	228	18,1	8,1	16,2	42,6	33,1	4,7	—	—	568,6
00/01	25,8	75,7	71,5	53,8	226,7	86,7	1,5	40,3	30,9	—	—	7,8	620,7
01/02	15,2	—	105	69,7	71,8	37	51,7	64,8	17,3	2,7	—	12	446,9
02/03	18,1	40,4	229	234	276	106	41,3	118	42,1	—	3,5	—	1108,
03/04	46,1	39,9	59,4	151	115,2	54,1	112	79,2	178	0,5	—	9,9	846,1
04/05	25,4	44,9	111	170	133,8	144	28,2	55,2	3,1	—	1,4	—	713,6
05/06	54,7	52,4											
<b>STATION AZAZGA</b>													
72/73	82,8	81,6	50,9	364	264,7	350	141	31,5	0,3	50,4	1,4	11	1430
73/74	182,4	35,3	28,2	193	19,8	285	292	183	1,2	11,6	4	—	1235,
74/75	24	131	94	41,1	64,7	139	218	36,8	75,1	25	—	21,3	869,7
75/76	?	?	?	?	?	29,1	102	83,7	126	11,9	58,9	7,2	?
76/77	21,9	103	126	153	91,3	40,8	24,9	123	38,7	5,8	0,2	4,4	733,4
77/78	3,2	22	149	15,9	127,1	53,5	140	179	89,7	1	—	—	780,3
78/79	8,5	167	105	49,6	83,6	158	85,4	88,2	12,4	1,8	15,8	6,3	780,9
79/80	58,1	86,3	147	55,7	117	56	133	129	29,6	3,9	2,2	—	817,8
80/81	2,7	83,9	58,2	351	55,7	110	100	81,4	47,6	11,9	—	28,7	930,8
81/82	12	51,9	34,2	143	329,6	166	52,1	38,8	60,3	—	2,1	3,8	894,2



82/83	35,1	136	259	226	5,1	65,6	56,7	51,8	9,3	0,5	0,8	19,9	865,5
83/84	12,7	51,6	101	97,6	175,4	215	78,3	50	129	10,7	4,8	0,4	926,1
84/85	56,8	186	21	345	112,2	72,6	324	29,5	87,8	1,1	1,7	—	1237,1
85/86	87,9	55,2	124	91,5	104	121	259	51,9	3,5	22,3	8,3	2,5	930,7
86/87	33,5	71,4	115	339	171	234	82,8	20,1	19,6	6,9	5,7	7,6	1106
87/88	42,1	51,3	146	44,6	80	94,6	97,3	82,2	25,1	24,1	0,7	0,7	689
88/89	77	3,8	81,5	272	81	49,1	61,9	135	22,4	21,7	4,7	9,3	819,2
89/90	33,9	39,9	65,1	34,3	83,6	—	48,1	75,3	125	13,8	24,4	—	542,9
90/91	1,2	62,4	56,3	286	91,5	142	116	60,3	63,1	1,8	—	9,7	826,9
91/92	24,1	152	39,2	19,9	176	54	119	148	40,5	29,2	2,8	—	805
92/93	15,4	101	130	252	66,1	78,9	19,7	145	55,2	3,1	—	1,4	867,7
93/94	67,6	63,7	104	128	120	87,5	2,4	89,4	11,9	1,2	—	3,5	679
94/95	66	83	25,5	155	309,5	69,1	183	42,8	0,7	23,9	—	15	973,8
95/96	12,3	47,7	41,2	89	173,3	373	101	152	58,5	32,5	10,7	2,5	1093,6
96/97	83	83,2	77,7	91	75,6	22,1	45,7	69,1	23,4	8,6	1,2	11,2	591,8
97/98	78,2	143	246	147	83,2	116	78,7	125	291	3,9	—	5,2	1317,9
98/99	23,6	64,1	177	138	162,9	105	86,2	35,2	49,8	13,4	—	—	855,3
99/00	28,7	17,8	212	362	36,7	7,5	10	54,7	12,9	8,6	—	—	780,6
00/01	10,1	65,9	68,7	115	337,5	85,6	15,5	80,2	43,8	—	—	4,6	826,6
01/02	22	0,9	64,6	87,3	96,9	67	65,3	56,6	24,1	4	10,5	21,8	521
02/03	25,8	36,1	271	362	367	87,3	40,4	292	52,9	—	1,9	1,5	1537,4
03/04	56,7	81,5	61,2	259	180,8	57,2	87,8	119	120	10,9	—	6	1039,6
04/05	31,9	35,4	154	246	197,6	209	34,1	69,5	5,6	1	2,5	0,3	987,2
05/06	55,3	50,7											
<b>STATION – TN'BOUHIR</b>													
72/73	56,2	70	19	233	206,9	174	110	37,8	—	34	—	4,3	1045,2
73/74	116,2	41,7	24,9	154	28,6	284	295	152	2,4	4,6	2,4	0,3	1105
74/75	17,7	79,2	34	22,8	36,1	119	163	36,6	67,1	24,2	—	15,9	615,4
75/76	22,1	13	270	83,7	29,5	214	108	89,2	113	32,3	35,5	2,7	1013,2
76/77	26,6	113	111	162	82,7	43,1	24,4	116	32,2	5,1	2,9	7,3	725,6
77/78	4,3	22,4	104	30	139,6	65,9	154	145	82,4	—	—	—	747,6
78/79	6,7	99,6	109	43,9	79,4	147	105	92,5	30,6	5,7	5,4	23,8	749,3
79/80	66	72,7	150	59,3	99,1	60,7	121	132	37	—	—	5,3	803,3
80/81	6,8	75,7	127	309	69,2	85,1	85,8	93,4	35,8	10,3	—	32,6	930,7
81/82	10,7	61,9	24,3	185	272,1	185	76	41,9	87	2,6	1,3	9,2	956,3
82/83	76,8	167	248	268	6,8	113	73,3	51,7	12,7	3,3	9,6	10,4	1040,9
83/84	5	49,5	108	81,1	181,2	225	82,2	64	90,6	13,2	6,3	3,1	909,3
84/85	66,1	156	38,1	265	129,4	70,6	302	33,1	92,1	—	4,1	—	1155,8
85/86	60	34,8	103	77,2	110,5	125	258	62,8	13,3	34,5	7,3	11	897,8
86/87	47,1	80,8	107	284	186,8	273	101	51,7	31	12	6,9	20,1	1201,6
87/88	48,3	45,7	133	47,1	68,7	113			57,3	38,6	1,4	—	790,1
88/89	68,1	4,4	89,6	312	90,8	64,6	73,8	174	5,4	23,2	4,7	15,5	926,2
89/90	38,8	57,5	86,7	43,7	113,1	---	55,3	88,2	137	26	18	---	665,9
90/91	6,3	51,9	89,7	273	96,9	155	78,9	63,2	82,4	0,6	9,6	5,3	913,2
91/92	34,7	176	60,2	13,2	140,8	40	138	200	69,8	36,2	0,8	—	908,5
92/93	24,5	64,5	116	254	66,3	103	39,2	140	113	2,3	—	3	925,1
93/94	80	102	104	163	120,7	96,3	10,3	100	5,6	1,3	—	2,7	785,3
94/95	120,7	117	20,8	170	358	52,8	180	54,1	2,7	39,8	—	17,7	1135,2
95/96	27,3	51,9	55,7	72,3	160,1	408	98,5	108	101	28,5	15,5	7,4	1133,7
96/97	77,3	82	89,7	95,5	71,8	26	36,8	121	27,4	14,1	1,2	64,9	707,7
97/98	95,8	154	230	139	70,7	113	67,7	107	240	5,1	—	15,7	1237,2

99/00	30,4	18,2	105	224	24,2	4,9	14	44,8	46,2	7,8	—	0,1	520
00/01	15,4	93	38,6	92	297,7	82,3	44,8	91,1	40,6	0,9	0,3	12,2	808,9
01/02	68,3	0,4	50,3	30,4	89,5	68,5	94	77,3	67,1	0,9	36,4	45,8	628,9
02/03	37,3	34	257	306	315	65,2	25,8	201	65,4	47,5	5,8	0,2	1359,9
03/04	39,5	139	90,9	?	125,6	49,7	120	89,8	188	6,4	2,1	11,5	?
04/05	25,5	37,4	148	196	189,7	156	44,3	78	4,1	0,2	0,1	4,5	883,8
05/06	87,1	51											
<b>STATION — YAKOUREN</b>													
72/73	150	106	58,1	396	257,4	391	176	40,4	0,2	53,5	5,8	14,5	1650,9
73/74	170,9	65,3	46,7	189	35,4	332	398	245	2,2	16,5	8,6	—	1509,6
74/75	34	166	90,6	50,8	64,6	166	265	49,7	85,8	28	—	47,9	1048,4
75/76	32,6	18,4	383	74,2	93	307	187	118	131	17	60,2	5,7	1426,8
76/77	30,5	152	179	207	?	?	?	?	38,7	10	1,3	8,1	?
77/78	4,1	25,8	186	21,9	162,5	61,5	188	270	106	—	—	—	1025,4
78/79	6	66,9	91,8	96,1	114,3	268	134	123	35,4	7,2	12,3	10,5	964,7
79/80	59,7	83,2	187	68	144,6	95,6	191	197	33,3	1,9	----	1	1064,4
80/81	8,4	74,1	205	433	96,6	161	127	83,2	58,2	1,2	—	0,9	1249,1
81/82	—	53,3	36,2	172	360,6	214	64	39,7	82,1	6,2	1	13,3	1042,5
82/83	34,5	219	284	248	10,4	81,2	87,1	57,5	12	—	0	43,9	1077,1
83/84	10,2	61	106	110	228	293	110	83,1	186	11,5	10	1,6	1209,6
84/85	49,4	164	18	345	134,1	121	416	33,6	73,7	----	6,6	—	1360,5
85/86	48,4	53,5	168	104	159,6	169	291	85,2	10,6	41,9	2,8	10,4	1144,6
86/87	46,1	74,9	148	356	189,4	337	112	37,1	27,9	4,8	3,7	5,5	1342,4
87/88	54,2	37,8	155	52,8	108,3	111	123	96,2	57,3	33,5	—	0,9	829,4
88/89	68,4	2,1	79,9	269	65	47,5	67,8	202	25,4	26,7	12,5	23,4	890,3
89/90	48,3	46,1	100	47	127,3	—	73,1	102	132	18,7	24,7	—	719,8
90/91	2,6	59,1	90,5	400	107	187	149	81,1	70,9	3,6	4,6	8,5	1163,2
91/92	28,9	184	76,3	19	171,2	77,5	133	234	52,4	31	7,1	—	1014,6
92/93	31,6	84,1	148	291	109,5	107	38,7	145	71,7	4,2	0	2,3	1033,2
93/94	66,2	90,2	113	127	134,9	135	5,3	107	23,8	1,9	—	1,1	805,4
94/95	115,1	89,3	23	159	371,5	67,8	242	40,1	4,1	36,6	0,8	24,5	1173,6
95/96	18,4	25,5	53	99,9	147,5	386	104	213	71,7	42,6	10,1	2,2	1174,3
96/97	70,7	102	104	110	92,8	23,9	27,7	113	24	9,6	1,6	17,2	696
97/98	69,6	211	263	225	81,2	117	112	203	368	4,7	—	8,4	1663
98/99	30,1	101	220	163	176,9	96,2	111	33,9	44,8	10,6	—	1,2	988,7
99/00	30,9	26,6	210	393	24,8	10,1	12,8	65,5	45,2	11,8	0,8	0,4	831,6
00/01	34	72,4	62,3	125	381,9	96,6	21	89,3	68,5	0,9	—	11,4	961,1
01/02	26,3	1,9	68,3	93,7	97,7	78,6	82,4	68,5	45,6	0,5	28,8	39,6	634,6
02/03	16,1	41,8	314	383	401,5	107	56,6	305	66,4	0,4	6,5	2,6	1700,1
03/04	52	108	89,1	276	194,1	69,3	103	150	189	21,8	0,1	4,6	1209,5
04/05	28,5	35,3	202	277	155,2	205	53,9	94,7	7,9	1,6	2,7	3,9	1066,9
05/06	46	43,4											

**Annexe I-1 : Précipitations mensuelles et annuelles enregistrées au niveau des différents stations du bassin versant du Sébaou**

<b>Nom de la station</b>	<b>Code</b>	<b>Equipement</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z(m)</b>
<b>THIGHZIRT N'BOUHIR</b>	021501	PV	650.900	377.750	270
<b>Dj SAHARIDJ</b>	021503	PV	641.350	372.090	215
<b>AZAZGA ECOLE</b>	021504	PV.PG	649.600	383.900	430
<b>AIT AICHA</b>	021509	PV	661.775	373.925	1000
<b>AGHRIB</b>	021601	PV	645.100	381.250	680
<b>FREHA</b>	021603	PV	641.900	383.500	140
<b>BERBER</b>	021607	PV	639.350	391.800	490
<b>OUADIA</b>	021701	PV	625.300	362.500	400
<b>AIN EL HEMMAM</b>	021703	PV	645.500	365.000	1220
<b>LARABAA NETH IRATHEN</b>	021705	PV	634.900	370.800	980
<b>BENI YENNI</b>	021712	PV.PG	635.00	365.250	760
<b>AIT OURABANE</b>	021716	PV	643.650	354.650	960
<b>AIT DJAMAA</b>	021717	PV	621.450	356.850	840
<b>BOU ASSEM</b>	021801	PV.PG	620.000	371.500	620
<b>D B K</b>	021804	PV	615.200	382.450	90
<b>MAKOUDA</b>	021805	PV	622.650	390.125	520
<b>TIZI OUZOU</b>	021810	PV.PG	620.850	380.300	205
<b>TIZI MEDDEN</b>	021901	PV	612.350	357.900	340
<b>DRAA EL MIZANE</b>	021902	PV	600.950	359.200	530
<b>BOGHNI</b>	021903	PV	612.550	361.650	250
<b>AINZAOUIA</b>	021905	PV	604.650	360.550	300
<b>NEZLIOUA</b>	021906	PV	595.800	363.200	590
<b>TIZI LETNINE</b>	021911	PV.PG	606.900	356.100	500
<b>SOUK TLETA</b>	021918	PV	608.900	375.800	150
<b>BAGHLIA</b>	022002	PV	603.650	390.000	30
<b>OULED AISSA</b>	021805	PV	599.200	389.325	410

Annexe I-3 :caractéristiques des stations pluviométriques

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année (m <sup>3</sup> /s)
86-87	0.00	0.00	0.60	68.23	64.66	185.20	46.07	35.71	7.44	2.46	0.19	0.00	34.21
87-88	0.00	0.22	0.30	3.60	6.86	7.73	10.08	6.50	4.50	1.32	0.05	0.00	4.09
88-39	0.00	0.00	0.11	32.11	17.48	9.46	13.55	19.67	6.37	1.43	0.05	0.00	8.40
89-90	0.00	0.00	0.00	0.33	3.00	2.70	0.92	4.70	15.52	3.05	0.00	0.00	2.43
90-91	0.00	0.00	0.00	60.98	118.8	73.35	34.61	22.17	7.29	3.70	0.00	0.00	26.75
91-92	0.00	0.00	0.33	0.40	19.04	5.92	21.50	76.83	22.78	17.81	0.48	0.00	13.76
92-93	0.00	0.00	1.75	35.80	37.79	8.65	15.81	15.42	17.81	7.14	0.00	0.00	11.68
93-94	0.00	0.00	0.00	6.3	22.71	25.06	3.00	1.10	0.27	0.00	0.00	0.00	4.87
94-95	0.00	0.50	0.58	8.03	124.9	12.12	58.00	2.70	2.21	0.30	0.00	0.00	17.45
95-96	0.00	0.00	0.00	0.00	12.97	61.16	59.35	36.13	29.84	5.41	0.89	0.00	17.15
96-97	0.00	0.50	0.13	3.72	10.23	3.97	2.09	6.01	1.10	0.01	0.00	0.00	2.31
97-98	2.72	1.09	38.3	102.4	21.8	27.25	25.72	22.85	79.43	75	0.88	0.00	27.50
98-99	0.00	2.56	41.86	46.69	36.41	96.51	24.97	9.64	3.78	0.35	0.00	0.00	21.90
moyenne	0.22	0.40	6.45	28.35	38.20	39.92	24.89	19.95	15.17	3.88	0.19	0.00	14.80

**Annexe I-2 :Débits moyen mensuel et annuel à la station de Baghlia**