

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Domaine des Sciences de la terre et de l'Univers  
Département des Sciences Géologiques



## Mémoire

de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Hydrogéologie  
Spécialité : Hydrogéologie

# Etude Hydrogéologique et évaluation des ressources du Haut Sébaou (Wilaya de Tizi-Ouzou Nord Algérie)

Réalisé par : AGROUCHE Sabrina

Soutenu le 09/03/2021 devant le jury composés de:

- M <sup>r</sup> BENNABI M.	M.C.A	Président
- M <sup>lle</sup> MANSOURI Z.	M.C.B	Promotrice
- M <sup>r</sup> KARDACHE R.	M.C.A	Co-promoteur
- M <sup>r</sup> DROUCHE A.	M.A.C.A	Examineur

Année Universitaire 2019/2020

## REMERCIEMENTS

*Je tiens à présenter mes plus profonds et sincères remerciements à ma promotrice Mademoiselle Mansouri Z. qui a sacrifié son temps pour m'aider dans la réalisation de ce mémoire par son entière disponibilité à mon égard malgré les conditions exceptionnelles.*

*Je voudrais aussi remercier grandement monsieur KARDACHE, Chef de département des sciences géologiques qui a accepté de Co-encadrer mon travail, Je lui suis reconnaissante pour le temps qu'il a consacré pour corriger mon travail. Je le remercie aussi pour m'avoir transmis son savoir et son aide et son soutien tout au long de ces années.*

*Je tiens à remercier sincèrement l'ensemble des personnes qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce travail :*

- *Monsieur Meradji, Ingénieur à la DHW de Tizi-Ouzou et Monsieur Hamadou qui ont mis à ma disposition la documentation nécessaire dont l'aide est inestimable dans l'acquisition des données sur la région d'étude.*
- *Les membres de l'agence nationale des ressources hydrique (ANRH, Tizi Ouzou) particulièrement Monsieur Bouadjla.*
- *Les membres de l'office national de la météorologie de Tizi Ozou.*

*Mes remerciements seraient incomplets si je n'en adressais pas ma gratitude à tous mes enseignants du département des Sciences géologiques qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.*

*Je tiens à présenter mes vifs remerciements aux membres de jury qui me font l'honneur d'examiner mon travail*

*A la fin, je remercie chaleureusement et à titre personnel mes très chers parents pour leur Amour, leur soutien moral dans les moments difficiles que j'ai endurés au cours de mon cursus et leurs prières pour moi, à mes sœurs et à mon frère pour son aide morale et financière depuis mon enfance.*

*Dédicace :*

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'études à ceux qui m'ont tout donné sans rien demandé et à qui je dois énormément et que je ne remerciais jamais assez :*

*A mes chers parents ; qui ont sacrifié leurs vies pour ma réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour, dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*Je dédie aussi ce travail à toute ma famille, mes sœurs et mon unique et cher frère que j'aime profondément.*

*Mes amis (es) et à tout mon entourage qui m'ont soutenue de près ou de loin.*

*Sabrina*

# Sommaire :

**Remerciement.**

**Dédicace.**

**Résumé.**

**Introduction générale.**

## **Chapitre I : présentation de la zone d'étude**

I. Introduction.....	4
II. Contexte géographique.....	4
II.1. Situation générale.....	4
II.2. Paramètres géomorphologiques.....	6
II.2.1 La géologie des unités morpho-structurale.....	9
Le Djurdjura.....	9
Le massif de kabyle.....	9
Le synclinal de Tizi-Ouzou.....	10
II.2.2 Le relief.....	10
II.2.3 Altitude.....	11
II.2.4 La pente.....	13
II.2.5 La sismicité.....	13
II.2.6 Pédologie.....	14
II.2.7 Le couvert végétal.....	15
III. Ressources en eau.....	17
III.1 Ressources superficielles.....	17
III.1.1 Barrage de Taksebt.....	17
III.1.2 Influence de barrage de Taksebt sur la nappe d'eau souterraines.....	17
III.2 Les ressources souterraines.....	18
IV. Réseau hydrographique.....	18

V. Aperçu socio-économique.....	20
V.1 Potentiels humains.....	20
V.2 Potentiels agricoles.....	20
V.3 L'industrie.....	21
VI. Conclusion.....	21

## **Chapitre II : Cadre géologique**

I. Introduction.....	23
II. Géologie régionale.....	23
II.1. Les zones internes (domaine kabyle) .....	23
II.2. Les zones externes.....	26
II.3. Conclusion.....	27
III. Géologie locale.....	27
III.1 La lithostratigraphie : Les formations lithostratigraphique.....	28
III.1.1 Le socle cristallophyllien.....	28
III.1.2 Dorsale kabyle (chaîne calcaire).....	30
III.1.3 L'oligo-miocène.....	34
III.1.4 L'unité numidienne.....	34
III.1.5 Les flyschs.....	34
III.1.6 L'olistostrome.....	36
III.1.7 Formations post nappe.....	36
III.1.8 Formation quaternaire.....	36
IV. Cadre tectonique.....	37
IV.1. Le socle cristallophyllien .....	37
IV.2. La chaîne de Djurdjura .....	39
IV.I. conclusion.....	39

### **Chapitre III : Apport géophysique**

I. Introduction.....	42
II. Principe de mesure.....	42
III. La nappe alluviale de Haut Sébaou.....	43
III.1 Les coupes géoélectriques.....	44
III.2 La zone Sikh-Oumeddour-Tamda.....	46
III.3. Interprétations des profils géoélectriques .....	49
IV. Sondage mécanique.....	51
V. Conclusion.....	52

### **Chapitre IV : Etude hydroclimatologie**

I. Physiographie de bassin versant Haut Sébaou.....	54
I.1 Paramètres morphométriques du bassin versant haut Sébaou.....	54
I.1.1 La surface.....	54
I.1.2 Le périmètre.....	54
I.1.3 Indice de compacité.....	55
I.1.4 Les dimensions de rectangle équivalent.....	56
I.1.5 Répartition des tranches d'altitude.....	57
I.1.6 Les courbes caractéristiques.....	58
I.1.7 Les pentes.....	59
I.1.7.1 Indice de pente globale.....	59
I.1.7.1 Indice de pente de M. Roche.....	60
I.1.7.3 Denivelé spécifique.....	60
I.2 Les caractéristiques de réseau hydrographique.....	60
I.2.1 Classification des talwegs.....	61
I.2.2 La densité de drainage Dd.....	62
I.2.3 Le coefficient de torrentialité Ct.....	62
I.2.4 Rapport de confluence RC.....	62
I.2.5 Rapport de longueur Rl.....	62

I.2.6 Le temps de concentration $T_c$ .....	63
I.2.7 Vitesse d'écoulement.....	63
II. Climatologie.....	65
II.1 Analyse des paramètres climatiques.....	66
II.1.1 Les précipitations.....	66
II.1.1.1 Précipitations moyennes annuelles.....	67
II.1.1.2 Précipitations moyennes mensuelles.....	79
II.1.2 Température.....	81
III. Régime climatique.....	84
III.1 Méthode d'Euverte.....	84
III.2 Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls.....	84
III.3 Indice de Martonne.....	85
III.4 Diagramme d'Emberger.....	86
III.5 L'humidité relative de l'air.....	87
III.6 Le vent.....	88
III.7 Etude de l'évapotranspiration.....	88
III.7.1 Calcul de l'ETP.....	89
III.7.1.1 Calcul de l'ETP selon la formule de Thornthwaite.....	89
III.7.2 Calcul de l'ETR.....	90
III.7.2.1 Méthode de Turc.....	91
III.7.2.2 Méthode de Coutagne.....	91
III.7.2.3 Méthode de Wundt.....	92
IV. Hydrologie de surface.....	93
IV.1 Détermination de la lame d'eau ruisselée (R).....	93
IV.1.1 méthode de Tixeront-Berkaloff.....	93
IV.1.2 Formule de SOGREAH.....	94
IV.2 Le bilan hydrique (méthode de Thornthwaite).....	94
IV.3 Bilan hydrologique.....	96
V. Conclusion.....	97

## **Chapitre V : Etude hydrochimique**

I. Introduction.....	99
II. Caractéristiques physico-chimiques	99
III. L'évolution spatio-temporelle des paramètres physiques.....	99
III.1 La température.....	99
III.2 Potentiel d'hydrogène (pH) .....	99
III.3 Conductivité électrique.....	100
III.4 Le Degré Hydrométrique Total des eaux (D.H.T) .....	100
III.5 Le Résidus sec.....	101
IV. Classification des eaux.....	101
IV.1 Représentation graphique des analyses et classification des eaux.....	101
IV.2 Origine des éléments chimiques.....	105
IV.3 Aptitude à l'irrigation.....	105
IV.4 Interprétation des cartes hydro chimiques.....	107
V. Pollution des eaux souterraines de la vallée Haut Sébaou.....	112
VI. Pollution des eaux de surface de la vallée Haut Sébaou.....	113
VII. Paramètres de pollution.....	115
VIII. Conclusion.....	118

## **Chapitre VI: Etude piézométrique**

I. Etude piézométrique.....	120
II. Fluctuation piézométrique.....	123
II.1 profondeur de la nappe.....	123
II.2 cartes piézométrique.....	124
II.2.1 Carte piezométrique des hautes eaux 2019.....	124
II.2.2 Cartes piézométriques des basses eaux 2019.....	125
II.3 Alimentation de la nappe.....	126
III. Les besoins en eau.....	127
III.1 Les besoins pour l'AEP.....	127

III.2 Les besoins en eau pour l'industrie.....	129
III.3 Les besoins en eau pour l'irrigation.....	130
IV Conclusion.....	131
<b>Conclusion générale et recommandations.....</b>	<b>132</b>

## **Bibliographie**

## **Annexes**

## **Liste des figures :**

### **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.**

**Figure I.1 :** situation géographique de la région d'étude.

**Figure I.2 :** Les sous bassins versants hydrologiques d'oued Sébaou.

**Figure I.3 :** carte géomorphologique de la vallée du Haut Sébaou.

**Figure I.4 :** coupe très schématique montrant la disposition des terrasses dans la haute vallée du Sébaou.

**Figure I.5 :** Les grandes unités morpho structurales de la Grande Kabylie.

**Figure I.6 :** situation de la vallée de Sébaou dans l'orogène alpine péri méditerranéenne.

**Figure I.7 :** Carte des reliefs et altitudes du bassin versant de la vallée du Haut Sébaou.

**Figure I.8 :** Répartition des altitudes de Haut Sébaou.

**Figure I.9** Carte des pentes du bassin versant du Haut Sébaou.

**Figure I.10 :** Carte des zones sismiques du nord algérien.

**Figure I.11 :** Carte d'occupation du sol du bassin versant de l'Oued Sébaou.

**Figure I.12 :** Carte de l'indice de Végétation.

**Figure I.13:** carte de réseau hydrographique de Haut Sébaou.

**Figure I.14 :** Carte hydrologique du bassin versant Oued Sébaou.

### **Chapitre II : Etude géologique.**

**Figure II.1 :** les différents domaines de nord Algérie.

**Figure II. 2 :** Situation de la zone étudiée dans l'orogène alpin périméditerranéen.

**Figure II.3 :** Rapport entre les grandes unités structurales sur le méridien de la grande Kabylie.

**Figure II.4 :** position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides.

**Figure II.5:** formations géologiques de la vallée du Sébaou.

**Figure II.6 :** Carte géologique du socle cristallophyllien de BV Haut Sébaou.

**Figure II.7 :** Carte schématique interprétative de la dorsale de la grande Kabylie.

**Figure II.8 :** Colonne lithostratigraphique de la dorsale kabyle.

**Figure II.9 :** Colonnes litho stratigraphiques des flyschs Massylien Et Mauritanien.

**Figure II.10 :** Cartes des fracturations de la zone étudiée.

**Figure II.11** : Carte schématique des dorsales du Djurdjura et vue des écailles redressées.

### **Chapitre III : Apport géophysique**

**Figure III.1** : Carte du toit du substratum conducteur de Tazazrait-Kahra.

**Figure III.2**: Coupes géo électriques suivant les profils de sondages électriques horizontale :1/10.000° Echelle verticale :1/1000.

**Figure III.3**: Carte de situation des coupes géoélectriques dans le Haut Sébaou.

**Figure III.4** : coupes géoélectriques à travers la vallée Haut Sébaou.

**Figure III.5** : Carte de résistivité apparente en ligne d'émission AB=1000m Zone Sikh ou Meddour -Tamda (CGG 1964).

**Figure III.6** : Carte de résistivité apparente en ligne d'émission AB=1000m, Zone Tazazrait-Kahra.

**Figure III.7** : Carte de résistivités apparente en ligne d'émission AB=1000m, Zone : Freha-Djema Tizra.

**Figure III.8** : Coupe hydrogéologique schématique de forage FR3.

### **Chapitre IV : Etude hydroclimatologie**

**Figure IV.1** : Les sous bassins versant de sébaou (Carte du réseau hydroclimatologique et de la surveillance de la qualité des eaux 1/500000).

**Figure IV.2**: Rectangle équivalent.

**Figure IV.3** : Courbe hypsométrique du sous bassin Haut Sébaou.

**Figure IV.4**: Carte hypsométrique de bassin Haut Sébaou

**Figure IV.5**: Réseau hydrographique du bassin de Haut Sébaou (ANRH légèrement modifié).

**Figure IV.6**: Répartition des stations pluviométriques et hydrométriques dans le bassin Haut Sébaou.

Figure IV.7 : graphe de la régression linéaire de la station Ait ouabane par rapport à la station de référence (1990-2019)

Figure IV.8 :Variation interannuelle des précipitations aux stations Tizi ouzou et Ait Ouabane (1990-2019)

Figure IV.9 : graphe de régression linéaire de la station de Benni Yanni par rapport à la station de référence (1990- 2019)

**Figure IV.10** : Variation interannuelle des précipitations aux stations Tizi ouzou et Beni Yenni (1990-2019).

**Figure IV.11** : Droite de régression linéaire entre Tizi ousou et Azazga (1990-2019).

**Figure IV.12** : Variation interannuelle des précipitations aux stations Tizi ousou et Azazga (1990-2019).

**Figure IV.13** : graphe de régression linéaire de la station Aghribs par rapport à la station de référence (1990-2019).

**Figure IV.14** : Variation interannuelle des précipitations aux stations Tizi ousou et Aghribs (1990-2019).

**Figure IV.15** : graphe de régression linéaire de la station de L.N.I par rapport a la station de référence (1990-2019).

**Figure IV.16** : Variation interannuelle des précipitations aux stations Tizi ousou et L.N.I (1990-2019).

**Figure IV.17** : Le gradient pluviométrique (corrélation entre pluies et altitudes).

**Figure IV.18**: évolution de la température moyenne mensuelle (°C) à la station ONM de TO (2012-2019).

**Figure IV.19** : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls station de Tizi- ousou

**Figure IV.20** : Climatologie D'Emberger.

**Figure IV.21**: Evaluation du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations.

## **Chapitre V : Etude hydrochimique**

**Figure V.1** : Classification des eaux souterraines selon le diagramme losangique de Piper Haut Sébaou (2018).

**Figure V.2** : classification des eaux souterraine selon le diagramme de Schoëller- Berkaloff (Haut Sébaou 2018).

**Figure V.3** : rapport  $Hco_3/Ca$ .

**Figure V.4** : Diagrammes de Richards pour les eaux de la nappe Haut Sébaou (Juin, Octobre 2018).

**Figure V.5** : Carte de chlorure des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sébaou (2018).

**Figure V.6** : Carte de Calcium des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sébaou (2018).

**Figure V.7** : Carte du magnésium des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sébaou (2018).

**Figure V.8** : Carte des Bicarbonates des eaux souterraines de la nappe alluviale Du Haut Sébaou (2018).

**Figure V.9** : Carte d'isoteneurs en sodium des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sébaou (2018).

**Figure V.10** : Carte d'isoteneurs en potassium des eaux souterraines de la nappe alluviale Du Haut Sébaou (2018).

**Figure V.11** : Carte d'isoteneurs en sulfates des eaux souterraines de la nappe alluviale Du Haut Sébaou (2018).

**Figure V.12** : Confluence des oueds de Haut Sébaou.

**Figure V.13** : Variation des paramètres de pollution dans les eaux brutes des oueds se déversant dans le barrage Taksebt (Juillet 2019).

**Figure V.14** : **Variation** des paramètres de pollution dans les affluents de l'oued aissi (septembre 2019).

**Figure V.15** : Dépôts de détritrus sur les berges du barrage Taksebt.

**Figure V.16** : Lavage de véhicules en amont du plan d'eau du barrage Taksebt.

## **Chapitre VI : Etude piézométrique**

**Figure VI.1** : Réseau piézométrique du Haut Sébaou.

**Figure VI.2**: Evolution des niveau statiques dans le Haut Sébaou (Basses eaux 2019).

**Figure VI.3** : Evolution des niveaux statiques dans le Haut Sébaou (Hautes Eaux, 2019).

**Figure VI.4** : Carte piézométrique des Hautes Eaux 2019 dans le Haut Sébaou.

**Figure VI.5** : Carte piézométrique des basses eaux 2019 de Haut Sébaou.

**Figure VI.6** : Carte piézométrique avec fond géologique de Haut Sébaou.

**Figure VI.7** : Carte des Communes de bassin versant du Haut Sébaou.

## **Liste des tableaux :**

### **Chapitre I :**

**Tableau I.1 :** Périmètres et Superficie des sous BV de Haut Sébaou.

### **Chapitre III :**

**Tableau III.1 :** les résistivités des formations géologiques

**Tableau III.2 :** résultats de sondages électriques au niveau de Sikh ou Meddour-Tamda (Djemai 1985)

### **Chapitre IV :**

**Tableau IV.1 :** Superficie et périmètre du BV

**Tableau IV.2 :** La répartition par tranche d'altitude des surfaces du B.V.

**Tableau IV.3 :** Classification du relief selon Ig, Ds par l'ORSTOM.

**Tableau IV.4 :** Les nombre des thalwegs selon la classification du SCHUMM.

**Tableau IV.5 :** Récapitulatif de principale caractéristique morphométriques du bassin versant.

**Tableau IV.6 :** caractéristiques des stations pluviométriques utilisées.

**Tableau IV.7 :** précipitations moyennes annuelles exprimées en mm (Période 1980-2019)

**Tableau IV.8:** Précipitation annuelle de la station Ait Ouabane pour la série d'observation (1990-2019)

**Tableau IV.9:** Précipitation annuelle de la station Benni Yenni pour la période d'observation (1990-2019)

**Tableau IV.10:** Précipitation annuelle de la station Azazga pour la période d'observation (1990-2019)

**Tableau IV.11:** Précipitation annuelle de la station Aghribs pour la période d'observation (1990-2019)

**Tableau IV.12:** Précipitation annuelle de la station Larbaa Nath Irathen pour la série d'observation (1990-2019)

**Tableau IV. 13 :** Précipitation annuelle des six stations pluviométrique du Haut Sébaou.

**Tableau IV.14 :** Classification des années sèches et années humides des six stations durant la période (1990-2019).

**Tableau IV.15 :** Précipitations moyennes mensuelles TO (1990-2019).

**Tableau IV.16 :** Le gradient pluviométrique.

**Tableau IV.17 :** températures moyennes annuelles en °C (Seltzer : 1913-1938)

**Tableau IV.18** : Températures moyennes mensuelles (en degrés Celsius) de la Station Tizi-Ouzou (2012-2019).

**Tableau IV.19** : Valeurs du rapport P/T de la station de tizi ouzou (2012-2019)

**Tableau IV.20**: Valeurs de l'indice de Martonne mensuelle (2012-2019)

**Tableau IV.21**: Indice d'aridité annuel de Martonne

**Tableau IV.22** : Moyennes mensuelles de l'humidité 2012-2019].

**Tableau IV.23**: Moyennes mensuelles des vitesses des vents (2012-2019)

**Tableau IV.24** : récapitulatif des résultats de l'ETP

**Tableau IV.25**: Evapotranspiration Réelle Mensuelle De la Station Tizi ouzou

**Tableau IV.26** : Calcul du bilan hydrique de Tizi-Ouzou.

**Tableau IV.27**: différentes méthodes de calcul de l'ETR

**Tableau IV.28**: entrées et sorties d'eau annuelle dans le Sébaou

## **Chapitre V : Etude hydrochimique.**

**Tableau V.1**: DHT de l'eau 2012/2013(ANRH)

**Tableau V.2**: Formules Caractéristiques selon Stabler des eaux de la haute vallée du Sébaou

**Tableau V.3** : Les caractéristiques physico-chimique de Haut Sébaou 2018(ANRH Tizi-Ouzou)

**Tableau V.4** : Répartition de la qualité des eaux d'après le diagramme de Richards

**Tableau V.5** : Analyses physico-chimiques des eaux des oueds qui alimentent le barrage Taksebt (Juillet, Septembre 2019).

## **Chapitre VI : Etude piézométrique :**

**Tableau VI.1** : Fluctuation de niveau piezometrique de la nappe du Haut Sébaou (Basses eaux 2019)

**Tableau VI.2** :Variation des niveau statique et piézométriques de la nappe Haut Sébaou Hautes Eaux 2019.

**Tableau VI.3** : fluctuation de niveau piézométrique de La nappe Haut Sébaou 2019

**Tableau VI.4** : type de la nappe d'eau du Haut Sébaou

**Tableau VI.5** : répartition des superficies et population des communes de Haut Sébaou

**Tableau VI.6** : Les besoins en eau des stations de lavage de quelques communes de Haut Sébaou (source DRE TO 2005)

## **Résumé :**

Notre travail se propose d'établir une étude actualisée des connaissances hydrogéologiques et évaluation des ressources de la vallée du Haut Sébaou afin de pouvoir définir ses potentialités hydriques ainsi que sa qualité chimique.

La haute vallée de Haut Sébaou est une dépression synclinale à cœur miocène, d'orientation Est-Ouest dans la région de Tizi ousou, délimitée au Nord par les chainons côtiers d' Afir et au Sud par la chaîne calcaire de Djurdjura. Elle est située au sein de l'ensemble géologique socle et dorsale kabyles fracturés qui portent l'empreinte de l'orogénèse alpine, recouverts par le Miocène grés-conglomératique et marneux.

L'étude géophysique complétée par le sondage mécanique définit un aquifère homogène de résistivités moyennes.

Le traitement des données hydroclimatologique nécessaires à l'établissement d'un bilan hydrologique pour ce bassin versant qui estime une précipitation de 824 mm avec une température de 18,6 °C, avec un climat méditerranéen. Ces eaux présentent un faciès bicarbonaté calcique, avec une minéralisation moyenne homogène, présentent une potabilité chimique et utilisable pour l'irrigation. Ainsi, l'eau dans cette région est gravement menacée par la pollution qui est en relation avec les impacts cumulés d'un assainissement lacunaire, des rejets d'eaux usées, des rejets industriels.

L'étude piézométrique met en évidence une superposition des écoulements souterrains et superficiels de direction Sud-Nord, dont la nappe est alimentée par les eaux de l'oued

L'extension des activités économiques et l'accroissement démographique du BV du Haut Sébaou, sont les principaux facteurs responsables de l'augmentation de la demande en eau tant en quantité qu'en qualité, une demande qui ne peut être satisfaite à cause de l'insuffisance de la mobilisation des eaux de surface d'une part, et de la sécheresse durant les deux dernières décennies d'autre part.

## **Mots clés :**

Oued, bassin versant Haut Sébaou, Djurdjura, socle kabyle, prospection électrique, précipitation, bilan hydrologique, qualité chimique, demande en eau.

## **Abstract :**

Our work tends to establish an updated study of hydrological knowledge and to evaluate the resources of the upper sébaou valley, in order to be able to determine (define) its hydric potentialities as well as its chemical quality.

The upper valley of high sébaou is a synclinal depression with a miocene core, its orientation is east west in Tizi Ouzou région, it is delimited to the north by the coastal links of Afir and to the south by the limestone chain of Djurdjura, after having described the geological framework (aspect), the studied region is located within the fractured kabyle basement and dorsale geological unit, which bears the imprint of alpine orogeny, covered by the greso-conglomeratic and marly Miocene.

The geophysical study completed by the mechanical sounding defines (shows) a homogeneous aquifer of average resistivity.

The treatment of the hydroclimatological data necessary to establish a hydrological balance sheet for this watershed estimates a precipitation of 824mm and a temperature of 18.6 °C with a Mediterranean climate. These waters present a calcium bicarbonate facies with a homogeneous average mineralization, they are chemically potable and usable for irrigation. Water in this region is seriously threatened by pollution which is related to the cumulative impacts of inadequate sanitation, wastewater and industrial discharges.

The piezométric study highlights a superposition of subterranean and surface flows from south to the north, the water table of which is supplied by water from the wadi.

The extension of economic activities and the demographic growth of the BV of high (upper) sébaou are the main factors responsible for the increase in demand for water both in quantity and quality, a demand which can not be satisfied because of the insufficient mobilization of surface water on the one hand and drought on the other hand.

## **Introduction générale :**

La gestion des ressources en eau est l'une des grandes problématiques du XXIème siècle, liée à l'évolution démographique, à l'urbanisation et au développement économique de la société tout en tenant compte des changements du climat mondial et de pollution. L'Algérie vit une crise sévère de son environnement en dépit du problème du tarissement de la ressource en eaux. La vallée de l'Oued Sébaou a connu ces dernières décennies un développement industriel et agricole important qui peut induire une dégradation significative le long de son cours et devient un véritable dépotoir des rejets domestiques et industriels. Ces deux facteurs menacent gravement les ressources souterraines du Sébaou qui sont étroitement liées aux eaux de surface de fait que la nappe est libre dans sa majeure partie de l'aquifère.

Pour y remédier, nous procéderons par une contribution à une étude hydrogéologique de la partie amont de ce principal cours d'eau, en intégrant des données récentes pour l'évaluation des ressources en eau dans cette zone afin de déterminer leurs aspects qualitatifs et quantitatifs.

L'ensemble de ce travail s'articule en six principaux chapitres, dont le contenu se présente comme suit :

Le premier chapitre synthétise les généralités sur la zone d'étude :

- Contexte géographique et géomorphologique de la zone d'étude.
- La pédologie et le couvert végétal.
- Les ressources en eaux souterraines et superficielles.
- Le réseau hydrographique.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude géologique de la zone d'étude :

- La géologie de l'Algérie ;
- La géologie locale ;
- La tectonique.

Dans le troisième chapitre nous nous intéressons à l'apport géophysique pour caractériser les formations aquifères par prospection électrique :

- Etablir des cartes du toit et substratum.
- Etablir les cartes de résistivités.
- Donner les résistivités des formations géologiques.

Le quatrième chapitre, l'étude hydroclimatologique dans le but d'établir un bilan hydrologique par la connaissance :

- Les paramètres morphométriques du Bassin Versant.
- Les caractéristiques de réseau hydrographique.
- La climatologie.
- Bilan hydrologique.

Le cinquième chapitre sera consacré à l'hydrochimie des eaux souterraines ainsi que superficielles.

- Les paramètres de pollution.

Le dernier chapitre a pour thème :

- L'évolution des besoins totaux en eau (AEP, industrie, agriculture) du Haut Sébaou.

# **CHAPITRE I**

**PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

## **I. Introduction :**

L'eau est un bien commun à l'humanité, indispensable au développement économique, industriel et agricole. A l'heure actuelle, ce précieux présent fait face à une extrême vulnérabilité ayant comme origine, la surexploitation des aquifères et leur contamination par divers polluants.

Le présent travail effectué dans la vallée alluviale de l'oued Haut Sébaou contribue à répondre, en partie à ces différents problèmes, dont la connaissance de la région d'étude ainsi que leurs caractéristiques physique et géomorphologique constituent des éléments essentiels dans le déroulement d'une étude hydrologique.

Le bassin versant étudié est celui de Sébaou plus exactement la partie haute du bassin qui s'étend de la source Acif de Boubhir à l'amont jusqu'à la cluse de Belloua en aval où l'oued prend la direction NNW-SSE.

La haute vallée de l'oued Sébaou est située dans la partie centrale de la wilaya de Tizi Ouzou, elle s'étale sur une longueur de 30 km, avec une largeur qui varie entre 0,8 et 3 km, elle occupe la plus grande partie de la vallée du Sébaou, dont la superficie est 1432 km<sup>2</sup>. Elle est caractérisée par un potentiel hydrique et agricole important. La vallée du Haut Sébaou est très exposée à la pollution d'origine urbaine, agricole et industrielle.

## **II. Contexte géographique :**

### **II.1 Situation générale :**

La plaine alluviale de l'oued Sébaou se localise à 80 km à l'Est d'Alger, du point de vue administratif, elle chevauche sur deux wilayas : Tizi-Ouzou (haut et moyen Sébaou) et Boumerdes (bas Sébaou).

Le bassin versant drainé par l'oued Sébaou et ses affluents est limité entre les latitudes 36°27' et 36°55' Nord et les longitudes 3°55' et 4°53' Est.

Le bassin versant d'oued Sébaou est caractérisé par un relief typiquement montagneux, couvrant 82% de la superficie totale, délimité :

- Au Nord, par la chaîne littorale et la mer Méditerranée.
- A l'Est, le bassin versant de la Soummam.
- A l'Ouest, par le bassin versant de Isser.
- Au sud et sud Est par la chaîne de Djurdjura (chaîne calcaire) (Figure I.1).

La vallée du Sébaou est allongée suivant une direction Est-Ouest. Les sous bassins versants du Sébaou présentent un allongement Est- Ouest pour le Haut Sébaou, NE-SW Pour le moyen Sébaou et Nord- Sud pour le bas Sébaou (ANRH, 2010 Blida).

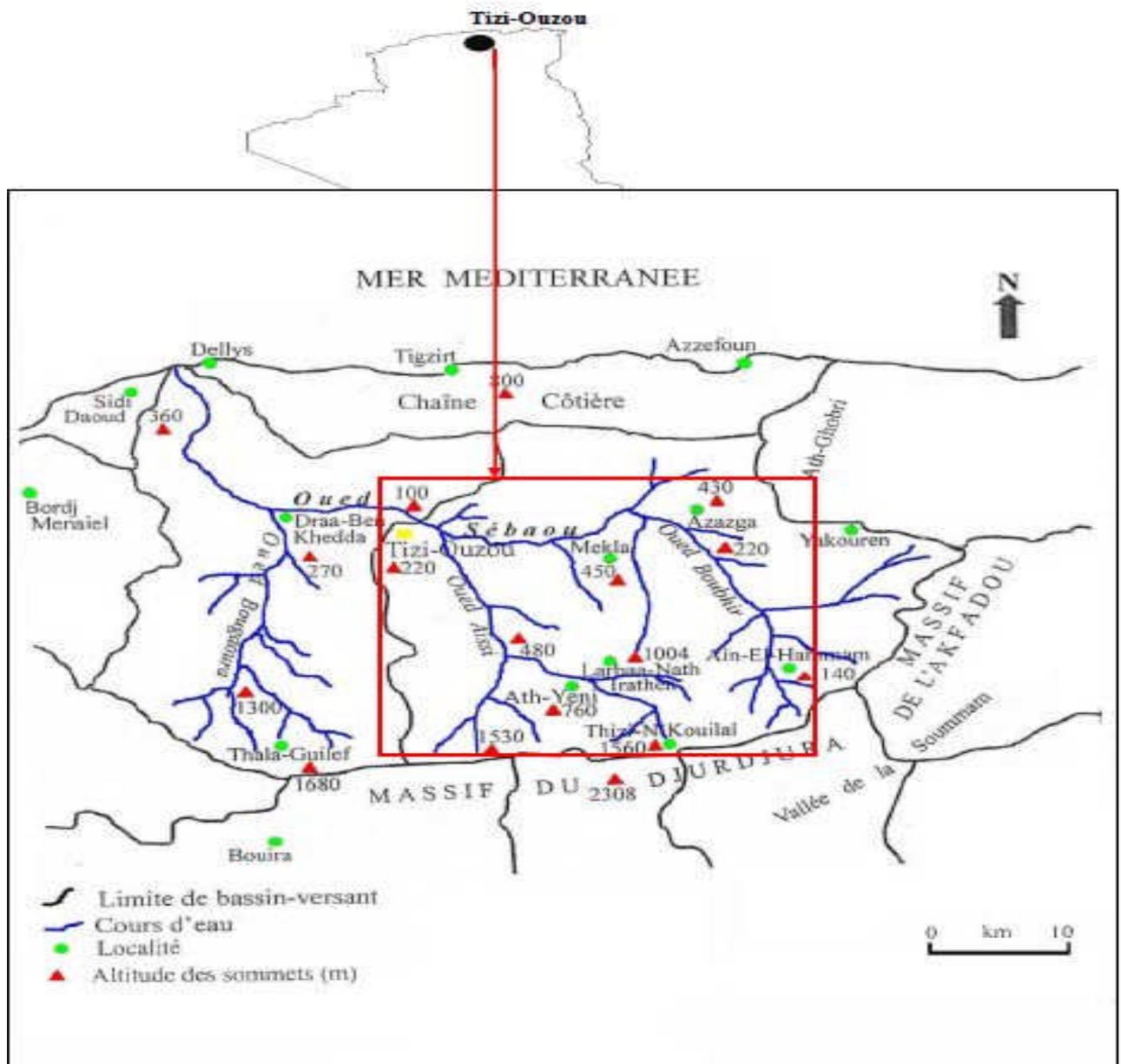


Figure I.1 : Situation géographique de la région d'étude (Lounaci, 2005)

La zone d'étude (le Haut Sébaou) est divisée en 3 sous-bassins versants importants (Figure I.2) :

- Le sous bassin versant de l'oued Boubhir codé (02/15), avec une superficie de 532 km<sup>2</sup>.
- Le sous bassin versant de l'oued Dis codé (02/16) avec sa superficie de 432km<sup>2</sup>.

- Le sous bassin versant de l'oued Aissi codé (02/17) avec une superficie de 468km<sup>2</sup>.

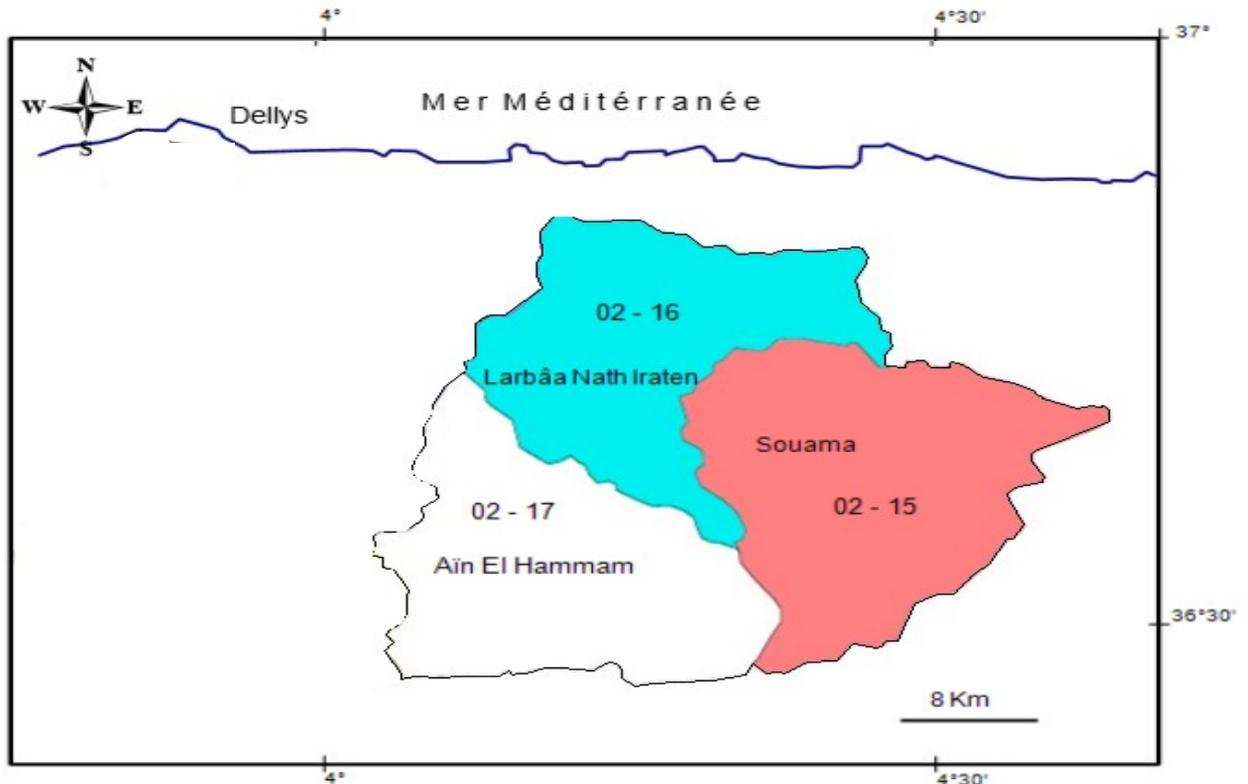


Figure I.2 : Les sous bassins versants hydrologiques d'oued Sébaou (Hadjou.2008)

Tableau I.1 : Périmètres et Superficie des sous BV de Haut Sébaou

Bassin versant		Périmètre (Km)	Surface (Km <sup>2</sup> )
Haut Sébaou	02-15	102,4	532
	02-16	112	432
	02-17	98,6	468

## II-2. Paramètres géomorphologiques :

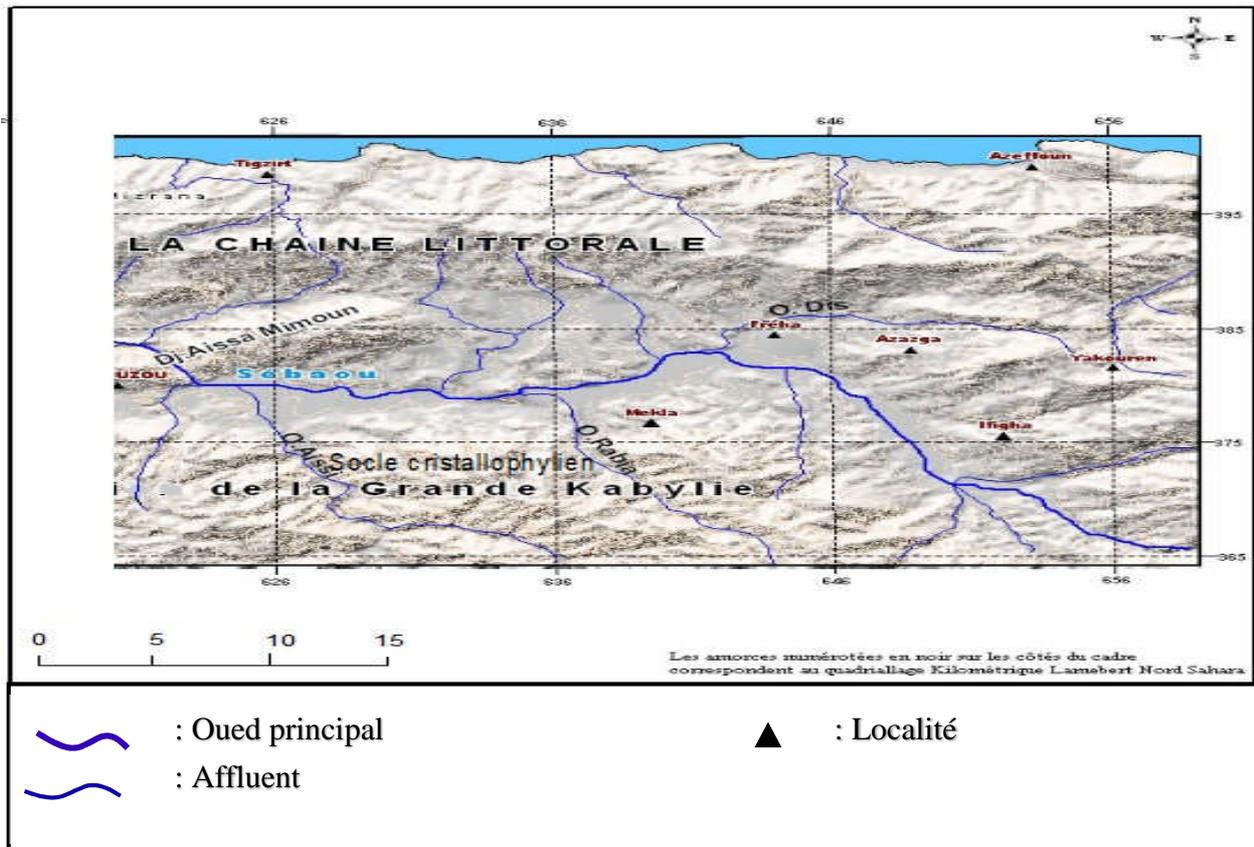
La géomorphologie a pour objet l'étude des caractères et des modifications de la surface de la terre. Elle apporte un concours considérable aux études hydrologiques et hydrogéologiques.

- La première unité morfo structurale est la chaîne du Djurdjura, elle représente la marge méridionale de notre zone d'étude. Elle culmine à Lala- Khadîdja (2308m) et à ras-Timedouine (2305m).

La chaîne du Djurdjura se présente sous forme d'un arc, très peu étendu et étroit qui s'achève à l'Est par l'élément isolé, le massif de Chellata.

- La seconde unité est le socle kabyle, il domine le bassin de Tizi-Ouzou au Nord et assure la transition avec la chaîne du Djurdjura au Sud.

Entre la chaîne littorale au Nord et le socle Kabyle au Sud, se trouve le synclinal de Tizi-Ouzou formé de marnes du Miocène post-nappe.

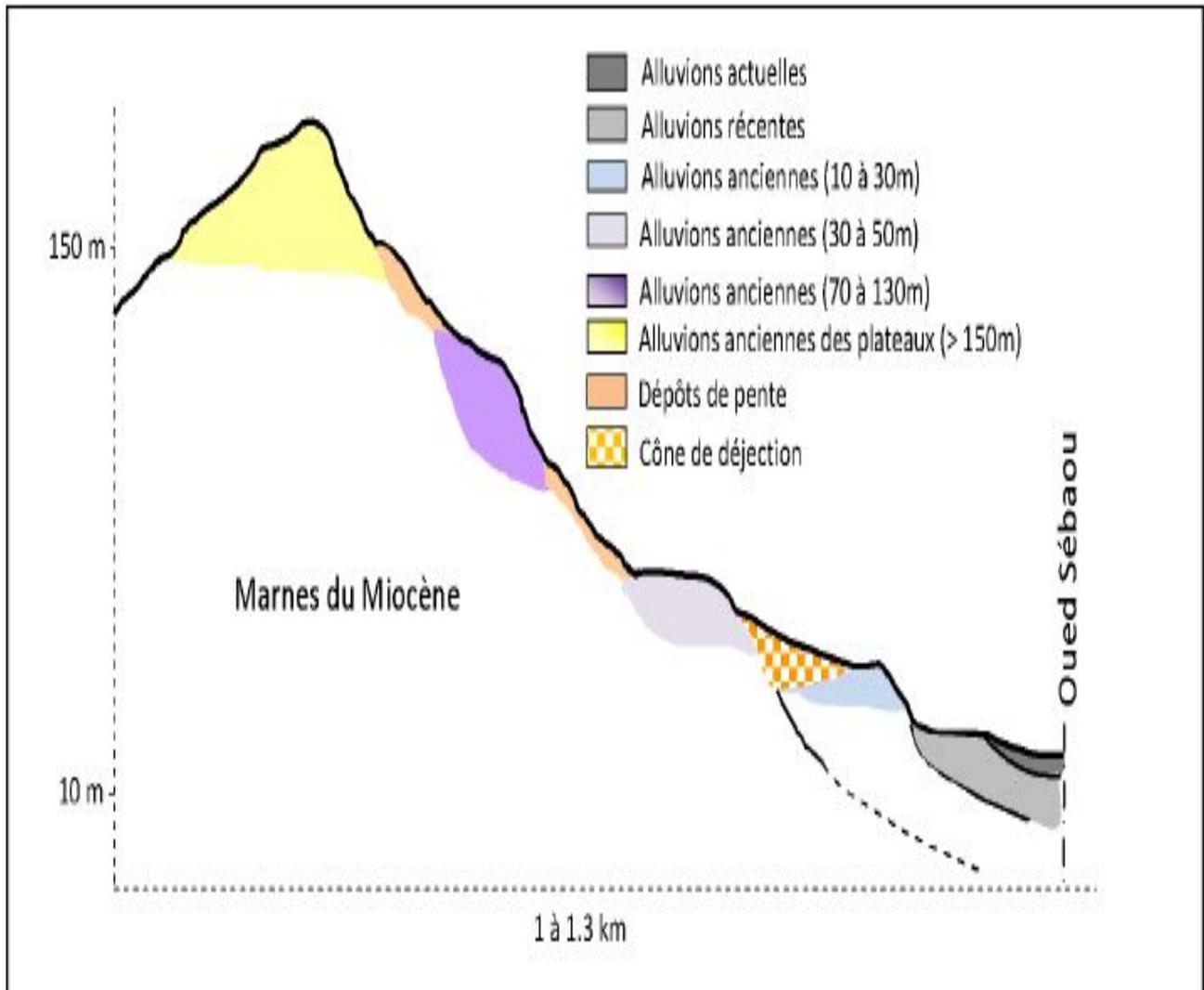


**Figure I.3 :** Carte géomorphologique de la vallée du haut Sébaou (ANRH TO)

La géomorphologie de la région montre que les différentes plaines alluviales ont été formées par la mise en place de dépôts des matériaux divers issus des roches cristallines du socle kabyle et des assises marneuses entourant la plaine du Haut Sébaou.

Les différentes phases d'alluvionnement ont façonné des terrasses étagées sur lesquels des sols se sont développés (Figure I.4)

Dans le Haut Sébaou les terrasses sont étagées, cette structure a une incidence sur l'alimentation de la nappe alluviale, du fait qu'elles sont susceptibles de renfermer des nappes à entités hydrauliques bien individualisées.



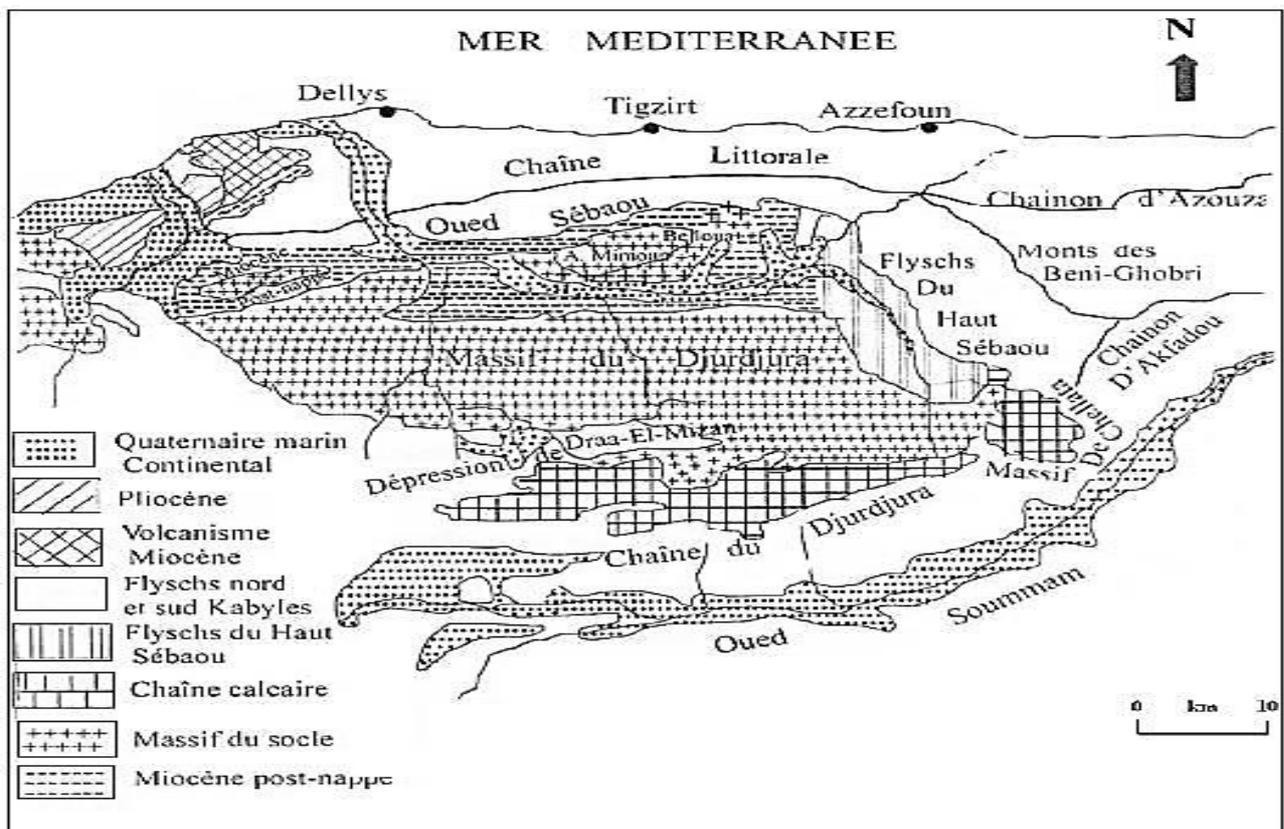
**Figure I.5 :** Coupe très schématique montrant la disposition des terrasses dans la haute vallée du Sébaou (Y. chadrine, 1975)

Les basses terrasses présentent une formation plus marneuse qui constituent une unité le long de l'oued, elles occupent des surfaces limitées (Saadi,1970, Chadrin,1975, Benhassaine,1980) contrairement aux terrasses supérieures (vertisols et sols lessivés) de texture argileuse sont réparties d'une manière irrégulière dans l'espace.

### II-2.1. Géologie des unités morpho-structurale :

❖ **Le Djurdjura** présente un faciès principal composé essentiellement de terrains calcaires, de roches cristallines et cristallophylliennes de nature magmatique (granites et pegmatite) et métamorphiques (micaschistes et quartzites), qui lui confèrent une grande résistance à l'érosion linéaire mais fortement karstifiés.

La lithologie de cette chaîne est d'un intérêt hydrogéologique important car elle est à l'origine de nombreux écoulements superficiels et saisonniers et favorise l'existence du phénomène de karstification donnant lieu souvent à des sources en altitude et le développement d'importants gouffres.



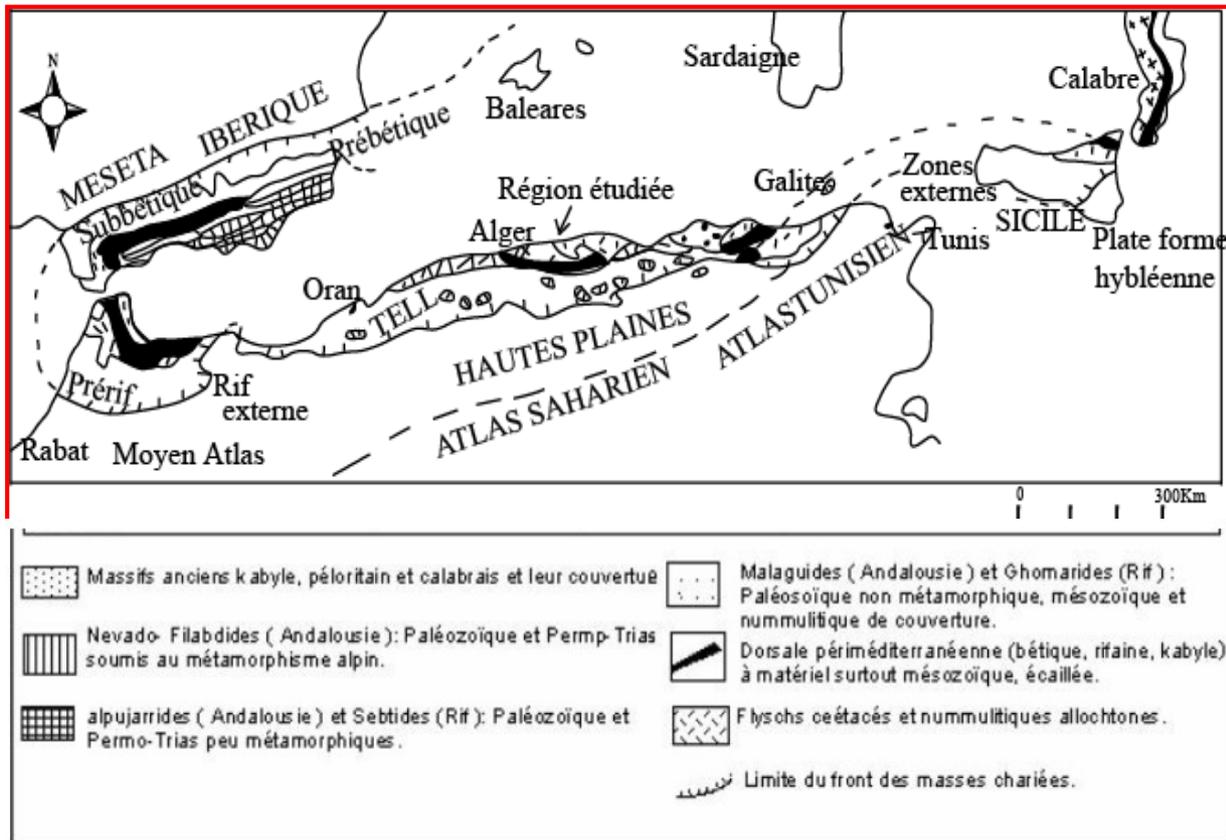
**Figure I.6 :** Les grandes unités morpho structurales de la Grande Kabylie (Flandrin, 1952).

#### ❖ **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 de la chaîne du Djurdjura au Sud. Il est limité à l'Est par l'affleurement des flysch du Haut Sébaou et à l'Ouest par les flysch 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 au moins tendres et compartimentées d'âges récents aux anciens.



**Figure I.7 :** Situation de la vallée du Sébaou dans l’orogène alpine péri méditerranéenne (Durand Delga.1969)

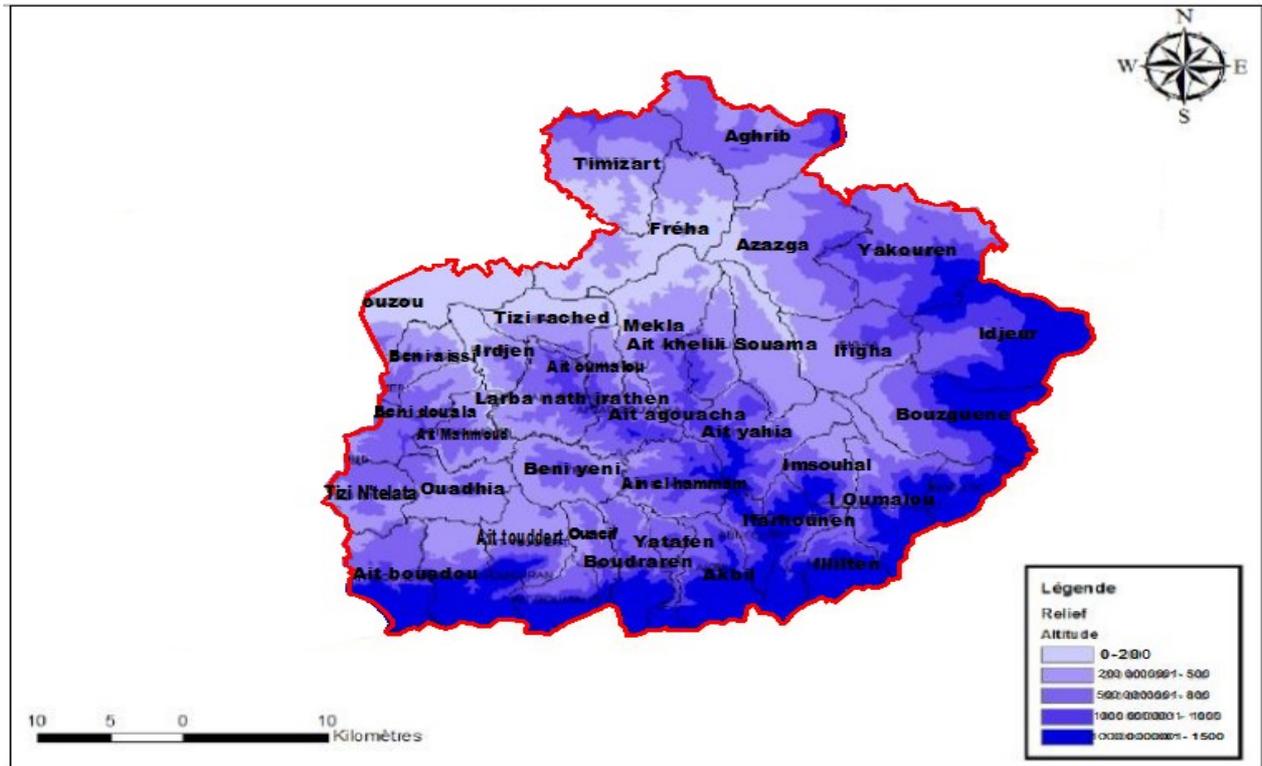
**Le synclinal de Tizi-Ouzou :**

C’est le seul matériel autochtone dans la région, représenté essentiellement par les grés et les limons du miocène "Post-nappe" (Benhassainne ,1980).

**II.2.2 Le relief :**

La vallée du Haut Sébaou de forme allongée suivant une direction Est-Ouest se distingue par un relief accidenté et est caractérisée par de fortes pentes avec un point culminant à 1425 m dans les montagnes du Djurdjura (Figure I.8).

L’incidence du relief sur les caractéristiques hydrologiques est considérable. La durée d’imprégnation du sol par les eaux et les possibilités d’infiltration étant d’autant moins élevée que la pente est plus forte. En outre, la plupart des facteurs météorologiques sont liés à l’altitude tels les précipitations qui varient en fonction de l’altitude.



**Figure I.8 :** Carte des reliefs et altitudes du bassin versant de la vallée du haut Sébaou (Louda ;2016 modifie)

**II.2.3 Altitude :**

Globalement dans notre région d'étude les altitudes prédominent la classe comprise entre 500 et 1000 m ; la plus haute altitude (plus de 1200 m) correspond aux sommets de Djurdjura et d'Akfadou.

La répartition générale des classes d'altitudes à travers le secteur étudié est présentée dans la figure I.9 :

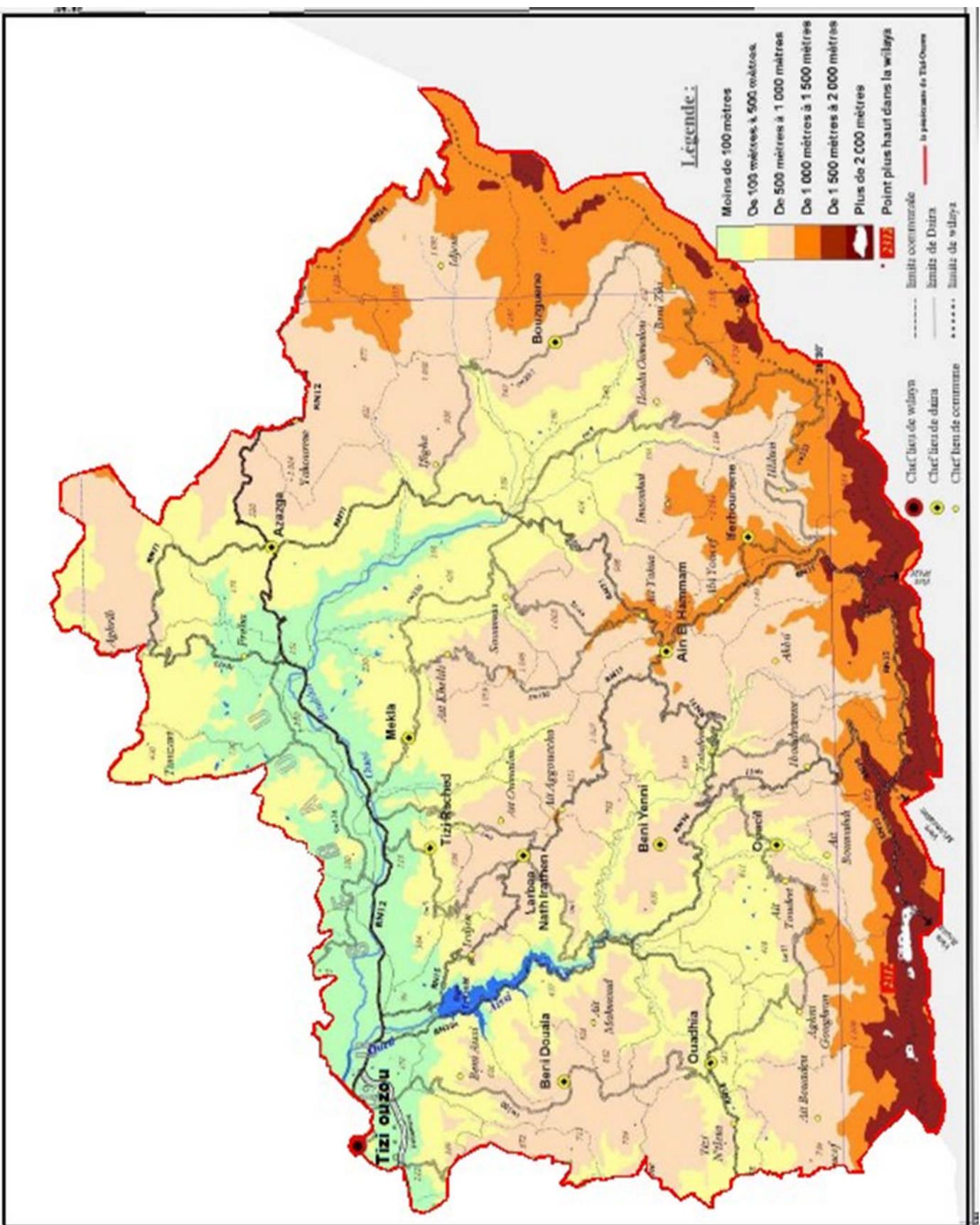
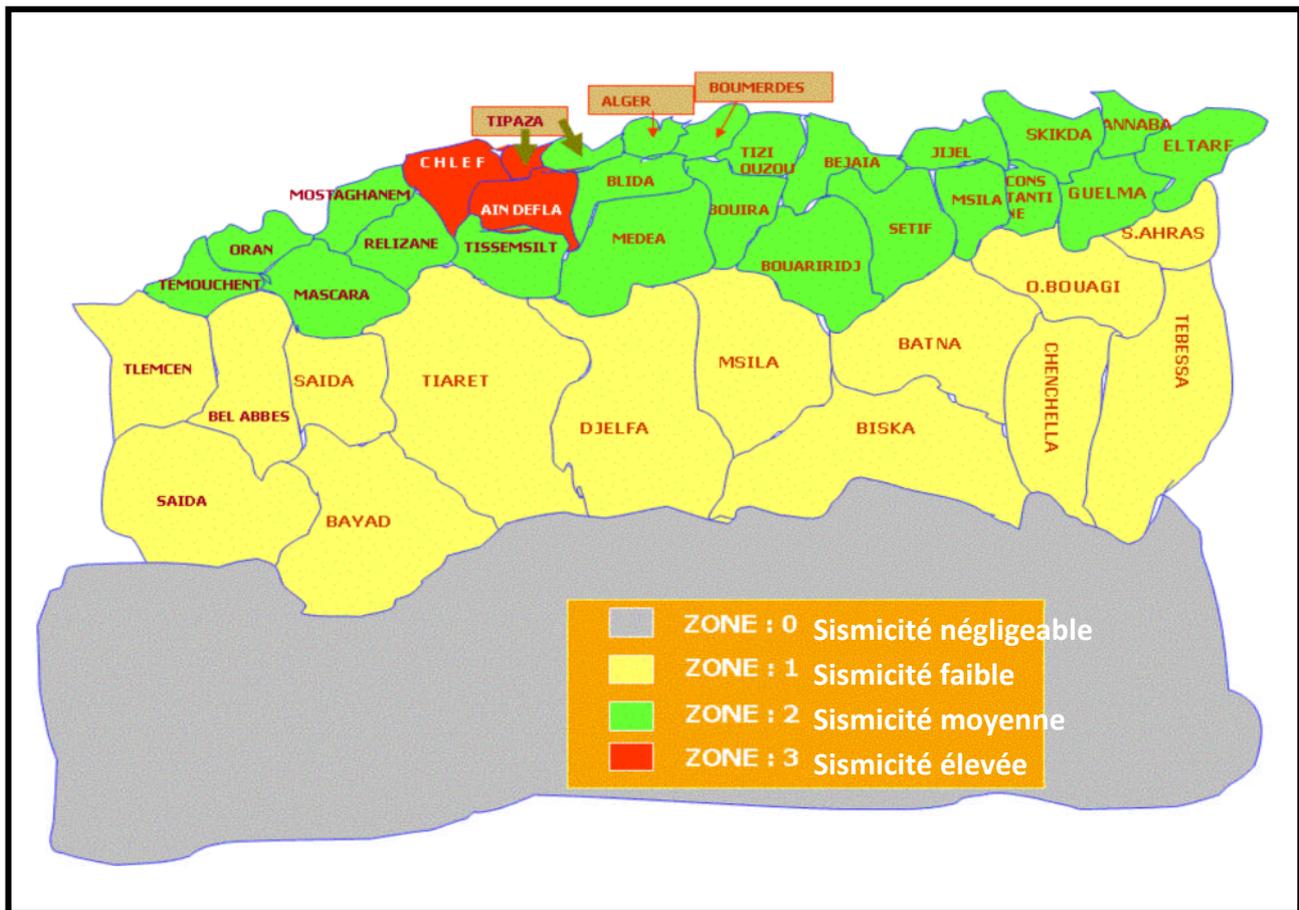


Figure I.9 : Répartition des altitudes de Haut Sébaou (Source : (DPAT.b, 2011 modifié)

## II.2.4 La pente :



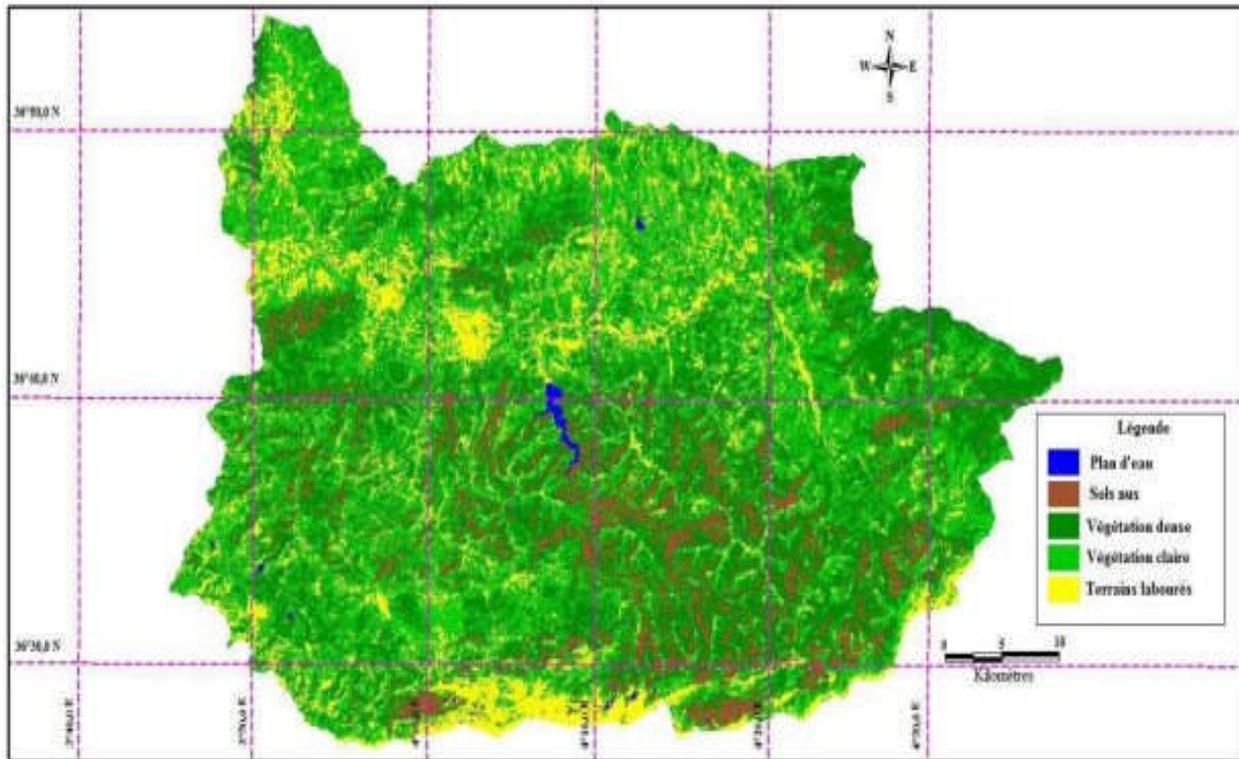


**Figure I.11** : Carte des zones sismiques du nord algérien.

L'oued Sébaou est réputé pour son activité sismique moyenne (zone 2), ceci est dû au phénomène de réajustement par des failles qui se produit dans les zones profondes, c'est une zone d'affaissement permanent, depuis le miocène et même actuellement, elle est comprise entre deux blocs positifs ascendants qui sont l'Atlas au Sud et le Sahel au Nord, ils sont l'origine du tremblement de terre, par leurs manifestations du contact entre la plaine et la montagne sur une grande partie du Nord algérien.

### II.2.6 Pédologie :

Le sol est l'élément principal de l'environnement et règle la répartition de la végétation, il se développe en fonction de la nature de la roche-mère, la topographie et les caractéristiques du climat, selon Benchetrit en 1972, précise que « quand le climat devient plus sec et les conditions de semi-aridité règnent, la pluviosité n'est pas assez forte pour modifier le complexe absorbant des profils des sols ». Cette stabilité n'est que Potentielle due en partie aux facteurs bioclimatiques ; l'intervention anthropique modifie les sols et les rend instables à cause de l'érosion qui suit la dénudation (Figure I.12).



**Figure I.12 :** Carte d'occupation du sol du bassin versant de l'Oued Sébaou. (Ballah, 2014)

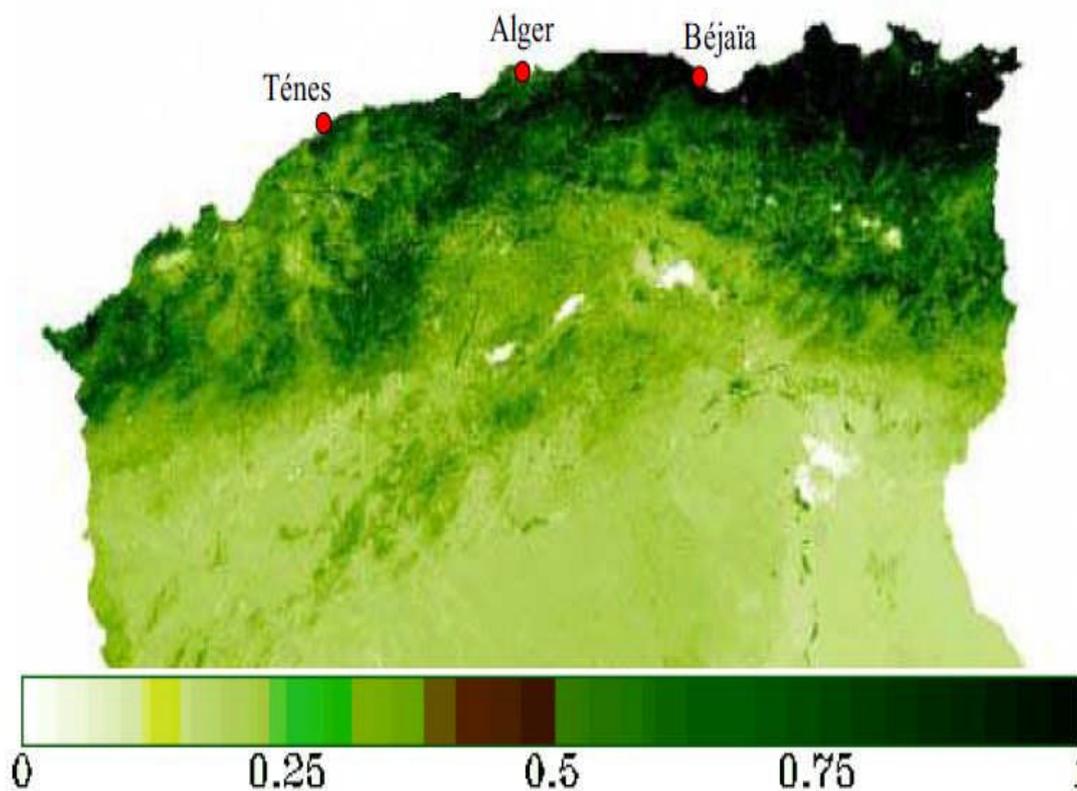
Les principaux massifs forestiers du bassin versant du Haut Sébaou et de la Wilaya de Tizi Ouzou localisés en altitude sont ceux du Djurdjura, l'Akfadou et la chaîne littorale (Yakoub, 2005). Au niveau du flanc Nord de la chaîne calcaire, la couverture végétale est dominée par le cèdre et le chêne vert. Dans l'Akfadou et en altitude (1100 à 1600 m), on rencontre essentiellement le chêne zeen et le chêne afares

### II.2.7 Le couvert végétal :

- ✓ 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. (M. Benhassaine, 1980).
- ✓ La végétation est très dense en Kabylie, en basse altitude l'arbre dominant est l'olivier, sur les flancs de Djurdjura le chêne et le cèdre dominant.
- ✓ La carte du couvert végétal ci-après montre un couvert végétal assez dense dans le Sébaou surtout sur les maquis assez hauts, la densité diminue vers l'Ouest.
- ✓ La densité du couvert végétal suit exactement la pluviométrie, il est très dense dans les zones humides et diminue progressivement.

La région du Sébaou est une région agricole, la distribution spatiale des formations végétales constituant le couvert végétal est très importante, vu le rôle que joue celui-ci dans le maintien de l'équilibre physique et écologique d'un milieu. La répartition de la végétation dans le milieu est conditionnée essentiellement par les facteurs édaphiques, climatiques, l'altitude et la lithologie. Plusieurs types de végétations composent notre sous bassin versant :

- ✓ Au niveau du flanc Nord de la chaîne calcaire, la couverture végétale est dominée par le cèdre et divers types de chênes dont l'altitude est comprise entre 1000 et 1600 mètres là où les grès et les schistes occupent l'essentiel des affleurements géologiques.
- ✓ En basse altitude, le maquis et les oliviers sont les plus répandus ainsi que les genets, lentisques, laurier rose et les roseaux dans les lits des oueds, qui sont caractéristique de la végétation de type méditerranéenne.
- ✓ Dans le versant Sud et la basse vallée en milieux marno-argileux et schisteux (GANI, 1988), le figuier, le frêne, le genet et le figuier de barbarie, sont présents partout. L'eucalyptus est très présent en particulier sur les terrasses alluviales de l'oued Aissi.



**Figure I.13** : Carte de l'indice de Végétation. (Benslimane et al, 2008)

### III. Ressources en eau :

#### III.1 Ressources superficielles :

Les débits annuelles des eaux de surface à l'embouchure de l'oued Sébaou ,en mer méditerranéen ,sur une période d'observation de 31ans ,est de l'ordre de 1 milliard de m<sup>3</sup> (Chadrine 1975).Dans le Haut Sébaou (station de Belloua),il avoisine 695hm<sup>3</sup> .Cependant le volume mobilisé dans la wilaya de Tizi ousou, au moyen des barrages, retenues collinaires et sources n'est que de l'ordre de 192 hm<sup>3</sup> (environ 28 % des écoulements superficiels, juste dans le Haut s Sébaou).Le nombre de barrages (>1 hm<sup>3</sup>) est de 4 :Taksebt(180 hm<sup>3</sup>),Djebbla (3hm<sup>3</sup>),Draa el Mizane (1,5 hm<sup>3</sup>),Ain zaouïa(1,4 hm<sup>3</sup>).Le volume alloué à la Wilaya de Tizi ousou à partir de barrage de Taksebt, est de 65 hm<sup>3</sup>/an, destiner à alimenter 38 centres urbains et 750 villages représentant 920 000 habitants répartis sur l'axe Azazaga-Tizi ousou-Draa Ben Khedda-Tadmait,en plus des communes de flanc nord de la Wilaya. On note également le barrage de Tizi N'tlata en cours de réalisation d'une capacité de 98 hm<sup>3</sup> et le barrage de Sidi khelifa a Azzefoune de 21.4 hm<sup>3</sup>, en instance de réalisation en ce qui concerne les retenues collinaires on dénombre 79 retenues qui mobilisent environ 6 hm<sup>3</sup>, destinées essentiellement à l'irrigation. On dénombre également 121 sources importantes, dont le débit globale reste à déterminer.Elle sont situées en majeure partie sur le flanc nord du Djurdjura et renforcent l'AEP des villages avoisinants. Il existe une seule station de dessalement de l'eau de mer, située à Tigzirt, d'une capacité de 0.40 hm<sup>3</sup>/an.

#### III.1.1 Barrage de TAKSEBT :

Le Barrage de Taksebt, dans la wilaya de Tizi-Ouzou, commune d'Irdjen, Il est implanté sur l'oued Aissi, affluent du Sébaou, à environ 10 kilomètres au Sud-Est de la ville de Tizi-Ouzou et à 100 km à l'Est de la ville d'Alger. Sa capacité totale est de 181 millions de m<sup>3</sup>. Il est destiné à l'alimentation en eau potable (AEP) et industrielle des villes situées sur le couloir Tizi-Ouzou-Alger et les agglomérations du couloir de Fréha-Azazga à l'Est, il est construit entre 1994 jusqu'à 2001 et sa mise en eau était en Novembre 2000, il est mis en service en 2007.

#### III.1.2 Influence du barrage de Taksebt sur la nappe d'eau souterraine d'Oued aissi :

La nappe d'oued Aissi est alluvionnaire, d'une épaisseur moyenne de 15m à l'aval de la digue de barrage de Taksebt. C'est une nappe libre, elle repose sur un substratum marneux.

La recharge de la nappe dépend essentiellement de l'infiltration efficace des précipitations et des eaux superficielles de l'oued (Hadjou 2008).

### III.2 Les ressources souterraines :

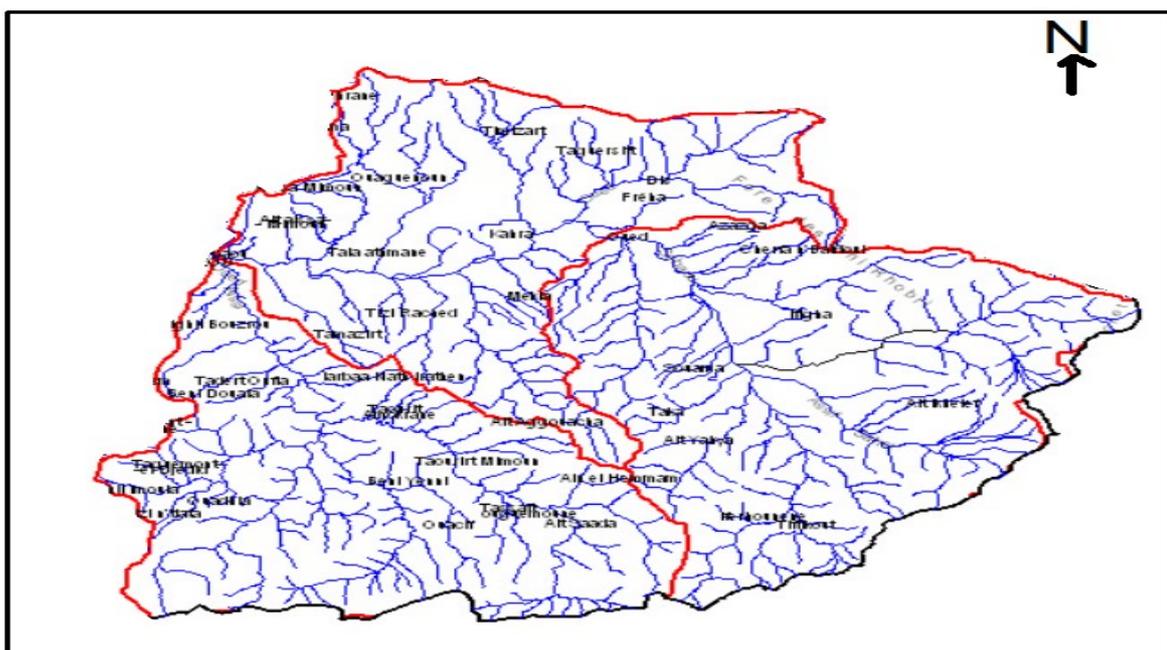
La vallée du haut Sébaou dans la wilaya de Tizi-Ouzou de par son contexte géographique, renferme un potentiel hydrique non négligeable en eaux souterraines, la région était alimentée à 36% par la nappe alluviale de l'Oued Sébaou, ces eaux souterraines, quant à elles, sont contenues dans les formations alluvionnaires et ont pour origine l'infiltration et le ruissellement à partir des versants et des oueds qui affluent vers le Sébaou.

## IV. Le réseau hydrographique :

La superficie globale du bassin versant de haut Sébaou est estimée depuis les montagnes du Djurdjura jusqu'à son embouchure au col de Belloua, est 1044 km<sup>2</sup>, il est drainé par l'oued Sébaou et ses affluents (Rabta et oued Aissi sur la rive gauche Dis et Tamda sur la rive droite ou l'oued prend une direction N.N.W - S.S.E.

Le réseau hydrographique est très dense en grande Kabylie, le drainage s'effectue par une multitude d'oueds plus ou moins longs :

- Les oueds de la rive droite proviennent de la chaîne littorale, au nord du bassin versant et ne dépassent pas une quinzaine de kilomètres de longueur. Ils prennent leur source du djebel Tamgout et débouche dans l'oued Sébaou juste après le premier coude de ce dernier à la hauteur de Fréha.
- Les oueds de la rive gauche naissent dans le socle kabyle Quant à l'oued Sébaou et ses principaux affluents (Aissi), ils prennent leur source dans la chaîne du Djurdjura.





- Assif N' Ath Atsou
- Assif Tirourda

**b) Oued Aissi**

L'Oued Aissi, second affluent de l'oued Sébaou, il draine les écoulements du flanc Nord de la dorsale médiane du Djurdjura depuis la main du Juif (Thaltat) et Ath-Djemââ (Ouadhia). On distingue trois secteurs :

- Assif Larbaa
- Assif Ouadhia
- Assif El Djemââ

**V. Aperçu socio-économique :**

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

Or, la tendance du climat actuel vers la sécheresse : diminution et irrégularité des précipitations depuis presque une décennie 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.

**V.1 Potentiels humains :**

La population totale répartie sur l'ensemble du territoire d'étude est de 605996 habitants. La ville de Tizi-Ouzou, chef-lieu de la wilaya située au cœur de la plaine du Sébaou, est le lieu privilégié de forte concentration humaine en raison de la disponibilité des infrastructures socio-économiques de base.

**V.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.

Pour ce qui est de la production animale, 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.

### **V.3 L'industrie :**

Le foncier industriel se résume en une zone industrielle opérationnelle, sise à Oued Aissi. L'activité industrielle est dominée par 3 unités de production d'importance nationale implantées tout le long de la vallée de Haut Sébaou :

- Le complexe ENIEM a Oued Aissi spécialisé dans le domaine de l'électroménager (cuisinières, réfrigérateurs, congélateurs, et climatiseurs)
- L'unité SPA Electro industriel (Ex ENEL) implantée à Fréha assurant la production de moteurs/alternateurs, transformateurs et groupes électrogènes.
- L'unité de meubles à Taboukert (Commune de Tizi Rached).

### **VI. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté notre région dans son contexte global ainsi que la connaissance du milieu naturel du bassin étudié qui est préalable et indispensable à toute étude efficace.

La plaine alluviale de Haut Sébaou, dépression synclinale de cœur miocène, d'orientation Est-Ouest est bordée au Nord par les chainons côtiers d'Alfir et au Sud par la chaîne calcaire du Djurdjura. Elle fait partie intégrante du tel septentrional, les facies géologiques portent l'empreinte de l'orogénèse alpine.

La haute vallée de l'Oued Sébaou est caractérisée par une nappe d'eau libre, de profondeur moyenne de l'ordre de 3m, dont la réalimentation est directement liée à l'infiltration des eaux des précipitations ruisselées jusqu'aux basses et très basses terrasses.

Dans le Haut Sébaou les terrasses sont étagées, cette structure a une incidence sur l'alimentation de la nappe alluviale, du fait qu'elles sont susceptibles de renfermer des nappes à entités hydrauliques bien individualisées.

# **CHAPITRE II**

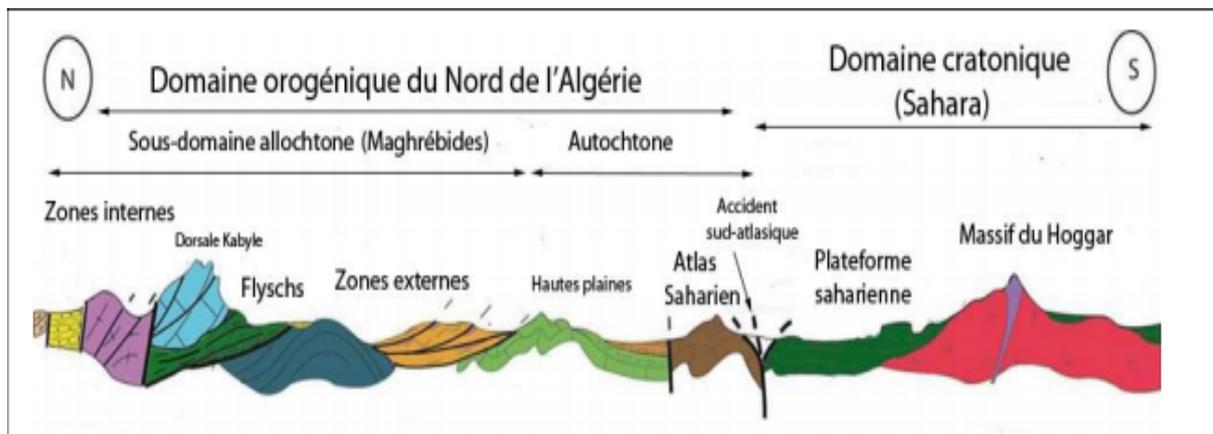
**ETUDE GEOLOGIQUE**

## I. Introduction :

L'histoire géologique de l'Algérie s'inscrit dans une longue évolution géodynamique. Dans son état actuel, l'Afrique du Nord correspond à une zone ayant subi plusieurs phases de déformation et de sédimentation depuis le Précambrien. La géologie de la partie septentrionale de l'Algérie est marquée par l'empreinte de l'orogénèse alpine (domaines tellien et atlasique). Le linéament majeur du pays correspond à la flexure sud-atlasique qui sépare l'Algérie alpine au Nord de la Plate-forme Saharienne au Sud. Elle est constituée pour l'essentiel de terrains du Précambrien et du Paléozoïque.

La région de la Kabylie, qui est située dans les zones internes de la chaîne des Maghrébides, est connue pour sa diversité géologique ; elle est limitée au Sud par les formations métamorphiques de la Grande Kabylie qui forment trois grands ensembles : le massif de Belloua et Aissa Mimoun, le massif de Sidi Ali Bounab et le massif de grande Kabylie. Au Nord par les terrains sédimentaires.

## II. La géologie régionale :



**Figure II.1** : Les différents domaines du Nord algérien (Dessin de H. Haddoum, modifié).

### II .1 Les zones internes :

Les zones internes appelées aussi Kabyliques, comportent d'Est en Ouest les massifs du Chenoua, d'Alger, de Grande Kabylie et de petite Kabylie. Ces massifs cristallophylliens sont bordés au Sud par une couverture sédimentaire qu'est la dorsale kabyle ou "chaîne calcaire".

### II .1.1 Le socle kabyle :

Le socle de Grande Kabylie est composé de formations cristallophylliennes métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (ordovicien à carbonifère) très peu métamorphique. Ce socle affleure d'ouest en est dans les massifs de Chenoua (à l'ouest d'Alger), d'Alger, de Grande Kabylie et de petite Kabylie (entre Jijel et Skikda). Ce dernier, avec 120 km de long et 30km de large, constitue le plus large affleurement du socle Kabyle en Algérie. Le socle est par endroits recouverts en discordance par des dépôts détritiques (principalement des molasses conglomératiques) d'âge Oligocène supérieur-Miocène inférieur, appelés (O.M.K), Oligo-Miocène-Kabyle.

### II.1.2 La dorsale kabyle :

La dorsale kabyle appelée parfois « chaîne calcaire » à cause de l'importance du jurassique inférieur calcaire. Elle se situe au Sud du socle kabyle formant leur couverture. Elle est caractérisée par des formations surtout carbonatées dont l'âge allant du Permo-trias au Lutétien (Bouillin, 1977) et recouvert par des terrains grés-micacés d'âge Priabonien à Oligocène supérieur.

Ce domaine est exceptionnellement étroit et ne dépasse jamais quelques km de largeur. Le premier affleurement de la dorsale kabyle en Algérie est situé au Cap Ténès. On la retrouve ensuite dans le massif de Chenoua puis au Sud-Est d'Alger où elle constitue d'importants reliefs sur plus de 125 km de long (massifs de Larba, du Bou Zegza et du Djurdjura). Elle apparaît ensuite au Nord de Constantine (Dj. Sidi Dris) et on la suit sur 90km jusqu'au Sud d'Annaba.

La dorsale kabyle a été subdivisée du Nord au Sud en trois unités qui se différencient par le faciès et l'épaisseur des calcaires : dorsale interne, médiane et externe.

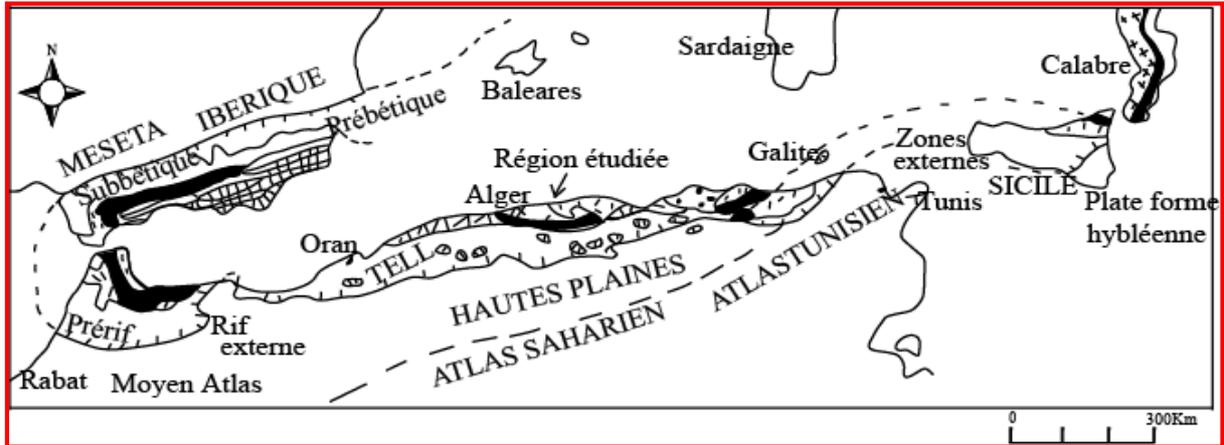


Figure II.2 : Situation de la zone étudiée dans l'orogène alpin périméditerranéen (D'après M. Durand Delga, 1969)

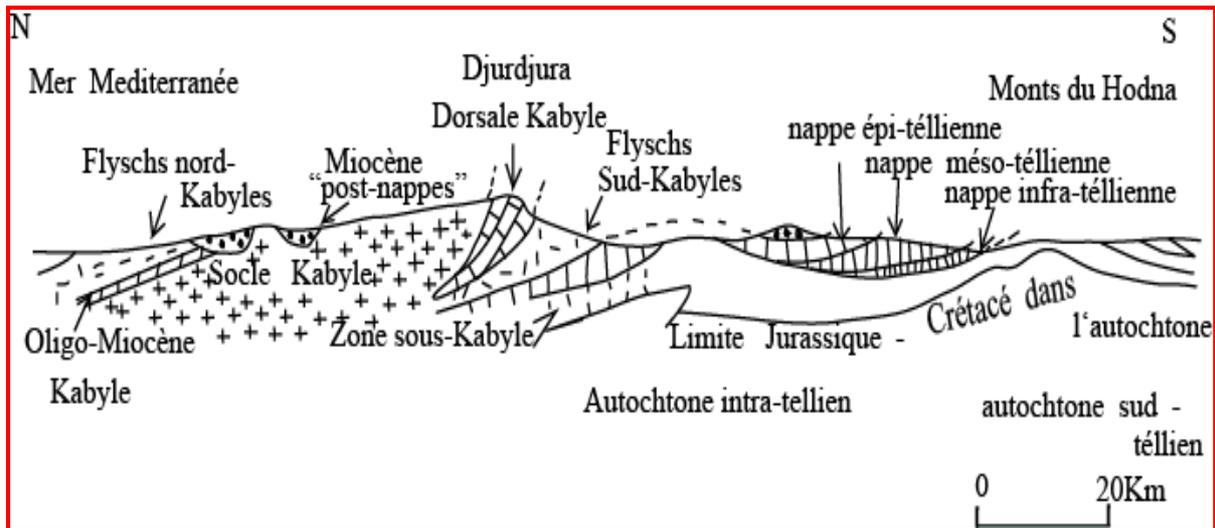


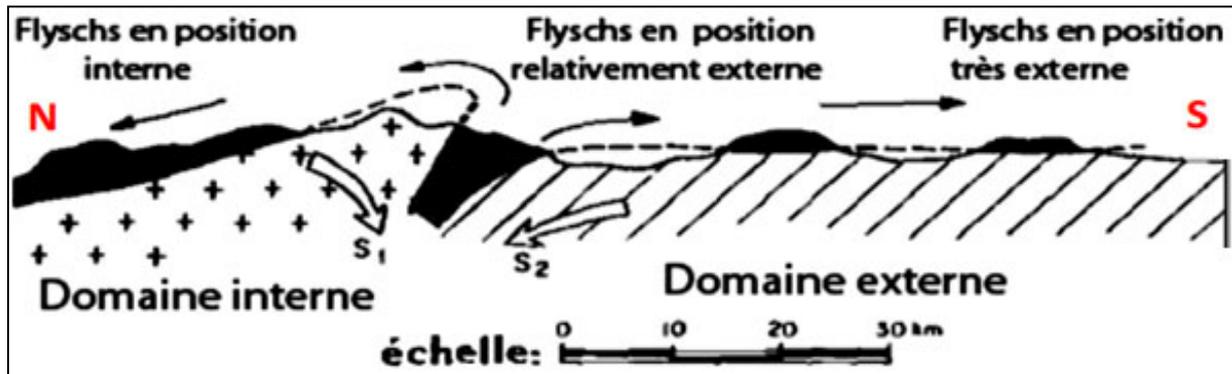
Figure II.3 : Rapport entre les grandes unités structurales sur le méridien de la grande Kabylie (D'après M. Durand Delga, 1969)

**II .1.3 Le domaine des flyschs :**

Le domaine des flyschs est constitué par des nappes de flyschs crétacé-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie), il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités. Ces flyschs se présentent de trois manières (Figure II.4) :

- En position interne, superposés aux massifs kabyles c'est à dire rétrochariés sur les zones internes, et appelés flyschs nord-kabyles ;
- En position relativement externe a la bordure Sud de la dorsale kabyle (flyschs Sud-kabyle)

- Et enfin en position très externe sous forme de masse isolées flottant sur le Tell charriés jusqu'à une centaine de kilomètre au Sud.



**Figure II.4** : Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides

On distingue du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs, les flyschs mauritaniens et les flyschs massyliens auxquels s'ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent, les flyschs Numidiens d'âge Oligocène supérieur-Burdigalien inférieur.

## II .2 Les zones externes :

Les zones externes se sont les formations définies par Vila (1980) comme étant des séries épaisses à dominante marneuse issues du sillon tellien.

### II.2.1 Les séries ultra-telliennes :

Les séries ultra-telliennes comportent un crétacé marneux et micritique clair, sur lesquels se dépose l'éocène à trois termes : marnes sombres à boules jaunes, calcaires à silex noirs et des marnes sombres

### II .2.2 Les séries telliennes :

Les séries telliennes comportent globalement, un jurassique essentiellement carbonaté, suivi par des marnes pélitiques gréseuses d'âge crétacé inférieur, qui, deviennent exclusivement marneuses et marno-calcaires jusqu'à l'éocène supérieur.

### II.2.3 Les séries péni-telliennes :

Les séries du lias au Sénonien supérieur, présentent des alternances de facies telliens typiques et des facies rappelant ceux des domaines néritiques Sétifiens ou Constantinois (Wildi, 1983).

La chaîne des Maghrébides constitue un tronçon de la chaîne alpine d'Afrique du nord elle s'est différenciée par plusieurs domaines paléogéographiques qui sont actuellement en partie superposés.

Du Nord vers le Sud, se situe :

- Les zones internes formes de terrains cristalloylliens constituent le socle kabyle (élément le plus ancien de la chaîne) et des terrains essentiellement carbonatés apparaissent sous forme d'affleurements rectilignes et discontinus, dite chaîne calcaire ou encore dorsale kabyle et forme la couverture sédimentaire du socle.
- Le domaine des flyschs, constitué par différents types de flyschs, occupant une position allochtone et reposent en différents modes sur les zones externes.
- Plus au Sud, se situent les zones externes, elles sont définies comme étant des séries épaisses à dominante marneuse issues du sillon tellien

### III. La géologie locale :

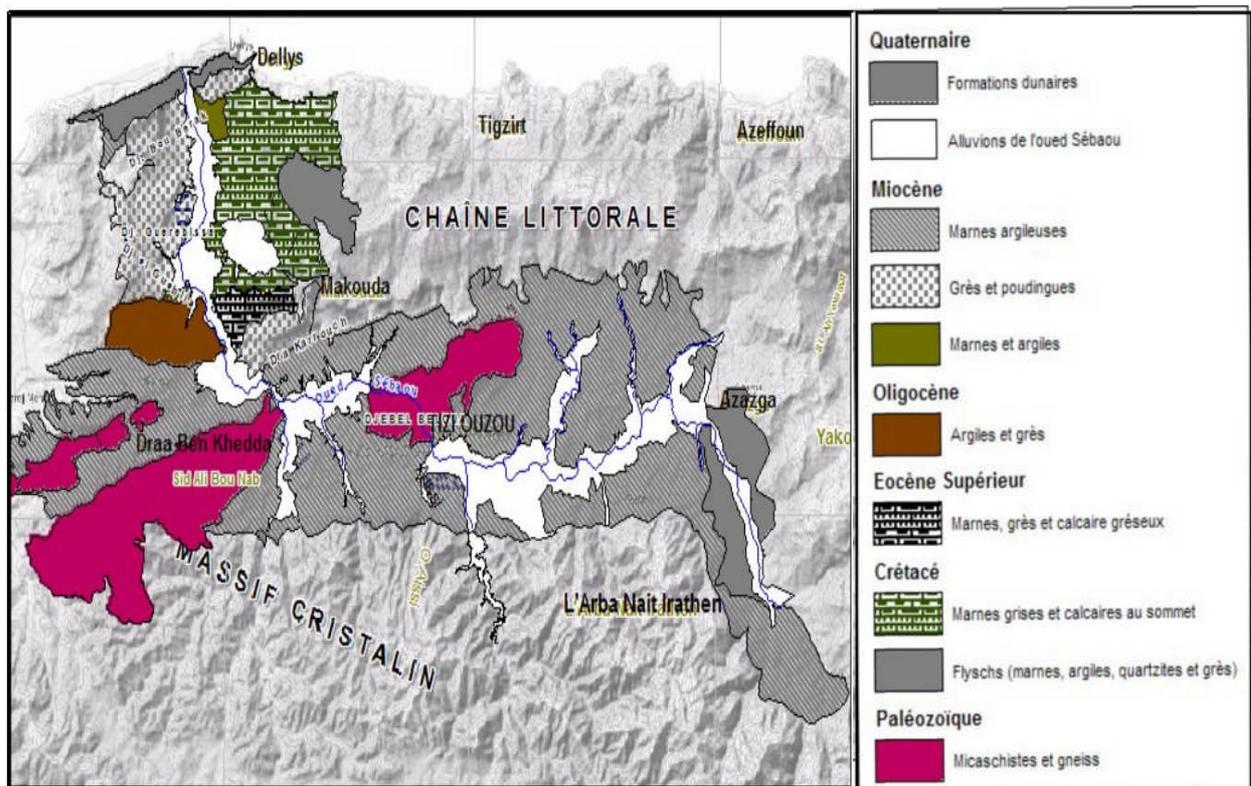


Figure II.5 : formations géologiques de la vallée du Sébaou (ANRH TO)

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

### **III.1 Lithostratigraphie : les formations litho-stratigraphiques :**

Notre région d'étude est caractérisée par les formations lithostratigraphique suivantes :

#### **III.1.1 Socle cristallin et cristallophyllien :**

Le socle cristallin et cristallophyllien est formé de terrains constitués par la superposition de roches cristallophylliennes d'âge protérozoïque et paléozoïque inférieur, c'est le substratum de la dorsale kabyle (Raoult, 1974), il est composé de trois ensembles :

- Le cristallophyllien inférieur, formé essentiellement de gneiss avec des intercalations de marbres et d'amphibolites, recoupés par des filons de quartz et de tourmalinites
- Le cristallophyllien supérieur, formé par des schistes satinés ou phyllades à quartz d'exsudation alternant localement avec des grés, des porphyroïdes œillés et des lentilles de calcaire métamorphiques
- La couverture sédimentaire paléozoïque, est représentée par des formations pélitiques, gréseuses et carbonatées peu ou pas métamorphiques, cette série du cambrien supérieur (Baudelot, 1979) au carbonifère moyen (Baudelot, 1976) est en discordance sur les phyllades.

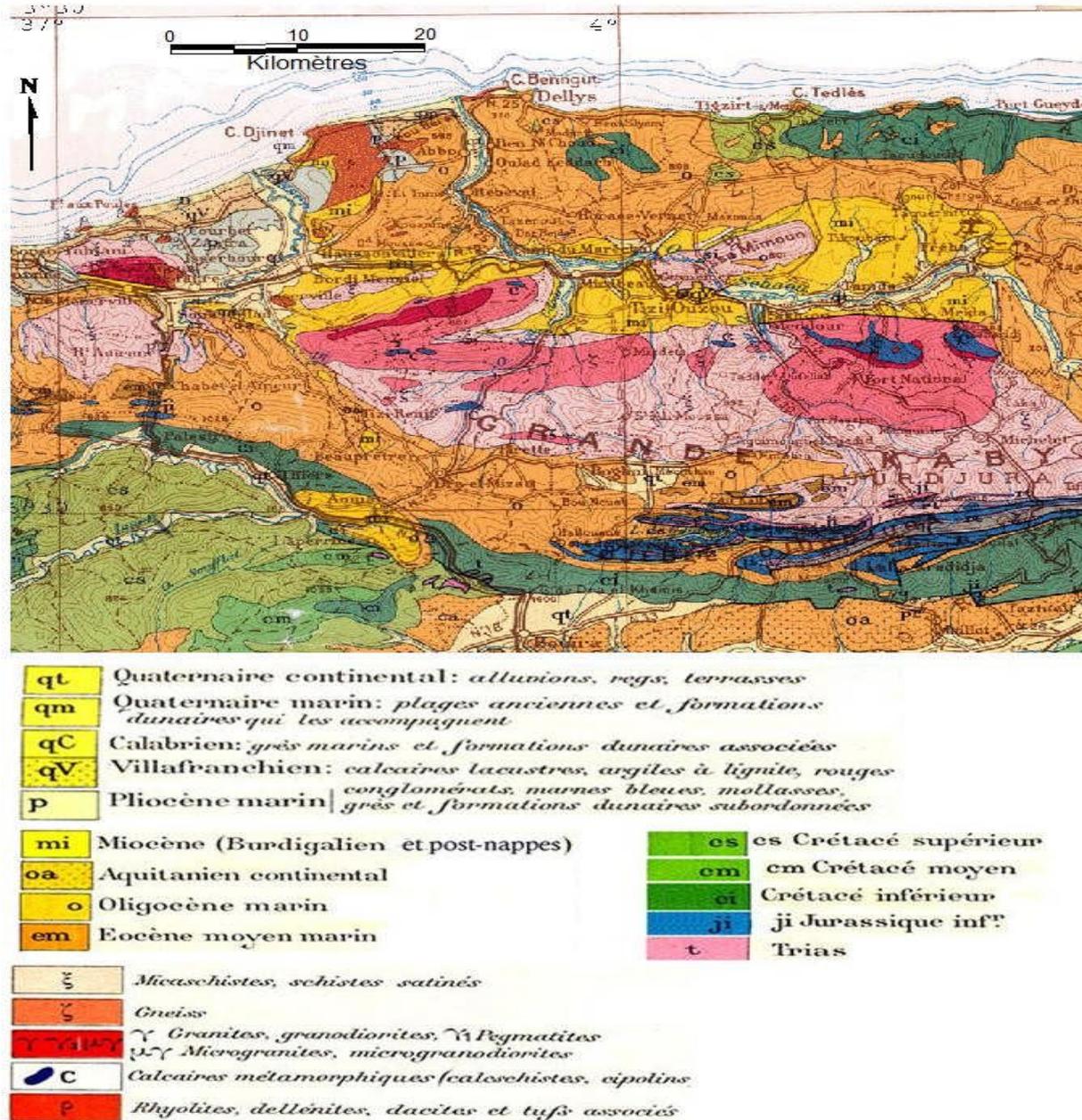


Figure II.6 : Carte géologique du socle cristallophyllien de BV Haut Sébaou (1952 G. Betier et autres)

Il forme l'essentiel des massifs des Ath Irathen en rive droite et des Ath Douala en rive gauche. Il est constitué de socle kabyle et comporte diverses variétés de roches cristallophylliennes métamorphisées (schistes, micaschistes, gneiss, marbres, pegmatites).

### III.1.1.1 Les schistes et micaschistes :

Les schistes sont d'aspect satiné et formés de séricite et de quartz, de couleur violacée ou bleutée, affleurant en contact avec les gneiss œillés dans le massif de LNI (GANI, 1988).

Les micaschistes sont de couleur marron sombre. La schistosité est soulignée par la biotite très abondante, ainsi que de veines de quartz qui sont injectées dans la roche.

Des cornéennes schisteuses micacées sont observées au contact des granites de Tighzert en rive gauche (LOUMI, 1989).

### **III.1.1.2 Les gneiss :**

Ces roches métamorphiques (ortho-gneiss/ para-gneiss) en bandes à grains grossiers, gneiss œillés micacés ou à grenat, affleurent dans les massifs de LNI et Ath Aissi.

### **III.1.1.3 Les marbres /cipolins :**

Les marbres /cipolins sont de couleur blanche à bleutée, affleurent le long des lignes de crêtes en barres rigides. Ils se présentent également en méga-lentilles orientées d'aspect sombre à minéraux avec des inclusions des pyrites (LOUMI 1989, GANI, 1988).

### **III.1.1.4 Les amphibolites :**

Les amphibolites affleurent en banc de quelques mètres d'épaisseur dans les gorges d'Oued Aissi ou de trainées dans les calcaires métamorphiques colorant la roche en vert (LOUMI, 1989). (*Figure 4-5*).

### **III.1.1.5 Les granites et les pegmatites :**

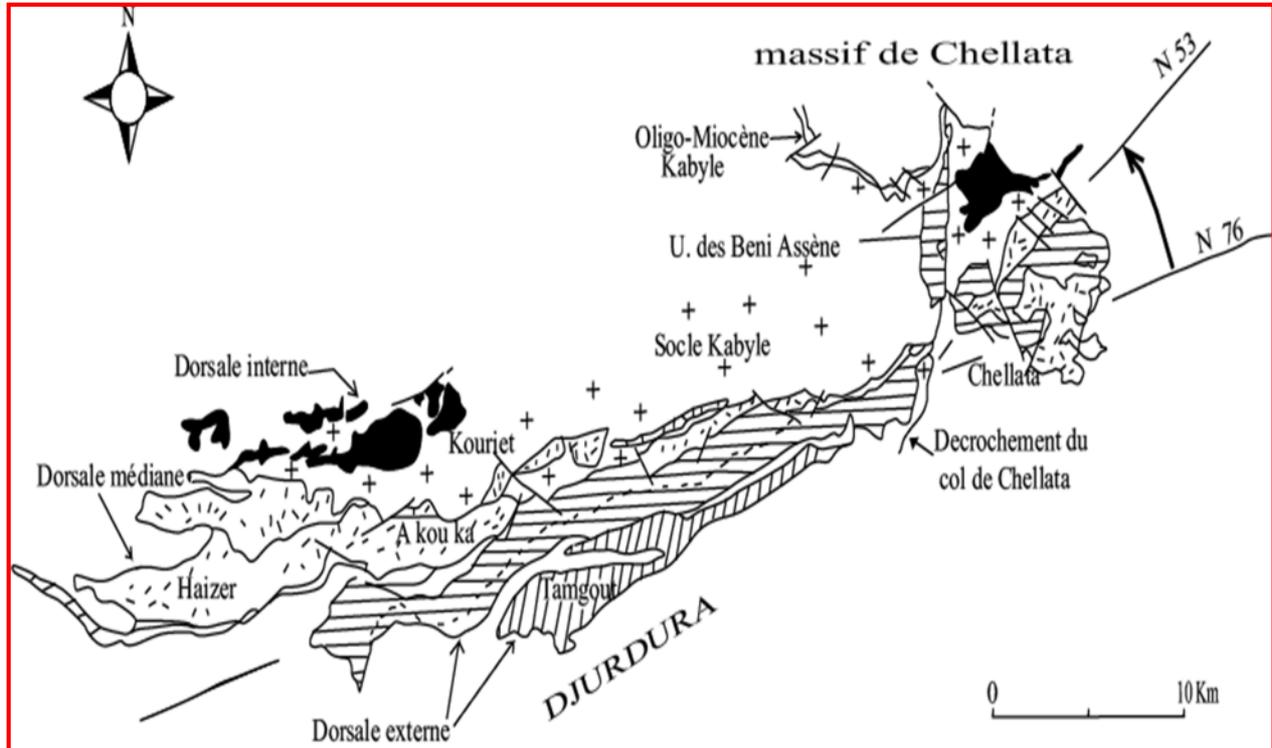
Les granites sont représentés par une roche bien cristallisée de teinte gris à beige, d'âge Anté-Silurien (DURAND-DELGA. 1955). Sa mise en place est postérieure au métamorphisme régional (enclave de para-gneiss d'ortho-gneiss et d'Amphibolites).

Les pegmatites forment des roches très cristallisées de teinte très claire, observées près du granite de Tighzert, dans les gorges d'Oued Aissi, la route de Beni Douala et dans le massif de Larbaa Nath Irathen recoupant l'encaissant qui peut être du calcaire métamorphique ou des gneiss (LOUMI, 1989). Les éléments sont constitués de quartz, muscovites, feldspaths et tourmalines en gros cristaux.

### **III.1.2. La dorsale kabyle (chaîne calcaire) :**

Le Djurdjura est une chaîne calcaire étroite discontinue constituée essentiellement de terrains carbonatés allant du Trias à l'Eo-Oligocène, qui correspond à un empilement d'écaillés liées à l'orogénèse (alpin de l'éocène moyen). Encadrée par les roches cristalloylliennes du socle au Nord et par les flyschs crétaqués au Sud. Cette chaîne est formée d'une série de plis aigus, dont les axes sont dirigés sensiblement de l'Ouest à l'Est.

Elle laisse apparaître des bandes discontinues de grès rouges triasique, surmontées de calcaires liasiques. Les massifs calcaires sont le siège de nombreuses formes karstiques. L'infiltration des eaux à la faveur de la perméabilité et de la fissuration des roches a conduit à la formation de grottes et gouffres.



**Figure II.7 :** Carte schématique interprétative de la dorsale de la grande Kabylie J.P Gélard, 1979

Les terrains qui constituent cette unité structurale sont d'âges divers (J. Flandrin)

D'après la lithostratigraphie, les auteurs définissent une dorsale interne, médiane et externe.

### III.1.2.1 Carbonifère :

Les formations qui constituent la chaîne du Djurdjura débutent par des dépôts carbonifères qui surmontent les schistes cristallins. Le Carbonifère est représenté par une puissante série (environ 500 m) de dépôts.

### III.1.2.2 Permo-Trias et Trias :

Permo- Trias et Trias sont représentés par des formations continentales formées essentiellement par des grès siliceux rouges, des calcaires en gros bancs ou lits, parfois en plaquettes, où dominent les calcaires dolomitiques.

**III.1.2.3 Lias :**

Représenté par des dépôts des calcaires dolomitiques et des calcaires en dalles.

**III.1.2.4 Crétacé :**

Les dépôts de cette période présentent de nombreuses lacunes sédimentaires, ces derniers n'affleurent pas dans notre zone d'étude.

**III.1.2.5 Lutétien :**

Les dépôts de ces étages sont représentés essentiellement par de petits bancs de calcaires jaunes, surmontés par des calcaires massifs à nummulites. Au sommet, ces calcaires montrent progressivement des grains de quartz.

**III.1.2.6 Oligocène :**

Les dépôts de cet étage (Eo-Oligocène) sont de nature essentiellement détritique, allant des conglomérats les plus grossiers à des argiles schisteuses de teinte sombre.

**III.1.2.7 Quaternaire :**

Les grandes falaises calcaires du Djurdjura sont généralement bordées par d'importantes masses d'éboulis, fréquemment cimentées et se transforment en brèches.

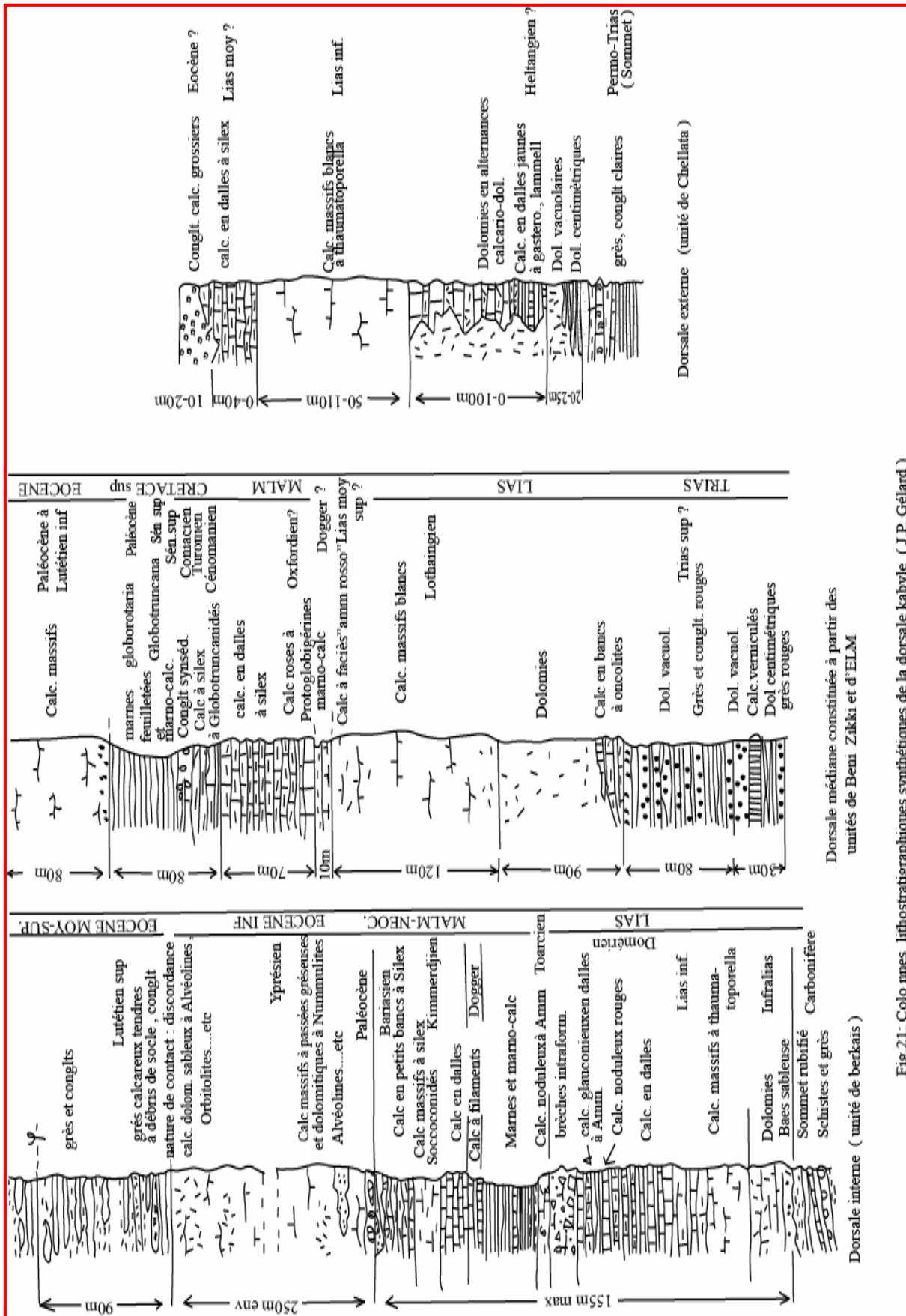


Fig.2.1: Colonnes lithostratigraphiques synthétiques de la dorsale kabyle ( J.P. Gélard )

Figure II.8 : Colonnes litho stratigraphiques de la dorsale kabyle (J.P. Gélard)

### III.1.3 L'oligo-miocène kabyle :

Cet ensemble géologique est défini comme étant des faciès détritiques datés de l'oligocène terminal au miocène basal (Burdigalien inférieur), il est en discordance avec le socle kabyle. (D. RAYMOND ; 1976)

Il est formé par des conglomérats, suivi d'argiles à rares petits bancs microbréchiques riches en débris de socle et se termine au sommet par des calcaires silicifiés.

### III.1.4 L'unité numidienne :

La série numidienne comprend de bas en haut la succession stratigraphique suivante :

- Les argiles sous numidienne : ce sont des argiles versicolores à fréquents tubotomaculum d'âge oligocène, (J.P. Gélard, 1979)
- Les grès numidiennes : ces grès sont quartzeux avec des intercalations de granulométrie grossière et petites d'âge aquitainien, (J.P. Gélard, 1979)
- Les argiles supra numidiennes : ce sont des argiles et marnes avec des intercalations de silexites d'âge Aquitainien supérieur-Burdigalien inférieur.
- Le Numidien couvre de façon plus ou moins continue une grande partie de la grande Kabylie et affleure principalement dans les massifs d'Akfadou, à, à, à l'Est d'Azazga et dans la forêt de Mizrana, (J. P. Gélard, 1979).

### III.1.5 Les flysch :

Les flysch peuvent se présenter en contact anormal, soit sur la dorsale, soit sur l'oligocène ou encore en position comparable à ceux du tell méridional que nous verrons plus loin. Ces flysch se subdivisent en deux séries : la série mauritanienne et la série massyenne.

#### Le flysch du Haut Sébaou-Azazaga :

Ce flysch présente des affinités à la fois avec le Massyien et le Mauritanien. Il s'agit généralement d'un flysch où 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 grès ou de grès quartzitiques.
  - Des grès 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 inter stratifiés parfois avec des phanites peu épaisses et souvent argileuses.
- Des argiles et marnes grises ou bleutées présentant des passés rougeâtres. Elles sont datées du Maestrichtien.
- Des marnes roses ou rouges et des bancs de calcaires organoclastiques datées du Sénonien terminal-Paléocène supérieur.

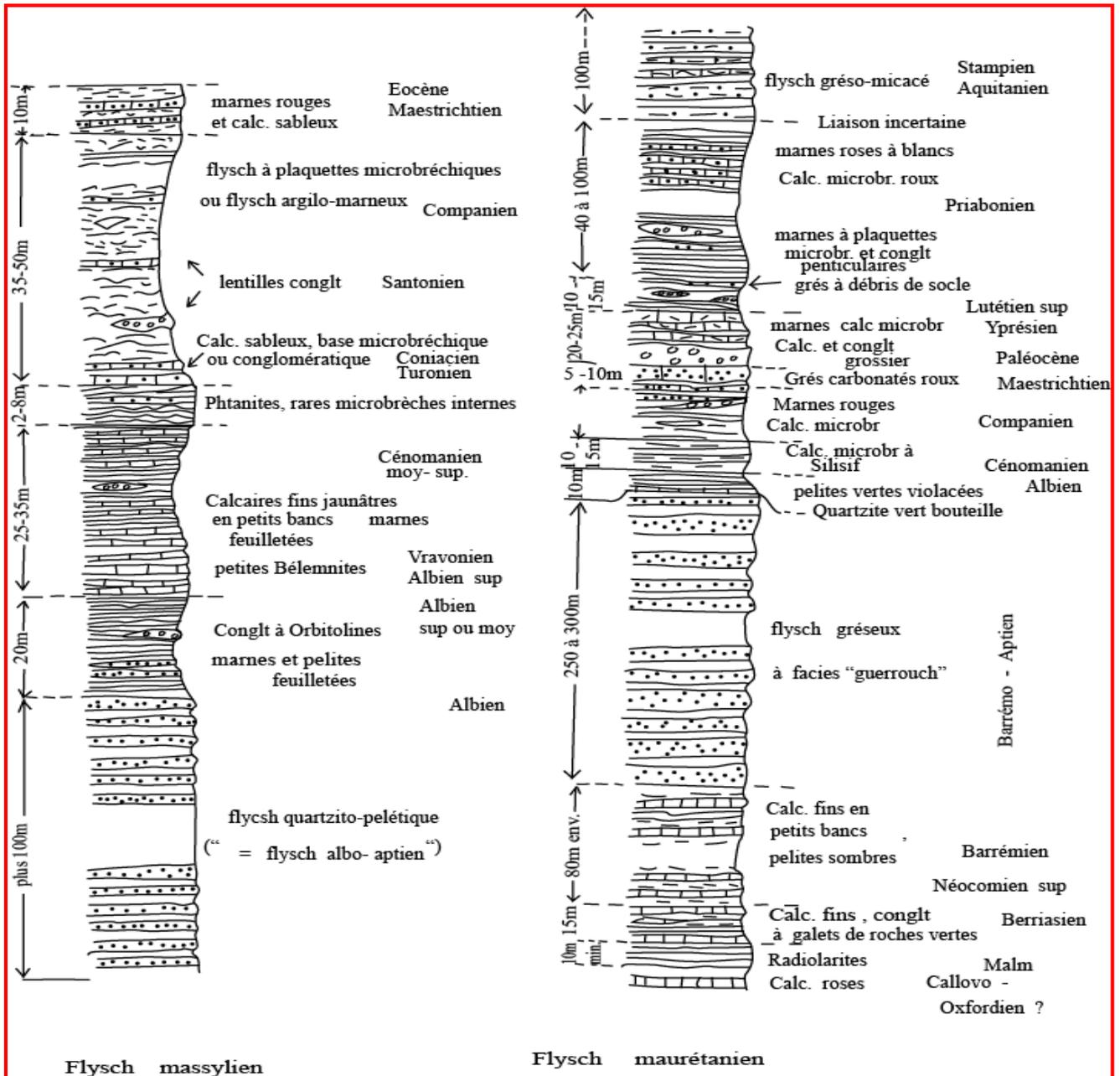


Figure II.9 : Colonnes litho stratigraphiques des flyschs Massylien Et Mauritanien (J.P. Gélard, 1979).

### III.1.6 L'olistostrome ou (Argiles à blocs) :

L'olistostrome ou (Argiles à blocs) c'est une formation à matrice tendre (argileuse, marneuse, ou pélitiques) lités ou chaotique dans laquelle sont dispersés de menus débris qu'accompagnent des blocs ou panneaux (olistolites) de tailles variables d'âge Aquitanien supérieur-Burdigalien inférieur (J.P. Bouillin, 1973).

Les olistostromes se présentent suivant 2 cas :

- **L'olistostrome I** : avec une stratigraphie faisant suite à l'Oligo-miocène kabyle, il est surmonté tectoniquement par le flysch du haut sébaou. Cet olistostrome est en position haute et affleure à Kouanine et Draa Karrouch
- **L'Olistostrome II** : est en position basse et s'intercale entre le flysch du haut sébaou et la série numidienne, Il affleure sur la route d'Azazga-Ain El Hammam (D. Raymond, 1976 ; J.P. Gélard 1979).

### III.1.7 Formation post nappe :

**III.1.7.1 Le miocène** : Le miocène occupe une grande zone synclinale entre Azazga et Dellys. Au Burdigalien terminal, Le Miocène présente à sa base des marnes puis des conglomérats surmontés par la molasse et se termine par des marnes.

Au langhien-serravalien, le Miocène est représenté par des grès surmontés de marnes. Les grès sont discordants sur le socle et les marnes tapissent l'ensemble du synclinale de Tizi-Ouzou. Ces derniers constituent l'ensemble le substratum des formations alluviales aquifères.

**III.1.7.2 Les roches volcaniques** : Ces roches n'apparaissent pas dans notre région d'étude.

**III.1.7.3 Le pliocène** : Le pliocène est constitué par une sédimentation marine, ce sont des marnes grises avec des intercalations locales de lumachelles à huitres et pectinidés.

Le pliocène repose en discordance sur le Burdigalien supérieur dans la vallée de l'oued El Arba et à Djerabet.

### III.1.8 Formation quaternaire :

Il est représenté dans le synclinal miocène par des dépôts alluvionnaires, anciens, récents et actuels, dont les âges pour les termes anciens et récents sont indéterminés.

Ces dépôts s'agissent de dépôts de galets, sables grossiers et fins, graviers, limons et argiles qui se présentent sous formes de terrasses étagées. Reflétant les différentes phases

dues à notre avis à une tectonique post-miocène et à des variations de niveau de base en relation avec celle de niveau de la mer (Glaciation, Déglaciation, épigénie).

#### **IV. Cadre tectonique :**

Dans cette étude on va essayer de décrire les grands événements tectoniques ayant marqué l'histoire géologique de la région d'étude.

##### **IV.1 Le socle cristallophyllien :**

Au niveau de chaque massif de socle, la déformation miocène s'exprime par des réactions variables en fonction des caractéristiques mécaniques du matériel ancien.

##### **IV.1.1 Déformations cassantes :**

Elles affectent toutes les unités tectonométamorphiques ainsi que le granite de Taboudrist et le Miocène discordant (LOUMI, 1989). Dans les deux régions de Beni Douala et du massif de Larbaa Nath Irathen les familles d'accidents subverticaux sont de directions moyennes.

- Failles de direction N090 : qui jouent en failles normales affectant les terrains d'âge Miocène.
- Failles de direction N180 : qui sont des failles normales et d'autres décrochantes.
- Failles de direction N140 : qui sont des accidents profonds tels que celui de Mekla, massif de Chellata (suite d'accidents discontinus).

Les orthogneiss de l'Oued Aissi sont affectés par un mouvement dextre orienté à N140 et un jeu de faille inverse orienté à N140-70°SW

- Failles de direction N005- N035- N065- N135, elles représentent des failles normales et/ ou décrochantes.

Les failles de direction N135 sont largement reconnues qui se représentent en couloire d'accident probablement décrochant, dont le jeu est essentiellement dextre. (GANI, 1988).

##### **IV.1.2 Tectonique de miocène post nappe :**

Dans la région de Tizi-Ouzou, le Miocène « Post nappe » participe aux déformations de socle, c'est ainsi que sont réalisées des structures de directions N70. Tous les plis sont à plan axial verticale, excepté l'anticlinal de Dra-Karrouch, Déversé vers le Sud.

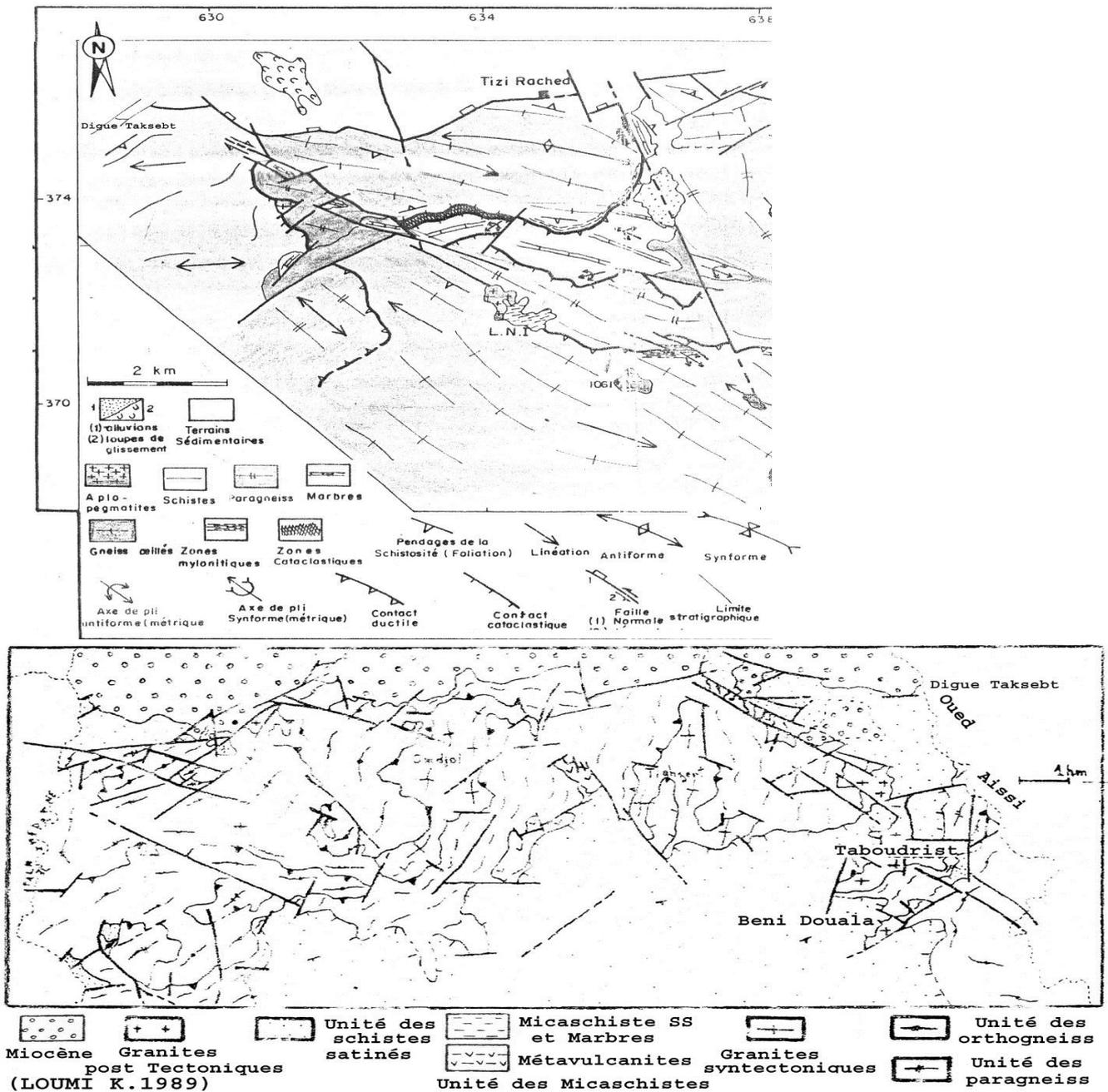


Figure II.10 : Cartes des fracturations de la zone étudiée (Gani 1988) et (Loumi 1989)

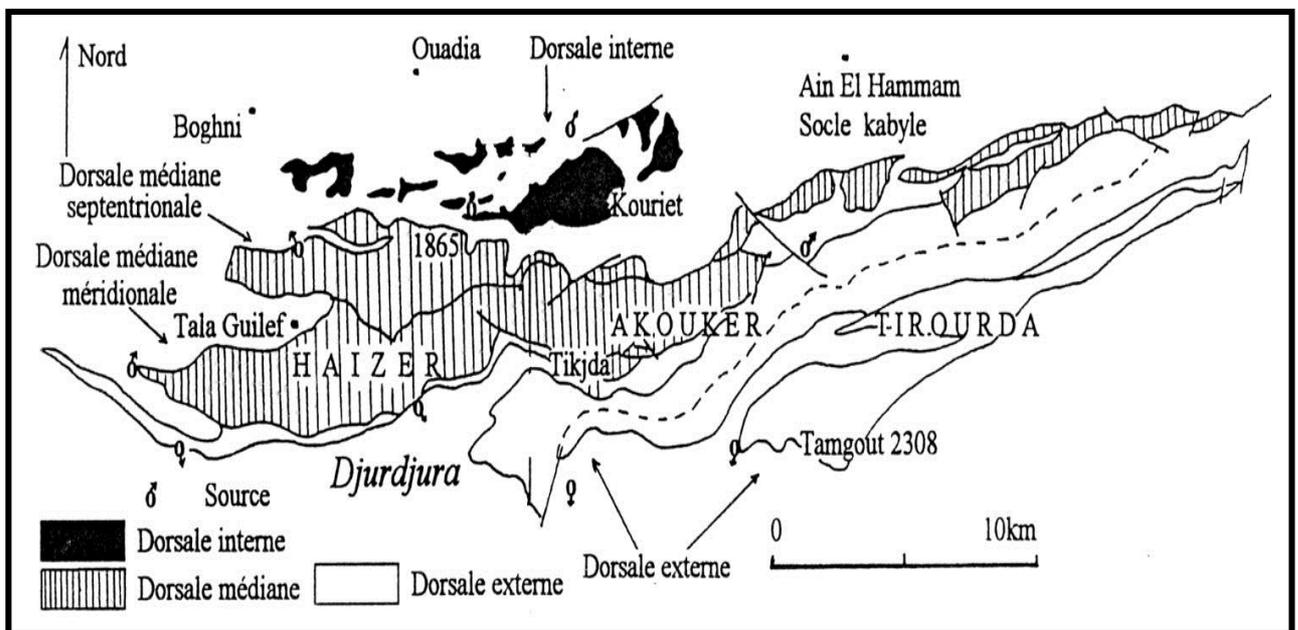
IV.1.3 Déformation ductile (plissement) :

Des plissements, des plis couchés, des plis en genou et des plis d'écoulement (fourreau) apparaissent dans les schistes satinés ainsi que dans les marbres et les gneiss (à structure oeilée) (GANI.1988 ; LOUMI, 1989).

#### IV.2 La chaîne de Djurdjura :

La structure générale du Djurdjura correspond à un empilement d'écaillés de direction N070 qui forment des plis anticlinaux de direction Est-Ouest, à plans axiaux redressés et déversés vers le Sud. Elles sont dominées par les puissantes masses calcaires du Lias inf qui sont fissurées et fracturées particulièrement karstifiées. Des accidents transversaux les délimitent et les découpent longitudinalement en Dorsales (interne, médiane et externe). Latéralement les directions N140 individualisent des ensembles tectoniques.

Cet ensemble est soulevé et décomprimé. Il disparaît progressivement vers l'Ouest sous la couverture mollassique Eo-Oligocène par plongement d'axe dans cette direction. Cette décompression favorise l'ouverture d'accidents longitudinaux.



**Figure II.11:** Carte schématique des dorsales du Djurdjura (J.P. Gélard, 1976) et vue des écaillés redressées.

#### IV.3 Conclusion :

La zone d'étude se situe au sein d'un ensemble géologique marqué non seulement par une tectonique extracontinentale (orogène alpin pré-méditerranéen), mais aussi par une tectonique intercontinentale, régionale relative à l'Algérie du Nord, et locale relative au tell septentrional.

Le bassin versant de l'oued Sébaou est représenté par des faciès géologique stratigraphiquement variés allant des plus anciens aux plus récents. En effet, nous trouvons:

- Du socle paléozoïque (socle Kabyle) ;
- Mésozoïque : chaîne calcaire, flyschs d'Afir et du Haut Sébaou ;
- Cénozoïque : chaîne calcaire, flyschs d'Afir et marnes du Miocène « post-nappes » du bassin de Tizi Ouzou (Quaternaire : alluvions anciennes, récentes et actuelles de l'Ouest Sébaou et ses affluents).

La coexistence de ces faciès est favorisée par un enchainement d'une tectonique caractéristique, en partie de la région (origine des flyschs, structures en écailles de la chaîne calcaire).

La tectonique « fini-miocène » y est pour beaucoup dans le modelé structural des formations géologiques.

# **CHAPITRE III**

## **APPORT GEOPHYSIQUE**

## I. Introduction :

Les caractéristiques des matériaux et la structure des terrains par prospection géophysique permettent de déterminer la localisation de la nappe dans les alluvions quaternaires du substratum marneux.

Dans le but de mieux connaître la géométrie et la nature des horizons aquifères et la répartition spatiale des alluvions. La C.G.G (compagnie générale de géophysique) a effectuée en 1964, à la demande de la direction de l'hydraulique de Tizi-Ouzou, une campagne de prospection géophysique par la méthode électrique couvrant l'ensemble de la vallée du Sébaou.

L'étude des résistivités des formations permet de :

- Distinguer le recouvrement alluvial résistant et son substratum conducteur.
- Localiser les zones favorables à l'implantation d'ouvrages hydraulique, susceptible de fournir les meilleurs débits

## II. Principe de mesure :

La prospection électrique est basée sur des mesures de résistivité du sous-sol. Le dispositif de mesure est un quadripôle AMNB, où A et B étant des électrodes d'injection d'un courant continu et entre M et N sont mesurés les résistivités des terrains traversés.

L'équation de la résistivité apparente du terrain s'écrit comme suit :

$$\rho = K \frac{\Delta v}{I}$$

$r$ : Résistivité apparente du terrain

$\Delta v$ : Différence de potentiel mesuré entre M et N

$I$ : Intensité du courant émis entre A et B

$K$ : Coefficient géométrique qui dépend des dimensions géométriques du quadripôle.

La profondeur d'investigation dépend de la longueur d'écart des électrodes d'émission AB. La distance entre les électrodes de réception M et N est également variable, cependant, cette dernière reste relativement très faible à l'écartement des électrodes d'émission A et B.

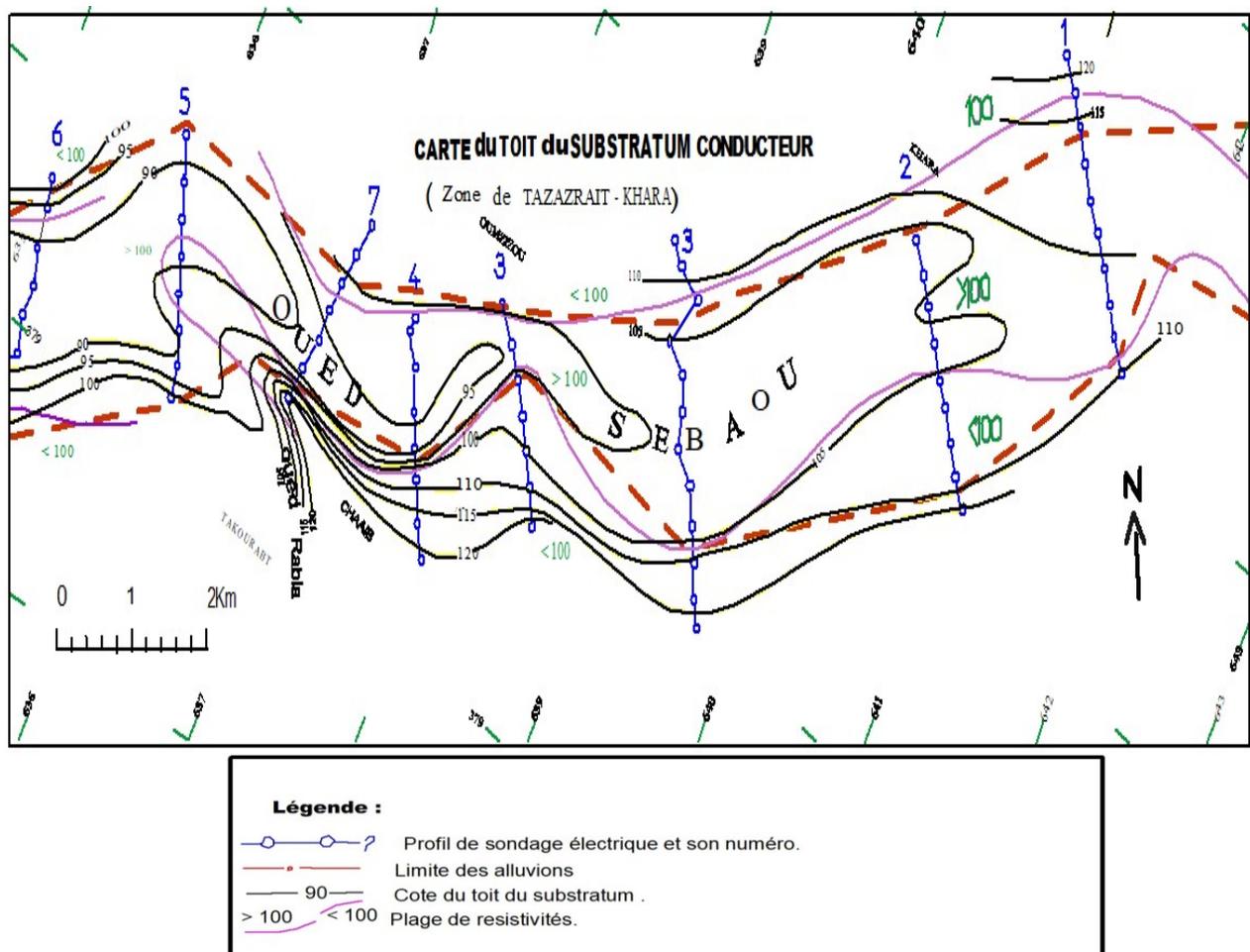
### III. Nappe alluviale du Haut Sébaou :

Dans le but de mieux connaître la géométrie et la nature des horizons aquifères, les coupes géo-électriques montrent clairement les formations aquifères de haut Sébaou.

L'un des résultats le plus important de la prospection est l'établissement des coupes transversales.

Ces coupes d'orientation N-S ont été réalisées entre Tazazrait-Kahra (figure) sont repartis comme suit :

Zone de Tazazrait-Kahra : P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 (figure 1).



**Figure III.1 :** Carte du toit du substratum conducteur de Tazazrait-Kahra (Djemai ,1985, légèrement modifié)

La zone de Tazazrait constituée de limons de résistivité de 8.5 à 30 Ω m

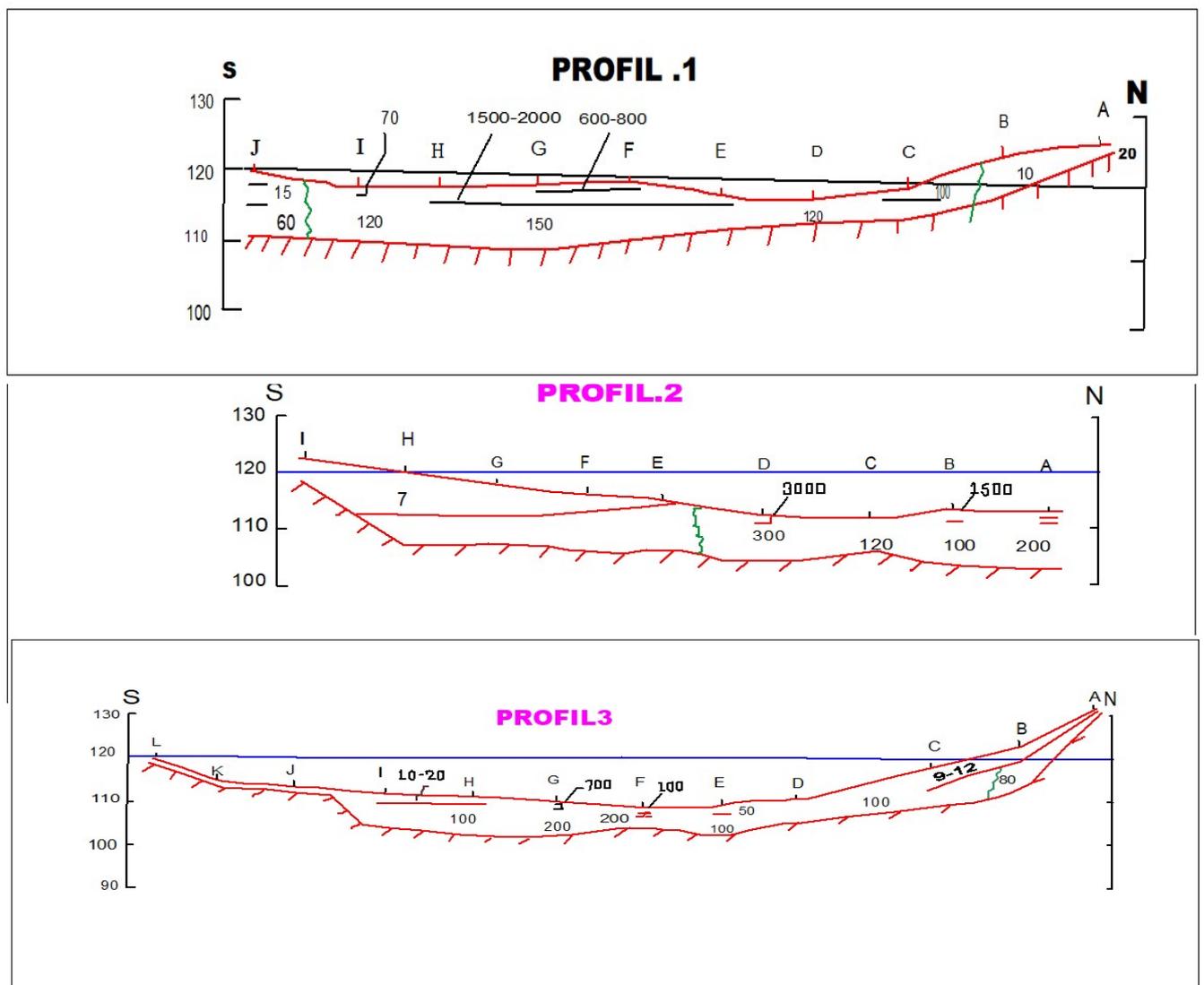
Kahra constituée des alluvions aquifères avec des résistivités de 75 à 120 Ω m

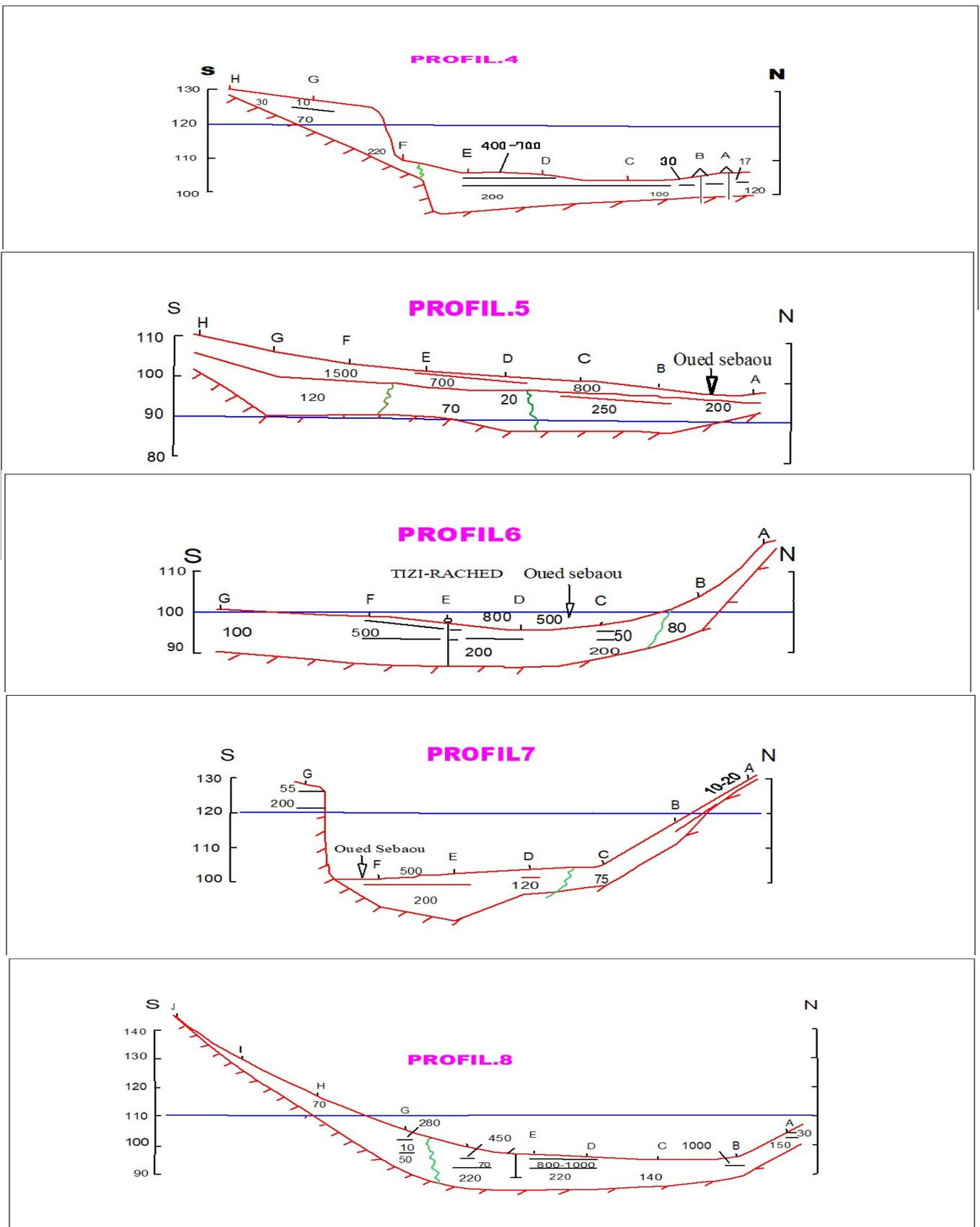
- Les mesures paramétriques effectuées dans les sondages électriques étalons ont permis d'établir l'échelle des résistivités suivantes, pour les diverses formations géologiques rencontrées (tableau) :

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

Tableau III.1 : les résistivités des formations géologiques

III.1 Les coupes géo électriques :



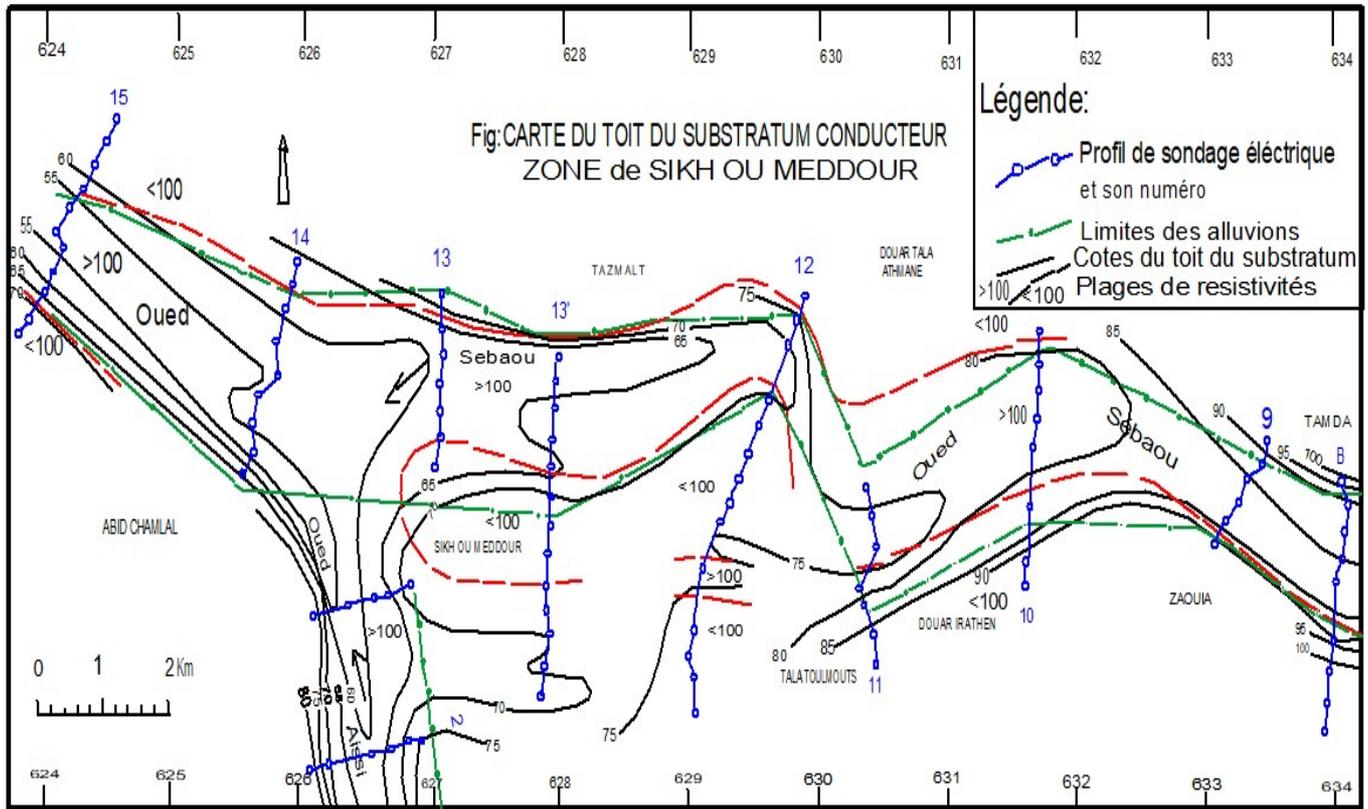


**Figure III.2 :** Coupes géo électriques suivant les profils de sondages électriques horizontale :1/10.0  
Echelle verticale :1/1000°

D'après les coupes de sondage électrique on remarque que les zones superficielles sont résistantes ; outre celles de substratum sont assez faible.

La nappes former des terrains plus résistants

III.2 La zone Sikh ou Meddour -Tamda :

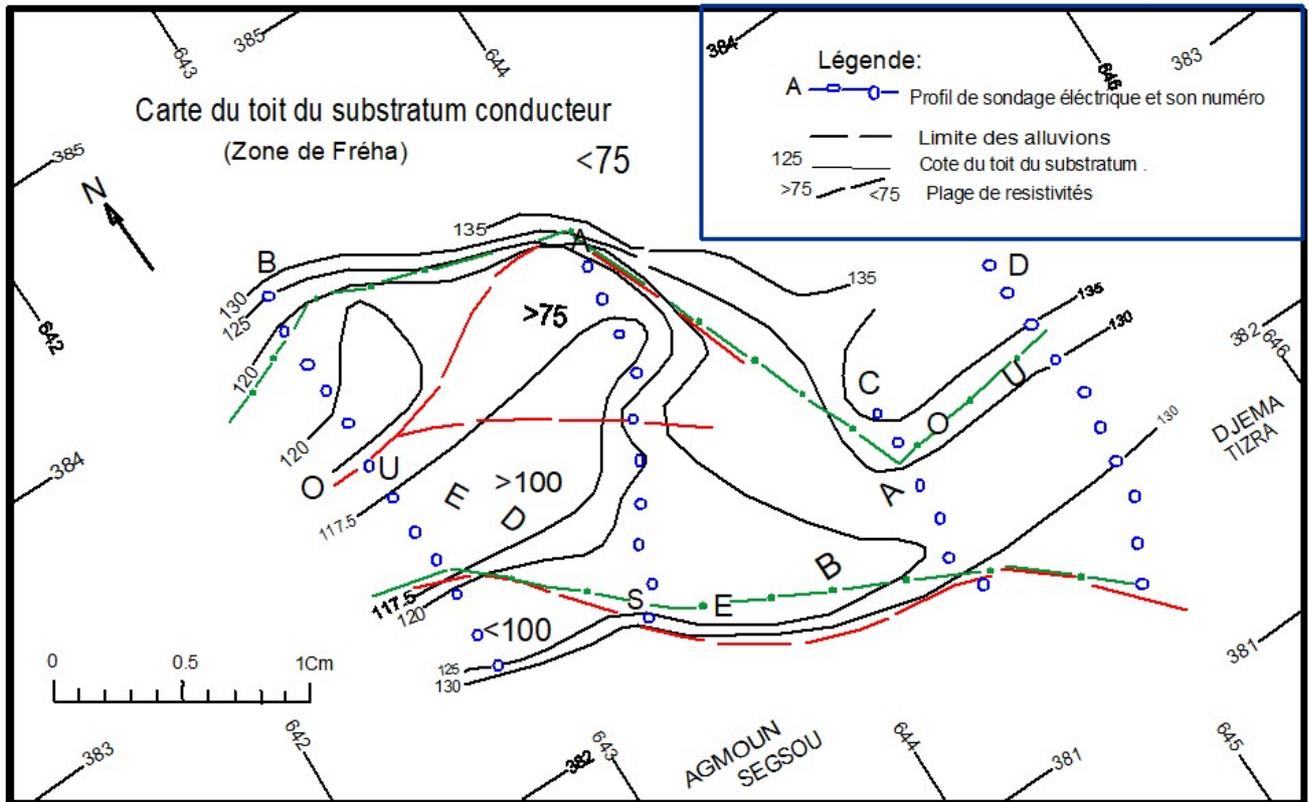


Les résultats des sondages électriques réalisés au niveau des forages sont récapitulés dans le tableau suivant

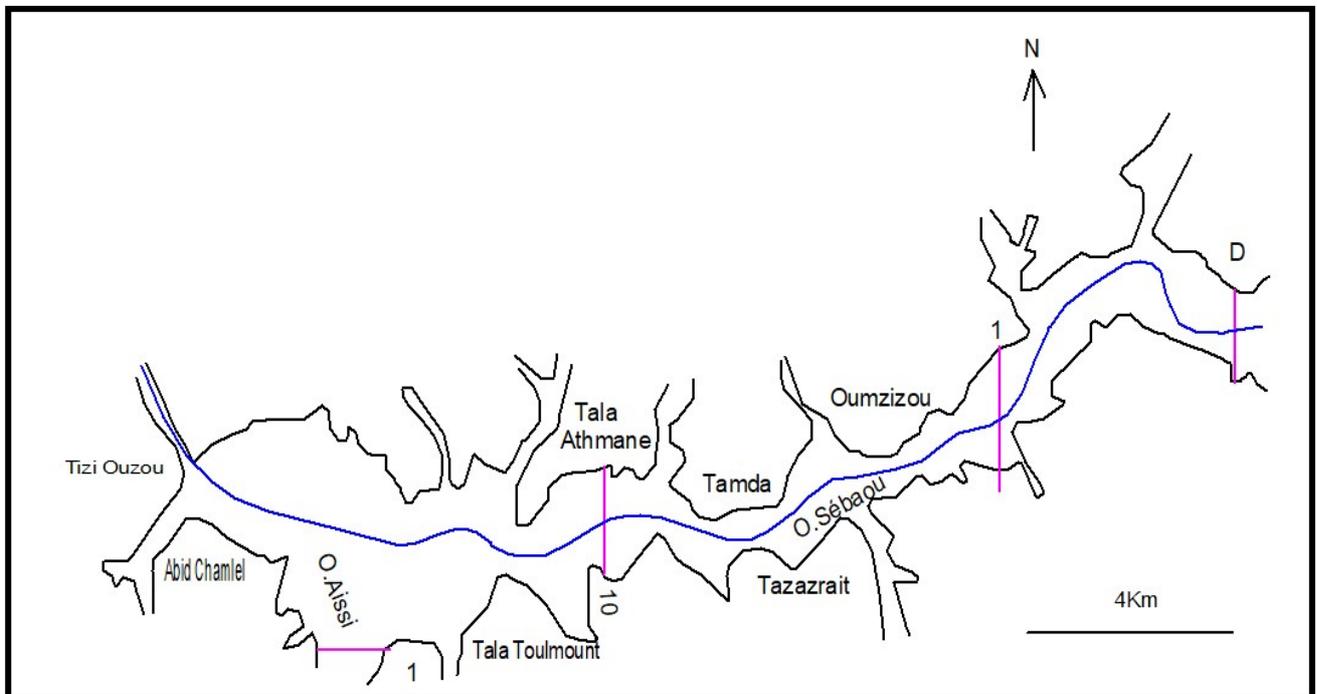
Tableau III.2: résultats de sondages électriques au niveau de Sikh ou Meddour-Tamda (Djemai 1985)

SE au niveau des forages	Epaisseurs (m)	Nature des alluvions imprégnées	Résistivités ( $\Omega$ m)
Tizi-Rached	7	Sables, graviers, galets	200
Tamda-2	6	Sables, graviers, gros galets	250
Tala Toulmouts-1	8.5	Sables, graviers, galets	200
Tala Toulmouts -2	7.5	Sables, graviers, gros galets	85
Tala Athmane-1	9.5	Sables, graviers, gros galets	200
Tala Athmane-2	6	Sables, graviers, galets	200
Tazazrait-2	9.5	Limons (6,5-9,8), sables, graviers,	150-200
Tizi ouzou -3	17	galets	20 (limons) 110
Tizi ouzou-5	15.5	Limons, sables, graviers, galets	20 (limons) 200

**Tableau III.2:** résultats de sondages électriques au niveau de Sikh ou Meddour-Tamda (Djemai 1985)



**III.2.1 Les différentes coupes géo électriques effectuées dans le Haut Sébaou :**



**Figure III.3 :** Carte de situation des coupes géo électriques dans le Haut Sébaou (Hadjou, 2008)

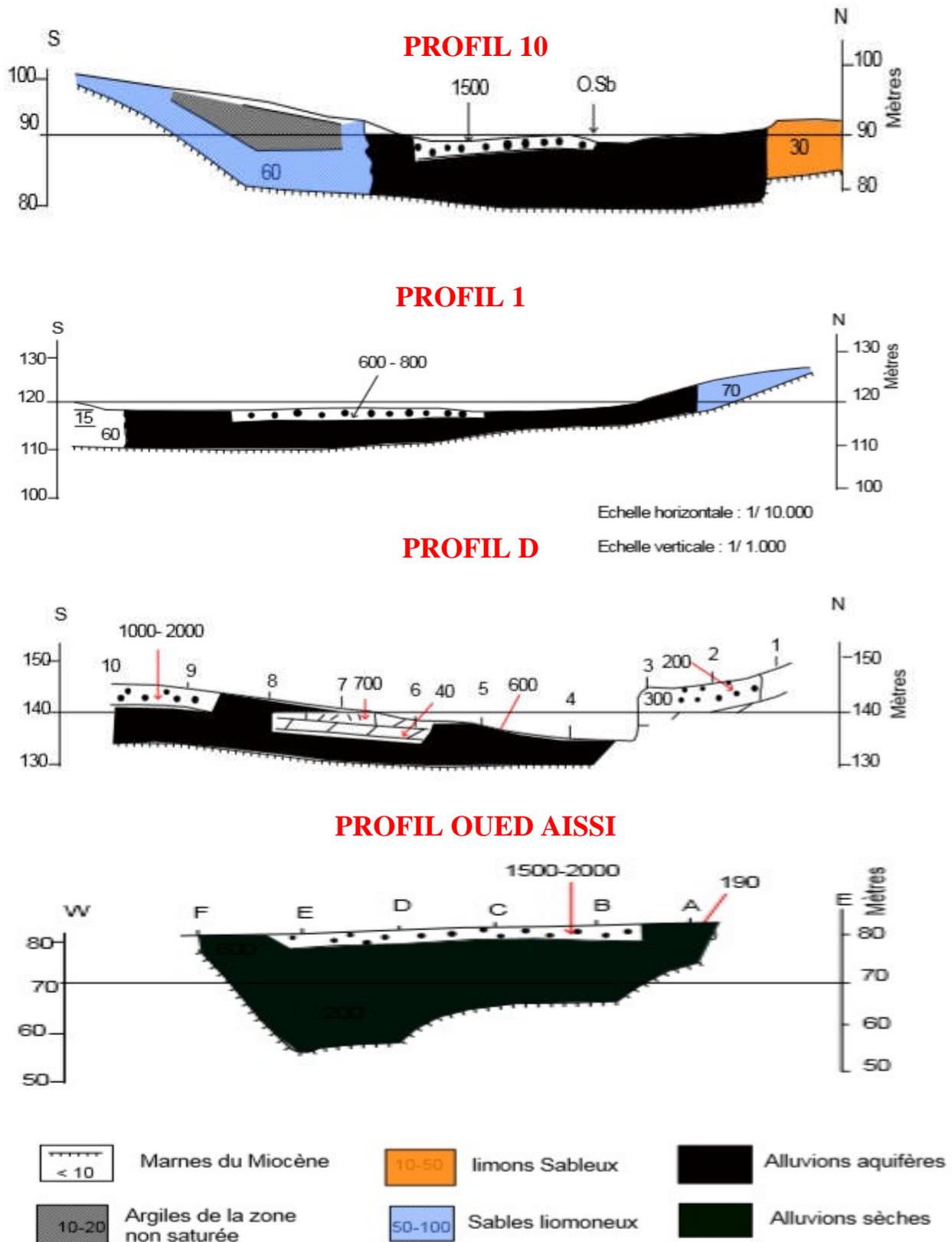


Figure III.4 : coupes géo électriques à travers la vallée Haut Sébaou.

III.3 Interprétation des profils géoélectriques :

Sur les coupes géoélectriques on peut remarquer :

La zone superficielle conductrice (limons de recouvrement) ou résistante (alluvions non saturés) d'épaisseur réduite (0.5 à 1m).

- Un substratum conducteur imperméable (marno-argileux) avec des résistivités faibles d'ordre 10ohm.m
- Une nappe alluviale aquifère constitué d'alluvions aquifères de résistivités élevées varie entre 100 et 200 ohm.m avec une épaisseur de 5 à 20 m qui diminue de l'amont vers l'aval qui présente l'évolution de la géométrie de l'aquifère.

- On distingue également une diminution de la résistivité de l'amont vers l'aval dû essentiellement au granoclassement des formations alluviales ce qui concorde avec un enrichissement en particules fines et une augmentation de la minéralisation des eaux dans le même sens. L'évolution de la résistivité des formations correspond à l'enrichissement en matériaux pélitiques

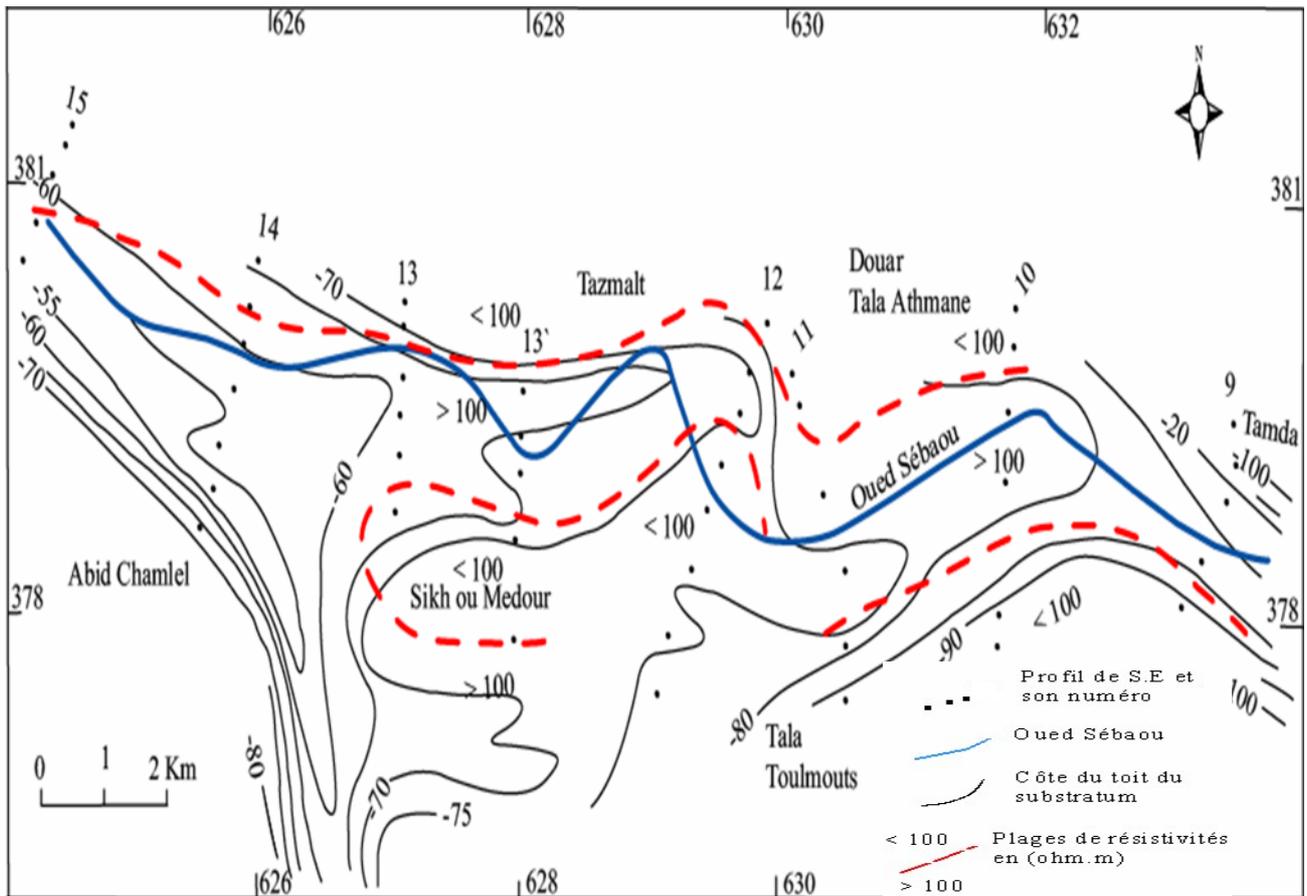
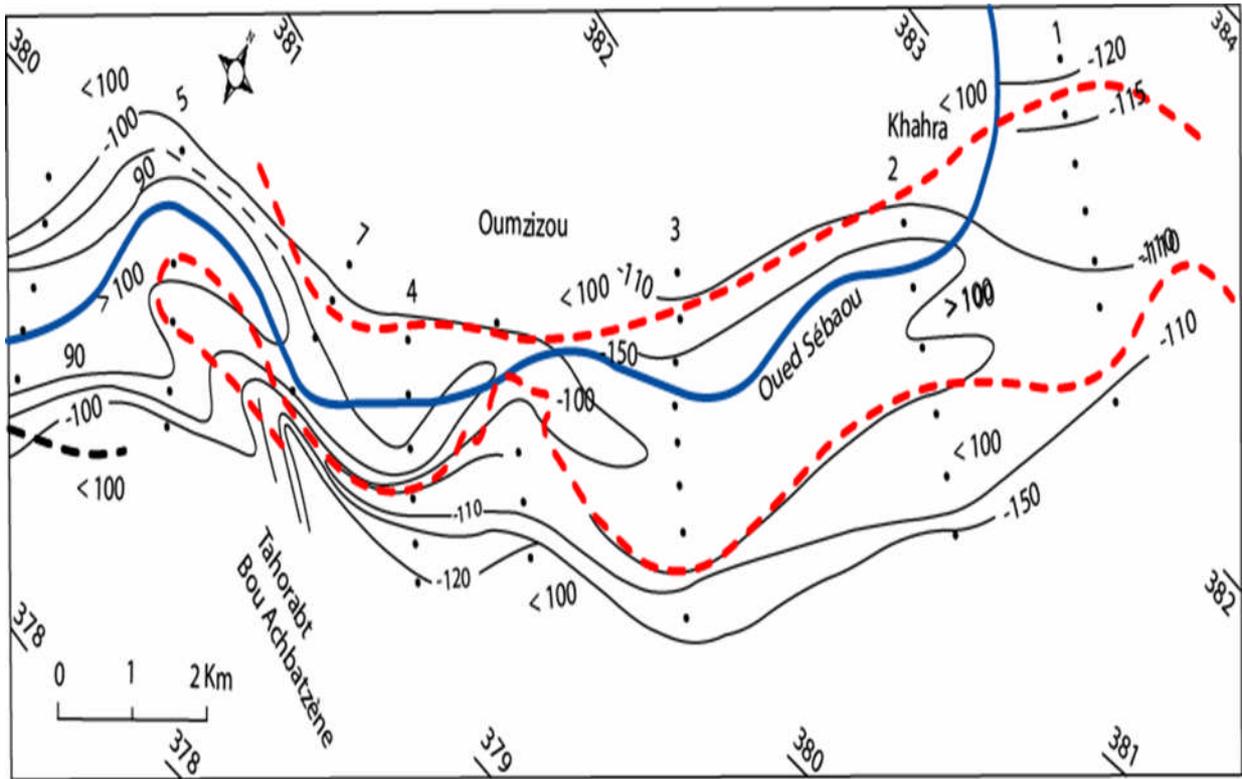


Figure III.5 : Carte de résistivité apparente en ligne d'émission AB=1000m  
Zone Sikh ou Meddour -Tamda (CGG 1964)

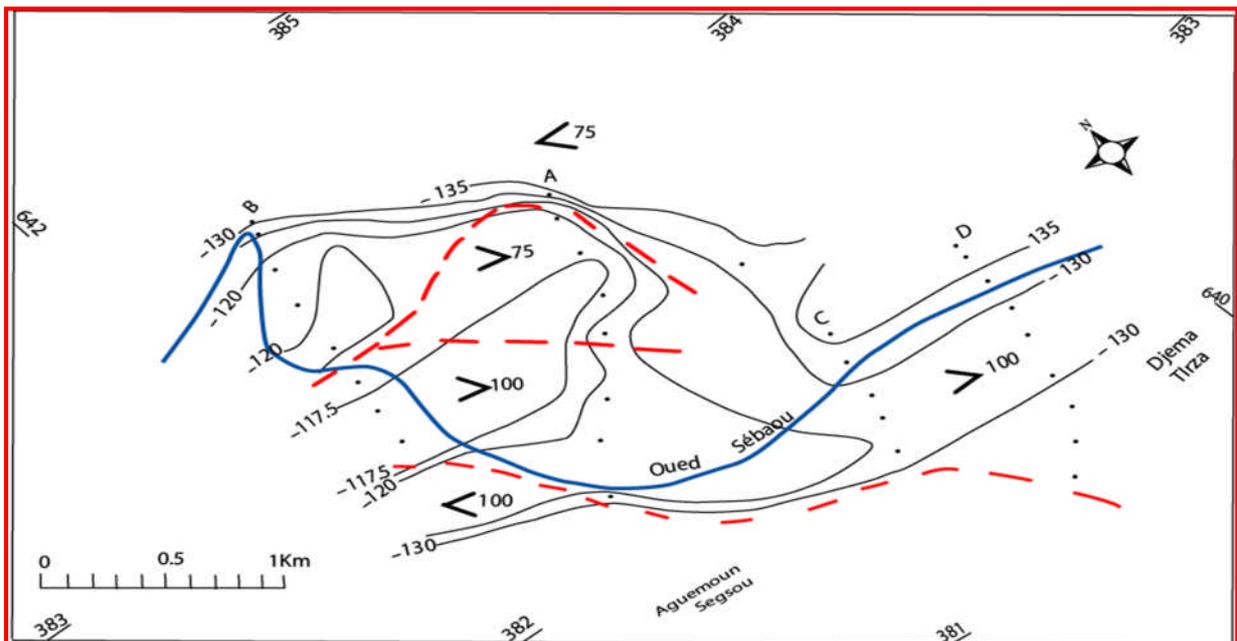


**Figure III.6 :** Carte de résistivité apparente en ligne d'émission AB=1000m  
Zone Tazazrait-Kahra

La zone de Tazazrait constituée de limons de résistivité de 8.5 à 30Ωm

Kahra constituée des alluvions aquifères avec des résistivités de 75 à 120 Ωm

La zone de Freha formé de marnes du substratum de résistivité de 6 Ωm



**Figure III.7 :** Carte de résistivités apparente en ligne d'émission AB=1000m  
Zone : Freha-Djema Tizra

L'analyse de ces cartes permet de distinguer deux zones de résistivités apparentes nettement différentes :

- Une zone de forte résistivité ( $\rho_a > 100$  ohm.m) relative au centre de la vallée.
- Une zone de faible résistivité ( $\rho_a < 100$  ohm.m) relative aux bordures de la vallée.

**IV. Sondage mécanique :**

Un étalon a été effectué sur les sondages existant Par prospection géophysique (CGG). Qui sont :

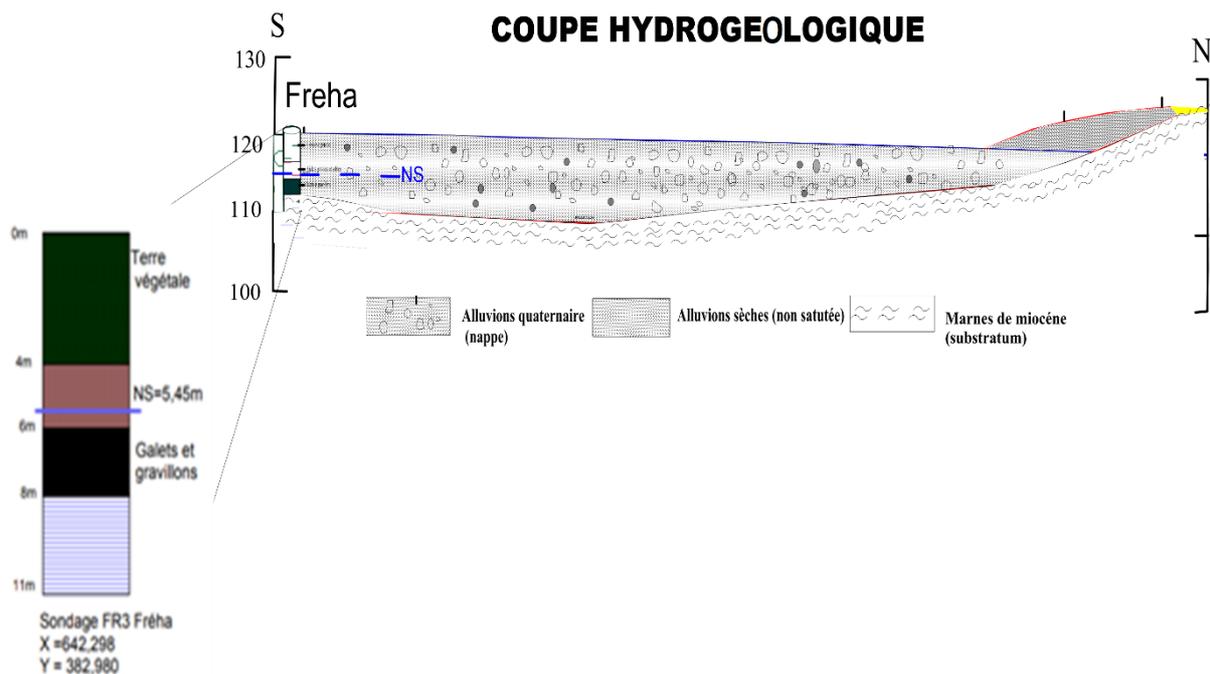
- Forage de reconnaissance FR3 Fréha, de profondeur 11 m ;

Le positionnement des sondages mécaniques étatiques sur la carte des résistivités permet à la procéder de la mise en parallèle des profils géophysiques N°1, qui sont réalisés par le logiciel de surfer et ces coupes.

Cette procédure donne quelques indications concernant les relations entre les couches géologiques et les résistivités électriques pour notre plaine (voir la légende)

Les couples (sondage électrique, sondage mécanique) les plus proches entre eux, permet la mise en parallèle.

Enfin, en superposant les colonnes lithologie sur le profil électrique pour avoir la reconstitution du leur succession lithologique



**Figure III.8 :** Coupe hydrogéologique schématique de forage FR3(Hajou,2008, modifié)

Les résultats suivants obtenus à partir de forage du Freha :

Le recouvrement plio-quadernaire a une épaisseur totale de m. L'ensemble graviers, galets, conglomérats est très résistant (100-150 ohm) et se distingue bien du substratum marneux très conducteur.

La coupe hydrogéologique longitudinale schématique réalisé dans la plaine alluviale du Haut Sébaou permet une meilleure approche de l'hydrogéologie de l'aquifère alluvionnaire.

Cette coupe montre que l'aquifère alluvial est à nappe libre, avec la présence des niveaux argileux discontinus incorporés dans la masse alluviale (carte de résistivité).

## **V. Conclusion :**

Les données de la prospection géophysique effectuée dans la zone d'étude a permis de dégager les résultats suivants :

- Un substratum marneux d'âge miocène avec des résistivités faibles d'ordre 10 ohm.m
- Un niveau résistant constitué d'alluvions aquifères de résistivités variant entre 100 et 200 ohm.m.
- Une couverture limono-argileuses qui couvre par endroits les alluvions aquifères de résistivités comprises entre 10 à 20 ohm.m (profil 10).

L'interprétation des cartes de résistivités apparentes montre que l'épaisseur de l'aquifère alluviale augmente des bordures de la vallée vers son centre (résistivité importante au centre) qui est l'endroit privilégié pour l'implantation des ouvrages de captage.

- La largeur de la nappe varie de 0,8 à 3 km, d'amont vers l'aval.

# **CHAPITRE IV**

**ETUDE HYDRO CLIMATOLOGIQUE**

# **CHAPITRE V**

**APERÇU HYDROCHIMIE**

## I. Introduction :

L'étude hydro chimique de la nappe du Haut Sébaou a pour but de déterminer la nature chimique des eaux ; les facies chimiques dominants ; ainsi que l'élaboration des cartes des anions et des cations correspondants. A l'aide des données recueillis au niveau de l'ANRH pour une campagne d'échantillonnage effectuée sur quatorze (14) forages répartis sur l'ensemble de la plaine du Haut Sébaou. On déterminera l'aspect qualitatif de la nappe alluviale du Sébaou par l'interprétation des résultats d'analyses chimiques des échantillons prélevés durant les campagnes basses et haute eaux 2018.

Les résultats des analyses chimiques réalisées ont porté principalement sur les éléments majeurs à savoir :

- Cation :  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,
- Anion :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux (température, pH, conductivité et les éléments chimiques dissous) évoluent en fonction de la nature lithologique des formations traversées.

## II. Caractéristiques physico-chimiques :

L'étude hydro chimique a pour but de :

- Avoir une idée globale sur la qualité actuelle des eaux de la zone étudiée.
- Analyser l'évolution spatiale de chaque élément à travers l'aquifère.

## III. L'évolution spatio-temporelle des paramètres physiques :

### III.1 La température :

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz ainsi que sur la valeur du pH. La connaissance de ce paramètre permet aussi de donner des indications sur les profondeurs de circulation des eaux souterraines.

Dans notre étude la température moyenne donnée est 14.2 °C (Annexe V2).

### III.2 Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement normalement entre 7,2 et 7,6 d'après (Rodier, 2009), en revanche le pH des eaux de la nappe étudié (Haut Sébaou) compris entre 7,3 et 8,2 (Annexe V2), indiquent des eaux

généralement neutres à légèrement basiques.

### III.3 Conductivité électrique :

Elle exprime la propriété de l'eau à conduire le courant électrique, donc traduit sa teneur en sels dissous, elle est exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . 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 du Haut Sébaou montrent des conductivités oscillantes entre 604 et 1579  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (2018) (Annexe v.2).

### III.4 Degré Hydrotimétrique Total des eaux (D.H.T) :

La dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique est une mesure globale de la concentration en sels dissous de l'eau en calcium et en magnésium.

Une eau à titre hydrotimétrique élevé est dite dure, dans le cas contraire, il s'agit d'une eau douce.

Le D.H.T d'une eau correspond à la somme des concentrations en ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$

$$\text{D.H. T} = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} \text{ (még/l)}$$

Le DHT exprimé en degré français correspond à  $(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) \times 5$ .

**Tableau V.1:** DHT de l'eau 2012/2013(ANRH)

Classe de D.H.T (°F)	Dureté de l'eau	Haut Sébaou	Haut Sébaou
		Basses eaux	Hautes eaux
10 à 15	Douce	0%	0%
15 à 20	Moyennement douce	0%	0%
20 à 35	Dure	30%	0%
> 35	Très dure	70%	100%

Le tableau ci-dessus présente les pourcentages de concentration en sels dissous dans de l'eau en Mg et Ca.

La majorité des eaux de la vallée du Sébaou sont dures à très dure.

**III.5 Résidu sec :**

Le résidu sec représente la totalité des sels dissous et la matière organique, il correspond à la minéralisation totale d'une eau. Dans la nappe alluviale du Haut Sébaou le résidu sec varie en moyenne de 448 à 1025 mg/l (ANRH 2018).

**IV. Classification des eaux :****IV.1 Représentation graphique des analyses et classification des eaux :**

Plusieurs méthodes de représentation graphique et de classification ont été élaborées. Parmi elles ; nous avons retenu celles de Schoëller Berkloff et de Piper.

**a) 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 (%) de chaque cation ou anion :

$$r\% = \frac{100}{\sum r^+} \times r$$

$$r\% = \frac{100}{\sum r^-} \times r$$

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

$r^-$  = 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.

**Bilan ionique :**

Tableau V.2: Formules Caractéristiques selon Stabler des eaux de la Haute vallée du Sébaou.

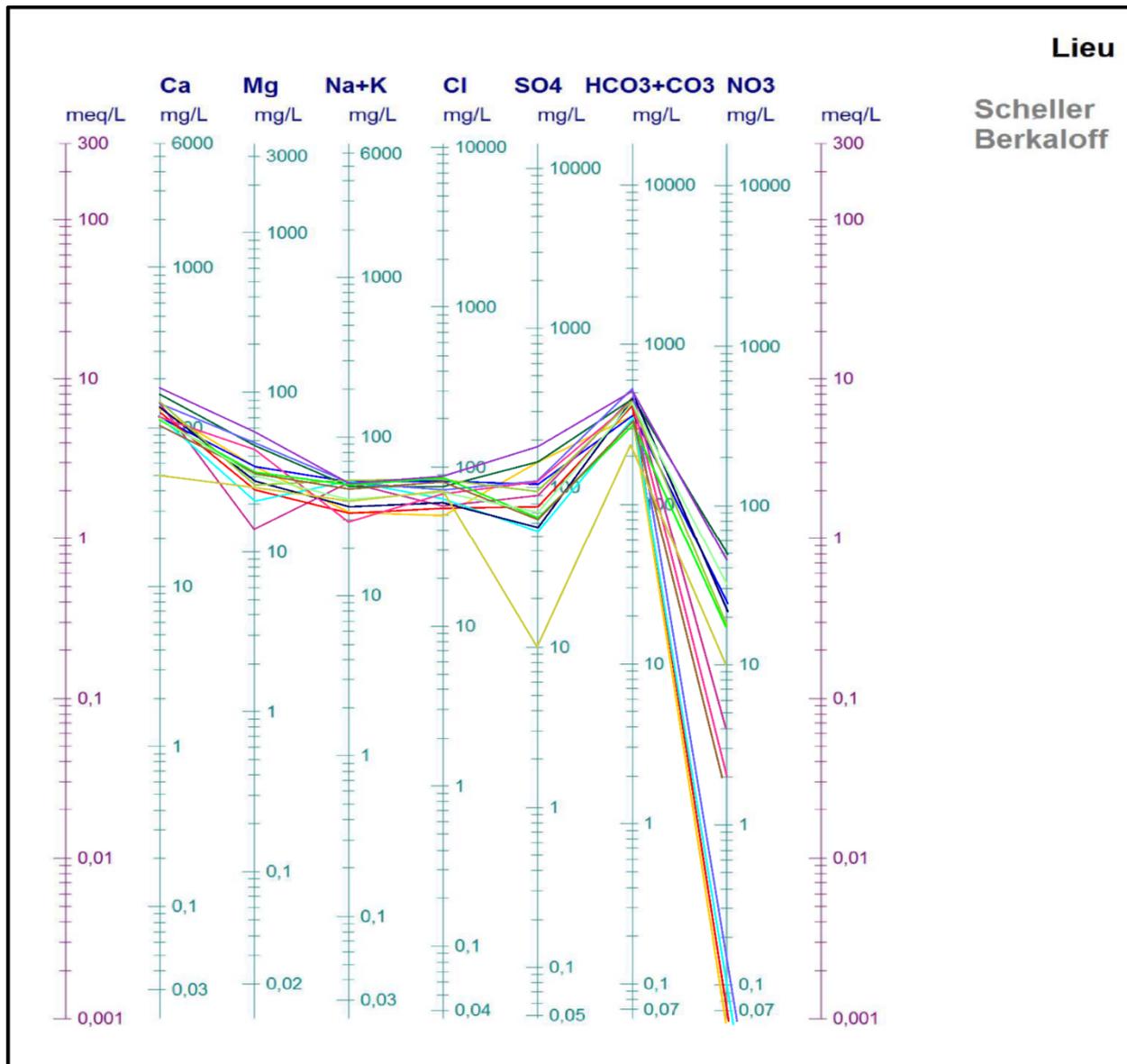
N° de forage	Formule caractéristique	Faciès des eaux
W23-029 W23-030 W24-007 W45-002 W45-025 W23-029 W45-002	$R(\text{Ca}) > r(\text{Mg}) > r(\text{Na}) > r(\text{K})$ $r\text{Hco}_3 > r\text{So}_4 > r(\text{Cl}) > r(\text{No}_3)$	Bicarbonaté calcique
W24-001 W24-0034	$r(\text{Ca}) > r(\text{Na}) > r(\text{Mg}) > r(\text{K})$ $r\text{Hco}_3 > r(\text{cl}) > r(\text{SO}_4) > r(\text{No}_3)$	
W45-021 W24-034 W45-016 W45-021 W45-025	$r\text{Ca} > r\text{Mg} > r(\text{Na}) > r(\text{K})$ $r\text{Hco}_3 > r(\text{Cl}) > r(\text{So}_4) > r(\text{No}_3)$	
W24-001	$r(\text{Ca}) > r(\text{Na}) > r(\text{Mg}) > r(\text{K})$ $r\text{Hco}_3 > r(\text{So}_4) > r(\text{Cl}) > r(\text{No}_3)$	

Tableau V.3 : Les caractéristiques physico-chimique de Haut Sébaou 2018(ANRH Tizi-Ouzou)

Puits	Ph	Cond	Ca	Mg	Na	K	Bicarbonate	Co3	Cl	So4	No3
W23-029	7,6	1 063	139	37	33	2	366	0	54	148	0
W23-030	7,6	1 060	122	37	48	4	366	0	72	108	25,0
W24-001	7,5	987	148	16	52	1	473	0	59	90	4
W24-007	7,8	846	130	26	31	2	412	0	47	78	0
W24-034	8,2	843	126	21	48	1	381	0	64	55	0
W45-002	7,6	1 290	165	47	45	3	473	0	62	159	55
W45-021	7,6	905	148	26	35	3	442	0	50	56	21
W45-025	7,7	1 180	157	50	52	2	534	0	62	123	0
W23-029	7,6	1 010	135	45	27	3	397	0	67	118	2
W24-001	7,4	1 193	158	29	55	2	458	0	80	96	18
W24-034	7,6	963	119	33	51	1	366	0	84	68	18
W45-002	7,4	1 386	174	57	48	5	458	0	89	180	47
W45-016	7,6	847	111	33	38	1	336	0	82	65	2
W45-021	7,3	950	135	31	31	9	397	0	72	68	31.5
W45-025	7,3	604	51	29	21	19	275	0	63	10	10



logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points qui représentent les différents éléments chimiques.



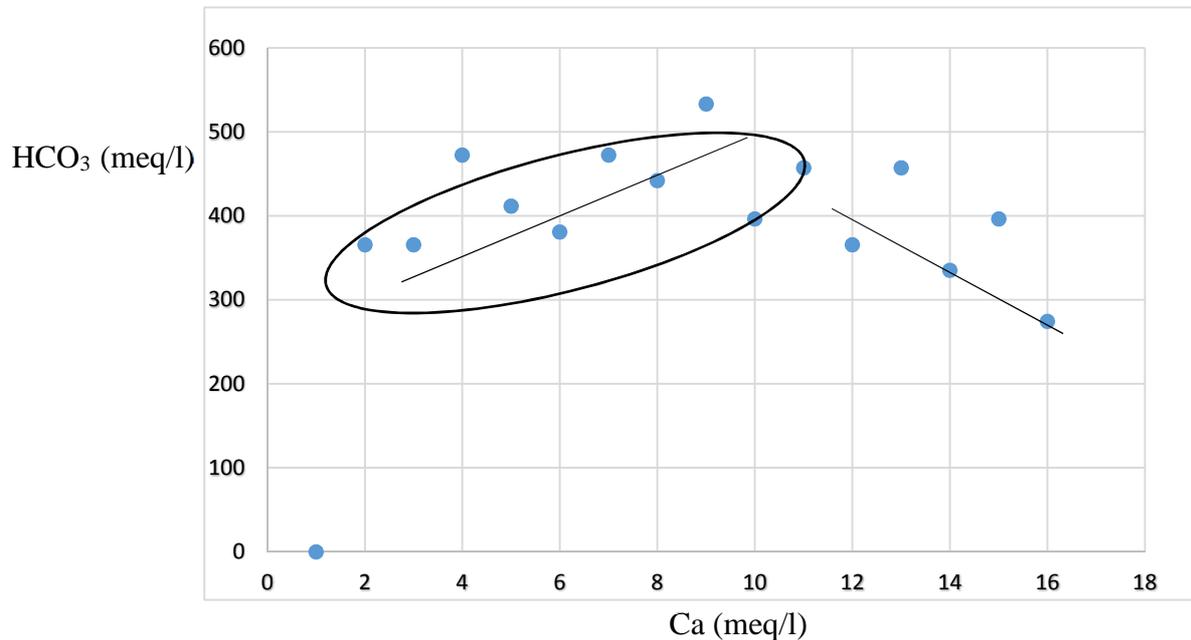
**Figure V.2:** Classification des eaux souterraine selon le diagramme de Schoëller- Berkaloff  
(Haut Sébaou 2018)

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.

D'après la représentation graphique de Schoëller Berkaloff le faciès chimique le plus répondu dans la vallée du Haut Sébaou est le ***Bicarbonaté Calcique***.

### IV.2 Origine des éléments chimiques :

Les eaux sont bicarbonatées calciques secondairement magnésiennes. Les éléments qui apparaissent comme faciès dominants sont les bicarbonates et le calcium.



**Figure V.3 :** rapport Hco3/Ca.

Le nuage de points indique que les bicarbonates évoluent avec le calcium du début de la concentration jusqu'à la valeur de 10 meq/l de Ca (Figure 3), au-delà le calcium semble évoluer avec d'autres éléments.

D'après Djemai Mohammed les origines des éléments sont les suivants :

- Le sodium et le potassium peuvent provenir des gneiss et des micaschistes en raison de l'abondance des micas (le sodium peut en partie provenir des roches sédimentaires).
- Le calcium et le magnésium seraient issus des roches à amphibole du socle kabyle et aussi des roches sédimentaires.
- Les chlorures et les sulfates pourraient être issue des eaux de pluies et des lentilles de gypse que l'on rencontre dans les marnes du miocène.

### IV.3 Aptitude à l'irrigation :

Lorsque les ions Na<sup>+</sup> sont très abondants à l'état dissous dans les sols, ils peuvent remplacer les ions Ca<sup>++</sup> dans le complexe absorbant par échange de bases (Ayers et al., 1994 ; Maait, 1997). La combinaison de la conductivité électrique et du SAR (Sodium Absorption

Ratio) permet de discerner ce risque : le risque est d'autant plus grand que la conductivité et le SAR sont élevés (Landreau, 1987 ; Rhoades, 1992).

Le S.A.R a été calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rMg + rCa}{2}}} \text{ meq/l.}$$

Le diagramme de Richards a permis la classification des eaux de la nappe de Haut Sébaou pour l'usage agricole.

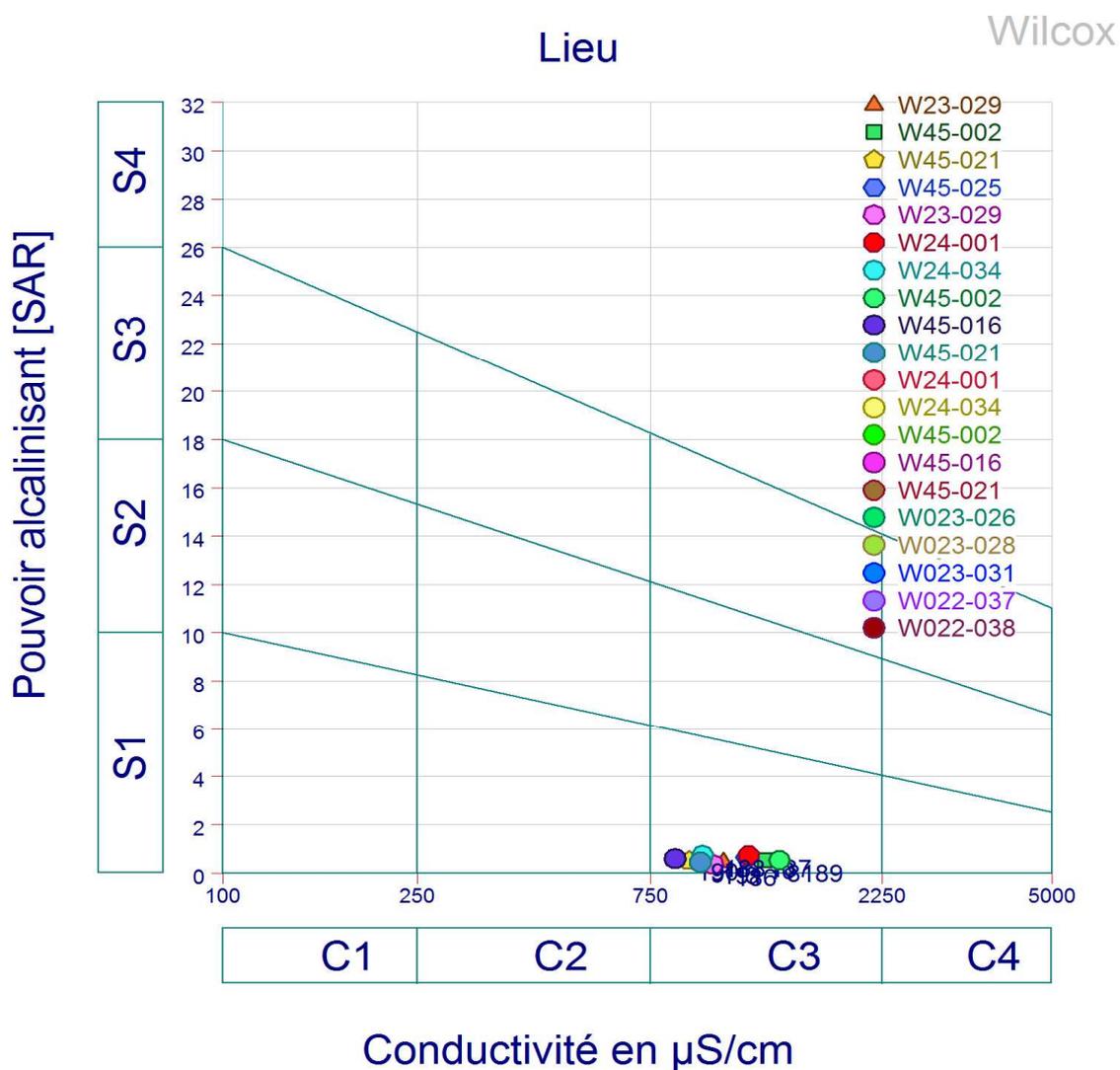


Figure V.4 : Diagrammes de Richards et Riverside pour les eaux de la nappe Haut Sébaou (Juin, Octobre 2018)

L'eau de la nappe étudiée appartient à la classe : conductivité 3 et SAR faible.

**Tableau V.4 :** Répartition de la qualité des eaux d'après le diagramme de Richards

Classes	Qualité
C2S1	Bonne
C3S1	
C3S2	Médiocre
C4S1	Mauvaise
C4S2	

Les eaux livrées par cette nappe appartiennent à la catégorie C3-S1. Elles sont considérées comme des eaux bonnes pour l'irrigation, donc peuvent être utilisées sans aucun danger.

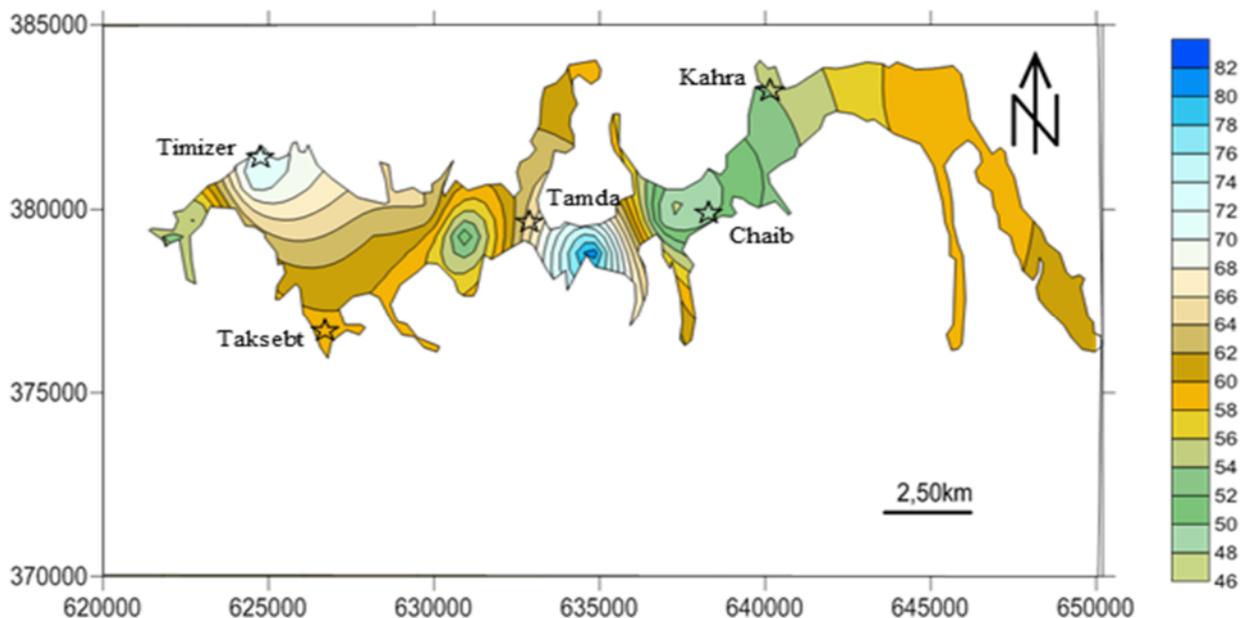
**IV.4 Interprétation des cartes hydro chimiques :**

Les interprétations graphiques des analyses chimiques ont permis de constater :

- Dominance du faciès bicarbonaté calcique.
- Des teneurs anormalement élevées dans certains ouvrages.

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 hydro chimiques suivantes :

**IV.4.1 Cartes d'isoteneurs en chlorures :**

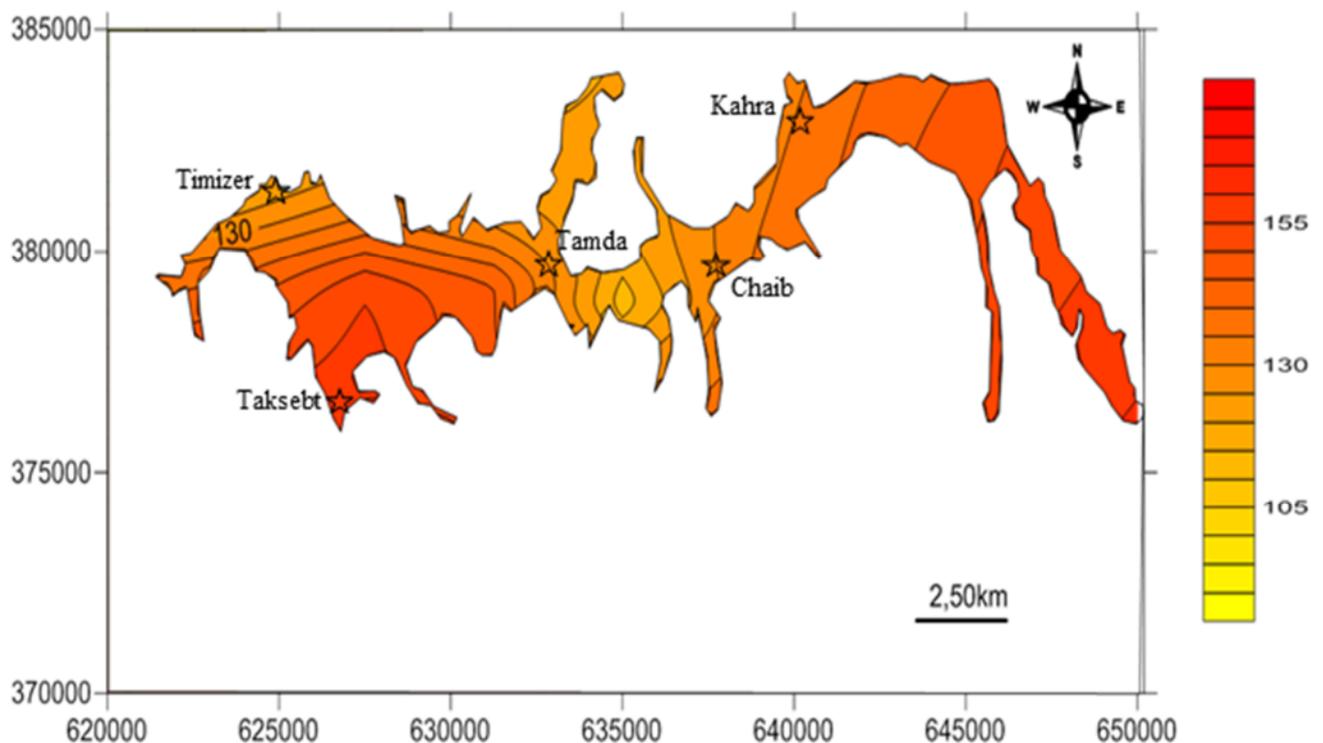


**Figure V.5 :** Carte de chlorure des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sébaou (2018)

Les teneurs en chlorures des eaux de la nappe alluviale du Haut Sébaou sont relativement faibles et ne dépassent pas les normes de l'OMS 2011 de 500 mg/l (**tableau 1 annexe V2**). Les teneurs en chlore varient de 46 à 82mg /l.

La carte d'isoteneurs en chlorure montre que les teneurs les plus importantes sont enregistrées dans les régions de Tamda et Chaib dû à la nature des terrains traversés ou qui peut être provoqués par un lessivage des terrains.

#### IV.4.2 Cartes d'isoteneurs en calcium



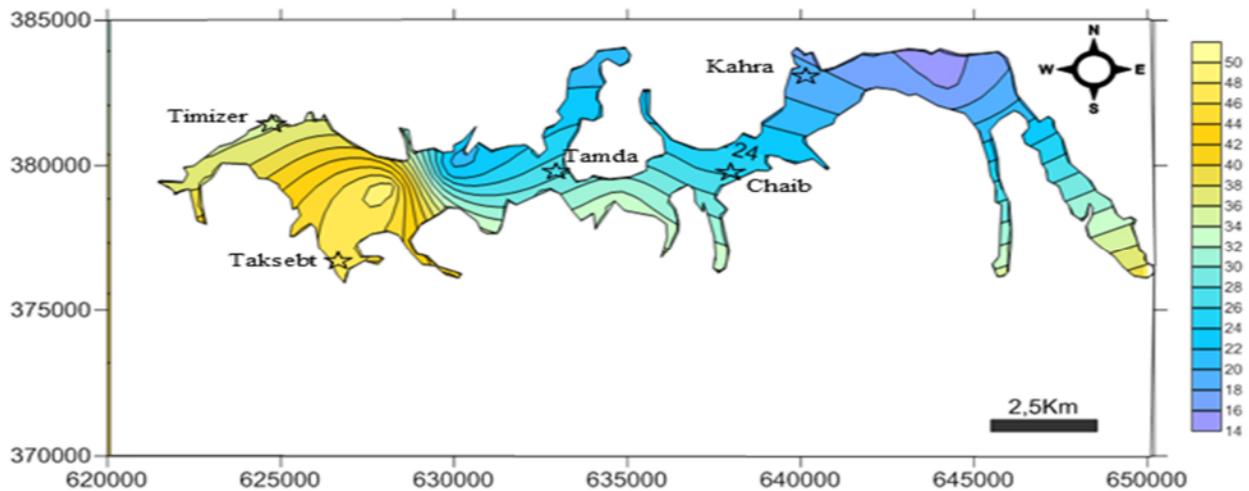
**Figure V.6 :** Carte de Calcium des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sébaou (2018).

L'origine naturelle du calcium provient essentiellement de l'attaque des roches carbonatées par le gaz carbonique (Calcaires de la dorsale kabyle et ceux des marnes de Miocène).

Les teneurs en Calcium des eaux souterraines de la région étudiée sont comprises entre 51mg/l et 157mg/l.

La carte d'isoteneurs en calcium montre que les teneurs les plus importantes sont enregistrées dans les régions d'oued aissi et Fréha

## IV.4.3 Cartes d'isoteneurs en magnésium :



**Figure V.7 :** Carte du magnésium des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sébaou (2018)

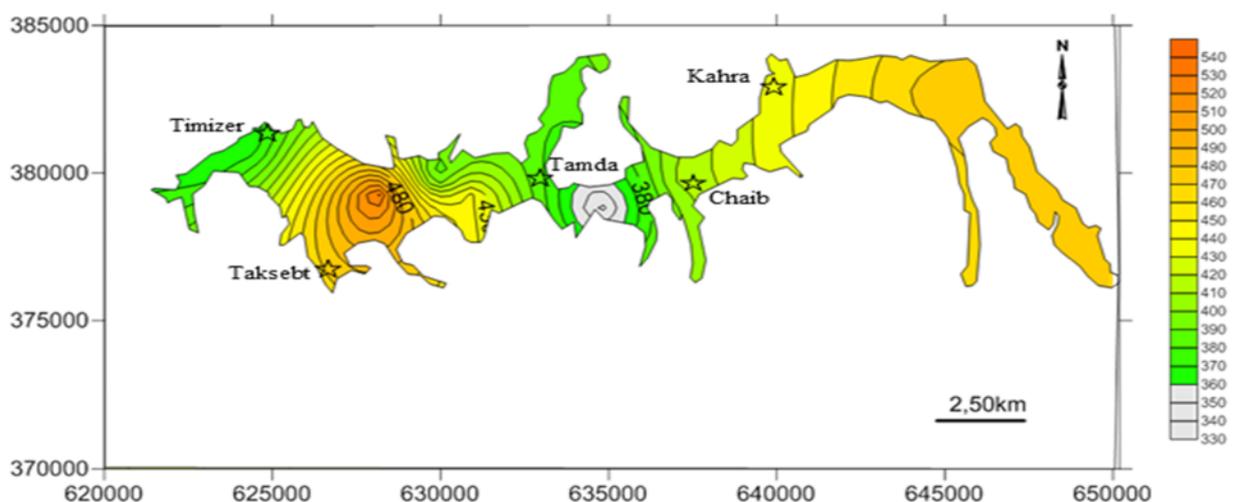
Les teneurs en magnésium des eaux souterraines de la nappe du haut Sébaou sont relativement bonnes. La totalité des échantillons analysés présentent des teneurs 14 à 57 mg/l.

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) ;

Les teneurs les plus faibles se trouvent au niveau de Fréha (du à sa solubilité dans l'eau) alors que les teneurs élevées se localisent à oued aissi (il a une large utilisation dans l'industrie).

## IV.4.4 Carte d'isoteneurs en bicarbonates :



**Figure V.8 :** Carte des Bicarbonates des eaux souterraines de la nappe alluviale Du Haut Sébaou (2018).

Les bicarbonates sont le résultat de l'équilibre physicochimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique.

La concentration des bicarbonates dans l'eau est fonction des paramètres suivants :

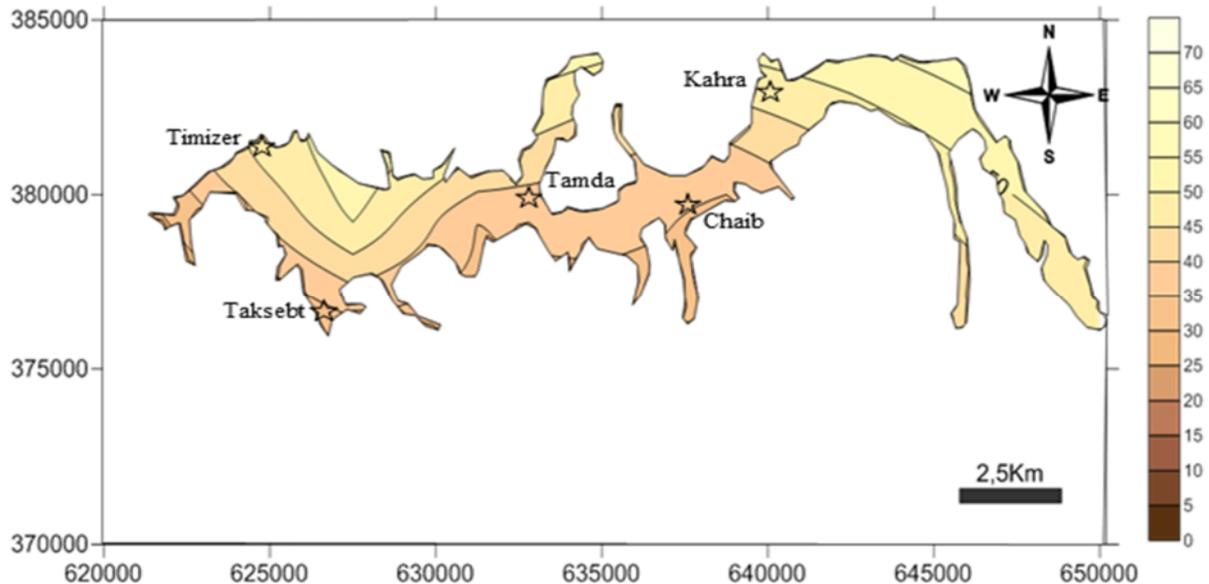
- Température de l'eau,
- Tension du CO<sub>2</sub> dissous,
- Concentration de l'eau en sels et nature lithologique des terrains traversés.

Dans le secteur d'étude, les teneurs en bicarbonates obtenues sont variables de 275 à 534.

La carte des bicarbonates montre que les teneurs les plus importantes sont enregistrées au niveau de sikh ou Meddour et a Fréha résulte de la dissolution des roches calcaires du Djurdjura.

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

#### IV.4.5 Carte d'isoteneurs en sodium



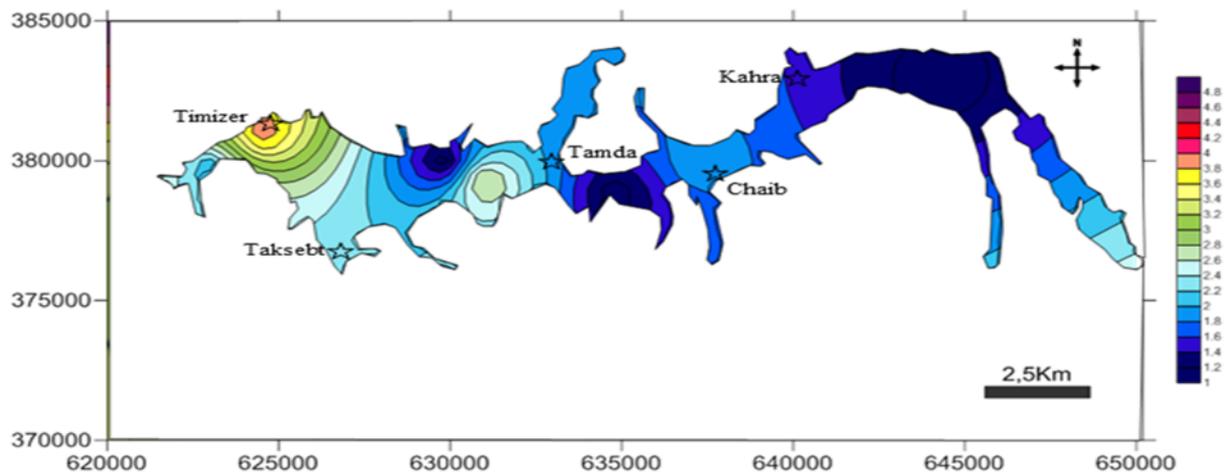
**Figure V.9** : Carte d'isoteneurs en sodium des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sébaou (2018).

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

Les teneurs en sodium des eaux souterraines de la nappe du Haut Sébaou répondent aux normes de potabilité. La totalité des échantillons analysés présentent des teneurs inférieures à 55 mg/l.

L'interprétation de la carte de répartition du sodium révèle que les fortes concentrations s'observent au niveau des puits qui jouxtent l'oued ou qui sont implantés à proximité des centres urbains et industriels (Tizi Ouzou, oued aissi...) dû à sa large utilisation industrielle.

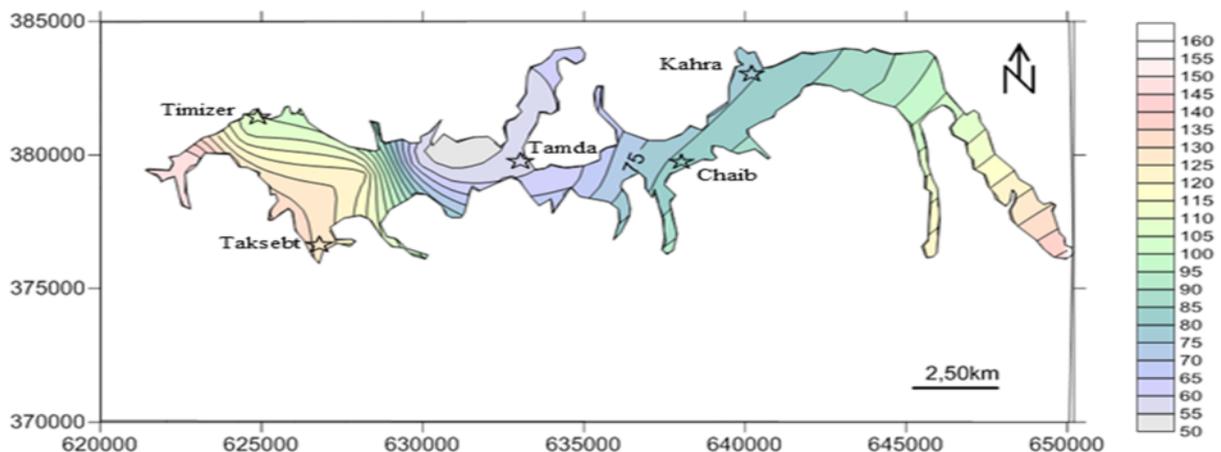
**IV.4.6 Carte d'isoteneurs en potassium :**



**Figure V.10 :** Carte d'isoteneurs en potassium des eaux souterraines de la nappe alluviale Du Haut Sébaou (2018).

L'interprétation de la carte de répartition du potassium révèle que les concentrations de cet élément relativement faible sur tout le secteur d'étude, avec des valeurs ne dépassent pas 5mg/l.

**IV.4.7 Carte d'isoteneurs en sulfates :**



**Figure V.11:** Carte d'isoteneurs en sulfates des eaux souterraines de la nappe alluviale Du Haut Sébaou (2018).

Les sulfates sont présents dans l'eau en quantités variables de 10 jusqu'à 180mg/l. Ils peuvent provenir de :

- La solubilité des formations gypseuses dans le haut Sébaou ou du lessivage des niveaux argileux et marneux de la nappe.
- Rejets d'eaux usées et industrielles contenant de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ).
- L'utilisation d'engrais chimiques. Comme pour les chlorures.

### V. Pollution des eaux souterraines de la vallée de Sébaou :

Tout apport de substances indésirables dans l'eau souterraine, causé par les activités humaines, est considéré comme une contamination. En effet, 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'O.M. S (pollution naturelle).

L'origine des polluants est multiple : domestique, urbaine, industrielle et agricole.

Les contaminants de l'eau souterraine proviennent de deux catégories de sources : les *sources ponctuelles* et les *sources diffuses* ou *non ponctuelles*.

Tout en distinguant les polluants miscibles des non miscibles, on les classe en polluants physiques, chimiques et biologiques.

- **Polluants physiques** : température, gaz, suspension, radioactivité ;
- **Polluants chimiques** : substances sous forme minérale ou organique, ils peuvent être : des sels minéraux, métaux lourds, pesticides, détergents et hydrocarbures ;
- **Polluants biologiques** : l'eau souterraine est le vecteur des micro-organismes comme les germes et les virus.

Dans le Haut Sébaou ; Plusieurs pratiques et activités polluantes se produisent. IL s'agit des rejets des unités industrielles, des rejets des eaux usées (urbains) ainsi qu'une pollution agricole suite à l'utilisation en quantités considérables des engrais chimiques qui entraîne souvent une pollution rapide des eaux souterraines par les formes chimiques de l'azote, surtout celle de nitrate, en raison de leur grande solubilité et leur faible affinité aux échanges ioniques (Macko et Ostrom, 1994 Stumm et Morgan, 1996). Les autres formes de l'azote apparaissent seulement dans des conditions réductrices.

**V.1 Nitrates :**

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. (Djemai M. Mesbah M, 2006).

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 et 47mg/l enregistré dans le puits W45-002.

On remarque encore que les teneurs en nitrates dans la région du Haut Sébaou sont inférieures à 50 mg/l donc inférieures à celle exigées par l’OMS.

**V.2 Les métaux lourds :**

La toxicité des métaux lourds est fonction de leur concentration. Ils peuvent être indispensables pour la vie à de très faibles doses (micronutriments pour la transformation enzymatique) et devenir inhibiteurs ou des toxines pour le système biologique au-delà de certain seuil de concentration.

Dans notre cas, les métaux lourds ne sont pas mesurés (les laboratoires de tizi ouzou ne font pas des analyses pour ces derniers).

**VI. Eaux de surface :**

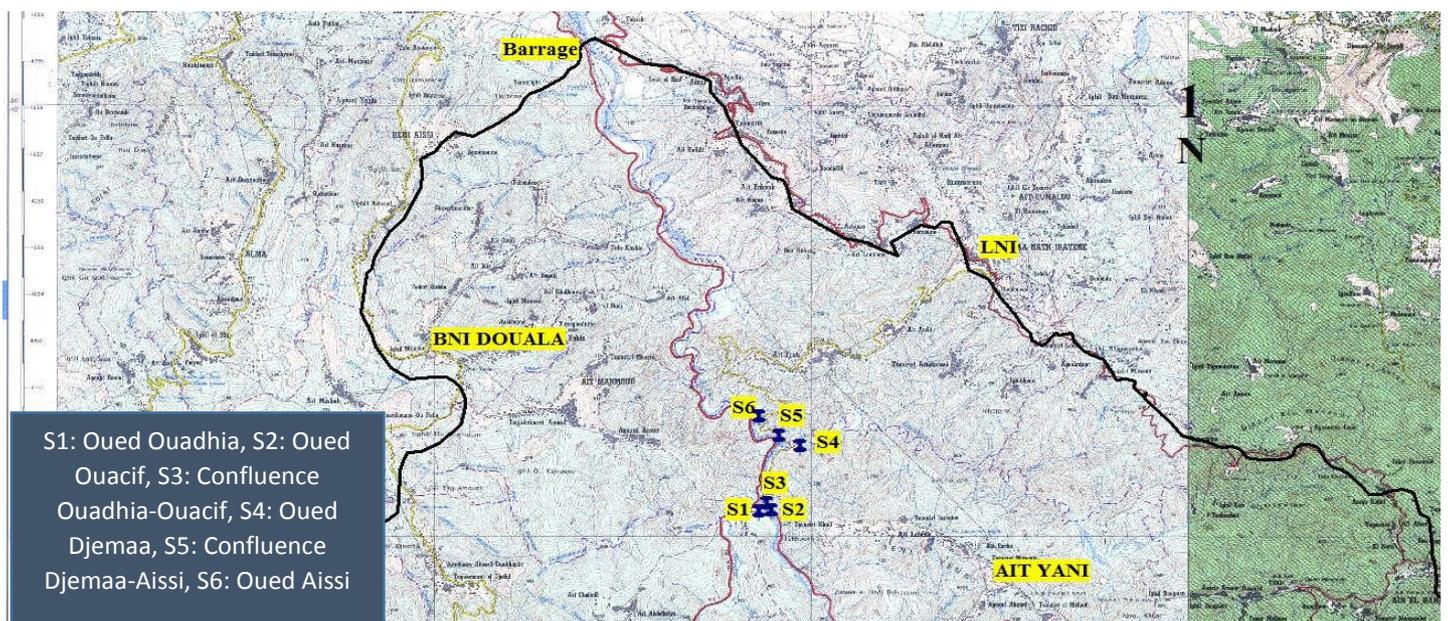


Figure V.12 : Confluence des oueds du Haut Sébaou

**Tableau V.3:** Analyses physico-chimiques des eaux des oueds qui alimentent le barrage Taksebt (Juillet, Septembre 2019).

Paramètres	Lieu de prélèvement	Oued Ouadhia		Oued Ouacif		Confluence Ouadhia-Ouacif		Oued Djemaa		Confluence Djemaa-Ouadhia-Ouacif	Oued Aissi
		Normes	1-7-19	2-9-19	1-7-19	2-9-19	1-7-19	2-9-19	1-7-19	2-9-19	1-7-19
pH	6,5≤pH≤9	8,47	8,48	8,31	8,32	8,43	8,44	8,23	8,4	8,21	8,38
T (c°) de l'eau	25	24,8	19,3	23,5	20,1	23,6	21,6	21,5	23,3	22,4	25,5
Conductivité (µs/cm)	2.800	692	945	517	496	551	436	680	680	630	837
Turbidité (NTU)		2,4	1,36	4,07	0,46	1,94	1,6	2,43	0,55	2,26	3,66
O <sub>2</sub> (%)	30	13,1	3,73	8	2,87	9,1	3,2	7,5	2,82	7,5	8,9
O <sub>2</sub> (mg/l)	4,39	1,92	0,55	1,17	0,42	1,33	0,47	1,1	0,41	1,1	1,3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		0,02	0,02	0,01	0	0,009	0,02	0,006	0	0,008	0,008
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)		2,33	0,22	0,86	0,02	0,34	0,12	0,48	0,01	4,15	0,35
Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	1	0,003	0,01	0,002	0	0,0041	0,01	0,005	0,01	0,008	0,003
Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	1	0,02	0	0,03	0	0,02	0,01	0,03	0	0,02	0,02
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	400	32	77	23	54	27	68	30	58	29	27
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	50	0,38	0,88	0,68	0,19	0,33	0,45	0,38	0,01	0,19	0,19
Al <sup>3+</sup> (mg/l)		0	0	0,003	0	0	0	0,004	0	0,005	0,004
TA (mg/l)		8	17	6	5	10	12	8	16	10	8
TAC (mg/l)		192	221	180	174	187	200	200	185	206	184
TH (mg/l)		280	324	300	240	182	284	340	250	222	248
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)		33,6	90,4	38,4	68	72,8	75,2	140,8	66,4	64,8	85,6
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)		/	23,81	/	17,01	27,21	23,33	/	20,41	14,58	8,26
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	600	29,77	147,9	19,85	36,73	31,76	97,28	0	71,47	54,59	52,61
MO (mg/l)		28	1,56	21,84	0	0	1,48	27,23	0,08	0,3	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		234,24	269,6	219,6	212,28	228,14	244	244	225,7	251,32	224,48

### VI.1 Bicarbonates :

Les valeurs trouvées de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> varient entre 212 mg/l et 251 mg/l. La présence des bicarbonates résulte de la dissolution des roches calcaires du Djurdjura.

### VI.2 Calcium :

Les résultats obtenus montrent une teneur élevée (104mg/l) à Oued Djemaa au mois de juillet. Cette forte concentration est due au lessivage des calcaires du Djurdjura.

Remarquons ainsi, un taux de 99 mg/l dans les eaux de l’oued Ouadhia qui provient des marnes de la région.

La valeur faible marquée des eaux de l’oued Ouacif est due à la traversée des schistes qui sont pauvres en  $Ca^{++}$ .

**VI.3 Magnésium :**

Les teneurs en magnésium marquées au mois de Juillet (8,26 à 23,81 mg/l) sont dues aux terrains traversés appauvris en roches magnésiennes (marnes des Ouadias et schistes au niveau d’Ouacif), par contre en Septembre les valeurs sont dues au lessivage des terrains en amont.

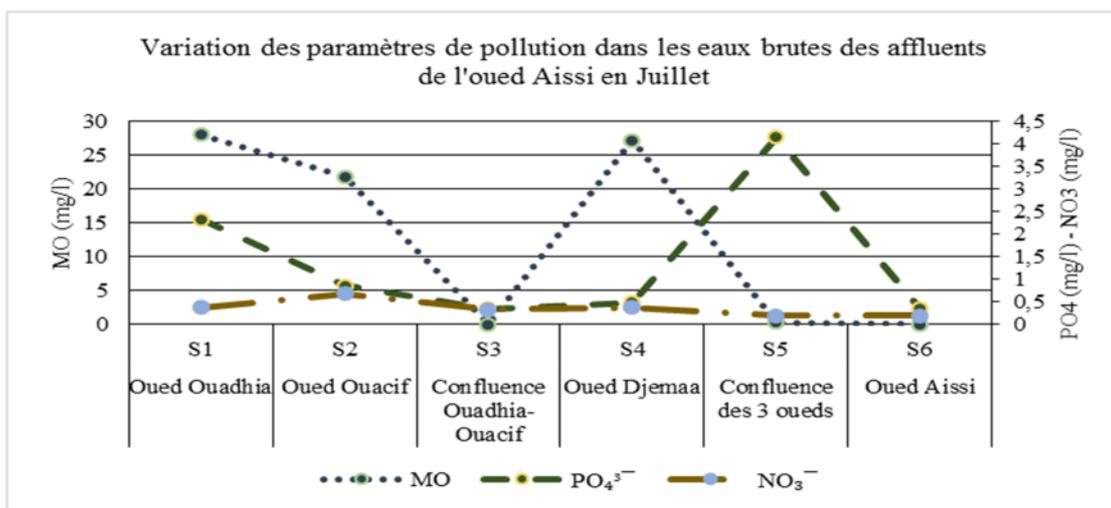
**VI.4 Chlorures :**

Les teneurs enregistrées au mois de juillet sont faibles par rapport au mois de septembre, elles sont dues au lessivage des marnes qui peuvent inclure des gypses, sels... (cas d’Oued Ouadhia qui atteint 147 mg/l en Septembre) ; nous remarquons ainsi de légères diminutions au niveau des confluences.

**VI.5 Sulfates :**

Les concentrations en sulfates sont accentuées au mois de Septembre par rapport au mois de Juillet (77 mg/l à Ouadhia, 54mg/l à Ouacif et 58mg/l à Djemaa). On constate donc un lessivage des terrains traversés décrits au chapitre sur la géologie (calcaire dolomitique, argiles et marnes, évaporites) avec une dilution dans les confluences.

**VII. Paramètres de pollution :**



**Figure V.13 :** Variation des paramètres de pollution dans les eaux brutes des oueds se déversant dans le barrage Taksebt (Juillet 2019).

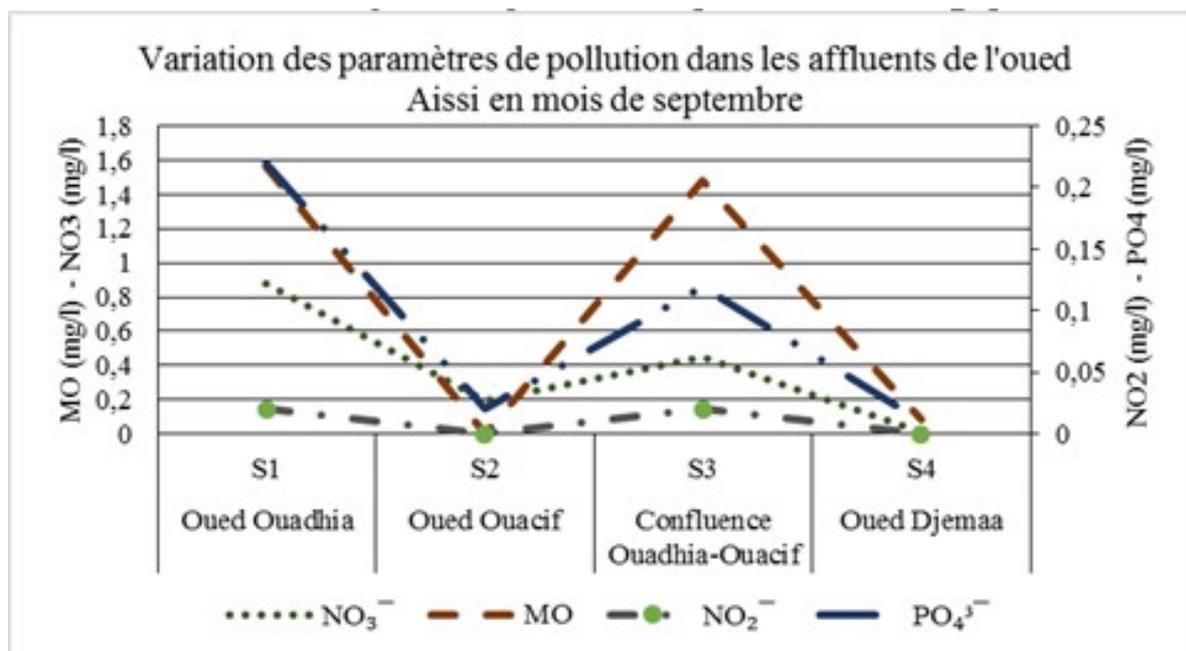


Figure V.14 : Variation des paramètres de pollution dans les affluents de l'oued aissi (septembre 2019)

### VII.1 Ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Les teneurs en ammonium dans tous les points de prélèvement sont nulles (0 mg/l). Cela peut être expliqué par l'oxydation de l'ammonium en nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> puis en nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

### VII.2 Nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

Le taux des nitrites dans les eaux sont des traces voir nulles.

### VII.3 Nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Les valeurs enregistrées sont comprises dans la fourchette [0.01-0.68 mg/l]. L'origine de ces concentrations peut être due à la décomposition des matières organiques.

### VII.4 Orthophosphates PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

Les échantillons analysés montrent des nuances au niveau des oueds à l'exception de l'oued Ouadhia (2.33mg/l) et 4.15 mg/l dans la confluence des trois oueds au mois de Juillet, qui sont peut-être engendrés par une pollution fécale (eaux usées, décharges) ou lessivage des terrains traversés.

### VII.5 Matière organique MO

Nous remarquons des teneurs élevées en matière organique au mois de Juillet, expliquées par les températures élevées (> 25°C) les rejets domestiques, la prolifération des

algues et la matière végétative, qui disparaissent dans les confluences et se présentent en nuances au mois de Septembre, c'est l'effet de la dilution.

### **VII.6 Pollutions anthropiques :**

#### **VII.6.1 Décharges de déchets :**



**Figure V.15 :** Dépôts de débris sur les berges du barrage Taksebt (Wikipédia).

#### **VII.6.2 Lavages des véhicules :**

Le lit de l'Oued Aissi et les rives du barrage Taksebt sont utilisés pour le lavage des véhicules. Les détergents utilisés et autres produits dégagés par les moteurs (huiles, hydrocarbures, etc.) polluent ces eaux.



**Figure V.16 :** Lavage de véhicules en amont du plan d'eau du barrage Taksebt(Wikipédia).

### VIII. Conclusion :

L'étude hydro chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sébaou a donné les résultats suivants :

Les résultats de pH mesurés montrent que les eaux de la nappe de Haut Sébaou sont en majorité incrustantes.

Les conductivités sont généralement comprises entre 604 et 1386  $\mu\text{mho/cm}$ , ces valeurs impliquent une minéralisation moyenne qui dû à la géologie qui est composée essentiellement des carbonates du Djurdjura, qui favorisent l'acquisition du calcium, magnésium et bicarbonate.

La classification des eaux souterraines par la méthode de Schoëller Berkloff et celle de Piper permet de déduire que les eaux de la nappe étudiée sont caractérisées par un faciès bicarbonaté calcique et secondairement magnésien.

Enfin malgré les teneurs élevées des différents ions et leurs caractères incrustants et durs, les eaux de la vallée du Haut sébaou restent propices à l'irrigation et les normes de l'OMS pour l'eau potable sont en générale respectées.

La bassin versant de Haut Sébaou est exposé à divers sources de pollution de différentes origines dont l'industrie, l'agriculture et les rejets urbains (anthropiques).

Notre bassin ne comprend pas de grandes activités industrielles mis à part quelques activités artisanales dont les bijouteries, lavage graissage et les huileries qui apportent un surplus en matières organiques dans les Oueds sauf que ceci est saisonnier (une dilution se fait avec les grosses pluies d'hiver). L'activité agricole aussi est presque absente mis à part quelques cultures maraichères et l'élevage artisanal.

Manque d'assainissement des rejets d'eaux usées a contribué d'une façon notable à la pollution de l'oued Haut Sébaou qui subit une dégradation tout au long de son cours. On ajoute également le manque de stations d'épurations fonctionnelles quand on sait que pour la wilaya de Tizi Ouzou, seule la station de traitement des eaux usées du pont de Bougie fonctionne régulièrement.

# **CHAPITRE VI**

## **ETUDE PIEZOMETRIQUE**

## I. Etude piézométrique :

La surface piézométrique est le plan d'eau que l'on rencontre dans le sol, ce plan peut être réel ou fictif, selon qu'on se trouve en nappe libre ou captive.

Dresser une carte piézométrique consiste à mesurer le niveau d'eau dans un plus grand nombre possible d'ouvrage captant si possible la totalité de l'aquifère (ouvrages parfaits).

Les campagnes piézométriques des hautes eaux (Juin 2019) et basses eaux (Octobre 2019), ont été réalisées par l'ANRH de T.O et ont concerné 23 forages.

L'examen des niveaux statiques mesurés est représenté par des graphes, ces derniers, nous montrent l'évolution de la profondeur de la nappe alluviale du Haut Sébaou.

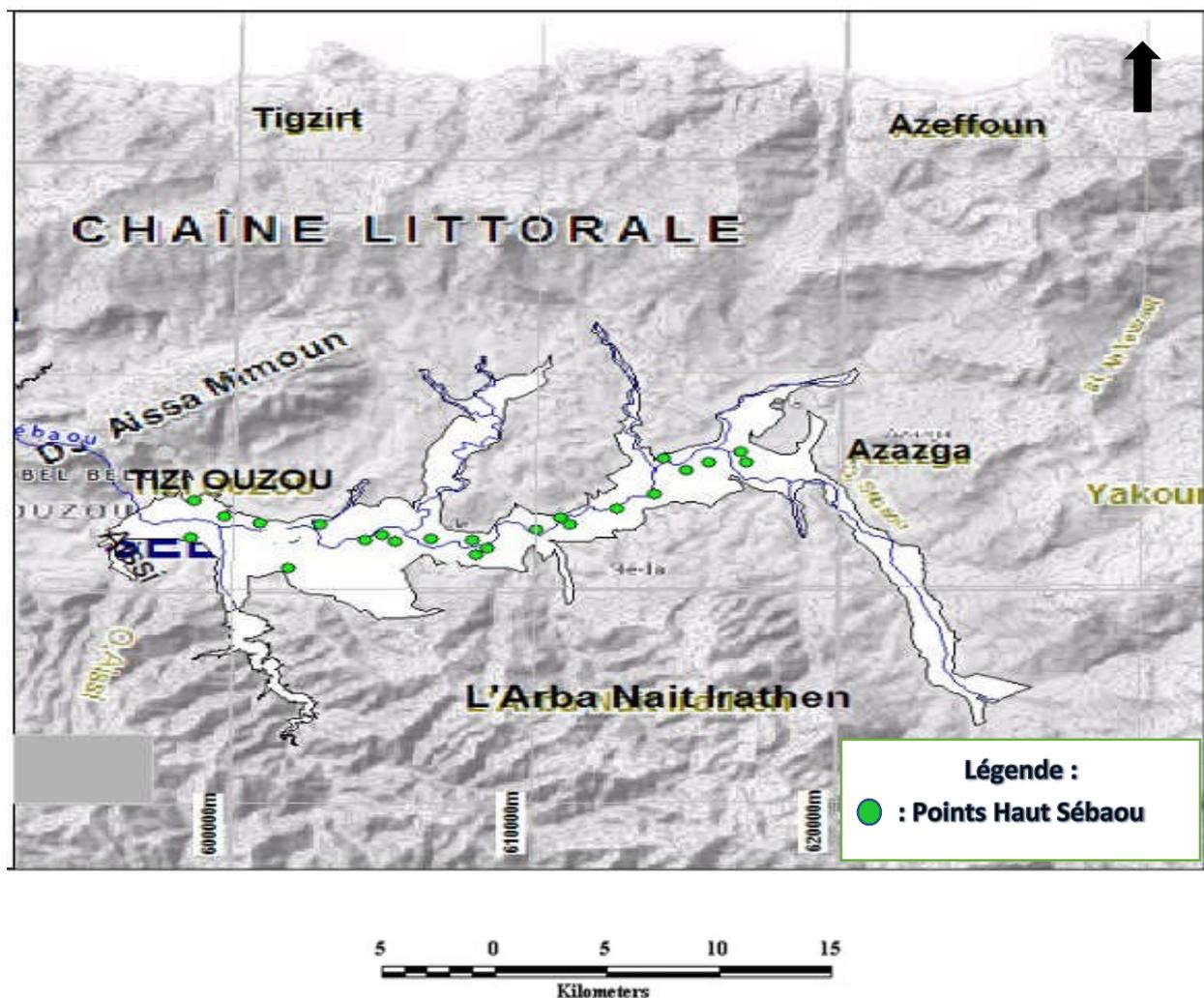
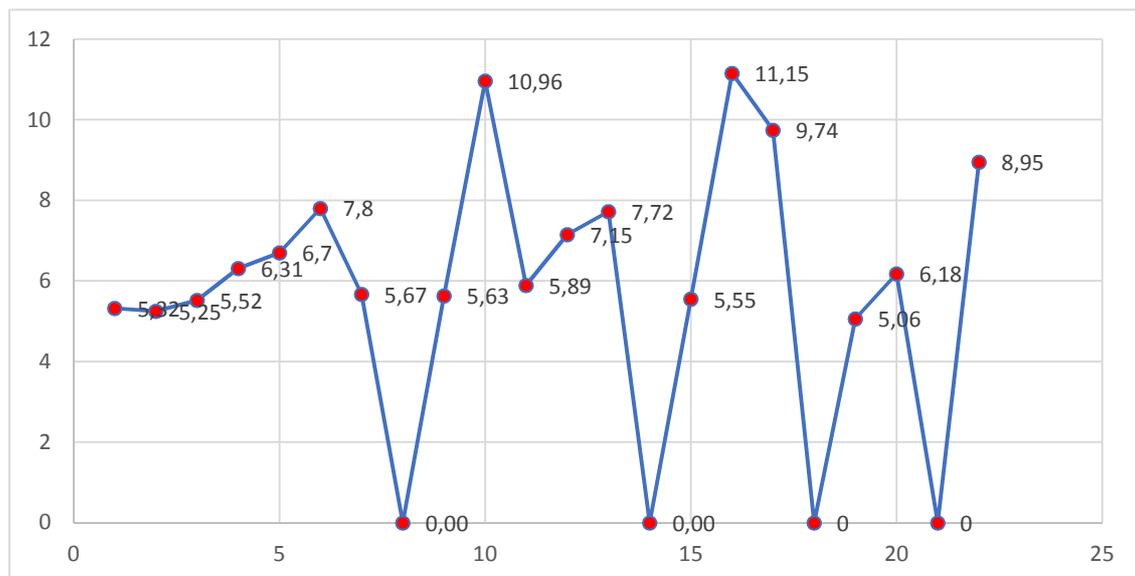


Figure VI.1 : Réseau piézométrique du Haut Sébaou

**Tableau VI.1** :Fluctuation de niveau piezometrique de la nappe du Haut Sébaou (Basses eaux 2019)

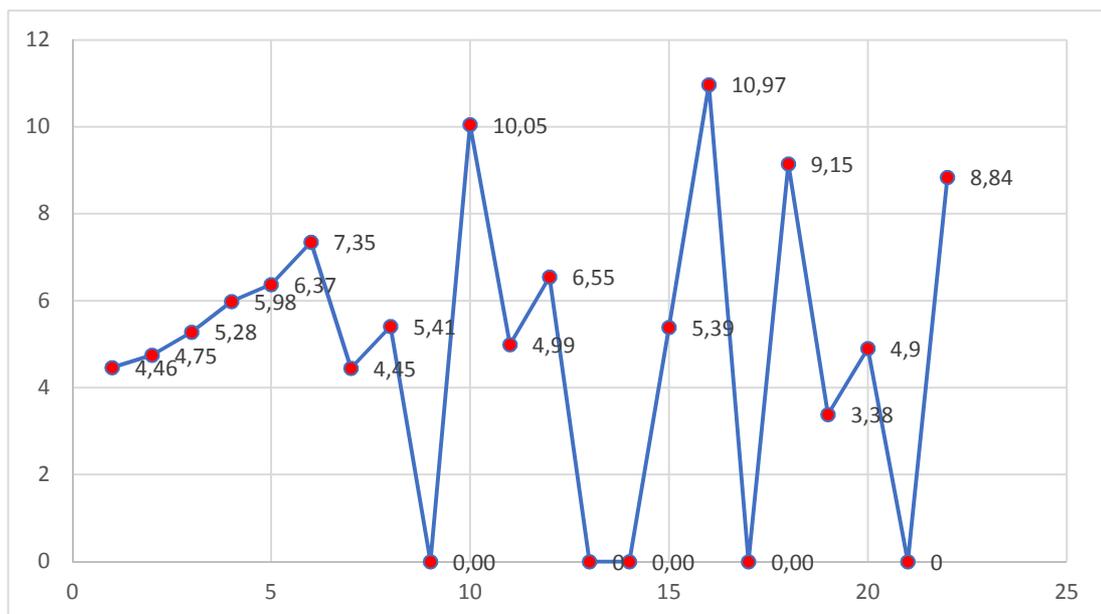
NOM	N°B.I.R.H	X	Y	Z	NS/s (m)	N.P(m)
P7	W24-001	643 278	383 400	126,62	5,32	<b>121,3</b>
P10	W24-002	641 866	383 516	122,30	5,25	<b>117,05</b>
P16	W24-004	637 386	380 322	109,75	5,52	<b>104,23</b>
P22	W24-007	642 226	382 912	123,47	6,31	<b>117,16</b>
P24	W24-008	641 490	382 535	119,83	6,7	<b>113,13</b>
P25	W24-009	640 484	381 460	116,12	7,8	<b>108,32</b>
P30	W24-010	643 522	382 893	128,40	5,67	<b>122,73</b>
P33	W24-011	639 249	380 770	109,60	à sec	à sec
P34	W24-012	637 685	379 998	105,14	5,63	<b>99,51</b>
P43	W45-016	634 619	378 635	109,30	Inaccessible	Inaccessible
P44	W45-017	633 626	378 410	111,67	10,96	<b>100,71</b>
P50	W45-019	631 907	379 228	91,18	5,89	<b>85,29</b>
P54	W45-021	631 486	379 563	88,26	7,15	<b>81,11</b>
P55	W45-022	630 961	379 455	83,99	7,72	<b>76,27</b>
P59	W45-025	628 495	379 455	79,10	nd=11.93	<b>67,17</b>
P60	W45-027	627 962	379 405	77,78	5,55	<b>72,23</b>
P62	W45-029	628 444	378 003	77,94	11,15	<b>66,79</b>
F63	W44-030	625 169	380 820	75,20	9,74	<b>65,46</b>
P70	W23-032	624 283	380 820	73,5	nd=10.50	<b>63</b>
P71	W23-033	625 285	381 161	79,35	5,06	<b>74,29</b>
P72	W23-034	626 283	380 396	78,52	6,18	<b>72,34</b>
P73	W23-035	627 451	380 104	78,67	nd=6.90	<b>71,77</b>
P78	W45-038	633 103	379 363	92,92	8,95	<b>83,97</b>



**Figure VI.2** :Evolution des niveau statiques dans le Haut Sébaou (Basses eaux 2019).

**Tableau VI.2 :** Variation des niveau statique et piezométriques de la nappe Haut sébaou hautes eaux 2019

NOM		X	Y	Z	NS/s (m)	N.P(m)
P7	W24-001	643 278	383 400	126,62	4,46	<b>122,16</b>
P10	W24-002	641 866	383 516	122,30	4,75	<b>117,55</b>
P16	W24-004	637 386	380 322	109,75	5,28	<b>104,47</b>
P22	W24-007	642 226	382 912	123,47	5,98	<b>117,49</b>
P24	W24-008	641 490	382 535	119,83	6,37	<b>113,46</b>
P25	W24-009	640 484	381 460	116,12	7,35	<b>108,77</b>
P30	W24-010	643 522	382 893	128,40	4,45	<b>123,95</b>
P33	W24-011	639 249	380 770	109,60	à sec	à sec
P34	W24-012	637 685	379 998	105,14	5,41	<b>99,73</b>
P43	W45-016	634 619	378 635	109,30	Fermé	Fermé
P44	W45-017	633 626	378 410	111,67	10,05	<b>101,62</b>
P50	W45-019	631 907	379 228	91,18	4,99	<b>86,19</b>
P54	W45-021	631 486	379 563	88,26	6,55	<b>81,71</b>
P55	W45-022	630 961	379 455	83,99	nd=7.92	<b>74,07</b>
P59	W45-025	628 495	379 455	79,10	nd=11.97	<b>67,03</b>
P60	W45-027	627 962	379 405	77,78	5,39	<b>72,39</b>
P62	W45-029	628 444	378 003	77,94	10,97	<b>66,97</b>
F63	W44-030	625 169	380 820	75,20	nd=10.43	<b>64,77</b>
P70	W23-032	624 283	380 820	73,5	9,15	<b>64,35</b>
P71	W23-033	625 285	381 161	79,35	3,38	<b>75,97</b>
P72	W23-034	626 283	380 396	78,52	4,9	<b>73,62</b>
P73	W23-035	627 451	380 104	78,67	nd=8	<b>70,67</b>
P78	W45-038	633 103	379 363	92,92	8,84	<b>84,08</b>



**Figure VI.3 :** Evolution des niveaux statiques dans le Haut Sébaou (Hautes Eaux, 2019)

## II. Fluctuations piézométriques :

### II.1 Profondeur de la nappe :

- **Nappe alluviale de Haut Sébaou en période de Basses Eaux (octobre 2019) :**

Les mesures piézométriques entreprises par l'ANRH en 2019 en période d'étiage ont montré une profondeur de la nappe variante entre 5,09 à 10,5 m pour le Haut Sébaou la profondeur dans cette nappe est élevée parce que les eaux souterraines ont un régime à caractère libre.

- **Nappe alluviale de Haut Sébaou en période de Hautes Eaux (juin ,2019) :**

La profondeur de la nappe en période des Hautes Eaux varie de 4,47 au 10,97 m.

**Tableau VI.3** : fluctuation de niveau piézométrique de La nappe Haut Sébaou 2019

NOM	NP (m) Basses eaux	NP(m) Hautes eaux
P7	122.16	121.3
P10	117.55	117.05
P16	104.47	104.23
P22	117.49	117.16
P24	113.46	113.13
P25	108.77	108.32
P30	123.95	122.73
P34	99.73	99.51
P44	101.62	100.71
P50	86.19	85.29
P54	81.71	81.11
P55	74.07	76.27
P59	67.03	67.17
P60	72.39	72.23
P62	66.97	66.79
F63	64.77	65.46
P70	64.35	63.63
P71	75.97	74.29
P72	73.62	72.34
P73	70.67	71.77
P78	84.08	83.97

Dans le Haut Sébaou, la profondeur des niveaux piézométriques est presque identique entre les hautes eaux et les basses eaux dans les différents points mesurés, comme on constate une diminution de ces niveaux en allant de l'amont vers l'aval de l'oued



Un axe de drainage des eaux souterraines est mis en évidence, et coïncide avec le tracé actuel de l'oued Haut Sébaou.

II.2.2 Cartes piézométriques des basses eaux :

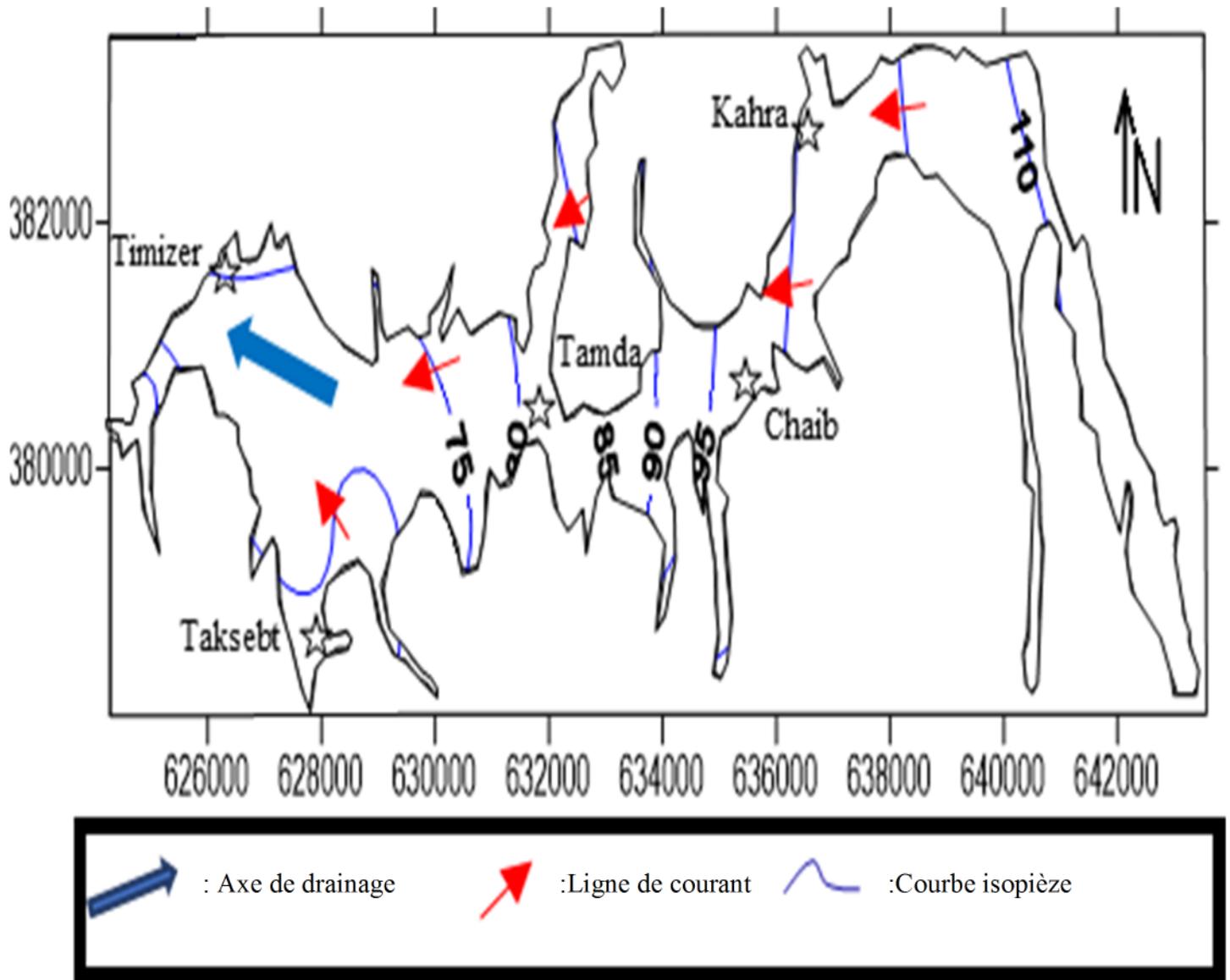
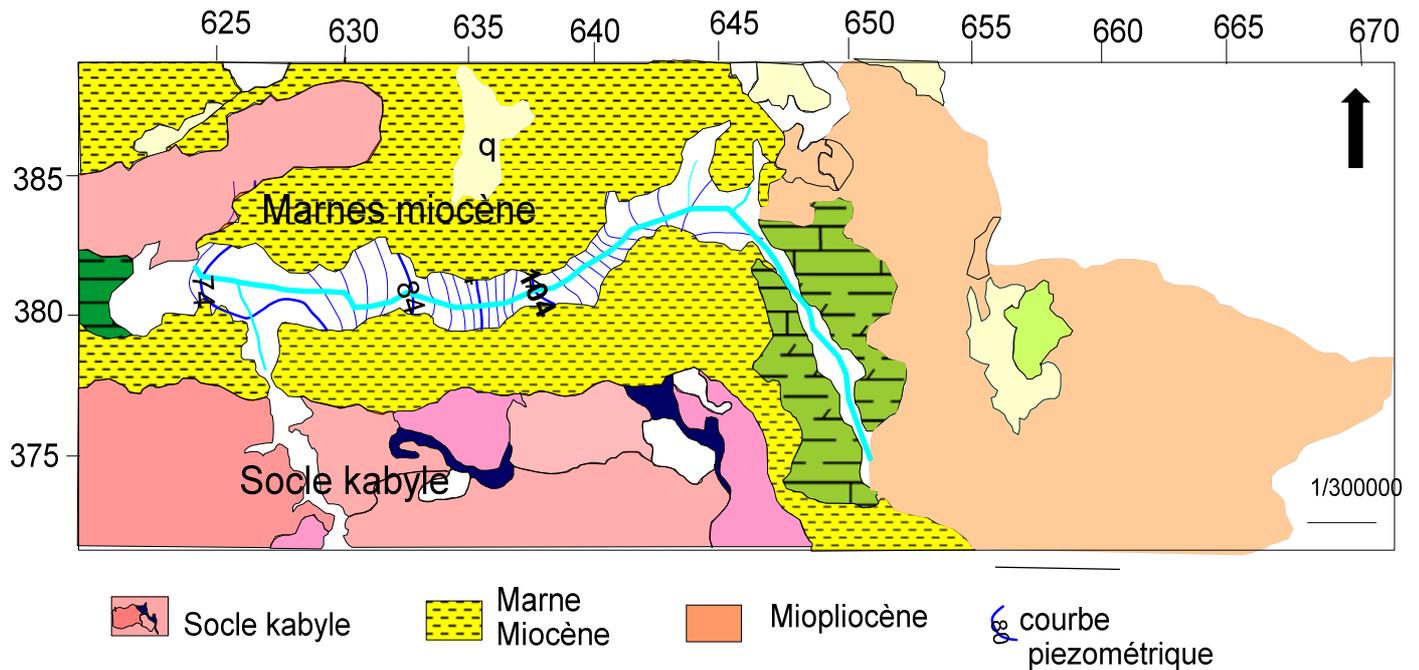


Figure VI.5 : Carte piézométrique des basses eaux du Haut Sébaou (Septembre 2019)

Les valeurs relativement faibles, peuvent s'expliquer par une diminution de l'alimentation de l'aquifère à partir des bordures, et par infiltration directe des précipitations



**Figure VI.6 :** Carte piézométrique avec fond géologique de Haut Sébaou (2019)

La zone d'étude est formée de part et d'autre par les marnes de miocène et les formations perméables du quaternaire ce qui favorise le ruissellement des eaux des bordures ou par les eaux provenant du Djurdjura (les calcaires karstifiés constituent des drains souterrains).

### **II.3 Alimentation de la nappe :**

L'alimentation de la nappe alluviale du haut Sébaou peut être envisagée aussi par :

- Une infiltration efficace des précipitations, dans les zones où la nappe est libre ;
- Les eaux de l'oued et ses principaux affluents, provenant du ruissellement des terrains peu perméables ;
- Les lâchées à partir du barrage, sur la nappe à l'aval de l'oued Aïssi contribuent également à la recharge, aussi on peut en évoquer les fuites vers le corps du barrage, bien qu'il ne soit pas si pratique de les quantifier ;
- Les apports des terrains de bordures perméables, de part et d'autre de la vallée, on a principalement des schistes et micaschistes altérés, les conglomérats et les grès du Miocène. Une alimentation peut provenir également de la chaîne du Djurdjura par écoulements latéraux, par le biais d'accidents géologiques qui constituent des drains non négligeables ;
- La vidange des terrasses supérieures perchées souvent matérialisées par des sources de faibles débits ;

- Un retour vers la nappe des eaux d'irrigation, on admet qu'il n'est pas aisé d'évaluer ces rapports en raison de la méconnaissance de leurs caractéristiques hydrodynamiques, des surfaces irriguées auxquels s'ajoute l'hétérogénéité du sol et sous-sol.

### III. LES BESOINS EN EAU :

#### III.1 Les besoins en AEP :

Le bassin versant de notre région d'étude représente une population et une superficie importantes à l'échelle de la wilaya. L'activité industrielle est moindre mis à part quelques petites activités industrielles privées. Son activité agricole est non développée. Quant aux ressources en eau elles sont insuffisantes malgré les quantités d'eau précipitées. Ces dernières ne parviennent pas à satisfaire les besoins en eau de la région malgré la présence du barrage.

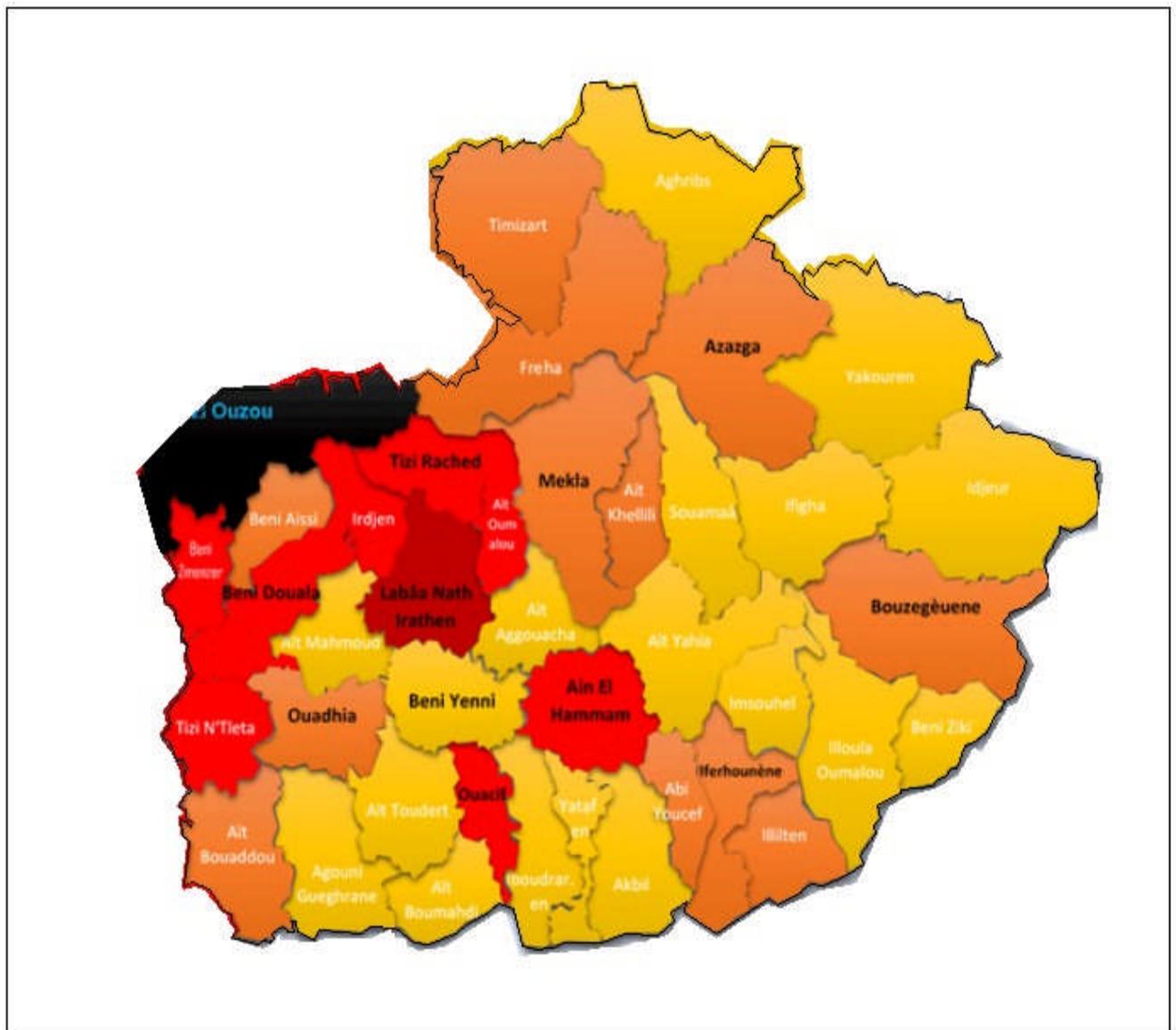


Figure VI.7 : Carte des Communes de bassin versant du Haut Sébaou.

Tableau VI.4 : Répartition des superficies et population des communes de Haut Sébaou.

Commune	Population totale	Superficie
Tizi ouzou	159127/2	102 .36
A. El Hammam	20627	38 .55
Akbil	9096	37.04
Abi Youcef	7864	16.86
Ait Yahia	14760	52.44
Azazga	39546	77.05
Freha	27030	68.55
Ifigha	10331	46.86
Yakouren	12751	79.30
Zekri	3356	88.51
Aghribs	12751	65.11
Beni douala	22030	35.09
Ait mahmoud	7870	25.73
Beni aissi	7798	21.25
Beni yani	5864	34.25
Iboudraren	5518	32.50
Yatafen	4105	15.99
Bouzguene	24851	66.90
Benni zikki	3456	20.64
I. Oumalou	13240	50.38
Idjeur	10530	72.06
L.N. I	30029	39.28
Ait aguacha	4700	26.21
Irdjen	13441	21.24
Iferhounen	12737	32.95
Illilten	9345	26.84
Imsouhel	6711	24.69
Ouacif	10542	17.18
Ait boumahdi	6249	23.23
Ait toudert	8710	34.59
Mekla	24776	64.71
Ait khellili	11885	24.58
Souamaa	10175	39.96
Ouadhia	16121	32.83
Ait bouadou	15083	39.30
Tizi N'Telata	15823	26.90
A. gueghrane	9907	40.51
Timizart	30298	65.14
Tizi rached	17542	31.05
Ait oumalou	8985	13.74
Total	<b>605996</b>	1946.54

### III.1.1 La dotation :

La dotation est la quantité d'eau destinée à être utilisée par un individu pendant 24 heures. la dotation officielle donnée par la DHW de tizi ouzou est de 180 l/j/hab.

La demande totale en eau = Nombre d'habitant x La dotation

Donc la demande totale en eau pour la région d'étude pour l'année 2019 est **109079280l/j.**

**109079.3m<sup>3</sup>/j = 1.091.10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/jour.**

### III.1.2 Estimation et évaluation des besoins en eau de la population à long terme (30ans) (2049):

Il est primordial de connaître la répartition spatiale de la population estimée en 2049.

Pour calculer nous avons utilisé la formule de croissance suivante :  $P_n = P_0 (1+T)^n$

Avec : P<sub>n</sub> : Population à long terme (n) ;

P<sub>0</sub> : Population de référence 2019 (605996 hab.)

T : Taux d'accroissement démographique pris égal à 1.5% (DPAT de Tizi Ouzou).

n : Écart donné entre les deux horizons.

La population estimée à long terme est de 945 354 hab.

La demande totale en eau à long terme (dans 30ans) est 1.702.10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>/J ou 1.99 m<sup>3</sup>/sec

### III.2 L'industrie :

Dans notre région d'étude il n'existe que des petites unités économiques régionales, où l'industrie est faible, selon le type d'activité, telles que les unités de confection de vêtements qui ne demandent pas beaucoup d'eau pour leurs fonctionnements. Quant aux unités de production des produits agglomérés, chimiques et autres, leurs besoins en eau ne peuvent être quantifiés, de fait qu'elles sont desservies par le réseau d'A.E. P.

#### III.2.1 Les besoins en eau d'une station de lavage graissage

Les stations de lavage-graissage sont une source de pollution. Le volume d'eau journalier utilisé est estimé à 40 m<sup>3</sup>/ jour. Les différentes stations existantes totalisent un volume d'eau utilisé de l'ordre de 500 m<sup>3</sup> / jour.

**Tableau VI.5** : Les besoins en eau des stations de lavage de quelques communes de Haut Sébaou (source DRE TO 2005)

Lavage Graissage par Communes	Nbre	Volume utilisé par station (m <sup>3</sup> / j)	Volume total (m <sup>3</sup> / j)
A.E.H	2	38	76
Abi Youcef	1	18	18
Béni Douala	5	40	200
Ouacif	3	20	60
Ouadias	4	30	120
Tizi N'Telata	1	25	25
Total Communes	16	-	499

### III.3 Estimation de volume d'eau utilisé pour l'irrigation : 2019

La surface totale irriguée dans notre zone d'étude ce soit à partir des puits, forages, retenues collinaires, sources, fil d'eau ou à partir de barrage est **3944.9ha**.

Pour estimer le volume d'eau utiliser à l'irrigation on applique la règle utiliser par la DRE (**Chaque 1m<sup>3</sup> irrigue jusqu'à 5000ha**)

$$3944.9/5000=0.78$$

Donc la demande en eau pour l'irrigation est **0.78 m<sup>3</sup>/ha**

On estime que le volume d'eau de l'irrigation reste le même dans 30 ans.

**Tableau VI.6:** Les besoins en eau dans 30 ans

Besoins	Demande en eau m3/j
AEP	170163.7
Industrie	500
Irrigation	0.8 m <sup>3</sup> /ha
Total	1.706.10 <sup>5</sup>

**IV. Conclusion :**

Dans la vallée alluviale du Haut Sébaou, la recharge de la nappe libre est assurée essentiellement par l'infiltration des eaux de précipitations et l'alimentation directes.

L'examen des cartes piézométriques a montré des écoulements latéraux de l'est vers l'ouest de la vallée qui constituent un axe de drainage d'orientation NE-SW dans le sens de l'écoulement de l'oued.

Le bilan des besoins en eau de la région d'étude établi nous a permis d'estimer la population et les besoins en eau pour les différentes activités industrielles, agricoles dans le bassin versant du Haut Sébaou.

La population estimée dans 30 ans est de 945 354 habitants, et les besoins en eau actuels ( $1.091.10^5 \text{ m}^3/\text{j}$ ) passent à  $1.701.10^5 \text{ m}^3/\text{j}$ . Les volumes d'eau utilisée pour l'industrie sont  $500\text{m}^3/\text{jour}$  et pour l'agriculture sont  $0.8 \text{ m}^3/\text{ha}$  ce qui donne un volume total demandé de  $1.706.10^5 \text{ m}^3$ .

## Conclusion et recommandations :

Dans le cadre de notre étude, consacrée à une étude hydrogéologique et évaluer les ressources en eau du Haut Sébaou, nous avons essayé de présenter notre zone d'étude et définir les principaux paramètres hydroclimatologique, chimiques et piézométriques ainsi que les types de pollution susceptibles d'affecter la qualité de ces eaux.

Notre zone d'étude forme une dépression synclinale de cœur miocène, d'orientation est-ouest, bordée au Nord par les chainons côtiers d'afir et au Sud par la chaîne calcaire du Djurdjura. Elle fait partie intégrante du Tell septentrional et se caractérise par un relief accidenté et des fortes pentes couvert essentiellement par le chêne et le cèdre aux hautes altitudes (dorsale kabyle) et par les oliviers et maquis en basses altitudes. Ce couvert végétal favorise la protection contre l'érosion.

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 constituent le socle kabyle.

Des formations jurassiques et crétacées contenues dans le massif du Djurdjura qui forment un réservoir calcaire karstifiés important.

Du remplissage alluvionnaire quaternaire essentiellement fluvial qui constitue le principal aquifère de la région dont les terrasses sont étagées. Cet aquifère est caractérisé par des alluvions formées de sables grossiers et de galets. Ce niveau alluvial est occupé par une seule nappe « **libre** » qui est alimentée principalement par infiltration directe des précipitations efficaces ou par les eaux de l'oued Sébaou et ses affluents.

Du point de vue hydroclimatologie, la région d'étude jouit d'un climat méditerranéen caractérisé par une température moyenne de 18,6° C et des précipitations moyennes de 824 mm dont 619 mm s'évaporent, et 233.5 mm s'écoulent pour arriver à l'embouchure avec un déficit agricole de 465 mm, avec un réseau hydrographique ramifié bien développé.

Les eaux de la nappe du Haut Sébaou se caractérisent par un faciès chimique bicarbonaté calcique, les eaux livrées par cette nappe sont utilisables pour l'irrigation.

L'examen des cartes piézométriques a montré des écoulements latéraux de l'est vers l'ouest de la vallée qui constitue un axe de drainage d'orientation NE-SW dans le sens de l'écoulement de l'oued dont la recharge de cette nape est assurée par l'infiltration directe des eaux des précipitations ou l'alimentation directe par les eaux de l'oued.

Par ailleurs, la pollution menace gravement l'eau de l'oued haut Sébaou qui 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 des rejets industriels.

Pour cela il faut donc prendre des mesures préventives et de lutte pour la protection et la préservation de ces ressources. Pour cela nous suggérons :

- De compléter le réseau d'assainissement des rejets urbains et implanter de nouvelles stations de traitement des eaux usées.
- De bien contrôler les rejets d'origine industrielle.
- Contrôler la qualité des engrais chimiques utilisés en agriculture.
- Mise en place des périmètres de protection.

## **Bibliographie :**

- **Abbassene F. éps. Hamouche** (2016) .Contraintes chronologiques et pétro-géochimiques du magmatisme sur l'évolution pré-et post-collisionnelle de la marge algérienne : secteur de la Petite Kabylie. Thèse du Doctorat, 361p, Université de Bretagne occidentale Brest.
- **Abdeslam M. Mania J. Mudry J. J. P Gélard. Chauve P. Lami H. et Aigoun C** (2000). Arguments hydrogéochimiques en faveur de Trias évaporitique non affleurant dans le massif du Djurdjura (dorsale kabyle, élément des Maghrébides) .Article ,12p.
- **Allili C** (2006). Caractérisation et genèse de quelques sols rouges de la grande Kabylie. Mémoire du magister, 107p, Institut national agronomique El-Harrach.
- **Alilat T. Aliouane N** (2017) .Faunistique et écologie des macroinvertébrés de l'Assif El-Khemis et du Moyen Sébaou. Mémoire du master ,78p, UMMTO.
- **Ammari A** (2012).Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois). Thèse du Doctorat ,195p, Université Mohamed Khider – Biskra.
- **Ait Mammar A et Hattab C** (2017). Contribution à l'étude hydrobiologique du moyen Sébaou et son principal affluent oued Aissi. Mémoire du master ,53p, UMMTO.
- **Ait Ouakli T** (2014). Faunistique et écologie des macroinvertébrés benthiques de l'Oued Sébaou et son principal affluent l'Oued Boubhir (Tizi-Ouzou) et évaluation de la qualité de l'eau par les voies. Mémoire du master, 77p, UMMTO.
- **Bendahmane I** (2010). Modélisation et simulation numérique de l'écoulement dans un milieu poreux : application pour la nappe alluviale du sébaou Tizi ouzou en vue de la prévision de niveau d'eau dans chaque période de l'année. Mémoire du magister, 96p, Université Abderrahmane Mira de Bejaïa.
- **Bouadjla M** (2013). Relevés piézométriques dans la vallée de sébaou, 21p, ANRH Tizi Ouzou.
- **Boussada S. Haddar M** (2016). Etude de faisabilité du barrage zaouia sur oued Stita (w. Tizi Ouzou). Mémoire master, 123p, Université Abderrahmane Mira de Bejaïa.
- **Castany G** (1982). Principes et méthodes de l'hydrogéologie.
- **Chabou Mouley C** : cours géologie algérienne Université Ferhat Abbas, Sétif 1 ,3p.

- **Chkir N** (1994). Mise au point d'un modèle hydrologique conceptuel intégrant l'état hydrique du sol dans la modélisation pluie-débit. Mémoire du Doctorat ,348p, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées de Paris.
- **Djemai M** (1985). Hydrologie de bassin versant Haut Sébaou, hydrogéologie des formations alluviales (Algérie). Thèse du Doctorat ,255 p, université de Grenoble.
- **Durand Delga M** (1968). Mise au point sur la structure de Nord Est de la berbérie.
- **Habchi I** (2019). Prévission des débits solides et Modélisation pluies débits dans un milieu semi-aride par réseau de neurone artificiel et neuro-flou (cas d'un bassin versant). Mémoire du master ,135p, Université Larbi Ben M'hidi- Oum El Bouaghi.
- **Hadjou F** (2008). Etude hydrogéologique par modélisation mathématique en vue d'une approche rationnelle et optimale de la gestion des eaux souterraines de la vallée de l'oued sébaou. Mémoire du magister, 174p, USTHB.
- **Hambli M. Hamiche I** (2017). Etude d'impact sur l'environnement de la pénétrante autoroutière de Tizi-Ouzou. Mémoire du master, 83p, Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira.
- **Haouchine S** (2011). Recherche sur la faunistique et l'écologie des micros invertébrés des cours d'eau de kabylie. Mémoire du Master, 103p, UMMTO.
- **Itchir O. Lachebi L** (2015). Etude hydro biologique de l'oued mechtras : faunistique et évaluation biologique de la qualité de l'eau. Mémoire master ,53 p, UMMTO.
- **Kaci-Moussa D. Mouali S** (2019). Suivi de la qualité hydrochimique des eaux brutes du barrage Taksebt en surface et en profondeur et des affluents de l'Oued Aissi. Mémoire du master ,119 p, UMMTO.
- **LARBI R** (2015). Analyse de la diversité floristique et de la phytodynamique de la série de végétation à Cedrus Atlantica au Djurdjura Centroméridional (Secteur de Tikjda). Mémoire du magister, 124p, UMMTO.
- **Louda I** (2015). Etude de la vulnérabilité des eaux souterraines de la plaine alluviale du haut Sébaou par la méthode de PRASTCHIM. Mémoire du master, 154p, ENSH.
- **Mansouri Z** (2017) Étude hydrogéologique et gestion intégrée des eaux de la source de Tinibaouine (Wilaya de Batna Nord Est Algérien). Thèse du Doctorat, 106p, Université Batna 2.

- **Meddour R** (2010). Bioclimatologie et phytogéographie et phytosociologie en Algérie : exemple des groupements forestiers et preforestiers de la kabylie djurdjurenne. Thèse du Doctorat, 461p, UMMTO.
- **Mekhaldi B** (2017). Utilisation des systèmes d'information géographiques dans l'étude des écoulements superficiels (cas du bassin du Sébaou). Mémoire du master, 51p, ENSH.
- **Merzougui F** (2017). Approche méthodologique GOD de l'étude de vulnérabilité d'une nappe d'eau souterraine (cas de la nappe alluviale du Sébaou). Mémoire du master, 68p, ENSH-ARBAOUI Abdellah (Blida).
- **Naak F. Kesraoui M. et Naak M** (2011). Tectonique varisque dans le substratum paléozoïque du Djurdjura et conséquences sur l'âge du métamorphisme du socle kabyle. Article, 2p.
- **Raked H** (2007). Utilisation d'un système d'informations géographiques (SIG) pour une optimisation de la gestion de l'occupation du sol. Cas de la viticulture de dans la daïra de Baghlia (W Boumerdes). Mémoire du magister, 154p, USTHB.
- **Si Smail A** (2014). Caractérisation hydrodynamique des sols de la vallée du haut sébaou (Algérie) : inversion numérique des données de l'infiltration, approche analytique et expérimentale. Thèse du Doctorat, 115p, UMMTO.
- **Site internet** : caractéristiques hydrodynamiques du Haut Sébaou
- **Tababouchet S** (2017). Etude de la pollution des eaux superficielles et souterraines du bassin versant du sébaou. Mémoire du master, 56p, école nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui Abdellah.
- **Zerouali B 1, Mesbah M 2, Chettih M 1, Abda Z 1 & Djemai M 3** : Analyse et cartographie des tendances pluviométriques dans le bassin versant de l'oued Sébaou (Nord-Centre de l'Algérie) article (14 pages).
- **Ziane Berroudja H** (2018). Etude de pluies extrêmes dans le bassin versant de sébaou. Mémoire du master, 49p, ENSH -ARBAOUI Abdellah.

## ANNEXES :

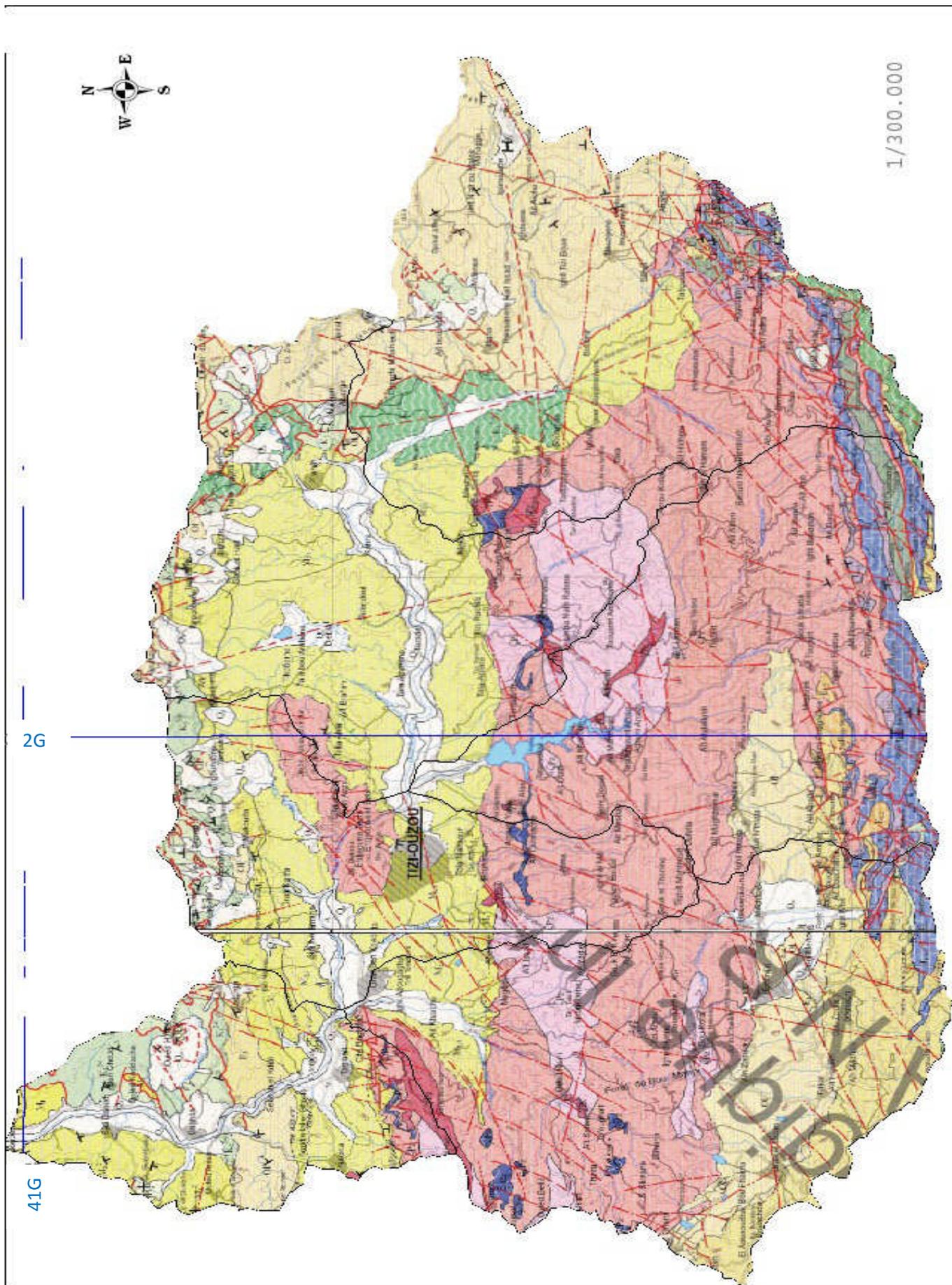
### **Annexe 1 : Présentation de la zone d'étude**

Tableau : caractéristiques du barrage du Taksebt

caractéristiques	Unité	quantité
Hauteur de la digue	M	76
Longueur de la digue	M	515
Capacité de stockage	Mm <sup>3</sup>	175
Volume régularisé	Mm <sup>3</sup>	180
Altitude		71,50
Superficie	Ha	550
Capacité de la station de traitement	m <sup>3</sup> /j	650.000
Réservoir d'eau traitée à la sortie	m <sup>3</sup>	37800
Transfert annuel moyen	hm <sup>3</sup> /an	173
Vocation		Eau potable
Type		contrefort
Hauteur du barrage (lit de rivière)	M	82
Surface du réservoir	Ha	550
Date de mise en service		2007
Bassin(s) irrigué(s):		Tizi-Ouzou, Boumerdès, Alger et Blida
Coordonnées		36° 24' 15" Nord 4° 45' 46" Est
Cours d'eau		Tasift n Taxuxt et Asif n Ait Aissi
Capacité de réservoir	Hm <sup>3</sup>	175

## Annexe 2 : Etude géologique

### Carte géologique du Bassin Versant de l'Oued Sébaou :



	A Quaternaire (Holocène):Alluvions actuelles - sables, graviers, limons et argiles
	Q <sub>a</sub> Quaternaire (Holocène):Alluvions actuelles et récentes par endroit éboulis des pentes et accumulation de piémont (sables, graviers et argiles)
	Q <sub>te</sub> Quaternaire:Terrasses: éluvium marneux cailloutis
	M,Pl Mio-Pliocène:Argiles et conglomérats, calcaires lacustres
	M <sub>2,3</sub> Miocène moyen (Helvétien):Argiles, marnes et grès
	θMi <sup>2</sup> Miocène inférieur (Burdigalien):Tufs et coulées
	Mi <sup>2</sup> Miocène inférieur (Burdigalien):Marnes
	Mi <sup>2</sup> Miocène inférieur (Burdigalien):Grès et conglomérats
	Mi <sup>2</sup> Miocène inférieur (Burdigalien):Grès et poudingues
	Mi <sup>1</sup> Miocène inférieur (Aquitainien):Cailloutis, argiles sableuses rougeâtres et conglom.
	Mi <sup>1</sup> Miocène inférieur:Marnes grises avec bancs de grès
	Mi <sup>1</sup> Miocène inférieur:Grès, marnes et bancs de calcaires
	Mi <sup>1</sup> Miocène inférieur:Série continentale de conglomérats et de grès grossiers
	O <sub>1</sub> Oligocène:Poudingues, marnes, marnes sableuses, grès et microbrèches
	O <sub>1</sub> Oligocène:Série des argiles à la base et grès au sommet
	E <sub>3</sub> Éocène supérieur:Marnes, grès et calcaires gréseux
	E <sub>2</sub> <sup>1</sup> Eocène moyen (Lutétien supérieur):Marnes, argiles et localement conglomérats
	E <sub>2</sub> <sup>1</sup> Eocène moyen (Lutétien):Marnes argileuses et marno-calcaires
	Pc Paléocène-Maestrichtien:Marnes et marno-calcaires
	K <sub>2</sub> <sup>3-6</sup> Crétacé supérieur (Coniacien-Maestrichtien):Marnes grises et calcaires lites au sommet
	K <sub>2</sub> <sup>2</sup> Crétacé supérieur (Turonien):Calcaires massifs
	K <sub>2</sub> <sup>2-6</sup> Crétacé supérieur (Turonien-Maestrichtien):Flisch argilo - calcaro - microbréchiq
	K <sub>2</sub> <sup>1</sup> Crétacé supérieur (Cénomanién):Marnes et calcaires
	K <sub>1</sub> <sup>6</sup> Crétacé inférieur (Albien):Schistes et quartzites
	K <sub>1</sub> <sup>5</sup> Crétacé inférieur (Aptien):Marnes, schistes et calcaires
	K <sub>1</sub> <sup>5-6</sup> Crétacé inférieur (Aptien et Albien): Flysch – alternance de marnes, d'argiles et de quartzites et de grès
	K <sub>1</sub> <sup>1-4</sup> Crétacé inférieur (Berriasien-Barrémien):Schistes et calcaires
	J <sub>1</sub> Jurassique inférieur (Lias):Calcaires massifs et localement dolomitiques
	T <sub>1+2</sub> Trias inférieur et moyen:Calcaires, argiles et grès
	T Trias:Gypses, argiles et dolomies noires
	P Permien:Conglomérats à éléments siliceux, grès variés et argiles
	C Carbonifère:Schistes, psammites, grès, conglomérats et lydienes
	ζPz Paléozoïque?:Calcaires métamorphiques (calcschistes, cipolines, marbres, marbres dolomitiques)
	ξPz Paléozoïque:Micascchistes granulitisés et gneiss granulitiques (résultat de l'injection de la granulite)
	ζPz Paléozoïque:Gneiss
	γPz Paléozoïque?:Granites

## Légende des éléments linéaires - Télédélecti

	Limite déterminée
	Limite supposée
	Chevauchement déterminé
	Chevauchement supposé
	Faille déterminée
	Faille supposée
	Trace de stratification
	Pendage de la couche

## Légende des signes conventionnels

	Limite géologique - déterminée
	Limite géologique - supposée
	Chevauchement ou contact anormal - déterminé
	Chevauchement ou contact anormal - supposé
	Faille déterminée
	Faille supposée
	Trace de stratification
	Pendage de la couche
	Verticalité
	Horizontalité
	Anticlinale
	Synclinale

## Signes topographiques

	Rout		TIZI-OUZOU	Chef-lieu de la willaya
	Route secondaire		AKBOU	Villes
	Chemin		Chott et Sebka	
	Chemin de fer		Plan d'eau	
	Courbe			
	Oued temporaire			
	Oued permanent			

## Annexe III : Hydroclimatologie

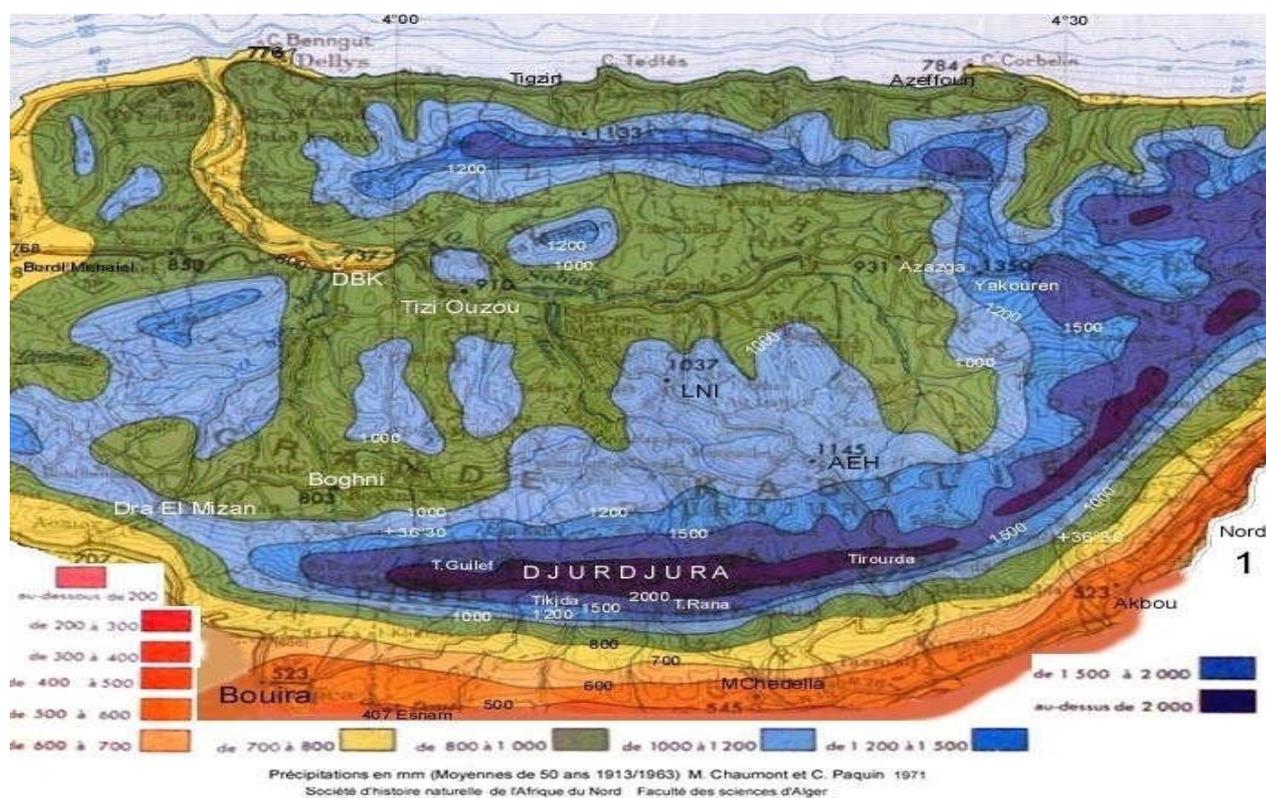
**Annexe III.1 :** Données climatiques (T° max, T° min, T° moy, RR, Hum moy, Vent moy) de l'ONM de TO (2012-2019).

<b>2012</b>	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu en°C	9.9	6.5	13.3	15.3	19.9	26.4	27.8	30.3	24.4	20.8	16.3	11.9	222.8	18.6
T°Moy/mensu Min	5.6	2.7	9	11	14	20	21.6	23.4	18.7	15.8	12.5	8.2	162.5	13.5
T°Moy/mensu MAX	16.3	11.9	19.7	21.1	27	34.2	35.7	30.1	32.3	28.1	21.8	17.4	295.6	24.6
RR en mm&1/10	69.5	269.5	97.8	146.8	40.2	1.1	0	6.4	10.9	96.3	68.7	39.8	847	
Humidité moy en%	84	88	81	76	71	61	60	49	65	69	79	83	866	72
VENT moyen m/s	0.3	Xx	xx	Xx	Xx	xx	xx	xx	0.7	0.6	1.1	0.9	3.6	0.3
<b>2013</b>	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu en°C	10.8	9.4	14.3	15.8	17.5	22	26.7	26.9	24.1	23.1	13.6	11.2	215.4	18
T°Moy/mensu Min	6.9	5.2	10.4	11.3	12.8	15.5	20.3	20.3	19.1	18.1	17.9	7.4	165.2	13.8
T°Moy/mensu MAX	15.7	14.6	19.4	21.8	23	28.9	34.5	35.1	31.1	30.6	10.7	16.9	282.3	23.5
RR en mm&1/10	211.8	185.7	93.5	64.5	151.6	0	0.3	11.3	37.6	39	164.9	103.7	1063.9	
Humidité moy en%	80	80	73	77	78	65	64	60	73	69	83	83	884	74
VENT moyen m/s	1.5	1.6	2.6	1.9	1.9	1.7	1.8	1.3	1.3	Xx	xx	xx	15.6	1.3
<b>2014</b>	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu en°C	12.3	12.8	12.3	17.5	19.2	23.7	27	28	26.2	21.6	17.3	10.9	228.8	19.1
T°Moy/mensu Min	8.6	8.6	8.2	11.3	13.2	17.4	20	21.5	21	16	13.5	7.7	167	13.9
T°Moy/mensu MAX	17.6	18.8	17.5	24.3	26.5	30.7	34.7	35.9	33.7	29	22.7	15.4	306.8	25.6
RR en mm&1/10	110.1	110.2	172.4	5.3	10	48.4	0.2	3.6	11.8	26.5	61.6	272.4	832.5	
Humidité moy en%	78	76	81	67	68	64	57	58	62	68	69	84	830	69
VENT moyen m/s	xx	xx	xx	Xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	0	0
<b>2015</b>	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu en°C	9.9	9.8	13.1	17.3	21.4	24.7	29.7	28.8	24.4	20.2	14.9	12.2	226.4	18.9
T°Moy/mensu Min	6	6.5	8.4	11.7	15.2	17.9	22.2	23.2	19.7	16	10.8	7.2	164.8	13.7
T°Moy/mensu MAX	15.6	13.9	19.3	24.4	28.7	32	38.4	35.8	30.5	26.2	21	19.3	305.1	25.4
RR en mm&1/10	200.9	181.5	70.2	0	10.4	15.3	4.1	2.6	41.1	81.7	102.7	0	710.5	
Humidité moy en%	82	80	75	71	62	60	51	59	65	72	80	75	830	69
VENT moyen m/s	1	2	1.3	1.7	xx	xx	xx	xx	2.8	2.3	1.7	1.4	14.2	1.2
<b>2016</b>	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu en°C	12.8	12.6	12.5	16.1	19	24.3	27.9	27.1	24.3	22.5	15.7	12.6	227.4	19
T°Moy/mensu Min	8.6	8.5	7.8	11.2	13.6	17.1	20.7	20.4	18	16.9	11.4	9.3	163.5	13.6
T°Moy/mensu MAX	18.4	18	17.6	22.1	25	32	35.7	34.6	31.7	29.6	21.3	17.6	303.6	25.3
RR en mm&1/10	59.9	96.2	185.3	61.8	68.4	5.9	0	0	4.2	16.6	68.4	150.1	716.8	
Humidité moy en%	76	73	76	75	71	59	55	59	62	65	72	85	827	69
VENT moyen m/s	2.2	2.5	2.5	2.1	2.7	2.5	2.8	2.5	1.8	1.7	1.5	0.9	25.7	2.1

2017	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu en°C	8.9	12.7	14.5	16.4	21.8	26.4	29.4	29.7	23.9	19.5	13.7	10.4	227.3	18.9
T°Moy/mensu Min	5.2	8.6	8.8	10.5	15.2	19.8	22.3	25.1	18.1	13.5	9.8	7.5	164.4	13.7
T°Moy/mensu MAX	13.7	18.2	21.2	23	29.6	34.6	37.5	37.4	30	26.7	19.4	14.3	305.6	25.5
RR en mm&1/10	250	36	29	37	2	8.8	0.4	0	37.8	35.3	126	138	700.3	
Humidité moy en%	82	75	72	68	62	58	49	56	61	66	76	83	808	67
VENT moyen m/s	1.5	2.2	2.1	2.2	2.2	2.7	2.4	2.9	2	1.2	1	1	23.4	2
2018	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu en°C	11.2	9.9	13.6	16.5	17.8	22.8	27.8	27.4	25.3	19.1	14.9	11.9	218.2	18.2
T°Moy/mensu Min	7.1	6.4	10.2	11.8	13.5	16.8	21.5	20.8	20.3	15.3	11.4	7.7	162.8	13.6
T°Moy/mensu MAX	17	14.6	17.9	22.5	27.7	29.7	35.5	35.1	32	24.9	20.2	17.3	294.4	24.5
RR en mm&1/10	31	108	187	102	33	34	0.5	0	42	182	175	44	938.5	
Humidité moy en%	79	80	75	75	80	68	59	60	67	76	77	83	879	73
VENT moyen m/s	1.5	0.8	1.9	1.2	0.7	0.3	1.2	1.9	1.6	1.3	1.3	0.8	14.5	1.2

2019	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVEM	DECEM	Tot	Moy
T°Moy/mensu en°C	9.2	10.7	13.5	15.3	18.8	25.1	29.1	28.5	24.6	20.5	14.3	13.4	223	18.6
T°Moy/mensu Min	5.8	6.2	8.6	11.8	13.5	16.8	21.5	23	19.5	15.7	11.3	9.7	163.4	13.6
T°Moy/mensu MAX	14	16.9	19.8	22.5	27.7	32.4	35.5	35.5	31.5	27.4	18.5	18.4	583.6	48.6
RR en mm&1/10	187	51	51	56	35	1	11	10	47	43	220	22	734	
Humidité moy en%	84	76	74	77	66	60	55	59	69	69	78	76	843	70
VENT moyen m/s	1.5	1.2	1.7	1.9	1.5	2.8	2.5	2.2	1.7	1.6	1.9	1.6	22.1	1.8

**Annexe III.2 :**



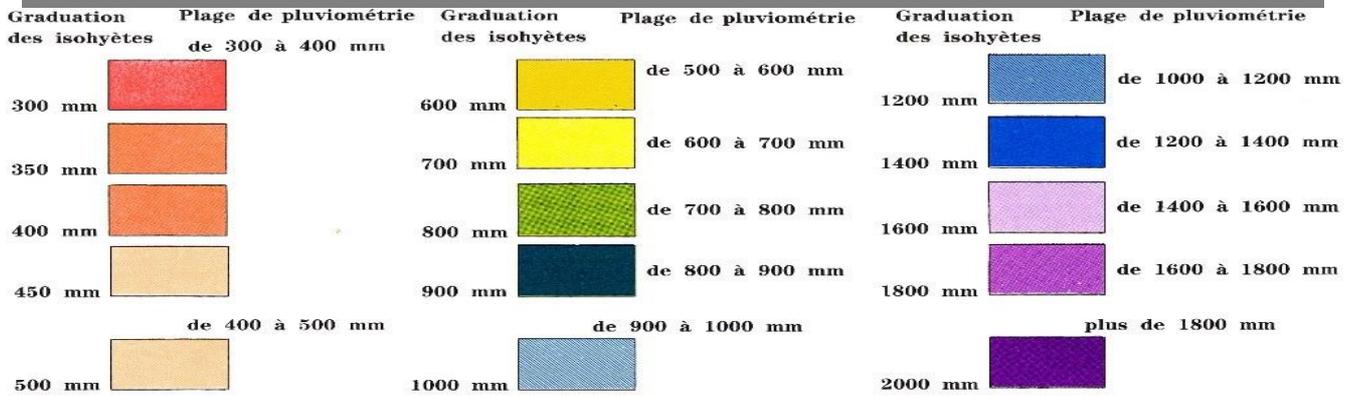
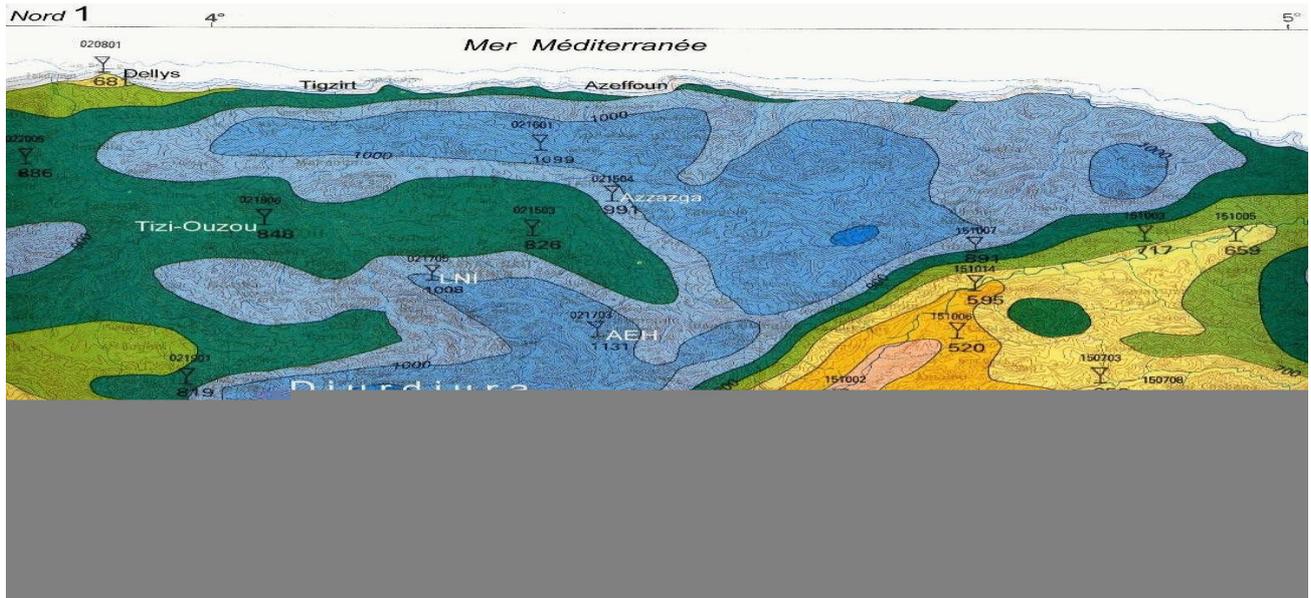
**Figure :** Carte pluviométrique établie par CHAUMONT (1971) du BV de Djurdjura Taksebt Oued Aissa- Sébaou

**Annexe III.3 :**

Tableau : Précipitations annuelles en mm (ANRH TO) :

	Tizi ouzou	Ait ouabane	Benni yani	Azazga	Aghribs	LNI
<b>1990</b>	755.6	1377.7	842.8	890	1063	831.2
<b>1991</b>	766.6	1113.2	725.6	828.2	1044.1	821.4
<b>1992</b>	689.3	898.6	702	867.7	1030	786.8
<b>1993</b>	551.3	955.4	618.9	679	781.6	667.7
<b>1994</b>	865	1259.9	922.5	1001.2	1132.9	899.9
<b>1995</b>	822.8	1287.8	890.8	1098.1	549.6	1100.9
<b>1996</b>	500	809.5	505.5	591.8	738.6	664.1
<b>1997</b>	1113.2	1711.8	1192.3	1317.9	1656.5	1319.6
<b>1998</b>	689.5	1168.3	768.4	855.3	1140.4	859.7
<b>1999</b>	556.4	880.7	624.2	780.6	884	604.9
<b>2000</b>	606.9	1100	785.3	826.6	992	706
<b>2001</b>	461.8	798.2	479.6	521	761.5	522.7
<b>2002</b>	1217.5	766	1366.5	1535.8	1630.6	1255
<b>2003</b>	832.6	551.6	903.6	999.6	557.4	968.9
<b>2004</b>	696.3	1124.6	879.5	1178.2	448.1	815.3
<b>2005</b>	732.6	1393.6	754.2	896.9	477.2	814.6
<b>2006</b>	793.1	1265.6	698.2	1055.7	525.8	868.6
<b>2007</b>	931.6	1393.6	955.5	1250.3	660.5	994
<b>2008</b>	1010.8	1265.6	1185.8	1348.2	700.4	1166.9
<b>2009</b>	963.8	1110.3	925.8	1075.8	662.7	975.1
<b>2010</b>	1016.6	1265.6	1113.2	941.4	720.8	1209
<b>2011</b>	1033.9	1110.3	1023.9	827.9	1250.5	1149.3
<b>2012</b>	936.8	609.6	980.9	759.3	641	1050
<b>2013</b>	835.2	553.10	922.2	687.6	559.5	946.1
<b>2014</b>	969.4	1465.5	1068.1	782.3	667.1	1083.4
<b>2015</b>	772.1	1211.7	811.2	643	508.9	881.5
<b>2016</b>	618.7	432.5	680.7	534.7	385.9	724.6
<b>2017</b>	947.8	615.8	968.9	767.1	649.8	1061.3
<b>2018</b>	634.3	441.3	614.7	545.9	398.6	740.6
<b>2019</b>	639.8	444.2	688.1	549.6	402.8	746.2

### Annexe III.4 :



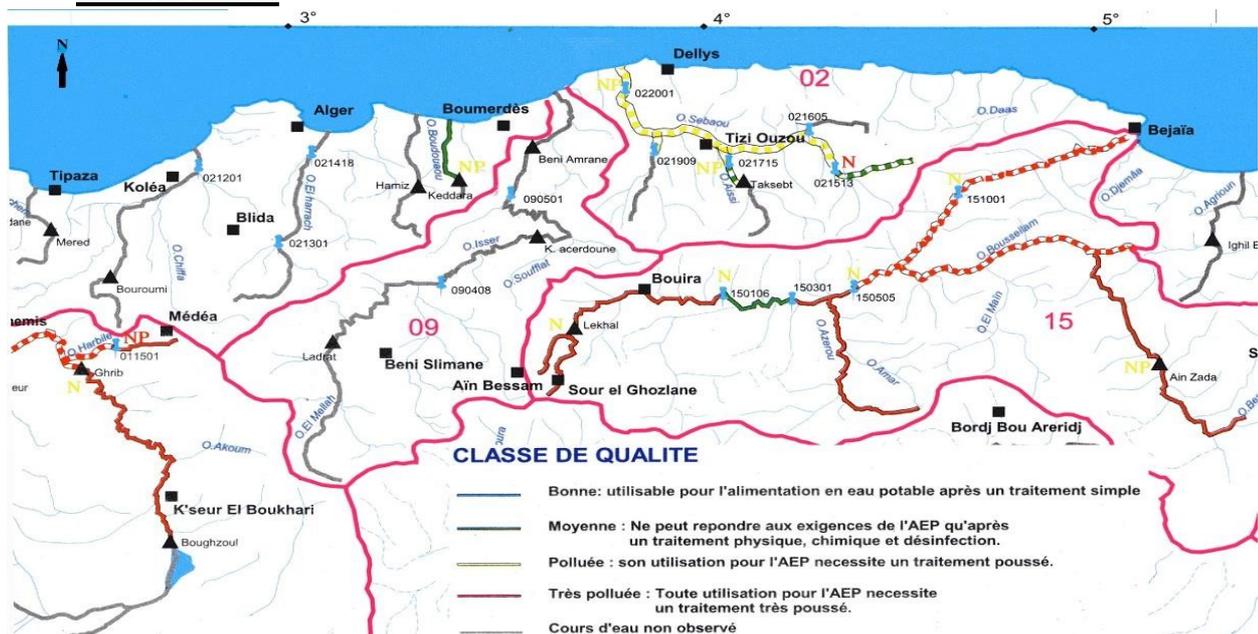
040507 n° de code (bassin 04, sous bassin 05, 7ième poste)

Pluviomètre

261 Pluie moyenne interannuelle en millimètre.

Extrait de la carte pluviométrique de la région du Djurdjura : période 1922-1960 et 1969-1989 (ANRH 1993)

### Annexe III.5 :



Carte de la qualité des eaux superficielles du Nord de l'Algérie (ANRH 2001)

## Annexe V : Etude hydrochimie :

### Annexe V.1 :

Tableau 2  
Paramètres avec valeurs indicatives

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO <sub>3</sub>	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	μS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	μg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	

**Décret exécutif n° 14-97 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 portant dissolution de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun.**

Le Premier Ministre,

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2),

Vu le décret présidentiel n° 13-312 du 5 Dhou El Kaâda 1434 correspondant au 11 septembre 2013 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 94-294 du 19 Rabie Ethani 1415 correspondant au 25 septembre 1994 relatif aux modalités de dissolution et de liquidation des entreprises publiques non autonomes et des établissements publics à caractère industriel et commercial ;

Vu le décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun ;

Après approbation du Président de la République ;

#### Décrète :

Article 1er. — L'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun, créée par les dispositions du décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun est dissoute.

Art. 2. — La dissolution de l'agence prévue à l'article 1er ci-dessus, donne lieu à l'établissement d'un inventaire quantitatif, qualitatif et estimatif dressé conformément aux lois et règlements en vigueur par une commission dont les membres sont désignés conjointement par le ministre des finances et le ministre chargé des ressources en eau.

Art. 3. — Le présent décret sera publié au *Journal Officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger le 2 Joumada El Oula 1435 Correspondant au 4 mars 2014.

Abdelmalek SELLAL.

## Annexe V.2 :

Tableau : Paramètres chimiques de la vallée Haut Sébaou, Basses eaux (ANRH TO Juin 2018)

Analyse	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	k (meq/l)	$\sum r^+$	Cl (meq/l)	So <sub>4</sub> (meq/l)	HCO <sub>3</sub> (meq/l)	No <sub>3</sub>	$\sum r^-$	e (%)
W23-029	6.95	3.08	1.43	0.05	11.51	1.54	3.08	6	0	10.62	4.02
W23-030	6.1	3.08	2.08	0.10	11.36	2.05	2.25	6	0.83	11.13	1.02
W24-001	7.4	1.33	2.26	0.02	11.01	1.68	1.87	7.75	0.13	11.43	1.87
W24-007	6.5	2.16	1.34	0.05	10.05	1.34	1.62	6.75	0	9.71	1.72
W24-034	6.3	1.75	2.08	0.02	10.15	1.82	1.14	6.24	0	9.2	4.9
W45-002	8.25	3.91	1.95	0.07	14.18	1.77	3.31	7.75	1.83	14.66	1.66
W45-021	7.4	2.16	1.52	0.07	11.15	1.42	1.16	7.24	0.7	10.52	2.9
W45-025	7.85	4.16	2.26	0.05	14.32	1.77	2.56	8.75	0	13.08	4.5
W23-029	6.75	3.75	1.17	0.07	11.74	1.91	2.45	6.50	0.06	10.92	3.6
W24-001	7.9	2.41	2.39	0.05	12.75	2.28	2	7.50	0.6	12.38	1.47
W24-034	5.95	2.75	2.21	0.02	10.93	2.4	1.41	6	0.6	10.41	2.43
W45-002	8.7	4.75	2.08	0.12	15.65	2.54	3.75	7.50	1.56	15.35	0.96
W45-016	5.55	2.75	1.65	0.02	9.97	2.34	1.35	5.50	0.06	9.25	3.74
W45-021	6.75	2.58	1.34	0.23	10.9	2.05	1.41	6.50	1.05	11.01	0.5
W45-025	2.55	2.41	0.91	0.48	6.35	1.8	0.20	4.50	0.33	6.83	3.6

Tableau : Paramètres physiques de la vallée Haut Sébaou, Basses eaux (ANRH TO Juin 2018)

Puits	Ph	Cond	Résidu Sec	TH	TAC	TA
W23-029	7,6	1 063	605	50	30	0
W23-030	7,6	1 060	583	46	30	0
W24-001	7,5	987	608	43	39	0
W24-007	7,8	846	517	43	34	0
W24-034	8,2	843	521	40	31	0
W45-002	7,6	1 290	730	61	39	0
W45-021	7,6	905	553	48	36	0
W45-025	7,7	1 180	714	60	44	0
W23-029	7,6	1 010	613	51	35	0
W24-001	7,4	1 193	604	46	28	0
W24-034	7,6	963	921	75	53	0
W45-002	7,4	1 386	859	53	65	0
W45-016	7,6	847	1 624	102	10	0
W45-021	7,3	950	1 070	75	18	0
W45-025	7,3	604	1 953	81	18	0

## Annexe VI : Etude piézométrique

### Annexe VI.1 :

Données piézométriques de la vallée Haut Sébaou, hautes eaux (ANRH TO 2019)

<b>HAUT SEBAOU</b>								
NOM	N°B.I.R.H	N°catalogue	Type d'ouvrage	COORDONNEES			H.E /JUN/2019	
				X	Y	Z	NS : (m)	N.P(m)
P7	W24-001	E009-2563	PUITS	643 278	383 400	126,62	4,46	<b>122,16</b>
P10	W24-002	E009-2580	PUITS	641 866	383 516	122,30	4,75	<b>117,55</b>
P16	W24-004	E009-2565	PUITS	637 386	380 322	109,75	5,28	<b>104,47</b>
P22	W24-007	E009-2568	PUITS	642 226	382 912	123,47	5,98	<b>117,49</b>
P24	W24-008	E009-2581	PUITS	641 490	382 535	119,83	6,37	<b>113,46</b>
P25	W24-009	E0092569	PUITS	640 484	381 460	116,12	7,35	<b>108,77</b>
P30	W24-010	E009-2570	PUITS	643 522	382 893	128,40	4,45	<b>123,95</b>
P33	W24-011	E009-2571	PUITS	639 249	380 770	109,60	à sec	à sec
P34	W24-012	E009-2572	PUITS	637 685	379 998	105,14	5,41	<b>99,73</b>
P43	W45-016	E009-2584	PUITS	634 619	378 635	109,30	Fermé	Fermé
P44	W45-017	E009-2585	PUITS	633 626	378 410	111,67	10,05	<b>101,62</b>
P50	W45-019	E009-2587	PUITS	631 907	379 228	91,18	4,99	<b>86,19</b>
P54	W45-021	E009-2588	PUITS	631 486	379 563	88,26	6,55	<b>81,71</b>
P55	W45-022	E009-2589	PUITS	630 961	379 455	83,99	nd=7.92	<b>74,07</b>
P59	W45-025	E009-2592	PUITS	628 495	379 455	79,10	nd=11.97	<b>67,03</b>
P60	W45-027	E009-2579	PUITS	627 962	379 405	77,78	5,39	<b>72,39</b>
P62	W45-029	E009-2558	PUITS	628 444	378 003	77,94	10,97	<b>66,97</b>
F63	W44-030	E009-2559	FORAGE	625 169	380 820	75,20	nd=10.43	<b>64,77</b>
P70	W23-032	E009-2561	PUITS	624 283	380 820	73,5	9,15	<b>64,35</b>
P71	W23-033	E009-2562	PUITS	625 285	381 161	79,35	3,38	<b>75,97</b>
P72	W23-034	E009-2575	PUITS	626 283	380 396	78,52	4,9	<b>73,62</b>
P73	W23-035	E009-2576	PUITS	627 451	380 104	78,67	nd=8	<b>70,67</b>
P78	W45-038	E009-4251	PUITS	633 103	379 363	92,92	8,84	<b>84,08</b>

Données piézométriques de la vallée Haut Sébaou, Basses eaux (ANRH TO 2019)

<b>HAUT SEBAOU</b>				<b>COORDONNEES</b>			<b>B.E /OCT/2019</b>	
<b>NOM</b>	<b>N°B.I.R.H</b>	<b>N°catalogue</b>	<b>Type d'ouvrage</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>NS (m)</b>	<b>N.P(m)</b>
P7	W24-001	E009-2563	PUITS	643 278	383 400	126,62	5,32	<b>121,3</b>
P10	W24-002	E009-2580	PUITS	641 866	383 516	122,30	5,25	<b>117,05</b>
P16	W24-004	E009-2565	PUITS	637 386	380 322	109,75	5,52	<b>104,23</b>
P22	W24-007	E009-2568	PUITS	642 226	382 912	123,47	6,31	<b>117,16</b>
P24	W24-008	E009-2581	PUITS	641 490	382 535	119,83	6,7	<b>113,13</b>
P25	W24-009	E0092569	PUITS	640 484	381 460	116,12	7,8	<b>108,32</b>
P30	W24-010	E009-2570	PUITS	643 522	382 893	128,40	5,67	<b>122,73</b>
P33	W24-011	E009-2571	PUITS	639 249	380 770	109,60	à sec	à sec
P34	W24-012	E009-2572	PUITS	637 685	379 998	105,14	5,63	<b>99,51</b>
P43	W45-016	E009-2584	PUITS	634 619	378 635	109,30	inaccessible	inaccessible
P44	W45-017	E009-2585	PUITS	633 626	378 410	111,67	10,96	<b>100,71</b>
P50	W45-019	E009-2587	PUITS	631 907	379 228	91,18	5,89	<b>85,29</b>
P54	W45-021	E009-2588	PUITS	631 486	379 563	88,26	7,15	<b>81,11</b>
P55	W45-022	E009-2589	PUITS	630 961	379 455	83,99	7,72	<b>76,27</b>
P59	W45-025	E009-2592	PUITS	628 495	379 455	79,10	nd=11.93	<b>67,17</b>
P60	W45-027	E009-2579	PUITS	627 962	379 405	77,78	5,55	<b>72,23</b>
P62	W45-029	E009-2558	PUITS	628 444	378 003	77,94	11,15	<b>66,79</b>
F63	W44-030	E009-2559	FORAGE	625 169	380 820	75,20	9,74	<b>65,46</b>
P70	W23-032	E009-2561	PUITS	624 283	380 820	73,5	nd=10.50	<b>63</b>
P71	W23-033	E009-2562	PUITS	625 285	381 161	79,35	5,06	<b>74,29</b>
P72	W23-034	E009-2575	PUITS	626 283	380 396	78,52	6,18	<b>72,34</b>
P73	W23-035	E009-2576	PUITS	627 451	380 104	78,67	nd=6.90	<b>71,77</b>
P78	W45-038	E009-4251	PUITS	633 103	379 363	92,92	8,95	<b>83,97</b>

**Annexe VI.2 :****Répartition de la superficie et population des communes de Haut Sébaou (DRE 2019)**

Commune	Population totale	Superficie
Tizi ousou	159127/2	102 .36
A. El Hammam	20627	38 .55
Akbil	9096	37.04
Abi Youcef	7864	16.86
Ait Yahia	14760	52.44
Azazga	39546	77.05
Freha	27030	68.55
Ifigha	10331	46.86
Yakouren	12751	79.30
Zekri	3356	88.51
Aghribs	12751	65.11
Beni douala	22030	35.09
Ait mahmoud	7870	25.73
Beni aissi	7798	21.25
Beni yani	5864	34.25
Iboudraren	5518	32.50
Yatafen	4105	15.99
Bouzguene	24851	66.90
Benni zikki	3456	20.64
I. Oumalou	13240	50.38
Idjeur	10530	72.06
L.N. I	30029	39.28
Ait aguacha	4700	26.21
Irdjen	13441	21.24
Iferhounen	12737	32.95
Illilten	9345	26.84
Imsouhel	6711	24.69
Ouacif	10542	17.18
Ait boumahdi	6249	23.23
Ait toudert	8710	34.59
Mekla	24776	64.71
Ait khellili	11885	24.58
Souamaa	10175	39.96
Ouadhia	16121	32.83
Ait bouadou	15083	39.30
Tizi N'Telata	15823	26.90
A. gueghrane	9907	40.51
Timizart	30298	65.14
Tizi rached	17542	31.05
Ait oumalou	8985	13.74
Total	605996	1946.54