

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

جامعة مولود معمري

FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DÉPARTEMENT DES SCIENCES GÉOLOGIQUES



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Filière : **Géologie**

Option : **Hydrogéologie**

Par : **ALLAL HAYET**

Et

HADJADJ SABRINA

Thème :

L'identification de l'intrusion marine : « le biseau salé » :

Cas de Bas Sébaou

Soutenu publiquement le **06 /10/ 2022** devant le Jury composé de:

M. HAMIS A.

M.C.B (UMMTO)

Président

M. KARDACHE R.

M.C.A (UMMTO)

Promoteur

M. DROUCHE A.

M.C.B (UMMTO)

Examineur

Mlle Kaci Moussa D.

Co-Promotrice

Remerciements

Tout d'abord nous remercions notre Dieu de nous avoir donné le courage et la force pour réaliser ce modeste travail.

On tient vivement à exprimer notre gratitude à tous ceux qui, ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire

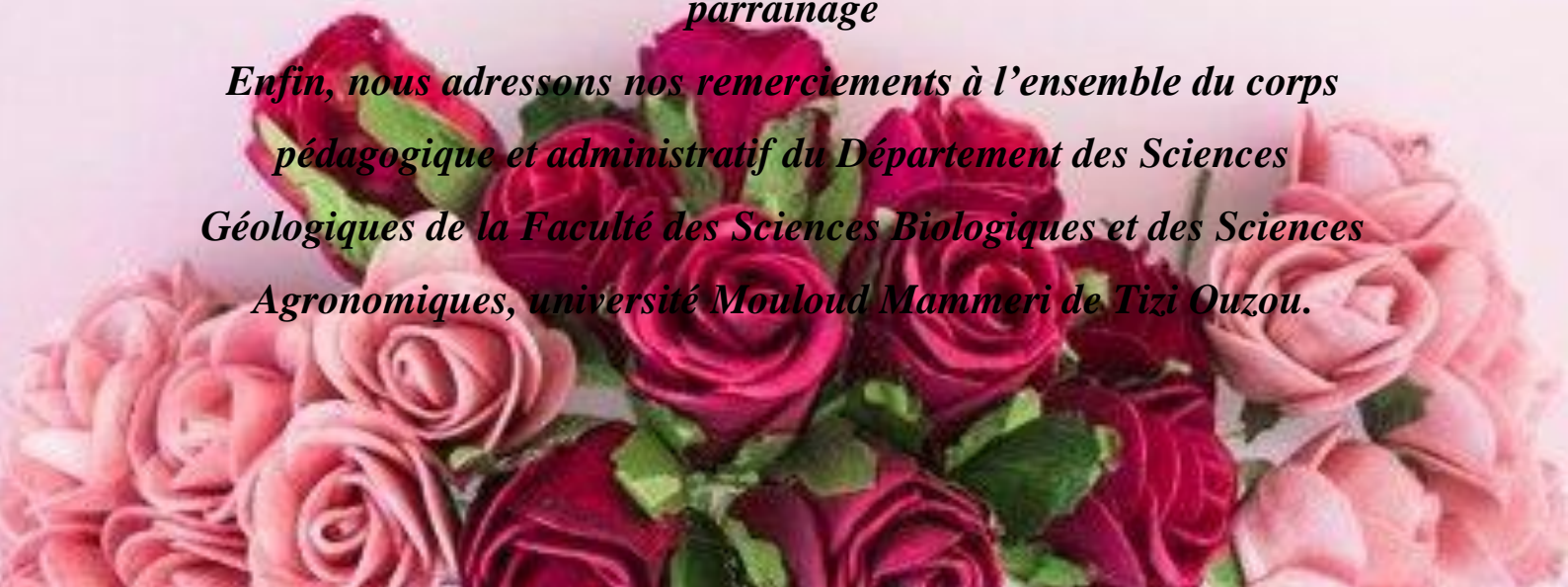
En premier lieu, à notre promoteur M.Kardache R. d'avoir accepté de nous encadrer durant la réalisation de ce mémoire, pour sa patience, sa disponibilité, aussi notre Co-promotrice Mlle Kaci moussa D. pour partager son expérience avec nous et pour tous les conseils

Nous remercions M. Hamis A. de nous avoir accordé l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

Nous remercions aussi à M. Drouiche A. qui a accepté de juger notre travail en qualité d'examineur.

Nous remercions aussi au chef de centre de traitement des eaux du barrage de Taksebt M. Chebili A. et la cheffe de laboratoire Mme Chikhi A. qui nous a ouvert les portes du laboratoire pour effectuer les analyses de nos échantillons, sans oublier l'ingénieur de laboratoire M. Haddadi A. Pour son aide et parrainage

Enfin, nous adressons nos remerciements à l'ensemble du corps pédagogique et administratif du Département des Sciences Géologiques de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*Aux deux êtres les plus chères de ma vie, qui ont su m'apporter
tendresse et amour, mes très chères parents, merci de m'avoir mis
au monde et pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie, je
lui dois une fière chandelle.*

A ma grande mère

A mon grand père que Dieu le fasse parmi les gens du Paradis

A mes sœurs : Loubna et Hana

A mes frères : Mohammed, Zakaria et Yacine

A toute ma grande famille

A ma copine : Rihab

A tous mes amis sans exception

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce modeste
travail*

HayeT



Dédicaces

A MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que Dieu, vous accorde santé, bonheur et longue vie.

A MES CHERS FRÈRES et SŒURS

Massinissa, le petit prince SElYane, Lynda et hammama

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance,

je vous souhaite une vie pleine de bonheur, de succès et que Dieu tout puissant, vous protège et vous garde

A mon mari Sofiane

Je vous souhaite une longue vie pleine de bonheur.

A MES AMIS DE TOUJOURS A toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail .

Sabrina



Résumé

Notre travail se propose d'établir une étude qualitative de la nappe côtière des eaux souterraines du bassin versant du bas Sébaou pour atteindre l'objectif d'identification de biseau salé au niveau du bas Sébaou 02-20 .

La basse vallée du Sébaou est une partie comprise entre la mer le coude Tadmaït .Délimité au Nord par la Mer Méditerranée. A l'Est par des collines d'altitude uniforme dont l'extension longitudinale va du hameau de Dar Beida jusqu'au Djebel Takdemet..Au Nord-est par les localités de cette rive droite de l'Oued Sébaou.A l'Ouest par un ensemble molassique dont la base est conglomératique. Au Sud, la plaine du Moyen Sébaou en contrebas du versant nord du Djebel Sidi Ali-Bounab, La ville de Tadmaït y est construite.

Le traitement des données hydro-climatologique nécessaires à l'établissement d'un bilan hydrologique pour ce bassin versant qui estime une précipitation totale 775 mm avec une température moyenne de 18,3 °C, avec un climat méditerranéen. Ces eaux présentent un faciès bicarbonaté calcique qui est dû à l'origine de la nature géologique de Djurdjura (la chaîne calcaire) avec une minéralisation moyenne importante ce qui a causés des changements sur la qualité des eaux souterraines de ce sous bassin versant.

L'étude piézométrique et hydro-chimique met en évidence une superposition des écoulements souterrains et superficiels dont la nappe alluviale connaît une intrusion marine (-le mélange eau douce-salé-).

Mots clés : nappe côtière, bas sébaou , qualité , bicarbonaté , piézométrique ,minéralisation, bilan hydrologique, mélange eau-douce-salé , biseau salé .

Abstract

Our work proposes to establish a qualitative study of the coastal groundwater table of the watershed of the Sébaou to reach the objective of identification of salty bevel at the level of low Sébaou 02-20

The lower valley of the sesbaou is a part between the sea the bend Tadmait . Delimited to the north the Mediterranean Sea. To the east by hills of uniform altitude whose longitudinal extension goes from the hamlet of Dar Beida to Djebel Takdemet.. To the Northeast: The localities of this right bank of the Oued Sébaou . To the West by a molassic ensemble whose base is conglomerate. In the south, the middle Sébaou plain below the northern slope of Djebel Sidi Ali-Bounab, Tadmait is built there.

The processing of the hydro-climatological data necessary to establish a hydrological balance for this catchment area which estimates a total precipitation of 775 mm with an average temperature of 18.3°C, with a Mediterranean climate. These waters have a calcium bicarbonate facies which are due to the origin of the geological nature of Djurdjura (the limestone chain). With medium to significant mineralization causing changes in groundwater quality in this subwatershed

The piezometric and hydro-chemical study highlights a superposition of underground and surface flows whose alluvial aquifer knows a marine intrusion (-the fresh-salty water mixture-).

Key words: coastal aquifer, low sebaou, quality, bicarbonate, piezometric, mineralization, hydrological balance, water-fresh-salt mixture, salt bevel .

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Dédicaces

Résumé

Abstract

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Listes des annexes

Liste des abréviations

Introduction Générale..... 1

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

1. Introduction 4

2. Cadre Géographique du bassin versant d'Oued Sébaou 4

3. Cadre géographique du bas Sébaou 02-20 ANRH..... 10

4. La sismicité 12

5. La végétation..... 13

6. Pédologie..... 13

7. Les formations de l'aquifère de bas Sébaou 02-20 ANRH..... 15

7.1 Coupes hydrogéologique de la zone de Baghlia (ANRH, Alger (Chadrine , 1974).. 15

7.2 Coupe géologique de la vallée de bas Sébaou (Belhai et Al.,2008) 15

8. Les ressources en eau disponibles à l'échelle de la wilaya de 16

Boumerdes..... 16

8.1 Les eaux conventionnelles..... 16

8.1.1	Les eaux de surface	17
8.1.2	Les eaux souterraines	18
8.2	Les eaux non conventionnelles.....	19
8.2.1	La station de traitement des eaux STEP	19
8.2.2	Les eaux de dessalement SDEM (station de dessalement d'Eau de Mer).....	20
9.	L'aspect socio-économique de la zone d'étude.....	20
9.1	Potentiels humains	20
9.2	Potentiels agricoles	20
9.3	Potentiel en sol de la wilaya de Boumerdes	21
10.	Nature du sol des terrasses alluviales du Bas Sébaou	21
11.	L'état de la nappe	22
12.	Conclusion.....	23

Chapitre 2 : Cadre géologique de la zone d'étude

1.	Introduction	25
2.	Le contexte géologique régionale (Les grands ensembles géologiques de la chaîne des Maghrébides).....	27
3.	Le Cadre Géologique de la zone d'étude - Cadre géologique local –.....	28
2.1	La chaîne littorale	31
2.2	Les flyschs de l'unité d'Afir	31
2.2.1	L'unité supérieure d'Afir.....	31
2.2.2	L'unité tellienne de Dellys	31
4.	La formation numidienne	32
7.	Conclusion.....	34

Chapitre 3 : Etude hydro-climatologique

1.	Introduction	36
2.	La morphologie du bas Sébaou	36

2.1	Caractéristiques de la forme	36
2.1.1	La surface	36
2.1.2	Le périmètre	36
2.1.3	L'indice de capacité et de gravelius K_C	37
2.1.4	Dimension du rectangle équivalente	37
2.1.5	La courbe hypsométrique	38
2.1.6	Les altitudes caractéristiques.....	40
2.1.6.1	Altitude moyenne " H_{moy} "	40
2.1.6.2	Altitude médiane " $H_{méd}$ "	41
2.1.7	L'indice de pente globale	41
2.1.8	Dénivelée spécifique " D_S "	41
2.1.9	L'indice de pente de roche " I_P "	42
3.	Caractéristiques de réseau hydrographique	43
3.1	Hiérarchisation.....	43
3.2	Développement du réseau hydrographique	43
3.2.1	Densité de drainage " D_d "	43
3.2.3	Densité des talwegs élémentaires " F " (Aigoun C. , 2014)	44
3.2.4	Rapport de confluence " R_c "(Aigoun C. , 2014)	45
3.2.5	Rapport des longueurs " R_l "	46
4.	Climatologie de la région	47
4.1	Etude de précipitations	47
4.2	Températures	49
4.2.1	Les températures annuelles	49
4.2.2	Les températures mensuelles.....	49
4.3	L'humidité	50
4.4	La vitesse du vent	51
4.5	L'évaporation.....	52

4.5.1	L'évapotranspiration potentielle et L'évapotranspiration réelle	54
4.5.2	Estimation de l'évapotranspiration potentielle	54
5.	Bilan simplifié selon Thornthwaite	55
6.	Conclusion.....	57

Chapitre 4 : Généralité sur l'intrusion marine

1.	Introduction	59
2.	Notions	59
2.1.	Les biseaux salés – l'intrusion marine –.....	59
2.2	Un aquifère côtier.....	60
2.3	La salinité des eaux	61
3.	Mécanismes et terminologie du biseau salé	61
4.	Facteurs déterminants le biseau salé	61
4.1.	Effet de l'exploitation.....	61
4.2.	Situation par rapport à la mer	62
4.3.	Alimentation de la nappe	62
4.4.	Hydrogéologie	62
4.5.	Les causes de l'intrusion marine.....	62
4.5.1.	La surexploitation des eaux souterraines.....	62
4.5.2.	Puits mal positionné	63
4.5.3.	La remontée du niveau de la mer	63
4.5.4.	Pollutions diffuses par les activités anthropiques	64
5.	Conclusion.....	88

Chapitre 5 : La campagne piézométrique

I.	Etude piézométrique.....	90
1.1	Introduction	90
1.2	Les campagnes piézométriques 2011-2012 et 2021-2022 du bas Sébaou	94

1.3	Suivi des fluctuations du niveau piézométrique 27 avril 2022 par rapport l'exutoire-la mer –.....	96
2.	Etude hydrodynamique	97
2.1	Les essais de pompages	97
2.1.1	La perméabilité.....	97
2.1.2	Coefficient d'emménagement.....	98
2.1.3	La résistivité	98
2.1.4	Débit de la nappe (A.Benamour, 1967).....	98
3.	Conclusion.....	100

Chapitre 6 : Approche hydro-chimique des eaux souterraines

1.	Introduction	102
2.	Matériels et méthodes d'analyses.....	102
2.1	Echantillonnages.....	102
2.2	Analyses au laboratoire.....	103
3.	Les paramètres physico-chimiques	104
3.1	La température	104
3.1	Le potentiel d'hydrogène pH.....	106
3.2	La conductivité	108
3.3	La turbidité	112
3.4	L'oxygène dissous	113
4.	Les paramètres chimiques	115
4.1	.Le calcium Ca^{2+}	115
4.2	Le magnésium Mg^{2+}	116
4.3	Dureté totale TH.....	117
4.4	Alcalinité TAC	118
4.5	Bicarbonate HCO_3^-	119

4.6	Résidu sec RS	120
4.7	L'ammonium NH_4^+	121
4.8	Les nitrites NO_2^-	123
4.9	Les nitrates NO_3^-	124
4.10	Le phosphate PO_4^{3-}	125
4.11	Le Fer Fe^{2+}	126
4.12	L'aluminium Al^{3+}	127
4.13	Chlorure Cl^-	128
4.14	La matière organique MO	129
5.	Faciès chimiques (Aigoun C., 2014)	130
6.	Conclusion.....	132
	Conclusion Générale	133
	Références bibliographiques	148

Liste des figures

Figure 1.1:Extrait de la carte de situation géographique de l'Oued Sébaou à l'échelle.....	5
Figure 1.2:Localisation de l'oued sébaou et du bas Sébaou (Google.Maps 2022)	6
Figure 1.3:Carte de localisation des sous bassins versants du Oued Sébaou 02 (Ziane Berroudja Houriya 2018)	8
Figure 1.4:Situation du bassin versant du Oued Sébaou02 (Zeroual et al. 2015)	9
Figure 1.5 :Localisation de la commune Baghlia dan la wilaya de Boumerdes (Wikipédia) ..	11
Figure 1.6 :Carte des zones sismiques dans le Nord de l'Algérie (Agrouche.S 2022).....	12
Figure 1.7:Carte de la perméabilité du bassin versant d'après la lithologie de la carte de Flandrin JP1951-1952 (Boumaza.N) et Djemai.M modifiée	14
Figure 1.8:Coupe géologique de la vallée de Bas Sébaou 02-20 (Belhat et al,2008)	16
Figure 2.9:Les déférents domaines du Nord Algérie (dessin H.Haddoum, modifiée).....	26
Figure 2.10:Carte du Nord de l'Algérie dans le cadre géodynamique du méditerrané occidental (Boulin,1986)	27
Figure 2.11:Extrait de la Carte géologique représente la lithologie de la région d'étude (ANRH).....	28
Figure 2.12:Les formations géologiques de la vallée du Sébaou (ANRH)	30
Figure 3.13:Courbe hypsométrique de sous bassin versant du Sébaou -bas sébaou.....	39
Figure 3.14:Carte schématique du relief de basse et moyenne vallée de l'oude Sébaou (Aigoun C., 2014).....	40
Figure 3.15:Nombre et longueur moyenne des	45
Figure 3.16:Précipitations mensuelles de la station ANRH de Tizi-Ouzou ,(1990-2012)....	48
Figure 3.17:La température mensuelle (ANRH de Tizi-Ouzou , 1990-2012)	50
Figure 3.18:L'humidité réenregistrée l'ANRH de Tizi-Ouzou ,(1990 -2012)	51
Figure 3.19:La rose des vents à l'échelle annuelle à Tizi-Ouzou 1913-1938 (Seltzer1946)....	52
Figure 3.20:L'évaporation mensuelle enregistré par le tube Piche de la station ANRH de Tizi-Ouzou , (1990-2012)	53
Figure 4.21:Schéma indique le biseau salé (ou intrusion d'eau salée) par les flèches vertes (Google)	60
Figure 5.22:Situation des piézomètres du Bas Sébaou sur fond topographique	91
Figure 5.23:Situation des piézomètres de la compagne piézométrique du bas Sébaou ,	93

Figure 5.24:L'évolution de niveau statique en hautes eaux en 2011-2012 (ANRH) , 2021-et 2022 du bas Sébaou.....	95
Figure 5.25:Les fluctuations de niveau statique par rapport la mer	96
Figure 6.26:Les appareils des mesures du laboratoire SEAAL.....	103
Figure 6.27:L'évolutions de la température de l'eau et de l'air du Bas Sébaou ,.....	105
Figure 6.28:L'évolutions de pH du Bas Sébaou en hautes et basses eaux (ANRH2012/2013)	107
Figure 6.29:L'évolution de pH du Bas Sébaou , (27 Avril 2022).....	107
Figure 6.30:L'évolution de la conductivité électrique en basses et hautes eaux du Bas Sébaou , l'ANRH (2012/2013)	110
Figure 6.31:L'évolution de la conductivité électrique en fonction de la distance de l'exutoire du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)	110
Figure 6.32:L'évolution de la turbidité des eaux souterraines des piézomètres du Bas Sébaou , (27 Avril 2022).....	112
Figure 6.33:L'évolution de la concentration de l'Oxygène dissous au changements de la température des eaux souterraines des piézomètres du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)	114
Figure 6.34:La Concentration de Ca^{2+} des eaux souterraines des piézomètres du Bas Sébaou , (27 Avril 2022).....	115
Figure 6. 35:La Concentration de Mg^{2+} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou,	116
Figure 6.36:Le TH total correspond à chaque piézomètre de bas sébaou 02-20 ,.....	117
Figure 6. 37:Les valeurs de la TAC des eaux souterraines du Bas Sébaou ,	119
Figure 6.38:L'évolution de la concentration de bicarbonate des eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)	120
Figure 6. 39:La concentration des résidus secs des eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022).....	121
Figure 6.40:L'évolution de la concentration de l'ammonium des eaux souterraines du Bas Sébaou ,(27Avril 2022)	122
Figure 6.41:L'évolution de la concentration de NO_2^- des eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022).....	123
Figure 6.42:L'évolution de La concertation de nitrates dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)	124
Figure 6. 43:L'évolution de la concentration des Po_4^{3-} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)	125

Figure 6.44:L'évolution de la concentration de Fe^{2+} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)	126
Figure 6.45:L'évolution de la concertation de l'aluminium dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)	127
Figure 6.46:L'évolution de la concentration des eaux souterraines en chlorure du Bas Sébaou , (27Avril 2022).....	128
Figure 6.47:L'évolution de la concentration de la matière organique dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)	129
Figure 6.48 :Bas sébaou – diagramme de piper des analyses 2006-2008 et 2010	131

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Les caractéristiques des sous bassins versants du Oued Sébaou 02.....	10
Tableau 1.2: Les caractéristiques des trois grands barrages au niveau de la wilaya de Boumerdes.....	17
Tableau 2.3: Les caractéristiques pétrographiques et spatiales de l'aquifère du Bas Sébaou ...	33
Tableau 3.4 : Les données nécessaires au tracé de la courbe hysométrique	38
Tableau 3.5: Tableau de classification d'OROSTOM.....	42
Tableau 3.6: Caractéristiques de la station de ANRH de Tizi-Ouzou.....	47
Tableau 3.7: Répartition des pluies mensuelles de station l'ANRH de Tizi-Ouzou,.....	48
Tableau 3.8: Les températures moyennes mensuelles de la station l'ANRH Tizi-Ouzou, (1990-2012).....	49
Tableau 3.9: La température mensuelle de la station (ANRH de Tizi-Ouzou , 1990 - 2012)..	49
Tableau 3.10: humidité moyenne mensuelle l'ANRH Tizi-Ouzou , (1990-2012).....	50
Tableau 3.11: Répartition mensuelle des paramètres du vent et nombre de jours moyen de siroco à Tizi-Ouzou ,(1913-1938).....	51
Tableau 3.12: L'évaporation mensuelle enregistrée par le tube Piche de la station ANRH de Tizi-Ouzou , (1990-2012)	53
Tableau 3.13: Bilan hydrologique selon Thomthwaite station l'ANRH de Tizi-Ouzou, (1990-2012).....	56
Tableau 5.14: Coordonnées et Caractéristiques des piézomètres du Bas Sébaou , (2012/2013)	92
Tableau 5.15: Les caractéristiques et les coordonnées des piézomètres du bas Sébaou code 02-20 , (27 Avril 2022) ; (Google-Erth)	93
Tableau 5.16: Le niveau statique en hautes eaux en 2011, 2012 (ANRH) , 2021-et 2022 du Bas Sébaou	94
Tableau 5.17: Coordonnées des deux forages des essais de débit (Benamour, 1967)	97
Tableau 6.18: La température de l'eau et de l'air du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)	104
Tableau 6.19: a) Les données de pH en basses et hautes eaux ANRH Tizi-Ouzon (2012/2013) /b) Le pH mesuré in-situ et au laboratoire (27 Avril 2022) de la nappe du Bas Sébaou.....	106
Tableau 6.20: La conductivité électrique du Bas Sébaou en basses et hautes eaux l'ANRH , (2012/2013)	109

Tableau 6.21:La conductivité électrique du Bas Sébaou , (27 Avril 2022) et la distance entre les piézomètres vers l'exutoire.....	109
Tableau 6.22:La turbidité des eaux souterraines du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)	112
Tableau 6.23:L'Oxygène dissous des eaux souterraines des piézomètres du bas sébaou,	113
Tableau 6.24:La Concentration de Ca^{2+} des eaux souterraines du Bas Sébaou ,	115
Tableau 6.25:La Concentration de Mg^{2+} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou ,	116
Tableau 6.26:Le TH total correspond à chaque piézomètre , (27 Avril 2022).....	117
Tableau 6.27:Les valeurs de la TAC des eaux souterraines du Bas Sébaou ,(27Avril 2022)	118
Tableau 6.28 :La Concentration des bicarbonates des eaux souterraines du Bas Sébaou, (27Avril 2022)	119
Tableau 6.29:La concentration des résidus sec des eaux souterraines des piézomètres du Bas Sébaou , (27Avril 2022).....	121
Tableau 6.30:La Concentration de l'ammonium des eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)	122
Tableau 6.31:La Concertation de nitrite dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022).....	123
Tableau 6.32:La Concentration de nitrates dans les eaux souterraines du Bas Sébaou,	124
Tableau 6.33:La concentration des PO_4^{3-} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou, (27Avril 2022).....	125
Tableau 6.34:La concentration de Fe^{2+} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou ,	126
Tableau 6.35:Les variations de la concentration des eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)	127
Tableau 6.36:La concentration des eaux souterraines en chlorures du Bas Sébaou ,	128
Tableau 6.37:La concentration de la matière organique dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)	129

Listes des annexes

Figures

Annexe figure 1:Schéma des colonnes litho- stratigraphiques synthétiques de la dorsale kabyle (J.P.Gélard).....	136
Annexe figure 2:Diagramme de piper 2006-2008-2010-2011	137
Annexe figure 3:Journal officiel N°34 , 2011	138
Annexe figure 4:Les normes de potabilités,journal officiel N°34 2014	140
Annexe figure 5 :Journal officiel de la republique algerienne N° 60 , page 04 ; 2005	142

Tableaux

Annexe tableau 1:La classification de l'eau selon les normes francaises.....	143
Annexe tableau 2:Les Classes de conductivité électrique « CE » (Rodier 1996)	143
Annexe tableau 3:Coefficient nécessaire au calcul de l'ETP corrigé , dans la méthode de Thornthwaite	144
Annexe tableau 4:Les calculs nécessaires du bilan hydrologique.....	144
Annexe tableau 5:Les coordonnées et les caractéristiques des points d'eaux du bas Sébaou , (27Avril 2022).....	145
Annexe tableau 6 :Les résultats de l' analyse physique au laboratoire SEAAL Tizi-Ouzou ,et de campagne péizométrique des eaux souettraines du bas Sébaou , (27Avril 2022)	145
Annexe tableau 7:Les résultats de l'analyse chimique au laboratoire SEALL , Tizi-Ouzou des des eaux souterraines du bas Sébaou ,.....	146

Liste des abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydraulique.

APS :Algérie presse servise.

BE : basses eaux .

BV : bassin versant.

Ca: Calcium.

CE : Conductivité électrique.

CE : conductivité électrique.

Cl: Chlore.

D_a : déficit agricole.

DBO₅ : demande biologique en oxygène.

DCO : demande chimique en oxygène.

DSA : direction des services agricoles.

ETP : évapotranspiration potentielle.

ETR : évapotranspiration réelle.

HCO₃ : Bicarbonate.

HE :hautes eaux

INCT : Institut national de cartographie et de télédétection

K: Potassium.

MES : matière en suspension.

Mg: Magnesium.

Na: Sodium.

NO₃: Nitrate.

NP : niveau piézométrique.

NS : niveau statique.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

OMK :oligo-mociéne kabyle .

OMS : l'Organisation mondial de la santé.

ONM : Office National de la Météorologie.

P : précipitation.

PZD : piézomètre à la rive droite.

PZG : piézomètre à la rive gauche.

RFU : réserve en eau facilement utilisable.

RS: Résidu sec.

SAT : surface agrocole totale .

SAU : surface agricole utile .

SDEM : station de dessalement d'Eau de Mer.

SEAAL : société des eaux et de l'assainissement d'Alger.

So₄: Sulfates.

STEP : station d'épuration des eaux usées.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TDS : le total dessous des solides.

TH Ca⁺²: Titre Hydrométrique calcique.

TH Mg⁺² : Titre Hydrométrique magnésienne.

TH: Titre Hydrométrique.

μs/cm : micro siemens par centimètre

Introduction Générale

L'eau couvre 72% des 509 millions de km² de la surface du globe. Ce volume d'eau est stable et est réparti de la manière suivante : 97,20% d'eaux salées, 2,15% des glaces polaires, 0,63% d'eaux souterraines, 0,019% d'eaux de surface (lacs, fleuves, et rivières) et 0,001% d'eaux atmosphériques. Seulement 0,65% de cette eau n'est ni salé ni glacé, donc potentiellement douce [ANRH].

Les ressources en eaux souterraines sont devenues un sujet de préoccupation à l'échelle planétaire à cause de plusieurs facteurs notamment l'exploitation intensive générée par l'accroissement démographique et le développement agricole et industriel. En effet, cette surexploitation converge avec les changements climatiques induisant ainsi une menace sur la disponibilité des eaux souterraines d'une part, et la détérioration de leur qualité d'autre part. La dégradation de la qualité des eaux souterraines est généralement exprimée par la contamination et la salinisation. Cette dernière est générée par plusieurs fléaux, à savoir l'utilisation excessive des engrais chimiques, des effluents industriels et domestiques,.....etc.

Les aquifères côtiers sont fragilisés par des prélèvements massifs concentrés sur une courte période de l'année, avec le cumul des prélèvements destinés à l'eau potable et les forages destinés à l'irrigation. Des pompages excessifs d'eau douce peuvent entraîner des dépressions, comblées par les eaux de mer voisines. L'eau de mer pénètre par le sous-sol et par effet de contraste de densité entre l'eau douce continentale et l'eau salée. Ce phénomène est connu sous le nom d'intrusion marine.

Le but de notre étude est l'identification du biseau salé, et pour bien comprendre le phénomène, nous allons procéder à des analyses physiques et chimiques et des campagnes piézométriques des eaux souterraines.

Pour atteindre les objectifs tracés, ce travail a été structuré en deux parties, l'une théorique et l'autre pratique, une introduction générale, une conclusion et des références bibliographiques.

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude.

Chapitre 2 : Cadre géologique de la zone d'étude.

Chapitre 3 : Etude hydro-climatologique

Chapitre 4 : Généralité sur l'intrusion marine.

Chapitre 5 : La campagne piézométrique.

Chapitre 6 : Approche hydro-chimique.

Chapitre 1 :

Présentation de la zone d'étude

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

1. Introduction

La connaissance des régions d'études ainsi que leurs caractéristiques physiques constitue des éléments essentiels dans le déroulement d'une étude hydrologique, et c'est dans ce contexte qu'on aborde ce présent chapitre. Dans cette partie nous présentons la zone d'étude des points de vue géographique, topographique et climatique. Le bassin versant qu'on va traiter dans notre travail est celui de Sébaou plus exactement la partie basse du bassin de Sébaou sous le code 02-20 (Baghlia).

2. Cadre Géographique du bassin versant d'Oued Sébaou

Le bassin versant de l'oued Sébaou s'étale sur une superficie de 2500 km². Il couvre la presque totalité de la wilaya de Tizi-Ouzou (une partie de la frange du littoral étant administrativement exclue) et empiète sur la région est de la wilaya de Boumerdes , c'est le Bas Sébaou . La surface drainée par l'oued et ses affluents (le bassin versant) est limitée entre les latitudes 36°27 et 36°55 Nord et les longitudes 3°55 et 4°53 Est. Le bassin versant de Sébaou est caractérisé par un relief typiquement montagneux, couvrant 82 % de la superficie totale, elle se limite comme suit (Figure 1.1) :

- Au Nord par la mer méditerranée.
- Au Nord et Nord est par la chaîne littorale.
- Au Sud et Sud est par la chaîne de Djurdjura.
- A l'Ouest par les chaînons de Naciria et Sidi-Ali-Bounab orienté ENE-WSW

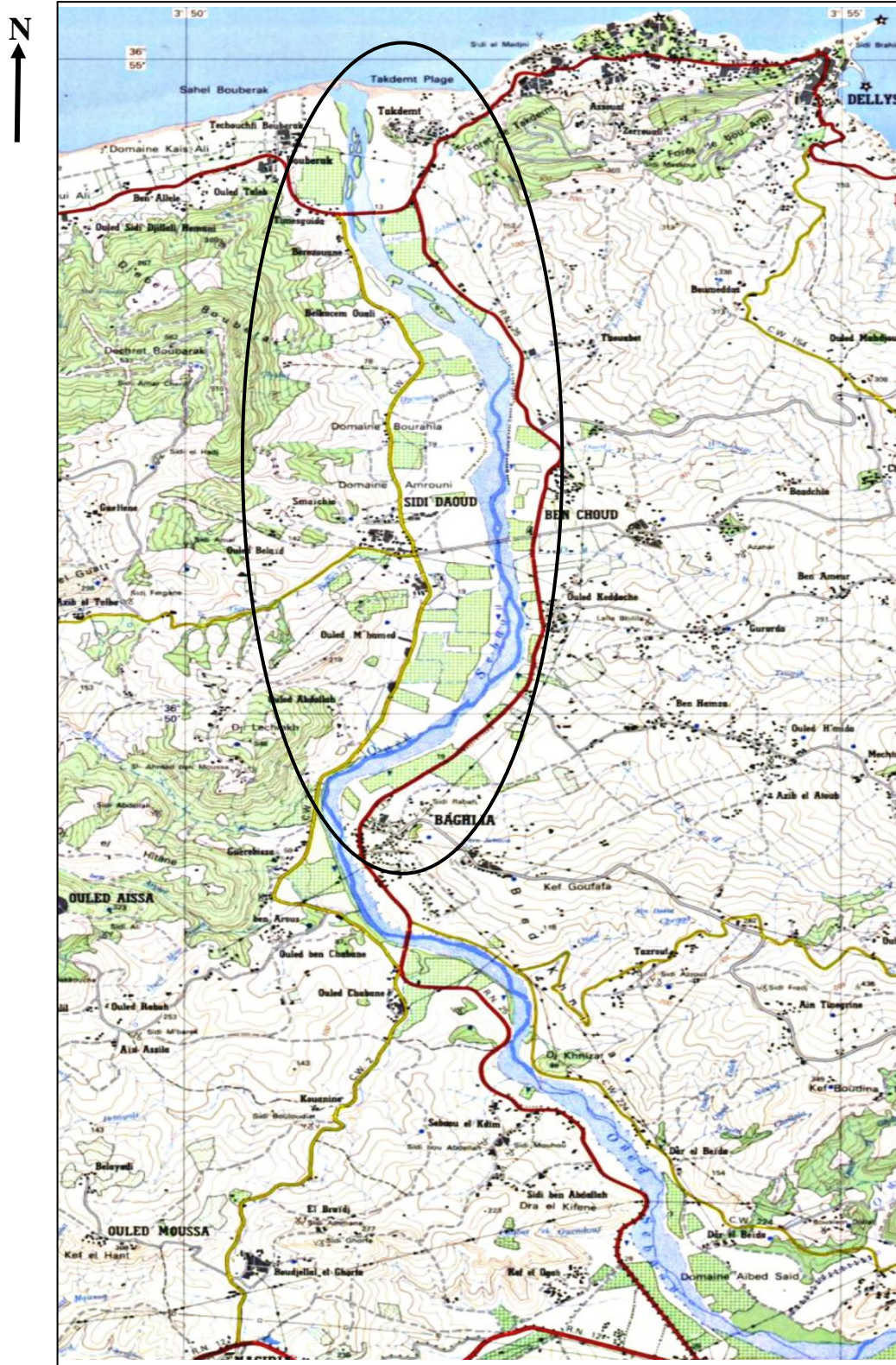


Figure 1.1: Extrait de la carte de situation géographique de l'Oued Sébaou à l'échelle 1/50 000 (INCT, 1983)

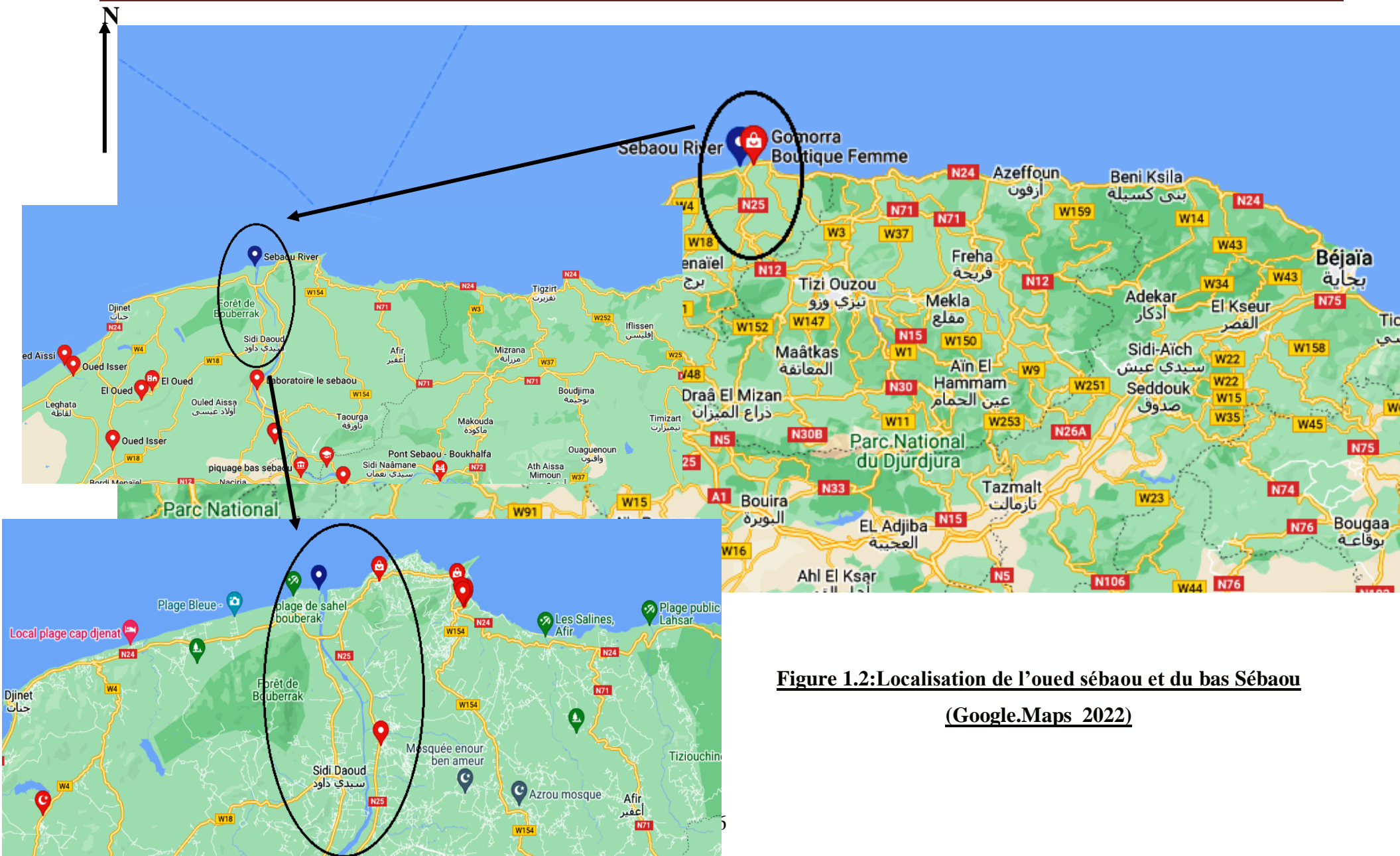


Figure 1.2: Localisation de l'oued sébaou et du bas Sébaou
(Google.Maps 2022)

L'oued Sébaou forme loin de le cours d'eau le plus important de la région de la grande Kabylie. Cet oued et les principaux affluents de la rive gauche l'oued-Aissi et Bougdoura, dont les bassins versants couvrent respectivement 470 et 520 Km², Ils prennent leur source du massif de Djurdjura s'altitude 2300 m

L'oued Sébaou est un cours d'eau qui se situe dans la région de Tizi-Ouzou. Il représente le réceptacle des eaux du versant nord du Djurdjura et d'Akfadou ainsi que tous les cours d'eaux en amont et tous les ruisseaux s'y jettent. Le débit moyen de l'oued est de 23,4 m³/s enregistré à Baghlia dans la wilaya de Boumerdes (wikipédia).

La pluviométrie annuelle moyenne est comprise, en fonction de l'altitude, entre 700 et 1100 mm (Y. Chadrin, 1975 ; ANRH, 2004). Avant la réalisation du barrage de Taksebt et le développement de l'extraction des sables dans la vallée, ses réserves en eau souterraine, localisées principalement dans les basses terrasses, couvraient 80 % des besoins des agglomérations de la région. À cet égard, il est considéré comme l'un des bassins les plus importants de l'Algérie. De par ses conditions climatiques favorables, la nature de ses sols et son potentiel hydrique, la vocation principale de la vallée est l'agriculture. Les cultures pratiquées sont essentiellement l'arboriculture, les cultures maraîchères et les cultures fourragères.

L'existence de deux cluses naturelles sur le parcours de l'Oued Sébaou a permis de distinguer, pour les besoins de gestion de l'espace hydraulique du Sébaou par les services de la DREW de Tizi-Ouzou, trois tronçons dénommés : Haut Sébaou, Moyen Sébaou et Bas Sébaou délimités comme suit (figure 1.2), (figure 1.3) et (figure 1.4) ;

- Haut Sébaou

Depuis la source située à Boubehir jusqu'au Pont de Bougie, où le rétrécissement Transversal de la vallée au contact des roches magmatiques et métamorphiques du socle décrit un talweg profond et étroit sur 4 km dont les versants sont les Djebels Belloua (697 m) du côté gauche et Aïssa Mimoun (497 m) du côté droit.

-Moyen Sébaou

Au pied du Belloua, vers le Nord, s'étend le grand sillon, évasé à l'instar du Haut Sébaou en amont. Le contexte géologique étant constitué de roches tendres que sont les marnes du Miocène, épaisses de plus de 400 m. L'orientation que prend le lit fluvial jusqu'à la prochaine cluse, en aval, étant EW.

- Bas Sébaou

Il s'agit du tronçon aval de la vallée de l'Oued Sébaou qui s'étend sur 20 km environ depuis la localité de Tadmaït jusqu'à l'embouchure sur la Mer Méditerranée. Une barre gréseuse de direction ENE-WSW près de Tadmaït, marque la frontière du Bas Sébaou. L'Oued Sébaou y a entaillé un talweg à profil transversal serré. Au-delà de ce seuil, l'extension latérale importante de la vallée alluviale rejoint le modèle du Haut et du Moyen Sébaou. Dans ce dernier segment, les écoulements se font du Sud vers le Nord sur un lit à pente très faible qui se termine par un cordon littoral qui s'estompe au cours des hautes eaux. Le cadre lithologique est de nature sédimentaire et diffère d'un flanc à l'autre de la Vallée.

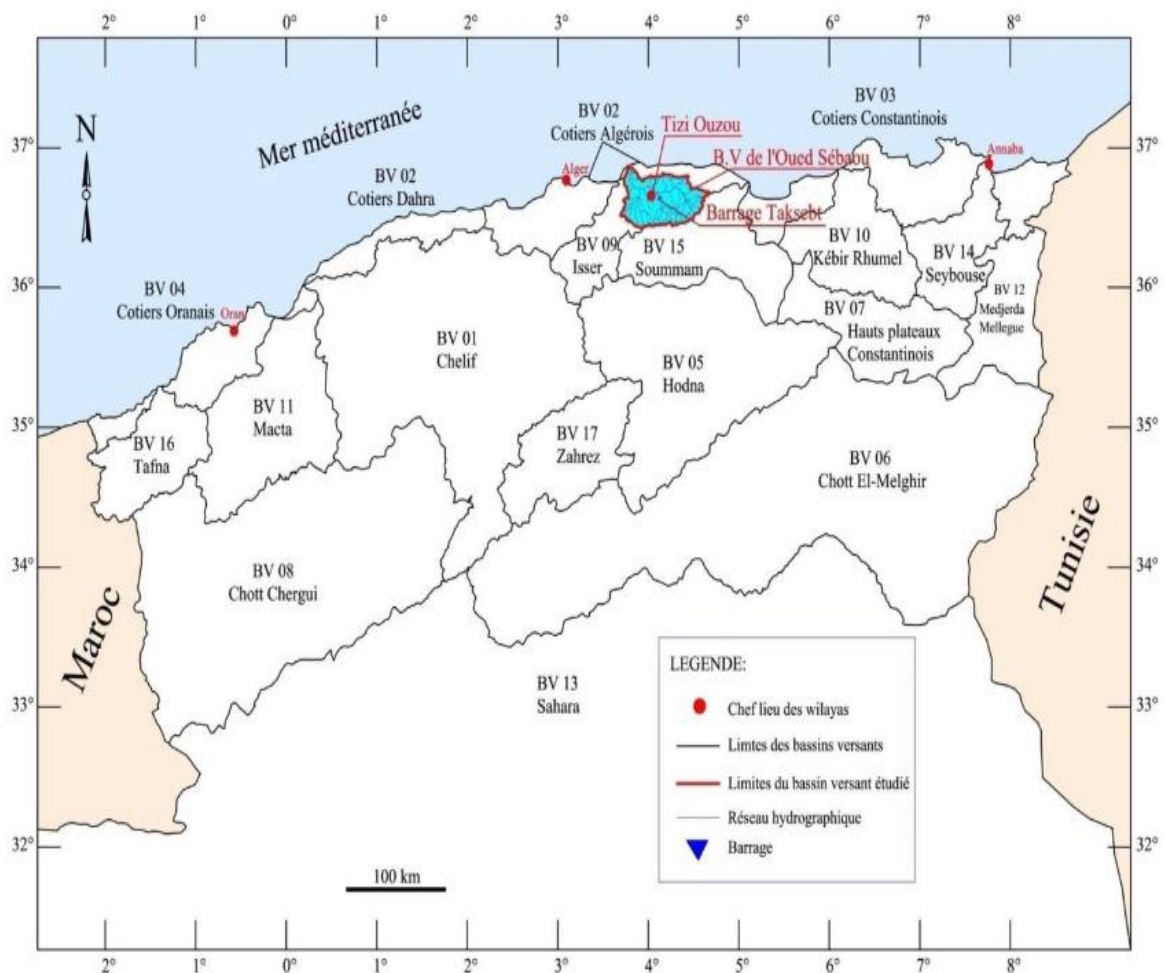


Figure 1.3: Carte de localisation des sous bassins versants du Oued Sébaou 02 (Ziane Berroudja Houriya 2018)

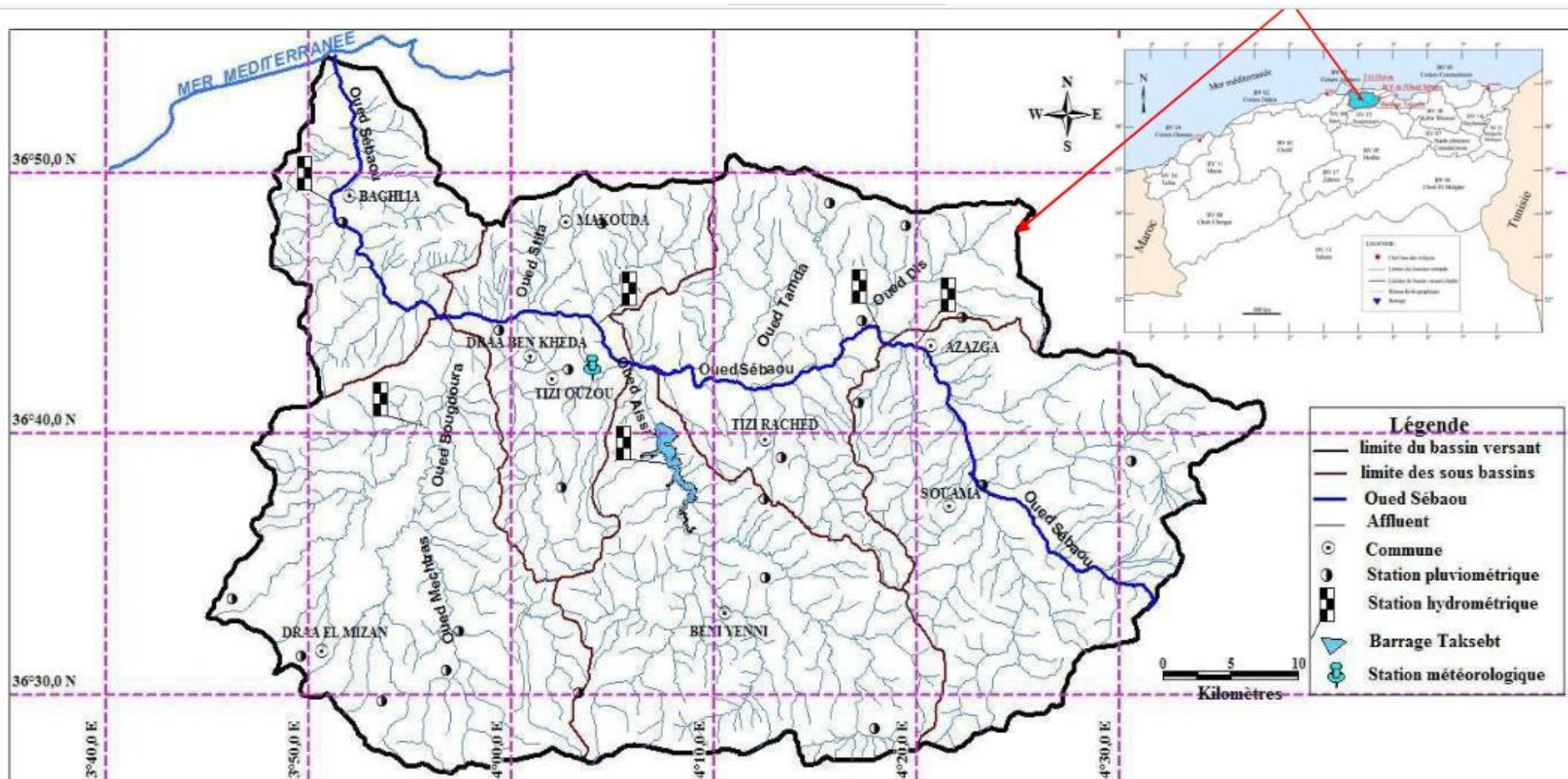


Figure 1.4: Situation du bassin versant du Oued Sébaou2 (Zeroual et al. 2015)

Le bassin versant de la vallée de Sébaou (code 02 au répertoire de l'ANRH) subdivisé en 06 sous bassin réparties de façon inégale sur le Haut, Moyen, le Bas Sébaou (figure 1.6). Cette répartition est représentée dans le tableau suivant :

Tableau1.1:Les caractéristiques des sous bassins versants du Oued Sébaou 02

	le code	la surface	le périmètre	Kc
le versant	02-15	532	102.4	1.24
Le haut Sébaou	02-16	432	112	1.50
	02-17	468	98.6	1.27
Le moyen Sébaou	02.18	304	82	1.32
	02.19	544	94.2	1.13
Le bas Sébaou	, 02-20	220	62.6	1.18
L'ensemble du bassin versant		2500	250.00	1.40

3. Cadre géographique du bas Sébaou 02-20 ANRH

Notre terrain d'étude se trouve dans la wilaya de Boumerdes à quelque 90 km à l'est d'Alger en empruntant la route nationale N° 12. Il s'agit du tronçon aval de l'Oued Sébaou qui s'étend sur 20 km environ depuis la localité de Tademaït jusqu'à l'embouchure sur la Mer Méditerranée.

Les coordonnées géographiques correspondantes sont:

Latitude: 36° 46' –36° 55' N

Longitude: 3° 50' –3° 54'E

La délimitation naturelle de cette vallée est telle que nous pouvons distinguer selon les différentes directions:

Au Nord: la Mer Méditerranée.

A l'Est: des collines d'altitude uniforme dont l'extension longitudinale va du hameau de Dar Beida jusqu'au Djebel Takdemet qui culmine du haut de ses molasses miocènes à 370 m

Au Nord-Est : Les localités de cette rive droite de l'Oued Sébaou (Dar-el-Beida, Baghlia, Ben Choud, et Takdemet) sont reliées par la route nationale N°25.

A l'Ouest: un ensemble molassique dont la base est conglomératique, et qui forme les Djebels El Gueblia (300 m) et Bouberak (594 m). Au pied du versant nord de ce dernier, s'étendent-les Plages des Ouled Taleb.-Sur la rive gauche qui est moins urbanisée, se trouve, à mi-distance, l'agglomération de Sidi Daoud.

Au Sud: la plaine du Moyen Sébaou en contrebas du versant nord du Djebel Sidi AliBounab, La ville de Tadmaït y est construite. la région d'étude ; Baghlia - Bas Sébaou -

Administratif

La commune de Baghlia a été créée le 17 avril 1884 sous le nom de Rébeval. Liste des maires de Baghlia avant l'indépendance de l'Algérie le 5 juillet 1962

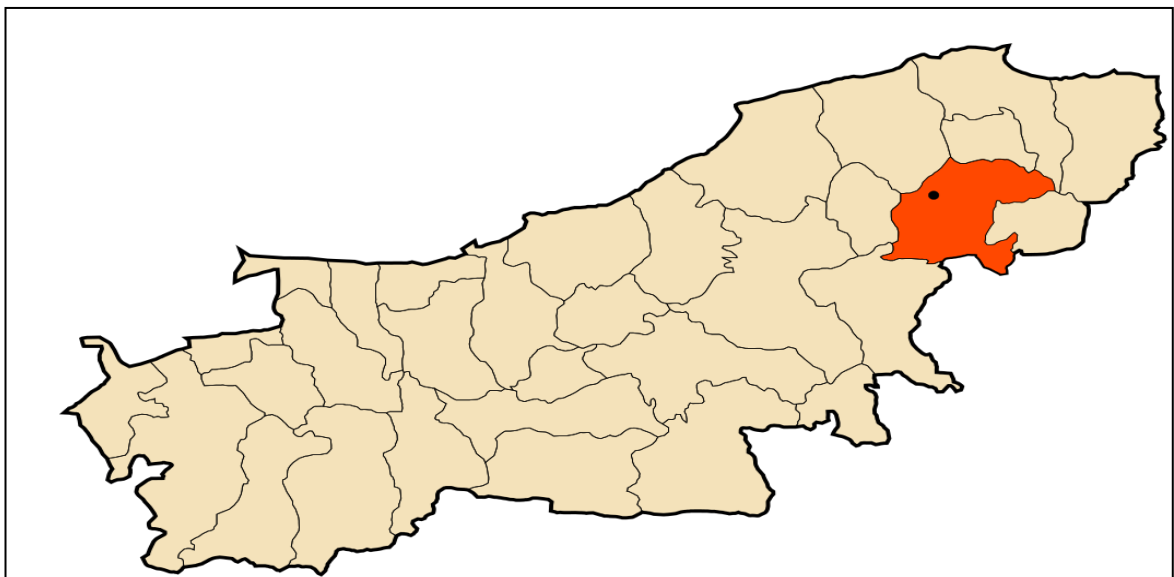


Figure 1.5 : Localisation de la commune Baghlia dan la wilaya de Boumerdes (Wikipédia)

4. La sismicité

La sismicité du Nord algérien est la conséquence des mouvements tectoniques complexes, issus du rapprochement de la plaque africaine au Sud et la plaque eurasiennne au Nord et donnant lieu à la formation de glissements de terrain et de failles. Elle se manifeste par des séismes d'intensité plus ou moins violents selon les zones d'impact .

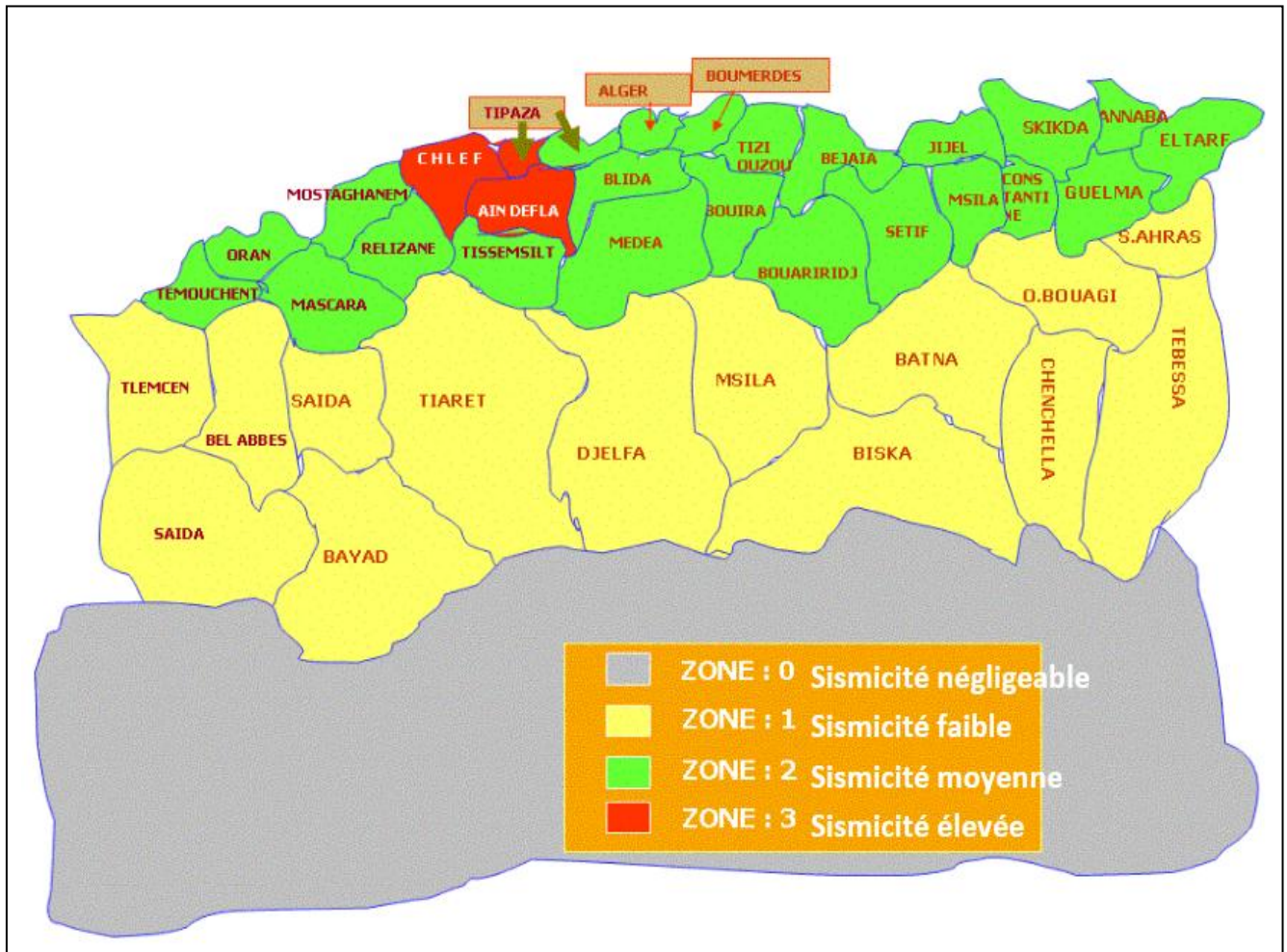


Figure 1.6 :Carte des zones sismiques dans le Nord de l'Algérie (Agrouche.S 2022)

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 .

5. La végétation

La végétation est de type méditerranéen. Les zones non défrichées occupant essentiellement les hauteurs et particulièrement le flanc gauche de la vallée, sont recouvertes de maquis et de chêne-liège. Ailleurs, de par sa vocation agricole, la vallée du Bas Sébaou offre une mosaïque de plantations arboricoles et de vignoble alternant avec de vastes étendues emblavées et maraichères. Sur les berges, on trouve des haies très denses d'Arundo donax (roseaux) et sur le lit majeur, du Laurus nerium (laurier-rose).

Toutefois, il est à remarquer que l'espace cultivé et/ou végétalisé tend à céder de son importance au profit de l'urbanisation des agglomérations de Baghlia, Ben Choud, Ouled Kheddache et Sidi Daoud.

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 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.

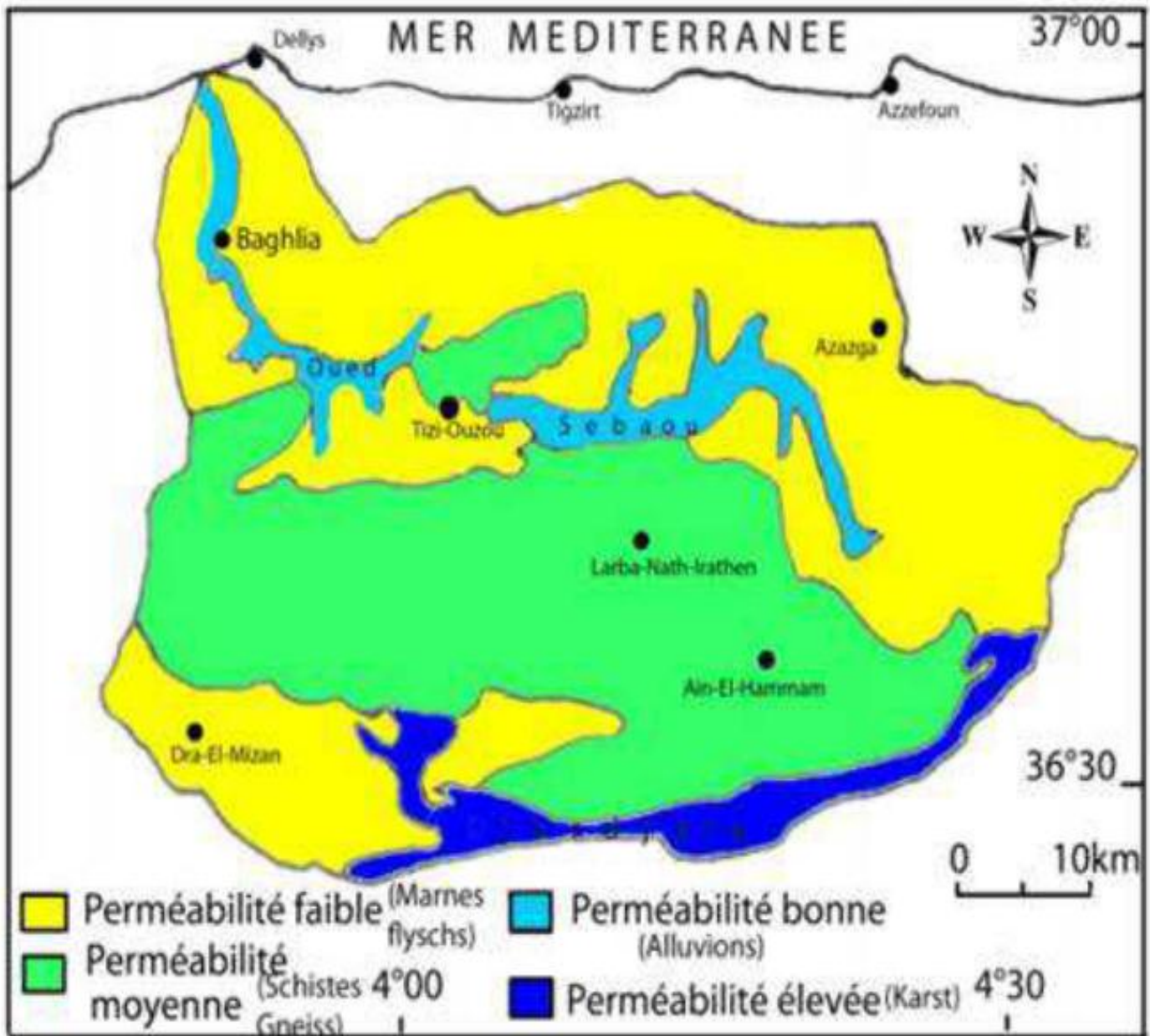


Figure 1.7: Carte de la perméabilité du bassin versant d'après la lithologie de la carte de Flandrin JP1951-1952 (Boumaza.N) et Djemai.M modifiée

7. Les formations de l'aquifère du bas Sébaou 02-20 ANRH

Pour mieux identifier le type des formations de l'aquifère de la zone du bas Sébaou et distinguer les matériaux qui le compose en cours de temps, on propose d'exposée deux représentations des coupes hydrogéologique et géologique l'un établie par Chadrine ,1974 et l'autre du part de Belhai et al ,2008.

7.1 Coupes hydrogéologique de la zone de Baghlia (ANRH, Alger (Chadrine , 1974)

Le profil hydrogéologique effectué dans la zone de Baghlia de la zone du bas Sébaou , montre l'existence de trois type de matériaux : des argiles, des sables et des graviers sableux. La coupe hydrogéologique montre une prédominance des matériaux de graviers et sables pour la couche superficielle et la couche de substratum, et une couche intermédiaire de sable.

7.2 Coupe géologique de la vallée de bas Sébaou (Belhai et Al.,2008)

A partir de la coupe géologique de vallée de la nappe du bas Sébaou (BELHAI et al, 2008), le profil montre une description géologique de trois principales composantes : les dépôts alluvionnaires constituent de gravier et de sable hétérogène, des marnes et marnes sableuse.

Analyse et comparaison : On remarque:

- la disparation des couches de sable et d'argile enregistrée en coupe hydrogéologique de la zone de Baghlia (Chadrine ,1974) qui est causé principalement par les extractions intensives de sable.
- Les exploitants attaquent les alluvions qu'ont les matériaux essentiels de construction, en quantité importante, ce qui causée le non renouvellement des matériaux extrait.

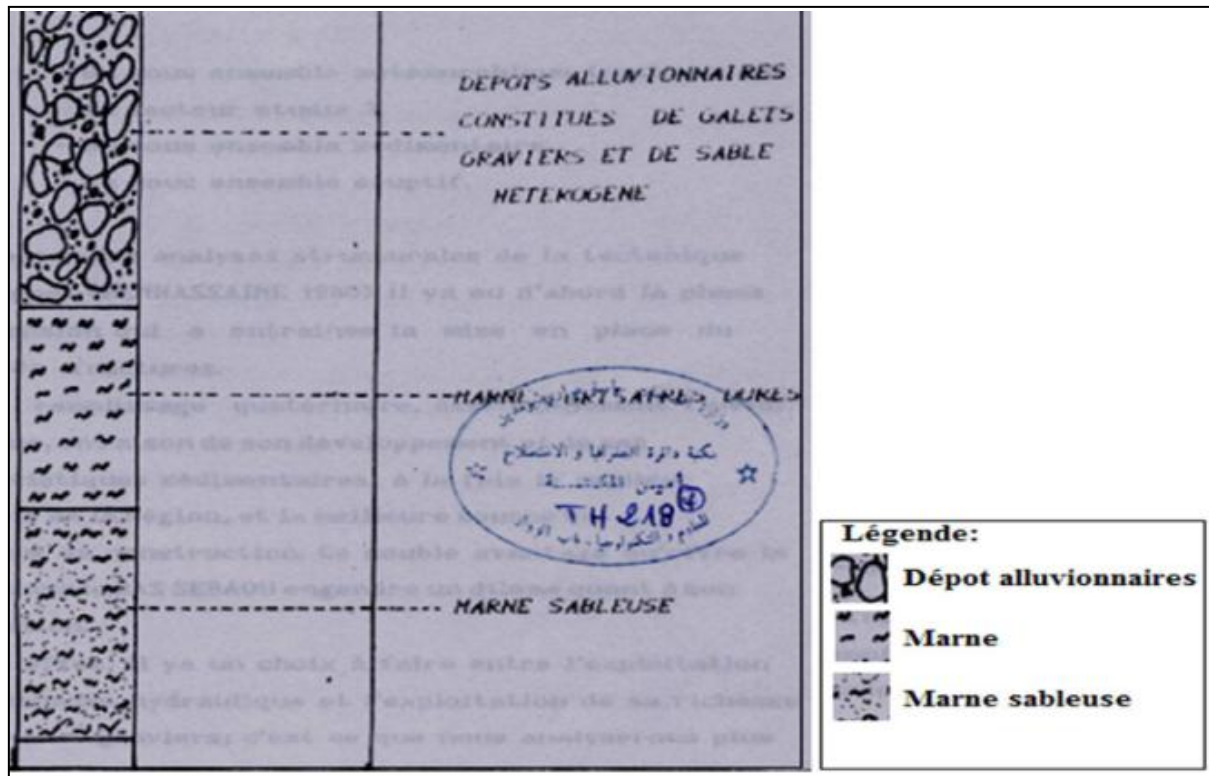


Figure 1.8: Coupe géologique de la vallée de Bas Sébaou 02-20 (Belhat et al,2008)

8. Les ressources en eau disponibles à l'échelle de la wilaya de

Boumerdes

8.1 Les eaux conventionnelles

La wilaya est considérée parmi les régions les plus arrosées au niveau national du fait qu'elle reçoit annuellement un volume pluviométrique compris entre 500mm et 1300mm par an. Les eaux souterraines sont constituées par des nappes profondes et superficielles dont le volume est de 93hm³. Bien entendu, les eaux superficielles constituent une ressource non négligeable. Cette ressource se subdivise en eaux de surfes et en eaux souterraines .

8.1.1 Les eaux de surface

Cette ressource est exploitée à partir des barrages et des retenus d'eau. On compte trois grands barrages au niveau de la wilaya de Boumerdes , barrage de Hamiz , barrage de Keddarra et barrage Béni Amrane.

Tableau1.2:Les caractéristiques des trois grands barrages au niveau de la wilaya de Boumerdes

Nom de barrage	El-Hamiz	keddarra	Béni Amrane
Localisation	Larbatache	Boudouaou	Béni Amrane
Oued	Larbatache	Boudouaou	Isser
Type	Barrage enrochement	Barrage en remblai	Barrage enrochement
Capacité initial	21 millions m ³	145 million m ³	13.1 million m ³
Année du mis en service	26 Février 1990	1987	26 Février 1990
Vocation	Retenue d'eau potable	Eau potable et irrigation	Retenue d'eau potable

Le taux de remplissage des trois principaux barrages de la wilaya de Boumerdès (Hamiz, Keddara Bouzegza et Beni Amrane) a dépassé les 45%, depuis le début janvier à ce jour, a-t-on appris, auprès d'une source de l'Agence nationale des barrages et transferts.

Ce taux de remplissage est en recul comparativement à celui enregistré, à la même période de l'année dernière, estimé à près de 70%, a indiqué à l'APS Deriche Houssam, cadre à l'Agence nationale des barrages et transferts, en marge de la célébration de la Journée mondiale de l'eau à Boumerdes. Expliquant ce fait par la faible pluviométrie ayant marquée cette période, il a, néanmoins, prévu une hausse de ce taux de remplissage avec la poursuite des précipitations actuelles, accompagnées de chutes de neiges. Selon la même source, le plus haut taux de remplissage a été signalé au niveau du barrage de Keddara Bouzegza (à l'Ouest de Boumerdes), soit un taux de 55%, équivalant à un volume de près de 78 millions de m³ d'eau, pour une capacité théorique de mobilisation de 145 millions m³. A noter que ce barrage est considéré parmi les plus grands du pays, sachant qu'il assure l'alimentation d'une grande partie de la wilaya de Boumerdes, en plus des communes d'Alger. Quant au Barrage du Hamiz, (second ouvrage hydraulique de la wilaya entré en exploitation en 1978) son taux de remplissage

est de 45%, équivalant à 7 millions de m³ d'eau, pour une capacité de plus de 21 millions de m³ d'eau. Le taux de remplissage du barrage de Beni Amrane a atteint, pour sa part, 35%, équivalant à un volume de près de 4 millions de m³ d'eau. L'opportunité de cette célébration a donné lieu à l'inauguration d'un nouveau siège pour l'agence commerciale de l'ADE à Khmiss El Khechna, outre la pose de la première pierre de réalisation d'un nouveau siège similaire pour la commune de Boumerdes. Outre un concours du meilleur dessin pour enfants sur cette journée, une exposition sur le secteur de l'eau à Boumerdes a été, aussi, abritée par la maison de l'environnement du chef-lieu de wilaya. Aussi, la wilaya de Boumerdes comprend les barrages suivants :

- Barrage de Thénia avec un volume de 30 000 m³
- Barrage de Merdjjet El Feïat avec un volume de 50 000 m³
- Barrage d'El Allal avec un volume de 60 000 m³
- Barrage de Chender avec un volume de 1 700 000 m³
- Barrage de Djinet avec un volume de 2 800 000 m³
- Barrage de Sidi Daoud avec un volume de 3 700 000 m³
- Barrage de Oued Djemâa avec un volume de 176 000 000 m³⁹ .
- Barrage de Tala Ouranim
- Barrage d'El Ksa

8.1.2 Les eaux souterraines

La vallée du Sébaou avec 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.

8.2 Les eaux non conventionnelles

Les ressources en eau non conventionnelles sont constituées par :

- Les eaux de mer dessalées et les eaux saumâtres déminéralisées dans le but d'utiliser public
- Les eaux usées opérées dans le but d'utilité public
- Les eaux de toutes origines injectées dans les systèmes aquifères par la technique de la recharge artificielle. (Journal officiel de la république algérienne N°60, 4 septembre 2005. Page :4) , (annexe figure 5) .

8.2.1 La station de traitement des eaux STEP

La wilaya de Boumerdes dispose de trois stations d'épuration des eaux usées (STEP) localisées à Boumerdes, Thénia et Zemmouri, elles traitent les eaux usées par le procédé des boues activées à faible charge, ces stations produisent un volume d'eau très important de qualité conforme aux normes de rejet dans les milieux récepteurs naturels, L'objectif de ce travail est de renforcer les capacités de mise en œuvre et de gestion du système d'épuration des eaux usées à boues activées dans la wilaya de Boumerdes à travers l'acquisition d'informations et connaissances sur les nouveaux concepts de gestion intégrée des eaux usées et les options de valorisation et de traitement, afin de réduire les risques sanitaires et environnementaux, protéger les ressources naturelles contre la pollution résiduelle, et de concevoir et de mettre en œuvre un plan global pour l'évacuation et le traitement de la totalité des eaux usées et leur réutilisation Les résultats des analyses physico-chimiques ont donc montré que les eaux usées épurées répondent pratiquement aux normes de l'OMS, ce qui encourage sa réutilisation dans plusieurs domaines L'analyse en composantes principales appliquée aux données a montré que les eaux épurées des trois stations s'articule sur les paramètres physicochimiques suivant : Température, pH, DBO₅, DCO et MES sur lesquels doit se base l'étude de la qualité de l'eau des stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes.

8.2.2 Les eaux de dessalement SDEM (station de dessalement d'Eau de Mer)

La wilaya de Boumerdes comprend trois stations de dessalement d'eau de mer. Ce sont : la station de Cap Djinet , Djinet et de Corso .

9. L'aspect socio-économique de la zone d'étude

La wilaya de Boumerdes 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.

La tendance du climat actuel 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.

9.1 Potentiels humains

La population totale répartie sur l'ensemble du territoire d'étude est de 43 293 hab. (16 avril 2008) La daïra de Baghlia est une des neuf (9) daïras qui composent la wilaya de Boumerdès, en Algérie, et dont le chef-lieu est la ville éponyme de Baghlia. Avec une superficies de 151,15Km².

Elle est située dans la plaine du Sébaou, c'est le lieu privilégié de forte concentration humaine en raison de la disponibilité des infrastructures socio-économiques de base.

9.2 Potentiels agricoles

La région de Baghlia «est bien placée pour devenir, dans un avenir proche, une région des plus riches du pays en matière d'arboriculture et de viticulture», a déclaré le chef de service de la production végétale de la direction des services agricoles (DSA) de la wilaya de Boumerdès cité par l'APS. Précisant que cette région, située à l'est de Boumerdès, se caractérise par un climat propice et des terres fertiles, adaptées à ce genre de cultures, en plus d'une disponibilité en ressources hydriques, nécessaires à l'irrigation des cultures, le responsable affirmera qu'elle a tous les atouts pour développer les filières arboricole et viticole, qui en feront une région au potentiel agricole des plus riches du pays. La commune de Baghlia, où les agriculteurs ont su

tirer avantage des différents programmes de relance de la production agricole, commence à se tailler une réputation avec ces deux produits qui «concurrentent très bien les produits d'importation», a assuré l'agronome. La commune de Baghlia s'étend sur une superficie de 6 055 ha où plus de la moitié sont des terres agricoles utiles, dont 1 000 ha en cultures irriguées. S'agissant de l'irrigation des cultures à partir de l'oued Sébaou, le président de l'APC de Baghlia s'est fait le «porte-parole» des agriculteurs de sa commune qui exploitent les vergers longeant les rives de cet oued.

9.3 Potentiel en sol de la wilaya de Boumerdes

La wilaya dispose d'un potentiel agricole d'une grande valeur dont l'essentiel est situé dans la vallée du bas Isser, la plaine du Sébaou et le périmètre du Hamiz (plaine de la Mitidja Est). La wilaya est classée en zone une (1) à fortes potentialités agricoles. L'agriculture dispose d'une superficie utile (SAU) de 65 738 ha sur une superficie agricole totale (SAT) de 99 592 ha. La superficie agricole irriguée est de l'ordre de 12 200 ha .

10.Nature du sol des terrasses alluviales du Bas Sébaou

Le sol dans la vallée du bas Sébaou appartient en général, du point de vue pédologique, à la classe des sols peu évolués d'apport alluvial. Il présente en général une texture argilo-limoneuse à limono-argileuse. D'une épaisseur moyenne de 1,2 à 2m, nous rencontrons de haut en bas les horizons

- Niveau argilo-limoneux de même couleur caractérisée par une porosité moyenne et une forte plasticité avec la présence de matière organique brute non décomposée
- Niveau à texture argilo-limoneuse à limono-sableuse de couleur gris olive. Ce niveau est caractérisé par une porosité faible à moyenne. Horizon humide à texture sableuse et argileuse.

11.L'état de la nappe

Dans le bas Sébaou, la puissance du remplissage alluvial est égale en moyenne à 40 m, la largeur de la nappe dépasse par endroit 2000 m (Sidi Daoud). Les coupes géo électriques et hydrogéologiques montrent l'existence de deux couches perméables de résistivité variant de $130\Omega\text{m}$ à $150\Omega\text{m}$, séparées par un niveau conducteur de résistivité variant de $10\Omega\text{m}$ à $20\Omega\text{m}$. Dans cette zone la nappe est captive à semi-captive. (ANRH, 2010) Dans cette partie et à partir de Tadmaït, l'écoulement devient Sud-Nord.

Le niveau statique est généralement situé entre 1,5m et 6 m du sol, la nappe est libre ou semi-captive par endroits. D'autre part, les niveaux piézométriques montrent que la nappe est en relation hydraulique avec les eaux de surface drainées par l'Oued Sébaou. En basses eaux, l'Oued alimente la nappe et en période de hautes eaux, il y a remontée du niveau de la nappe qui alimente ainsi le cours d'eau superficiel. . Au niveau de cette zone de la nappe l'aquifère présente de bonnes transmissivité mais la perméabilité est moyenne.

12. Conclusion

La plaine alluviale de l'oued Sébaou se localise à 80 Km à l'Est d'Alger, du point de vue administratif, la région d'étude englobe deux wilayas, la wilaya de Tizi-Ouzou qui englobe le haut et le moyen Sébaou, quant au bas Sébaou il fait partie de la wilaya de Boumerdes .

La basse vallée (bas Sébaou) : forme un deuxième coude au niveau de Tadmaït et marque le changement de direction de l'oued Sébaou qui devient NNW – SSE. Elle fait partie intégrante du Tel septentrional, les facies géologiques portent l'empreinte de l'orogénèse alpine.

Elle est caractérisée par une nappe d'eau captive à semi-captive de profondeur moyenne, dont la réalimentation est directement liée à l'infiltration des eaux des précipitations ruisselées jusqu'aux basses et très basses terrasses.

Chapitre 2 :
Cadre géologique de la zone d'étude

Chapitre 2 : Cadre géologique de la zone d'étude

1. Introduction

La géologie est un moyen d'investigation très utile dans une étude hydrogéologique, car elle permet le repérage des formations susceptibles d'être aquifères, de suivre leurs évolutions dans l'espace et dans le temps et sert aussi à identifier les formations litho-stratigraphique par les caractéristiques des matériaux et la structure du sous-sol susceptible de conduire et d'emmagasiner l'eau des précipitations en profondeur, tout en permettant la détermination du type d'aquifère. D'un point de vue géologique, l'Algérie est située dans la partie nord du craton Ouest africain et peut être subdivisée en deux domaines (figure 2.9) qui s'opposent par leurs histoires et leurs structures géologiques (annexe figure 1) :

- L'Algérie du Nord ou le domaine septentrional qui fait partie de la chaîne alpine, édifié au cours du Tertiaire et qui demeure encore instable aujourd'hui (figure 2.10).
- L'Algérie Saharienne domaine relativement stable depuis la fin du Précambrien, constitué d'un socle déformé par les orogènes éburnéennes et panafricaines, d'une couverture paléozoïque généralement tabulaire affectée localement de plis hercyniens et d'une couverture méso-cénozoïque tabulaire.

La frontière entre ces deux (02) domaines est représentée par l'accident sud-Atlasique (figure 2.9) qui suit le revers sud de l'Atlas saharien. La région étudiée, le bas de la plaine de l'oued Sébaou, appartient au premier domaine et fait partie de la chaîne Maghrébines.

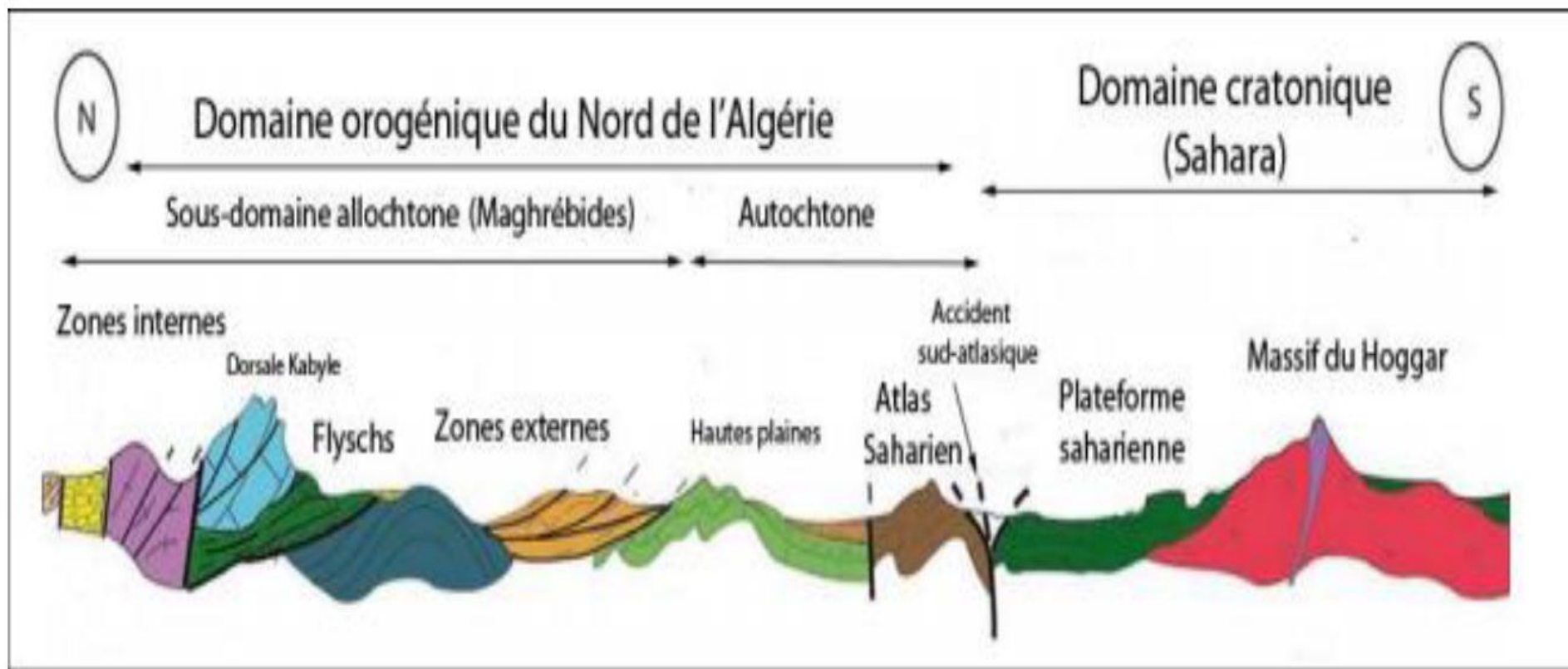


Figure 2.9: Les différents domaines du Nord Algérie (dessin H.Haddoum, modifiée)

2. Le contexte géologique régionale (Les grands ensembles géologiques de la chaîne des Maghrébides)

Nous essayerons de donner une description lithologique à partir des cartes géologiques et de synthèses bibliographiques de travaux réalisés par différents auteurs sur les terrains du bassin versant du Oued Sébaou. La carte géologique (figure 2.11) présentée nous a permis d'identifier, du Sud au Nord.

Le terme Maghrébides (Durand-Delga, 1971) est utilisé pour définir une partie de la méditerranée occidentale touchée par l'orogénèse alpine et qui va de Gibraltar à la Calabre en passant par l'Afrique du nord où l'Algérie du nord fait partie. Le premier schéma structural de l'Algérie du Nord (Alpine) a été proposé par (Kieken, 1962). (Raoult, 1974), (Bouillin, 1977) et (Vila, 1980) ont défini l'ensemble de ces structures produites par l'orogénèse alpine comme la superposition d'unités allochtones charriées sur l'autochtone pré-saharien. Cet ensemble peut être subdivisé en trois ensembles structuraux (figure 2.9) qui sont les zones internes, le domaine des flyschs et les zones externes qui sont couvertes par du matériel Mio-Plio-Quaternaire discordant (Kieken, 1962).

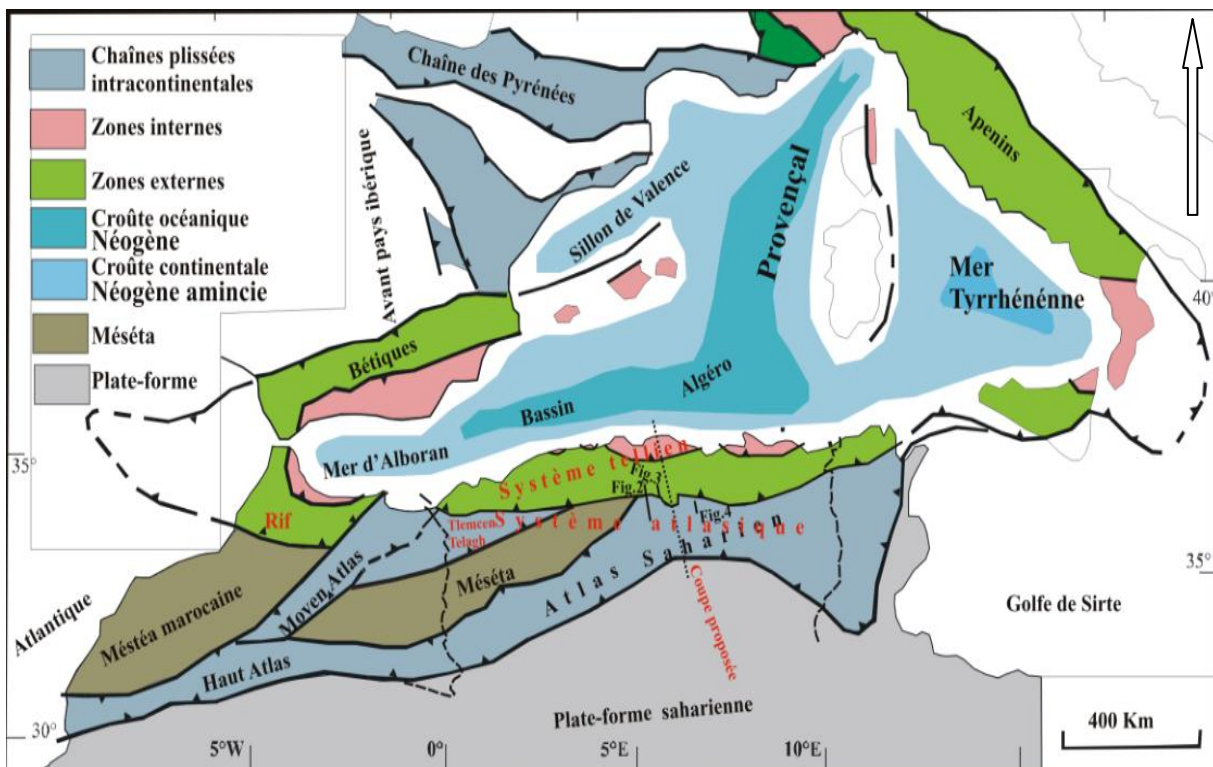


Figure 2.10: Carte du Nord de l'Algérie dans le cadre géodynamique du méditerrané occidental (Bouillin, 1986)

3. Le Cadre Géologique de la zone d'étude - Cadre géologique local –

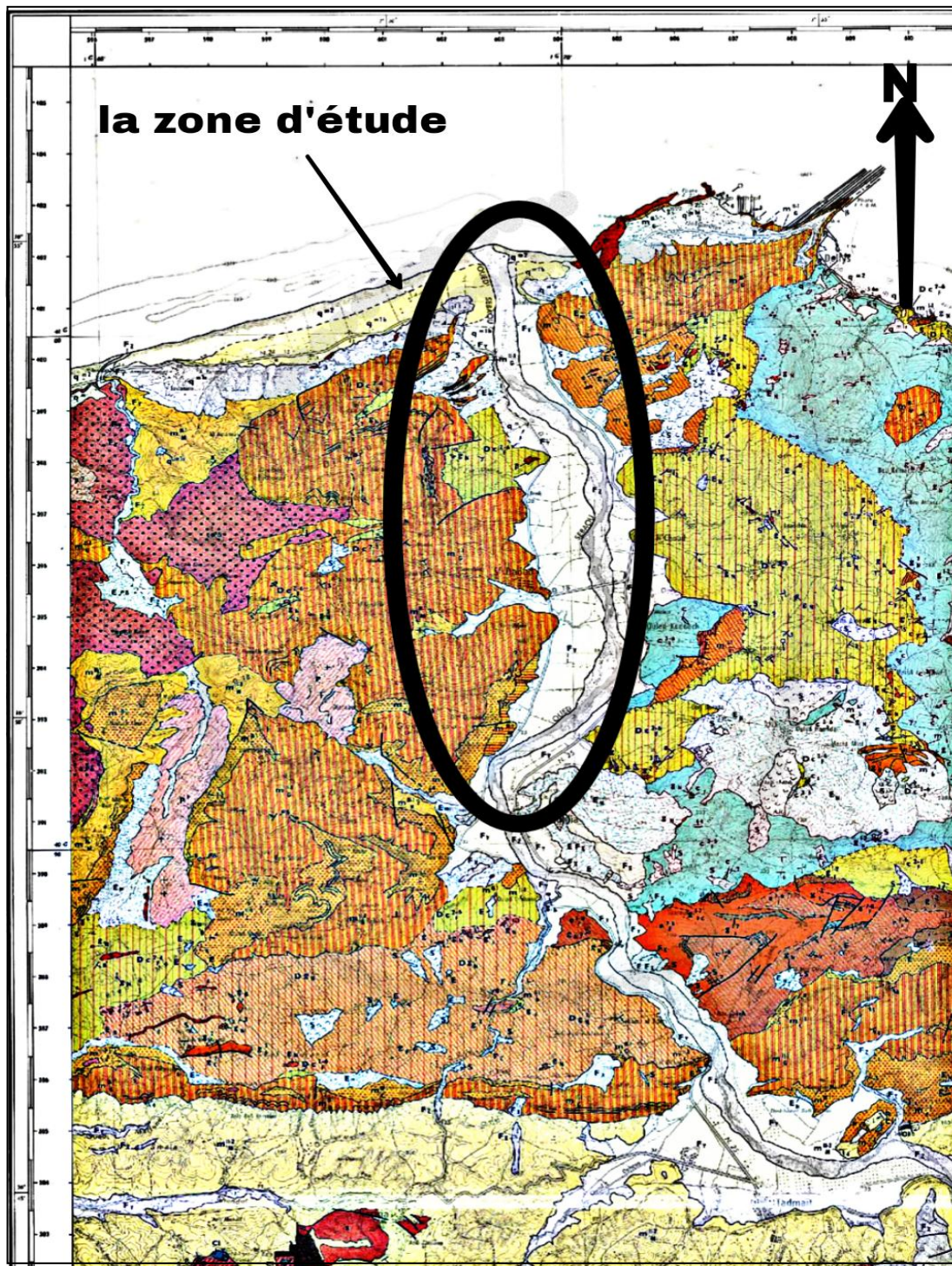
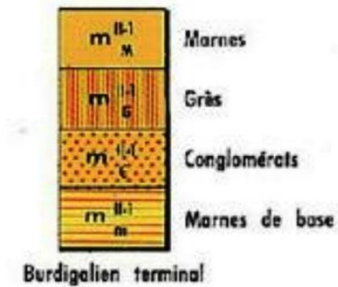
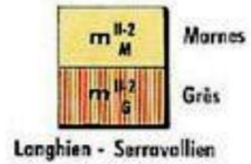


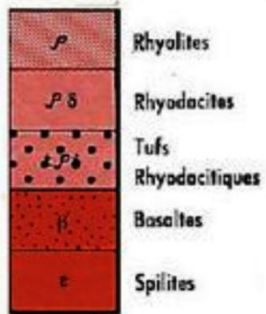
Figure 2.11:Extrait de la Carte géologique représente la lithologie de la région d'étude

(ANRH)

FORMATIONS " POST - NAPPES "
MIOCENES ET PLIOCENES



ROCHES VOLCANIQUES D'AGE MIOCENE



ARGILES A BLOCS



La couleur et la notation indiquent l'âge.
La lettre en indice indique la formation génératrice
(F - Flych ; t tellien, N - Numidien)

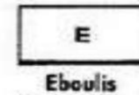
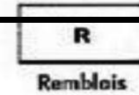


Masses Chaotiques résédimentées de faciès homogène
Tainte de fond : formation génératrice
Indice de la formation génératrice précédé de la lettre D. Ex : D-c²⁻⁶_F

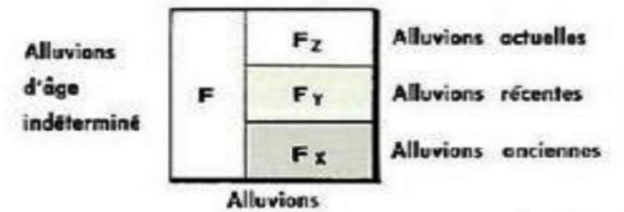
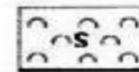
FORMATION NUMIDIENNE



FORMATIONS QUATERNAIRES



(La lettre en indice indique la formation nourricière)



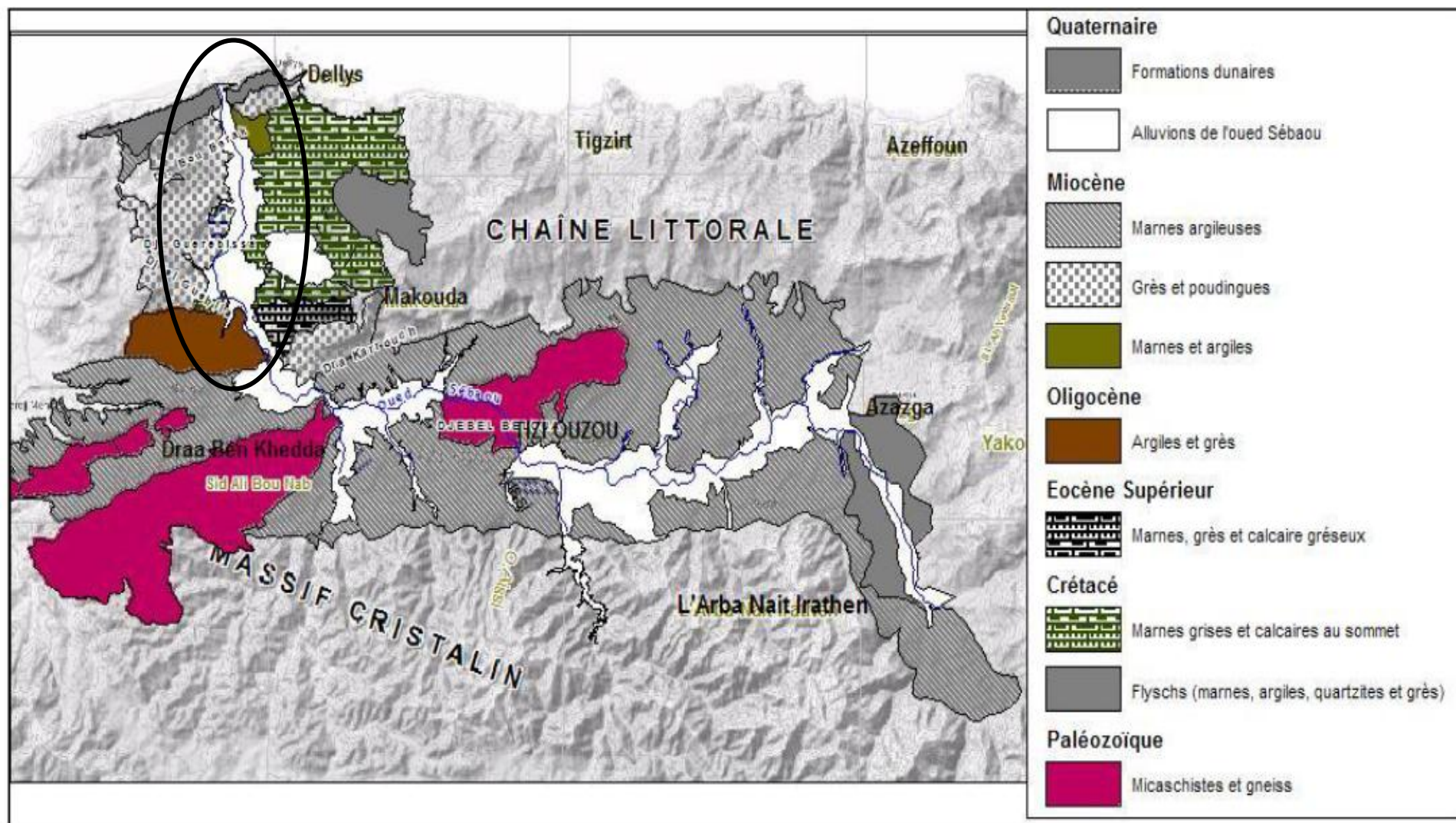


Figure 2.12: Les formations géologiques de la vallée du Sébaou (ANRH)

Notre région d'étude (figure 2.12) est située dans la partie centrale de l'orogénie Nord-maghrébin à la limite septentrionale des zones internes de Grande Kabylie (annexe figure 1) dont plusieurs travaux y ont été consacrés (J. Flandrin, 1952; D. Raymond, 1976 ; J.-P. Gélard, 1979 ; A.Coutelle, 1979 ; G. Bossière, 1980 et M. Naak, 1988 et 1994). L'orogène alpin des Maghrébides (J. Auboin et M.Durand Delga, 1971) forme une chaîne littorale de plus de 2 000 km de long, entre le détroit de Gibraltar et les Apennins, sur une largeur de 150 km environ. Il est constitué d'Ouest en Est par le Rif au Maroc, par les Kabylie et le Tell en Algérie et en Tunisie, par la partie septentrionale de la Sicile et par la Calabre en Italie (figure 2.9), et (figure 2.10) .

2.1 La chaîne littorale

Cette unité morpho structurale est très complexe et sa formation est directement liée aux nappes de flyschs qui constituent le jalon unifiant le pourtour méditerranéen. Sa ligne de crête domine le bassin de Tizi-Ouzou suivant une orientation SW-NE avec des altitudes qui s'élèvent d'Ouest (600 m) en Est (Dj. Tamgout, 1278 m). Stratigraphiquement, on peut observer, de bas en haut, plusieurs séries (M.Benhassaine, 1980).

2.2 Les flyschs de l'unité d'Afir

Du point de vue stratigraphique et structural, il existe deux ensembles distincts possédant une couverture de grès micacés d'âge Oligocène

2.2.1 L'unité supérieure d'Afir

Elle est constituée de bas en haut par : des phanites (Cénomaniens) , un complexe comprenant des argiles et des microconglomérats à ciment argileux

2.2.2 L'unité tellienne de Dellys

On y trouve de bas en haut

- Des marnes avec intercalations de calcaires marneux sur 600 m (Turonien-Sénonien)
- Des marnes peu épaisses, 4 m environ (Danien),
- Des calcaires marneux et des calcaires silicifiés sur 30 à 40 m
- Des marnes noires à boules jaunes, sur 150 à 200 m (Lutétien). Cette série affleure au Sud de Tigzirt, et au SW de Dellys.

4. La formation numidienne

Elle comprend de bas en haut :

- Des argiles avec quelques passées calcaires, sur 40 m environ (Stampien-Chartien)
- Des bancs métriques de grès homogènes qui débutent par des grès quartzitiques et finissent par des dragées de quartz (Aquitaniens),
- Une formation terminale, rarement conservée, faite de marnes, marno-calcaires et argiles grises (Aquitaniens-Burdigaliens inférieurs).

6.1 Les olistostromes

Ils sont constitués d'argiles à blocs. Il s'agit d'une accumulation sédimentaire

Comportant des matériaux pétro-graphiquement homogènes. Elle comporte :

- Des plaquettes de microconglomérats calcaires n'excédant pas 10 cm d'épaisseur (Crétacé sup),
- Des bancs de calcaires fins à moins de 2 m d'épaisseur (Crétacé supérieur),
- Des bancs de grès pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur,
- Des éléments empruntés à l'unité tellienne de Dellys,
- Un ciment essentiellement pélitique.

Leur position structurale permet de distinguer deux unités :

- Les olistostromes I, remaniant des flyschs, sont superposés directement sur l'OMK et eux-mêmes recouverts par l'unité d'Afir,
- Les olistostromes II, remaniant des éléments du socle, de flyschs et de l'unité tellienne, sont superposés sur l'unité tellienne de Dellys.
- Les olistostromes affleurent largement à l'Est et au SW de Dellys, et de Baghlija ainsi que sur le flanc SW de la chaîne littorale (D. Raymond, 1976).

Ils sont composés de :

- Conglomérats (100 à 250 m) à débris peu roulés de socle (gneiss, micaschiste, granite)
- Un ensemble molassique grés-marneux (250 m) dans lequel des filons-couches des basaltes tholéitiques (rhyolites, dacites, andésites) sont inter-stratifiés. Ces roches abondantes à l'Ouest de Dellys (Dj. Takdempt) et Cap Djinet appartiennent au Miocène post-nappes qui s'est déposé au Burdigalien-Langhien en occupant de vastes surfaces

Ils sont représentés dans les terrasses alluviales par des alluvions anciennes, récentes et actuelles dont l'âge des deux derniers termes est indéterminé. Ces dépôts se présentent respectivement sous forme de terrasses alluviales emboîtées ou étagées au niveau du Bas et Haut Sébaou. La tectonique post-miocène et les variations du niveau de base avec celles du niveau de la mer en sont responsables .

Ces formations constituent l'aquifère alluvial du Bas Sébaou. Cette aquifère caractérisées par les caractéristiques pétrographiques suivantes :

Tableau 2.3: Les caractéristiques pétrographiques et spatiales de l'aquifère du Bas

Sébaou

Formation	Lithologie	Epaisseur (m)	Superficie (Km ²)	Observations
Plages actuelles	Sables fins, moyens et gros	Quelques mètres	0.50	Ouvrages de captage absents
Plages récentes	Sables fins, argiles et limons	15 environ	1.65	01 forage (AEP de Bouberak) et plus de 20 puits
Plages anciennes	Sables fins, argiles consolidées et grés récents	15 à 20	1.20	Que des puits dont la majorité est implantée sur la rive gauche
Alluvions actuelles	Sables fins et gros, graviers et galets Limon, argiles,	15	6.04	Des puits mais rares
Alluvions récentes	sables et graviers	40 environ	16.20	Assiette de la majorité des ouvrages (puits + forages)
Alluvions anciennes	Graviers, argiles et galets	30 environ	1.00	Quelques puits
Substratum	Marnes bleues			Mur imperméable

7. Conclusion

Le bas Sébaou , notre région d'étude est située dans la partie centrale de l'orogénie Nord-maghrébin, à la limite septentrionale des zones internes de la Grande Kabylie .

La chaîne littorale c'est une unité morpho structurale très complexe, sa formation est liée aux nappes de flyschs où les flyschs de l'unité d'Arfir qui contient L'unité supérieure d'Arfir , l'unité tellienne de Dellys , les formations numidiennes , Les olistostromes .

Chapitre 3 :
Etude hydro-climatologique

Chapitre 3 : Etude hydro-climatologique

1. Introduction

L'utilisation des caractéristiques morpho-métriques (relief, pente) a pour but de déterminer un certain nombre de paramètres chiffrés caractérisant l'aptitude à l'écoulement. La répartition pluviométrique de la région d'étude dans son ensemble dépend des conditions générales du climat méditerranéen. L'étude hydro climatologique confirme le type de climat méditerranée du bassin versant. L'évaluation des paramètres : Pluviométrie, Evapotranspiration, Ruissellement a permis de proposer un essai de bilan hydrologique.

2. La morphologie du bas Sébaou

2.1 Caractéristiques de la forme

2.1.1 La surface

La surface d'un bassin versant est l'aire géographique délimitée par la ligne de crêtes bordant le bassin. A l'intérieur de cette surface l'eau précipitée est drainée et orientée par un réseau hydrographique vers l'exutoire. la surface influe sur le processus de la formation de l'écoulement. A Partir de logiciel Map info nous avons calculé la superficie de bassin versant de la vallée du Sébaou qui couvre une superficie $A = 172 \text{ km}^2$.

2.1.2 Le périmètre

Le périmètre est défini par la ligne de crêtes formant le contour du bassin versant. L'intérêt et le but principal de la détermination du périmètre et de pouvoir calculer l'indice de compacité de Gravéllius (K_c). Le périmètre du bassin versant est de $P = 58 \text{ km}$, mesuré par le logiciel Map info.

2.1.3 L'indice de capacité et de gravelius K_C

Du point de vue morphologique, il est fait appel à l'indice de compacité de gravelius K_C qui est défini comme étant le rapport du périmètre P de bassin versant au périmètre P du cercle ayant la même surface A . Il nous permet de définir la forme de ce bassin versant.

L'expression de cet indice est: $K_C = \frac{P}{2\sqrt{\pi \times A}} \cong 0,0282 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$

Les valeurs respectives du périmètre P et de la superficie A sont:

$P = 58 \text{ km}$ et $A = 172 \text{ km}^2$ D'où: $K_C \cong 1,25$

Comparativement au différents indices de compacité ($K_C \cong 1,25 > 1,15$), donc le bassin versant est de forme ramassée.

2.1.4 Dimension du rectangle équivalente

La notion du rectangle équivalent est une transformation géométrique en vertu de laquelle on assimile le bassin versant à un rectangle ayant la même surface et même périmètre.

2.1.4.1 La longueur "L" et la largeur "l" du rectangle équivalent

On définit le rectangle équivalent comme le rectangle de longueur L et de largeur l qui a même surface et même périmètre que le bassin versant

$$L = kc \frac{\sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{K_C} \right]} \right] \text{ et } l = kc \frac{\sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{K_C} \right]} \right]$$

D'où: $L = 20,78 \text{ km} \cong 20,80 \text{ km}$ et $l = 8,28 \text{ km} \cong 8,30 \text{ km}$

Les dimensions de rectangle du notre bassin versant sont les suivantes :

$$L+l = P/2 = 58 \text{ km}$$

$$L \times l = A = 172 \text{ km}^2$$

Telle que :

A : surface de bassin versant.

P : périmètre de bassin versant.

L : longueur de rectangle équivalent.

l : largeur de rectangle équivalent.

Le périmètre $P = 2(L+l)$

La surface est: $A = L \times l$

Le coefficient de gravelius: $K_c = 0,282 \times \frac{p}{\sqrt{A}}$

La longueur est largement supérieure à la largeur de ce rectangle ce qui nous confirme que le bassin versant est de forme allongée.

2.1.5 La courbe hypsométrique

a) La courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle permet, entre autres, d'obtenir la valeur de l'altitude médiane et l'indice de pente global I_g du bassin versant.

Cette courbe fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée. Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine altitude.

Les données nécessaires (tableau 3.4) à l'établissement de la courbe hypsométrique (figure 3.13) sont résumées dans le tableau ci-après:

Tableau 3.4 :Les données nécessaires au tracé de la courbe hypsométrique
(Aigoun C.,2014)

L'intervalle d'altitude (m)	Altitude du milieu de l'intervalle h_i (m)	Superficie		Pourcentage des surfaces cumulées (%)
		Planimètre (cm ²)	Réelle a_i (km ²)	
0-50	25	193	48,25	100
50.-100	75	81	20,25	71,95
100-200	150	196	49,00	60,18
200-300	250	117,5	29,38	31,69
300-400	350	61,5	15,37	14,61
400-500	450	29,4	7,35	5,67
500-600	550	6,5	1,62	1,40
600-700	650	2,5	0,63	0,46
700-762	731	0,6	0,15	0,09
Total		688,00	172,00	

a_i : Superficie Réelle

h_i : Altitude du milieu de l'intervalle

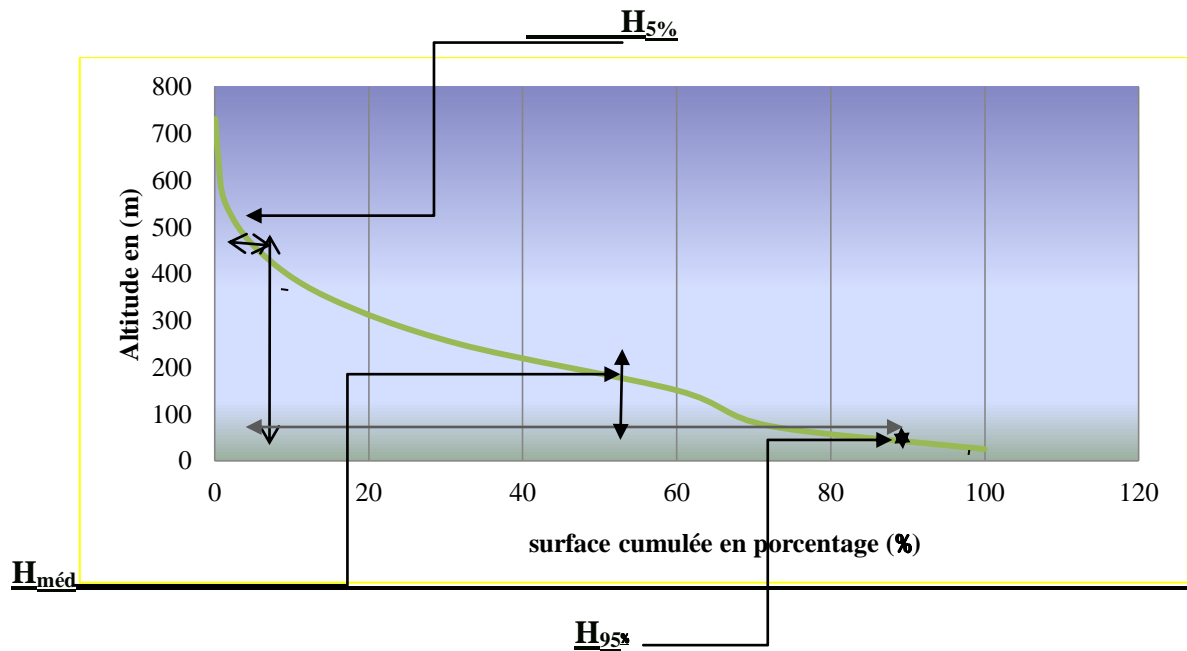


Figure 3.13: Courbe hypsométrique de sous bassin versant du Sébaou -bas sébaou

Code 02-20 -

D'après la courbe hypsométrique (figure 3.13)

$H_{5\%} = 460$ m et $H_{95\%} = 32$ m

b) Le relief

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. (Figure 3.19).

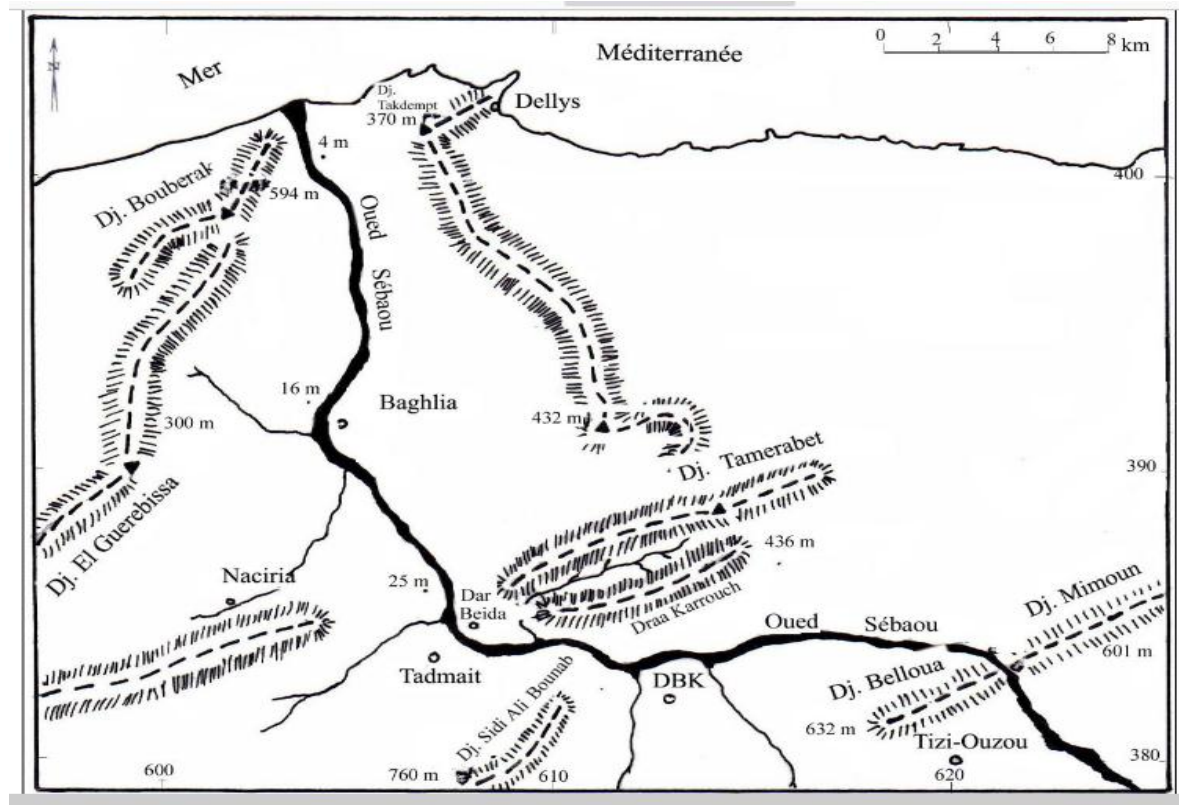


Figure 3.14: Carte schématique du relief de basse et moyenne vallée de l'oued Sébaou (Aigoun C., 2014)

2.1.6 Les altitudes caractéristiques

2.1.6.1 Altitude moyenne " H_{moy} "

$$H_{moy} = \frac{\sum a_i \times h_i}{A}$$

Avec:

a_i : c'est l'aire comprise entre deux courbes de niveau (km^2).

h_i : c'est l'altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

A : c'est la superficie totale du bassin versant (km^2).

Le tableau précédent (3.4) permet de déduire que $H_{moy} = 160$ m.

2.1.6.2 Altitude médiane " $H_{\text{méd}}$ "

Elle est égale à l'ordonnée correspondant à l'abscisse 50 % (figure 3.13)

C'est-à-dire: $H_{\text{méd}} = 189 \text{ m}$.

Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière (Musy, 2004).

2.1.7 L'indice de pente globale " I_g "

L'indice de pente est défini comme étant le rapport entre l'altitude comprise entre 5% et 95% (figure 3.13) de la surface du bassin et la longueur du rectangle équivalent. Il est donné par la formule suivante :

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

I_g : indice exprimé en (m/km) ou en (%).

L_r : la longueur du rectangle équivalent.

D : désigne la dénivelée totale exprimée en (m).

Selon la courbe hypsométrique (figure 3.13)

$H_{5\%} = 460 \text{ m}$ et $H_{95\%} = 32 \text{ m}$

$$\text{Donc: } I_g = \frac{460-32}{20,80} = 20,58 \text{ m/km}$$

$$I_g = 20,58 \text{ m/km}$$

2.1.8 Dénivelée spécifique " D_s "

La dénivelée spécifique nous permis d'établir la classification d'ORSTOM et définir les différents types de bassin versant quelle que soient leurs surfaces, elle est définie comme suit :

$$D_s = I_g \times \sqrt{A}$$

Avec :

D_s : la dénivelée spécifique en (m).

I : l'indice de pente globale exprimé en m/km.

A : la surface totale du bassin versant, exprimé en km^2 .

$$\text{Donc : } D_s = 20,58 \times \sqrt{172}$$

$$D_s = 269,9 \text{ m.}$$

Selon la classification de d'ORSTOM (tableau 3.5) le relief est très fort. La classification est comme suite :

Tableau 3.5: Tableau de classification d'ORSTOM

R	Relief très faible	$D_s < 10$ m
R	Relief faible	$10 \text{ m} < D_s < 25$ m
R	Relief assez faible	$25 \text{ m} < D_s < 50$ m
R	Relief modéré	$50 \text{ m} < D_s < 100$ m
R	Relief assez fort	$100 \text{ m} < D_s < 250$ m
R	Relief fort	$250 \text{ m} < D_s < 500$ m
R	Relief très fort	$500 \text{ m} < D_s$

2.1.9 L'indice de pente de roche "I_p"

C'est la somme des racines carrées des pentes moyenne de chacun des éléments, pondérées par la surface intéressée, Plus élaboré que l'indice de pente global, il tient compte des surfaces partielles réparties par tranches d'altitudes.

$$I_p = 1/\sqrt{L} \times \sum_{i=1}^n \sqrt{\beta i h_i - h_i - 1}$$

Avec :

I_p : l'indice de pente de Roche, sans unité.

L : la longueur du rectangle équivalent (km) .

i : la surface partielle comprise entre h_i et h_{i-1} en (%) .

h_i : la courbes de niveau croissant de l'exutoire au point culminant (m) .

L'indice de pente global et l'indice de pente de roche peuvent s'exprimer, l'un en fonction de l'autre, à l'aide de la relation suivante : **I_g = 0,8 I_p**.

I_p = 25,72

3. Caractéristiques de réseau hydrographique

3.1 Hiérarchisation

La confluence de ces affluents qui s'écoulent de part et d'autre de la montagne forme l'oued Sébaou qui traverse une plaine étroite mais très allongée sur une longueur de 110Km. Depuis sa naissance à l'est (Djurdjura) jusqu'à l'embouchure où la mer méditerranée l'oued Sébaou s'allonge sous trois formes de direction : l'écoulement de l'oued Sébaou s'allonge à nouveau selon une direction SSE-NNW, parallèlement à la section amont débouchant vers la mer au niveau de Dellys.

3.2 Développement du réseau hydrographique

3.2.1 Densité de drainage "D_d"

Elle est se définit par le rapport de la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin versant

Elle exprime comme suit : (J.P. LABORDE)

$$D_d = \frac{\sum_1^n L_i}{A}$$

Où :

D_d : la densité de drainage (km/km⁻¹).

L_x : longueur totale cumulée des cours d'eau d'ordre x (km).

A : surface du bassin versant (km²).

AN: $D_d = \frac{652}{172}$ avec: $L_x = \sum L_x = 652 \text{ Km}$ (Aigoun, 2014)

$$A = 172 \text{ Km}^2$$

$$D_d = 3,79 \text{ Km}^{-1}$$

La densité de drainage du sous bassin versant 02-20 est de 3,79 Km⁻¹

3.2.2 Densité hydrographique "F"

Elle représente le nombre de canaux d'écoulement par unité de surface. Elle est représentée sous la forme suivante :

$$F = \frac{\sum_1^n N_x}{A}$$

Avec :

F : densité hydrographique (km⁻²).

N_x : nombre de cours d'eau cumulés d'ordre x .

A : superficie du bassin versant en (km²).

$$AN : F = \frac{2102}{172} \text{ avec : } N_x = 2102 \text{ (Aigoun C., 2014)}$$

$$A = 172 \text{ Km}^2$$

$$F = 12,22 \text{ Km}^{-2}$$

3.2.3 Densité des talwegs élémentaires "F" (Aigoun C. , 2014)

C'est le rapport entre le nombre des talwegs élémentaires N₁ et la superficie A du bassin versant.

$$F = \frac{N_1}{A}$$

$$AN : F = \frac{1770}{172} \text{ avec : } N_1 = 1770 \text{ (Aigoun C., 2014)}$$

$$A = 172 \text{ Km}^2 \quad F = 10,29 \text{ Km}^{-2}$$

3.2.4 Rapport de confluence "R_c" (Aigoun C. , 2014)

Pour caractériser le développement du réseau hydrographique, utilisons la méthode de Horton. Ce sont des lois empiriques qui relient le nombre, la longueur moyenne et l'ordre des cours d'eau. On cite le **rapport de confluence** **R_c**, c'est le rapport de nombre N_x de talwegs cumulés d'ordre x et le nombre N_{x+1} de talwegs d'ordre $x+1$.

$$R_c = \frac{N_x}{N_{x+1}} = Cte$$

Le rapport des longueurs moyennes

$$R_l : R_l = \frac{L_i}{L_{i-1}} = Cte$$

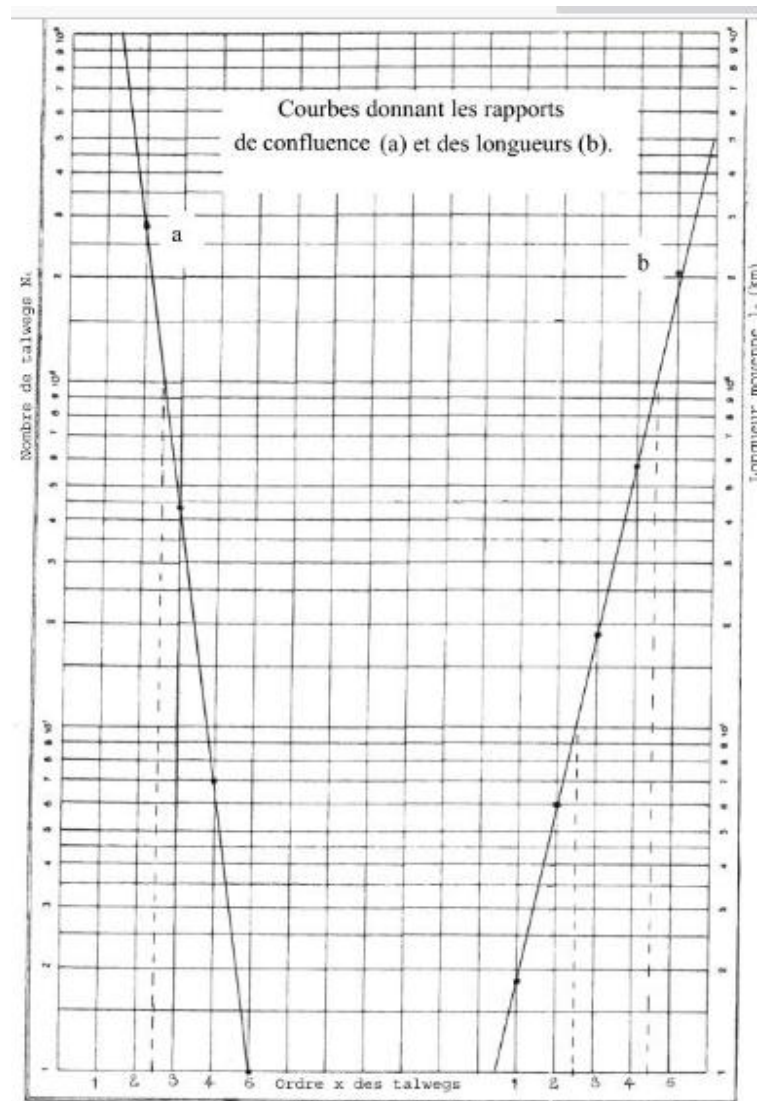


Figure 3.15: Nombre et longueur moyenne des talwegs du bassin versant de sébaou ,(Aigoun C. , 2014)

L_i : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre i

La détermination de R_c et R_l se fait par voie graphique en portant N_x , L_x et x sur un graphique semi logarithmique où la pente de la droite moyenne permet de déterminer la raison de la progression géométrique.

La représentation graphique des points (i, N_i) sur le papier semi-log donne une droite d'équation de type $y = ax + b$ dont la pente a est égale à :

$$a = \frac{\log N_x - \log N_{x+1}}{x - (x+1)} = |\log R_c|$$

AN : Dans notre cas, en prenant $N_x = 1$ puis $N_{x+1} = 100$, soit 2 modules logarithmiques, ce qui correspond à un écart sur l'axe des abscisses égal à 2,5.

$$\text{D'où : } \log R_c = \frac{2}{2,5} = 0,80$$

$$R_c = 6,31$$

3.2.5 Rapport des longueurs "R_i"

Rapport des longueurs des cours d'eau, ce rapport s'exprime comme suit:

$$R_c = \frac{L_{x+1}}{L_x}$$

En prenant $L_x = 2$, puis $L_{x+1} = 20$, donc, $R_c = \log \frac{20}{2} = 1$ soit un module logarithmique auquel correspond un écart sur l'axe des abscisses de 2,5, ce qui donne

$$|\log R_i| = \left| \log \frac{1}{2,5} \right| = 0,398$$

$$\text{D'où : } R_i = 2,5$$

4. Climatologie de la région

L'objectif de cette étude est de définir les principales caractéristiques hydro-climatologiques du bassin versant du bas Sébaou, notamment celles qui rentrent dans l'équation du bilan hydrologique (précipitations, évapotranspiration et écoulement) qui sont responsable de toute réponse de l'aquifère. Les réactions de ses facteurs (l'évaporation, ruissellement) permettent de définir le bilan hydrique, par conséquent elle permet de déterminer le taux d'infiltration par la pluviométrie nécessaire à la fluctuation de la surface piézométrique (l'alimentation et le renouvellement c'est-à-dire l'emmagasinement souterraine (Castany, 1982).

Les données météorologiques utilisées dans cette étude sont celles fournies par la banque de données disponibles auprès de l'office national de la météorologie (ANRH), des données moyennes sur une période pour la 1990 à 2012 de la station de Tizi-Ouzou.

Tableau 3.6:Caractéristiques de la station de ANRH de Tizi-Ouzou

Station	Coordonnées Lambert			La période d'observation
	X	Y	Z	
Tizi-Ouzou	620 .00	380,05	160	ANRH 1990-2012

4.1 Etude de précipitations

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

Les pluies moyennes mensuelles sur une période d'observation l'ANRH 1990-2012 sont représentées dans le tableau suivant (tableau 3.7) :

Tableau 3.7: Répartition des pluies mensuelles de station l'ANRH de Tizi-Ouzou, (1990-2012)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Jui	Juil	Aou	Total
P.Mensuelles (mm)	38,7	65,7	105,8	123,9	117,9	84,5	70,5	88,3	63,1	9,5	3,3	6,7	775
P Min (mm)	3,8	5,6	7,8	12,5	8,7	0,1	2,6	7,9	1,2	0	0	0	461,8
P Max (mm)	153,1	241,7	227,2	276,7	316,2	316,7	258,6	204,5	231,1	37	25,4	51,6	1217,5
Ecrat type	32,6	51,1	58,9	68,4	77,8	77,4	64,5	55,5	50	11,7	5,7	10,8	197,1

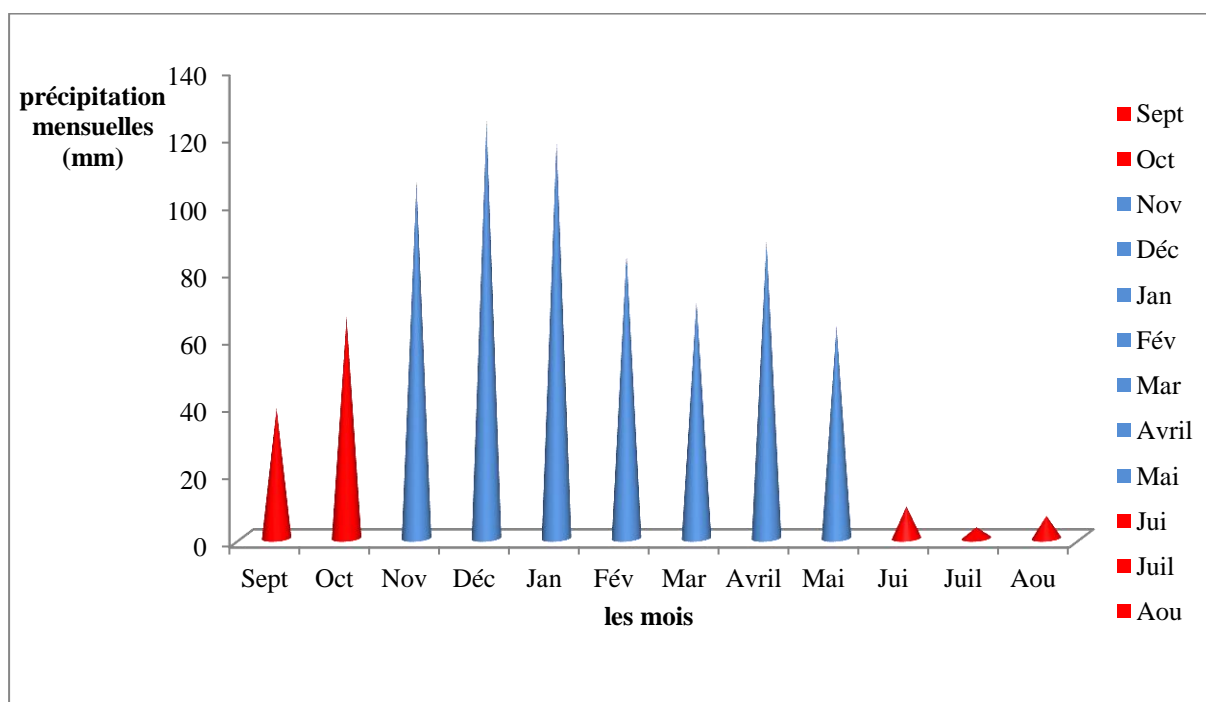


Figure 3.16: Précipitations mensuelles de la station ANRH de Tizi-Ouzou ,(1990-2012)

L’histogramme représente la répartition des précipitations mensuelles de 1990 jusqu’à 2012. Pendant cette période, les précipitations mensuelles sont subdivisées en deux périodes et a atteint son apogée dans les mois de novembre jusqu’au mai C’est la période qui marque les plus pluvieux. Et a commencé à diminuer du mois de juin jusqu’au septembre pour passer à la saison sèche.

La valeur maximale est enregistrée en mois de décembre (123,9 mm) et la valeur minimale au juillet (3.3 mm) .

4.2 Températures

4.2.1 Les températures annuelles

La température annuelle moyenne fait référence à la moyenne des températures maximales et minimales d'une année. Le calcul prend la température moyenne du mois le plus froid de l'année et établit en moyenne avec la moyenne du mois le plus chaud de l'année.

C'est un facteur très important régissant les facteurs climatiques. On peut établir un ordre de grandeur des conditions climatiques de la zone d'étude à partir des données disponibles au niveau de la station de Tizi-Ouzou.

Les températures moyennes mensuelles sur une période d'observation de la période 1990 à 2012 sont présentées dans tableau (3.8) :

Tableau 3.8: Les températures moyennes mensuelles de la station l'ANRH Tizi-Ouzou, (1990-2012)

Année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
T °C	19	18	17	18	19	18,2	18	18	18,3	18,1	19	19	18	19	18	18,1	18,4	18,9	18	18,5	19	18	19

La moyenne annuelle des températures est : 18,3 °C.

4.2.2 Les températures mensuelles

La température moyenne mensuelle est la moyenne des températures moyennes quotidiennes de tous les jours constituant ce mois

Tableau 3.9: La température mensuelle de la station (ANRH de Tizi-Ouzou , 1990 - 2012)

Mois	Sép	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
T Moy °C,	24,3	20	15	11,5	10,1	11	13	15	20	24	27,7	28
T Min °C	21,6	17	13	9	7,4	6,5	12	14	16	21	25,6	26,3
T Max °C	29,9	25	17	15,8	12,9	13	17	18	22	27	29,7	30,9

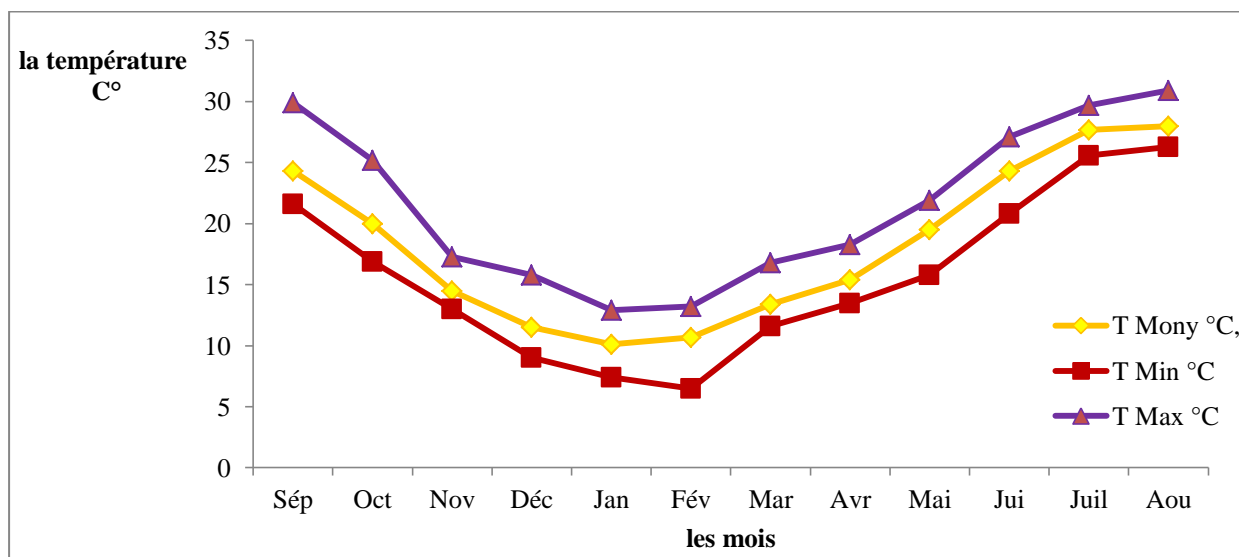


Figure 3.17:La température mensuelle (ANRH de Tizi-Ouzou , 1990-2012)

La température mensuelle marque une valeur maximal au mois de Août 28 C en été et minimale en mois de janvier 10 C en hiver.

La température diminue pendant les trois mois d’hiver (Déc, Jan, Fév), elle progresse pendant les trois mois d’été (Jui, Juil, Août), et le mois le plus chaud de l’année étant celui d’Août.

4.3L’humidité

L’humidité est un élément naturel de notre atmosphère, elle provient de la quantité de vapeur d’eau présente dans l’air de l’eau présente sur Terre vient de nos océans. C’est une partie intégrante du cycle de l’eau,

Le tableau (3.10) exprime l’humidité moyenne mensuelle en % (station ANRH Tizi-Ouzou) :

Tableau 3.10:humidité moyenne mensuelle l’ANRH Tizi-Ouzou , (1990-2012)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Jui	Juil	Aou
Humidité %	60	70	74	77	77	74	71	70	66	59	52	52

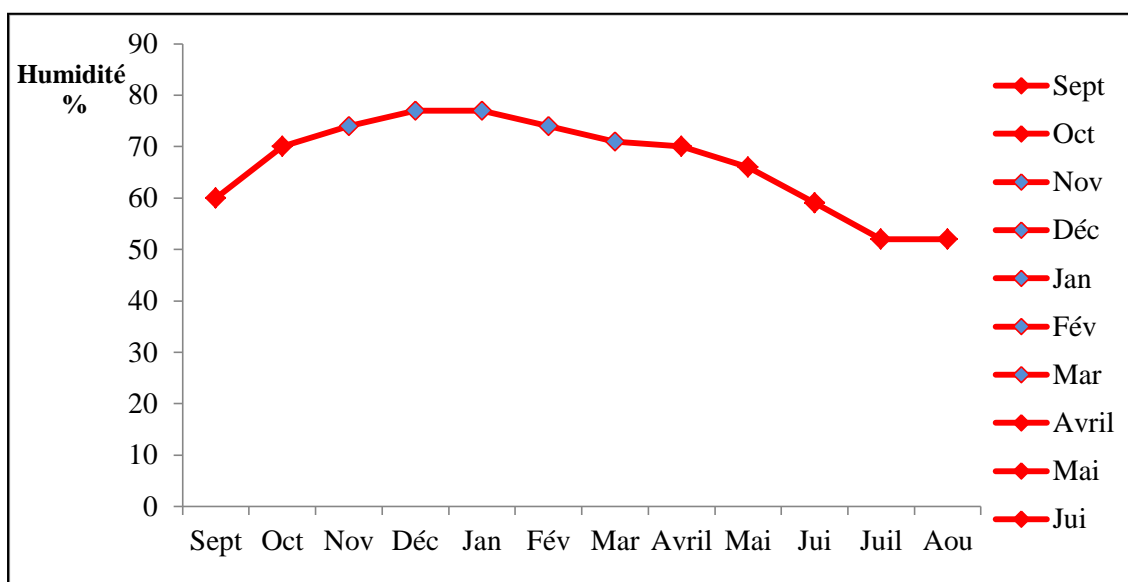


Figure 3.18:L'humidité réenregistrée l'ANRH de Tizi-Ouzou ,(1990 -2012)

4.4 La vitesse du vent

Le vent a une influence directe sur le régime climatique d'une région tel que les précipitations, l'évapotranspiration,...etc. Donc il convient de connaître la répartition mensuelle des vents, et leur direction.

Les seules données disponibles sont celles de P. Seltzer (1946). (Tableau 2.11) Les principales constatations que l'on peut effectuer sur les vents dans la région sont Deux directions préférentielles : E-W et SE-NW. Une vitesse moyenne enregistrée de 1,7 m/s .

Tableau 3.11:Répartition mensuelle des paramètres du vent et nombre de jours moyen de siroco à Tizi-Ouzou ,(1913-1938)

Mois	sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	juil	Aout	Année
Direction de vent	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
Force de vent (m/s)	2.0	1.3	1.5	1.6	1.2	1.3	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.1	1.7
Sirocco Fréq en jours	1.4	1.0	0.6	0.3	0.2	0.4	0.9	0.7	0.8	0.8	1.5	2.0	10.6

Le sirocco est un vent chaud en provenance du Sud et qui des sèche l'atmosphère, P. Seltzer (1946) donne le nombre moyen de jours avec des fréquences maximales qui se situent en juillet, août et septembre avec les valeurs respectives de 1,5 ; 2,0 et 1,4 jours .

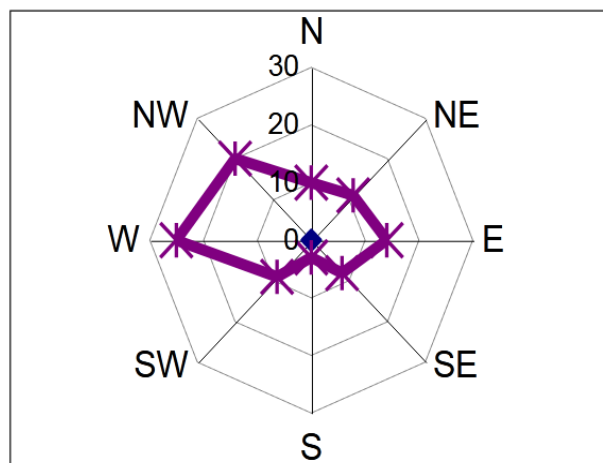


Figure 3.19:La rose des vents à l'échelle annuelle à Tizi-Ouzou 1913-1938 (Seltzer1946)

4.5 L'évaporation

C'est la lame d'eau évaporée par les étendues liquides ou le sol humide et transpirée par les plantes. On l'appelle donc aussi évapotranspiration. Mais il faut distinguer l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'évapotranspiration potentielle (ETP). L'ETP, que beaucoup d'auteurs appellent EP pour des commodités d'écriture, est la lame liquide évaporée et transpirée lorsque la fourniture d'eau au substratum terrestre est illimitée.

L'évaporation est un problème physique qui croît avec la température et la sécheresse de l'air. La quantité d'eau évaporée pendant un temps donné dépend de plusieurs facteurs liés d'une part à l'état de l'atmosphère et d'autre part à la surface évaporant. Elle résulte de la superposition des échanges entre l'eau et le pouvoir absorbant de l'atmosphère. C'est un passage de l'eau entre l'état liquide et l'état gazeux. Les valeurs de l'évaporation du plan d'eau libre. Parmi les facteurs influençant l'évaporation et son intensité, on peut citer: les facteurs climatiques, la radiation solaire; la température de l'air l'humidité de l'air, la pression atmosphérique la vitesse des vents les facteurs du milieu:

Le tableau suivant (3.12) montre la répartition mensuelle de l'évaporation enregistrée par le tube de Piche (ANRH Tizi-Ouzou 1990-2012) :

Tableau 3.12:L'évaporation mensuelle enregistrée par le tube Piche de la station ANRH de Tizi-Ouzou , (1990-2012)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Jui	Juil	Aou	Total
Evaporation Moy (mm)	132	93,3	61,4	45,7	41,6	47	69,5	75,9	98	150	197,2	192,1	1203,5
Evaporation Min (mm)	108,9	64,2	38	25,3	29	34	48,2	37,1	60	86,4	136,2	132	799,3
Evaporation Max (mm)	181,6	119	84,2	90	61,6	85,5	104	101	147	197	249,8	263,5	1683
Ecrat-type	19,3	19,2	15,7	15,7	8,8	11,6	15,8	12,9	24,1	33	31,2	36,8	244,1

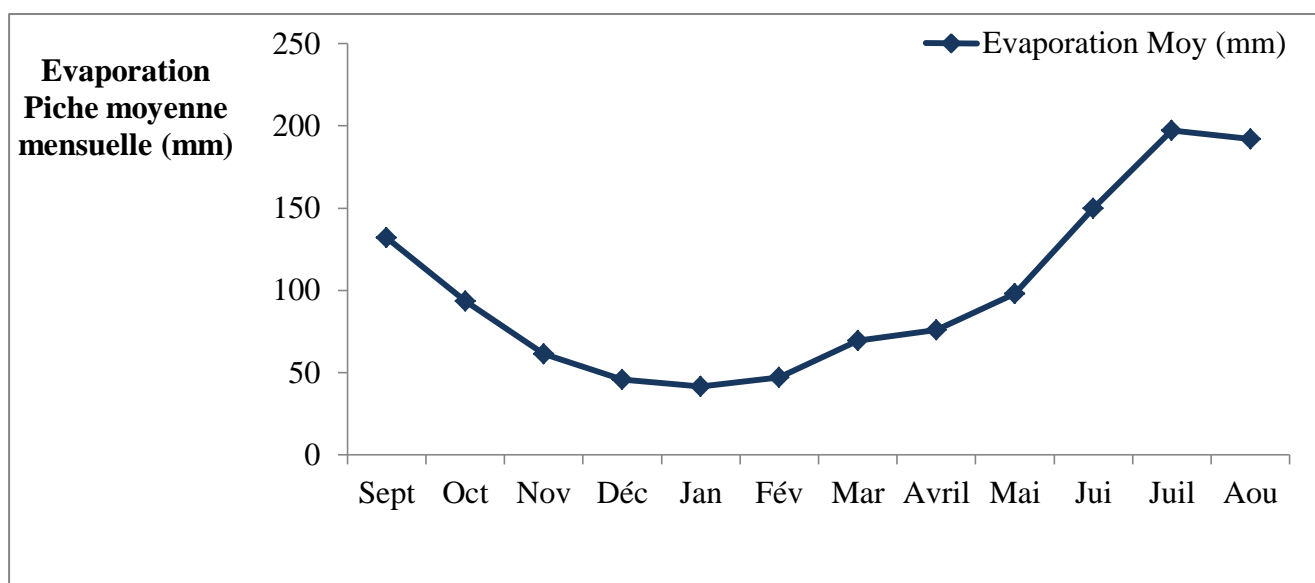


Figure 3.20:L'évaporation mensuelle enregistrée par le tube Piche de la station ANRH de Tizi-Ouzou , (1990-2012)

4.5.1 L'évapotranspiration potentielle et L'évapotranspiration réelle

L'évapotranspiration réelle ETR est la quantité d'eau qui est réellement retirée d'une surface en raison des processus d'évaporation et de transpiration.

L'évapotranspiration réelle ETR : l'ETR d'un bassin versant correspond à la quantité d'eau évaporée ou transpirée par le sol, le couvert végétal et les surfaces libres. L'ETR est exprimée en millimètres.

L'évapotranspiration potentielle ETP correspond à la quantité d'eau qui serait évaporée ou transpirée à partir d'un bassin versant si l'eau disponible pour l'évapotranspiration n'était pas un facteur limitant.

En récapitulant dans une expression simple : l'ETP est la demande de l'atmosphère en humidité dans une surface donnée et l'ETR est l'humidité réellement **absorbée** par l'atmosphère dans cette même surface. Elles sont calculées à l'aide de diverses formules empiriques en utilisant des paramètres simples tels que les précipitations, la température, l'humidité de l'air, le rayonnement solaire, le vent et des indices spécifiques en fonction des périodes de l'année et des latitudes.

4.5.2 Estimation de l'évapotranspiration potentielle

L'ETP selon C.W.Thornthwaite (1948)

Le calcul de l'évapotranspiration potentielle mensuelle et annuelle est réalisé comme suit :

$$ETP = 16.(10T / I)^a .k$$

Avec :

ETP : l'évapotranspiration potentielle mensuelle corrigé en mm.

T : la température moyenne mensuelle en °C.

I : Indice thermique annuel : somme des indices mensuelles calculées à partir des températures moyennes mensuelles selon la formule ; $i = (T/5)^{1.514}$

$$a = (1.6/100) \times I + 0.5$$

K : coefficient d'ajustement mensuel. Dépend de latitude de la région (annexe tableau 3).

5. Bilan simplifié selon Thornthwaite

Cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (RFU). On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (la RFU) ; cette eau peut être reprise pour l'évaporation par l'intermédiaire des plantes.

La quantité d'eau stockée dans la RFU est bornée par 0 (la RFU vide) et RFU max (capacité maximale de la RFU qui est de l'ordre de 0 à 200 mm suivant les sols et sous-sols considérés. En Algérie du Nord, on adopte une RFU = 100 mm.

Le bilan s'effectue comme suit :

- ✓ Si $P > ETP$: $ETR = ETP$. Il reste un excédent ($P - ETP$) qui est affecté en premier lieu à la RFU et si la RFU est complète, à l'écoulement Q .
- ✓ Si $P < ETP$:

On évapore toute la pluie et on prend à la RFU (jusqu'à la vider) l'eau nécessaire pour satisfaire l'ETR soit : $ETR = P + \min(RFU, ETP - P) * RFU = 0$ ou $RFU + p - ETP$

- ✓ Si $RFU = 0$

La quantité ($Da = ETP - ETR$) représente le déficit agricole, c'est-à-dire sensiblement la quantité d'eau qu'il faudrait apporter aux plantes pour qu'elles ne souffrent pas de la sécheresse. Pour établir ce bilan, il faut se donner la RFU maximale en fonction de la nature du bassin versant. Il faut connaître l'état de la RFU à la fin du mois antérieur au début de l'établissement du bilan. Deux raisonnements sont possibles :

- ✓ Si la RFU doit être pleine un jour, ce sera à la fin de la période durant laquelle on a pu la remplir, c'est-à-dire à la fin du dernier mois où $P > ETP$

- ✓ Si la RFU doit être vide un jour, ce sera à la fin de la période durant laquelle on a pu la vider, c'est-à-dire à la fin du dernier mois où $P < ETP$.

Ayant établi ce bilan par mois, on évalue l'ETR annuelle par la somme de 12 ETR mensuelles.

L'application numérique pour trouver l'ETP selon Thomthwaite présent dans le tableau (annexe tableau 4).

Tableau 3.13: Bilan hydrologique selon Thomthwaite station l'ANRH de Tizi-Ouzou, (1990-2012)

Mois	Sép	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Total
Précipitations mensuelles (mm)	38,7	65,7	105,8	123,9	117,9	84,5	70,5	88,3	63,1	9,5	3,3	6,7	775
T Mony,M	24,3	20	14,5	11,5	10,1	10,7	13,4	15,4	19,5	24,3	27,7	28	18,3
ETP	119,64	89,92	54,93	41,02	36,55	38,18	60,04	75,34	108,93	141,71	167,62	158,78	1092,66
ETR	38,7	65,7	54,93	41,02	36,55	34,18	60,04	75,34	108,93	63,67	3,3	6,7	593,06
RFU	0	0	100	100	100	100	100	100	54,12	0	0	0	/
Déficits Agricole	80,94	24,22	0	0	0	0	0	0	0	78,04	164,32	152,05	/
Ecoulement	0	0	50,87	82,88	81,35	46,32	10,46	12,96	0	0	0	0	/

Interprétations:

Le ETR calculé par le bilan de Thomthwaite (tableau 3.13) de la période 1990-2012 ANRH est de 593,06 mm Soit 76,52% des précipitations moyennes mensuelles. Et pour cela, on peut diviser l'année hydrologique moyenne en deux périodes :

- La période humide du mois d'octobre à avril avec $P \geq \text{ETR}$.
- La période sèche du mois de mai à septembre avec $P \leq \text{ETR}$.

6. Conclusion

Cette partie de l'étude a permis de déterminer les caractéristiques géomorphologiques et climatiques du bassin versant du bas Sebaou.

Un bassin versant d'une forme allongée et relief très fort sur une surface 172 Km^2 et un périmètre de 58 Km.

La durée de l'étude (1990-2012) nous a permis de trouver l'ETR totale durant cette période. C'est 76,52% des précipitations mensuelle et donc l'année hydrologique est subdivisée en deux périodes, l'une est humide et l'autre est sèche. Avec une température moyenne mensuelle de $18,3^\circ\text{C}$.

Chapitre 4 :
Généralité sur L'intrusion marine

Chapitre 4 : Généralité sur l'intrusion marine

1. Introduction

Généralement, le long des côtes se développe des plaines à remplissage alluvionnaire, caractérisées par des réservoirs aquifères dont les niveaux piézométriques sont très proches d'un sol fertile. L'équilibre hydrodynamique des systèmes aquifères dans les zones côtières est le plus précaire. Leur mise en exploitation présente des aspects spécifiques liés en particulier aux relations qui s'établissent entre l'eau douce et l'eau marine. Lorsque l'eau salée arrive dans une nappe souterraine, il est en général difficile d'en faire disparaître les effets. Il est alors préférable d'essayer de prévoir les risques d'intrusion marine, ce qui nous place directement devant un double problème complexe, associant la notion de quantité à celle de qualité. D'autant plus que dans ces zones côtières (arides et semi-arides), la demande en eau est en général forte pour l'alimentation quotidienne des populations rurales et pour l'irrigation. Les investissements réalisés dans les zones côtières agricoles exigent beaucoup d'eau, ce qui pousse les agriculteurs à creuser davantage de puits sollicitant des nappes côtières qui ne sont généralement que des minces lentilles d'eau douce nageant fragilement sur un biseau d'eau salée omniprésent.

2. Notions

2.1. Les biseaux salés – l'intrusion marine –

Le phénomène de biseau salé est un processus actif qui correspond à une rupture de l'équilibre hydrodynamique entre l'eau douce et l'eau de mer par une baisse importante de la charge et des flux d'eau douce et/ou une augmentation de la charge d'eau de mer. Ce déséquilibre se traduit par une avancée de l'eau de mer dans l'aquifère et une dégradation souvent importante de la ressource en eau douce, sensible dès que la part d'eau de mer atteint 2%.

Une des raisons les plus communes de ce déséquilibre est la surexploitation des aquifères côtiers, exacerbée par la population toujours croissante de ces zones, mais le déséquilibre peut également résulter d'une baisse naturelle de la recharge ou d'une montée du niveau marin.



Figure 4.21:Schéma indique le biseau salé (ou intrusion d'eau salée) par les flèches vertes (Google)

2.2Un aquifère côtier

Un aquifère côtier est un aquifère localisé en zone côtière et est en Communication avec la mer ou l'océan. Il peut être en relation directe avec la mer ou par l'intermédiaire d'une zone humide de même l'eau marine peut influencer les aquifères côtiers par le phénomène de l'invasion marine. Ce dernier, qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres est d'un grand risque pour les régions côtières tributaires des eaux souterraines pour leur approvisionnement en eau. Sous certaines conditions, l'eau salée se propage à l'intérieur des terres et contamine les eaux de la nappe. Par ailleurs, l'invasion des eaux douces par les eaux salées aura pour effet une dégradation des sols et une salinisation par suite des irrigations avec ces eaux.

La salinisation de l'aquifère côtier peut également être attribuée à des sédiments marins partiellement lavés dans ou près de l'aquifère, au déplacement d'eau salée piégée dans des formations profondes, à l'infiltration d'eau saumâtre provenant d'estuaires ou de sources de surface entre autres.

2.3 La salinité des eaux

Le terme de salinité est souvent utilisé comme synonyme de chlorinité qui désigne la concentration en chlore dissous sous forme de chlorures (mg/l ou g/l). La salinité peut être déterminée directement par la somme des concentrations mesurées en éléments dissous et indirectement, à partir de la conductivité électrique (mS/cm).

On considère en fonction de leur salinité, les eaux douces, saumâtres, salines et les saumures

-Eau douce: eau dont la salinité est inférieure à 1g/l

-Eau saline: eau dont la salinité est comprise entre 1 g/l et 35 g/l.

-Saumure: eau dont la valeur de salinité est supérieure à la valeur moyenne de celle de l'eau de mer, c'est-à-dire plus de 35 g/l TDS (3.5×10^4 mg/l TDS).

3. Mécanismes et terminologie du biseau salé

En l'absence de perturbation (surexploitation par exemple), la pénétration du niveau de la mer à l'intérieur des terres est naturellement régie par une différence de masse volumique entre deux eaux.

→ L'eau salée et marine, plus dense et donc plus assujettie aux forces gravitationnelles; L'autre plus ou moins « douce » provenant de l'infiltration des précipitations et constituant ainsi une nappe côtière s'écoulant vers la mer.

→ L'interface eau douce- eau salée prend une allure hyperbolique, qui limite la partie basale nommée « biseau ». Dans la réalité, on observe une zone de transition dont l'épaisseur ne dépasse guère quelques mètres. Gammes de concentrations et terminologie

4. Facteurs déterminants le biseau salé

4.1. Effet de l'exploitation

Toute exploitation intense de la nappe côtière par creusements anarchiques des puits va entraîner un déséquilibre hydrodynamique de l'interface -eau douce –eau salée marine- Cela se traduit par une diminution des débits souterrains et un abaissement du niveau de la nappe. Celui-ci va devenir inférieur à celui de la mer, ce qui va provoquer un écoulement des eaux marines vers l'aquifère côtier.

4.2.Situation par rapport à la mer

La distance du point de captage par rapport à la mer joue un rôle déterminant dans l'évolution de la qualité des eaux. En effet, ces eaux accusent une salinité de plus en plus élevée au fur et à mesure que l'on se rapproche du rivage.

4.3.Alimentation de la nappe

Généralement, les nappes d'eau souterraines côtières sont alimentées principalement par l'infiltration et la percolation efficaces des eaux de pluie. Le taux d'infiltration efficace conditionne l'évolution piézométrique et par conséquent l'évolution de la qualité des eaux souterraines. En effet, une importante infiltration efficace va favoriser une élévation du niveau de la nappe, une augmentation de son débit et un phénomène de dilution de sa salinité. Dans le cas contraire, une infiltration efficace moindre ou nulle, combinée à des pompages intensifs. Un abaissement du niveau de la nappe est observé avec une surconcentration saline des eaux souterraines.

4.4.Hydrogéologie

La nature lithologique de l'aquifère, sa perméabilité, sa productivité, son épaisseur et la topographie du substratum à proximité de la mer sont tous des facteurs qui jouent des rôles importants dans les mécanismes de pollution des eaux souterraines. Les débits souterrains faibles et une bonne perméabilité de l'aquifère côtier favorisent des intrusions marines dont l'extension dépend de l'intensité des pompages dans ces endroits vulnérables.

4.5.Les causes de l'intrusion marine

4.5.1. La surexploitation des eaux souterraines

Les humains surexploitaient l'eau souterraine dans de nombreux grands aquifères essentiels à l'agriculture (l'irrigation s'est surtout développée par une multiplication de pompages individuels en rivière et en nappe. Ces prélèvements ont engendré des perturbations majeures du milieu naturel et aquatique, surtout en période d'étiage).

-La surexploitation est le fait d'une exploitation trop intense d'une nappe d'eau souterraine, par exemple pour l'irrigation ou pour l'exploitation de ressources énergétiques fossiles. Dans le cas de la surexploitation, le volume d'eau extrait de la nappe n'est pas compensé par le volume de la recharge et ceci durant plusieurs années consécutives.

Au final, le niveau piézométrique de la nappe est beaucoup plus bas que son niveau initial et malgré l'arrêt de l'exploitation, la nappe peine à retrouver son niveau d'origine. En zone côtière, la réduction de la recharge des eaux souterraines entraîne des intrusions d'eau de mer dans les nappes. En zone continentale, la surexploitation des nappes peut engendrer des phénomènes de dépression à l'origine de l'affaissement des sols.

4.5.2. Puits mal positionné

Si un ouvrage de captage est réalisé trop près de la côte et qu'il est trop profond (la crépine est près de la zone de transition), l'eau pompée sera saumâtre et impropre à la consommation dès le début de son exploitation. Parce que la crépine va se retrouver directement dans la zone où l'eau est salée. De plus, pendant la saison sèche, puisque la nappe ne se recharge pas, on a alors une avancée de l'intrusion saline dans la nappe, ce qui augmente le risque d'avoir un puits situé dans la zone de transition.

4.5.3. La remontée du niveau de la mer

Il correspond à la remontée du niveau marin pendant l'histoire géologique. D'après certains chercheurs, il y a 20 000 ans, lors du dernier maximum glaciaire, le niveau marin était de 130 mètres inférieur à celui que nous connaissons actuellement, une grande partie de l'eau terrestre se trouvant sous forme de glace continentale. Il est ensuite progressivement remonté avec la déglaciation et les experts considèrent qu'il s'est stabilisé, il y a environ 3000 ans. Depuis, le niveau moyen de la mer a peu varié : il ne se serait élevé que de 0,5 millimètres par an au maximum. Durant la remontée importante du niveau marin, les aquifères côtiers, ont été envahis par la mer. Depuis sa stabilisation, les eaux marines ont pu être repoussées dans les aquifères où le gradient piézométrique était suffisamment élevé. Pour des aquifères à faibles gradients hydrauliques, l'intrusion marine n'a pas toujours pu être repoussée. Le degré de l'intrusion marine dépend des conditions hydrogéologiques de l'aquifère (géométrie, perméabilité,...).

Les conséquences et l'importance de l'intrusion sont donc très variables suivant les endroits, allant d'une contamination locale restreinte dans une petite partie de l'aquifère, à une contamination régionale affectant fortement la ressource en eau.

Les variabilités climatiques locales couplées aux changements globaux vont irrémédiablement modifier les caractéristiques des principales composantes du cycle hydrologique

L'abondance des précipitations leur type, leur fréquence ainsi que leur répartition géographique et saisonnière. les taux d'évaporation et d'évapotranspiration, la survenue et la vitesse de la fonte des neiges. L'évaluation des capacités actuelles et futures des modèles pour prédire les conditions climatiques futures et les composantes du cycle hydrologique est un enjeu fondamental pour prédire le devenir des ressources en eaux souterraines Il est largement établi qu'une hausse de la température de l'air induit une plus forte évapotranspiration et que l'infiltration des précipitations, étant dépendante du type d'événement pluvieux (durée, intensité et fréquence), une réduction de la recharge des aquifères serait probable dans le contexte des changements climatiques.

4.5.4. Pollutions diffuses par les activités anthropiques

Les aquifères côtiers et insulaires sont sensibles aux pollutions diffuses qui s'exercent en surface ainsi qu'à celles qui s'exercent directement en profondeur. Cinq grandes classes d'activités peuvent être responsables de ces pollutions :

- Occupation et transformation des sols (agriculture, foresterie, irrigation, barrage)
- Urbanisation et développement municipal (extraction d'eau,, fosse septique, etc.),
- Développement industriel (perte ou déversement de produits, injection souterraine.
- Développement d'exploitation minière (cendres volantes des centrales thermiques, zone de stockage et déversement d'hydrocarbures, etc.).
- Transport (stockage du sel pour les routes, ruissellement sur les infrastructures routières, etc.).

5. Conclusion

L'intrusion marine est indicateur très important pour déterminer la pollution des eaux de surfaces et souterraines et de préciser la zone polluée. Le problème de l'intrusion marine touche un nombre important d'aquifères en méditerranée, dont ceux du littoral algérien sont les plus concernés. Lors d'une exploitation intense, leur utilisation est confrontée à un problème de la contamination par l'eau de mer saline. Sachant que la pénétration des eaux marines dans un aquifère littoral a parfois un caractère difficilement réversible.

Les aquifères côtiers restent cependant une ressource en eau importante qu'il est possible d'exploiter sans pour autant provoquer une intrusion saline, grâce à une bonne connaissance de l'hydrogéologie et à une gestion raisonnée. Dans les chapitres suivants on va essayer de identifier l'intrusion marine et le biseau salé à l'aide des campagnes hydro-chimiques et piézométriques au différents secteurs dans des périodes hydrologiques différents au niveau de la plaine du Bas Sébaou .

Chapitre 5 :
La campagne piézométrique

Chapitre 5 : La campagne piézométrique

I. Etude piézométrique

1.1 Introduction

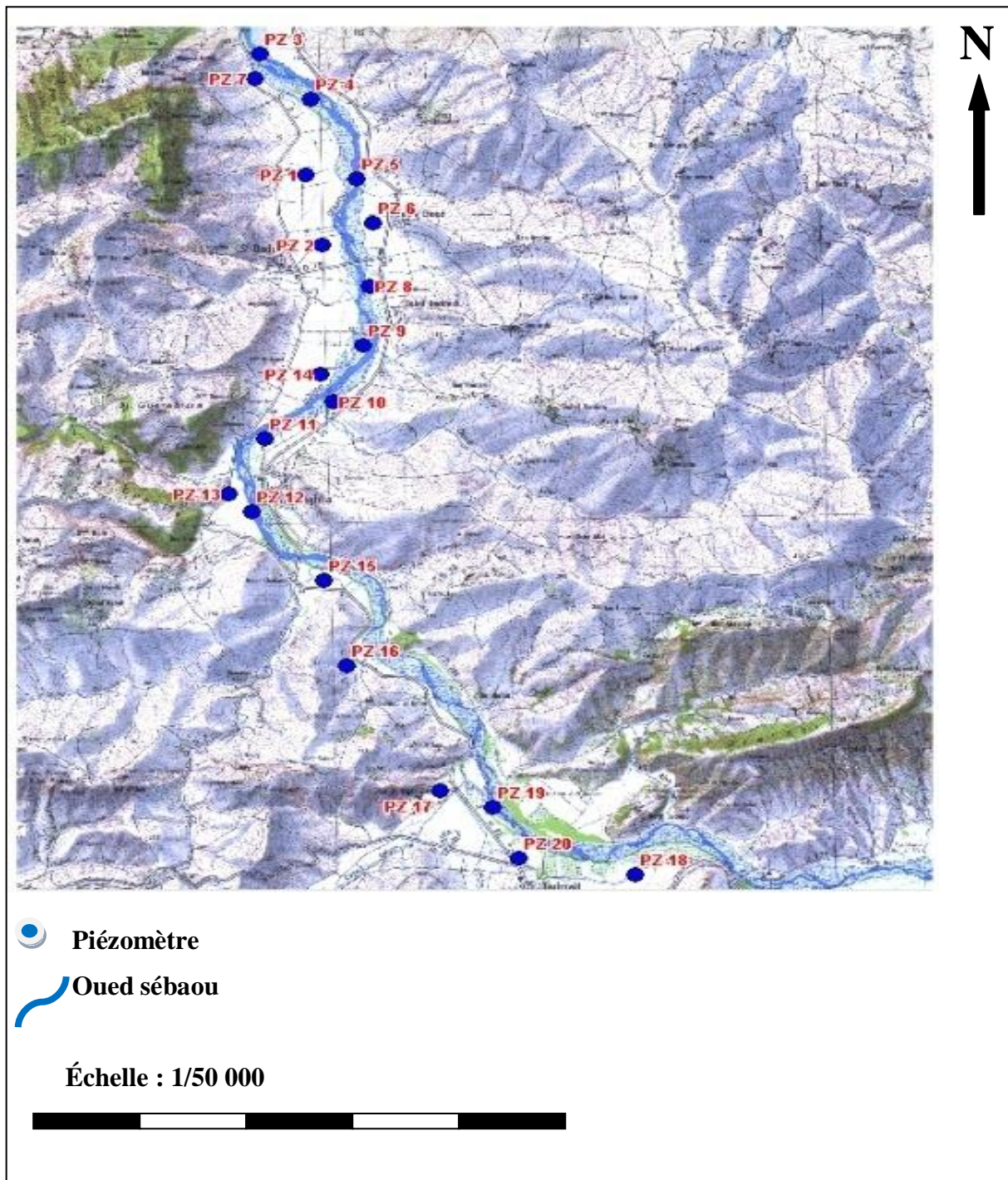
L'exploitation anarchique des nappes côtières provoque une baisse importante du niveau de la nappe, engendrant ainsi l'intrusion marine. Ce phénomène est à prendre au sérieux puisqu'il affecte la santé humaine, les plantes et le sol.

Le bas Sébaou est une des régions d'Algérie les plus touchées par ce phénomène. Les cartes piézométriques font ressortir nettement l'inversion totale du sens d'écoulement des eaux de la mer vers le continent atteignant les champs de captages où les niveaux piézométriques sont en dessous du niveau de la mer (ANRH). Étude piézoélectrique se fait par la Compagne piézométrique.

Dans le cadre du programme d'action 2005 de l'ANRH, vingt piézomètres ont été réalisés dans la vallée alluviale du bas Sébaou (figure 5.22), dont le but est de suivre les fluctuations des niveaux statiques de la nappe alluviale

Les opérations réalisées, depuis le début des travaux jusqu'à la dernière phase de réalisation pour chaque piézomètre sont consignées dans ce rapport.

Les points que nous effectuons pour la compagne piézométrique au niveau de la plaine du bas Sébaou en avril 2022 (figure 5.23) dans le but de suivre et contrôler les variations des niveaux statiques par rapport à la mer.



**Figure 5.22: Situation des piézomètres du Bas Sébaou sur fond topographique
l'échelle 1/50 000 (ANRH), 2005/2006**

Les Coordonnées et Caractéristiques de ces piézomètres sont :

**Tableau 5.14:Coordonnées et Caractéristiques des piézomètres du Bas Sébaou ,
(2012/2013)**

Nom	X	Y	Niveau de l'eau (m)
PZ1	630921	397281	65
PZ2	604185	395928	50
PZ3	603200	399614	50
PZ4	600403	398730	50
PZ5	604739	397198	55
PZ6	605009	396365	50
PZ7	603107	399120	30
PZ8	604974	395163	50
PZ9	604852	394025	50
PZ10	604394	392941	50
PZ11	603263	392918	55
PZ12	603057	390829	30
PZ13	602681	391164	50
PZ14	604165	393462	65
PZ15	604037	389518	55
PZ16	604604	387889	45
PZ17	606121	385473	50
PZ18	609265	383878	55
PZ19	606943	385175	45
PZ20	607376	384194	50

Les coordonnées et les caractéristiques des piézomètres et la distance (Km) entre chaque point d'eau et l'exutoire =la mer- (point de repère):

- Le point de repère : L'exutoire –la mer- X = 36°54'14''N ET Y = 3°48'56''
- L'échelle de la carte 1/50 000 m .

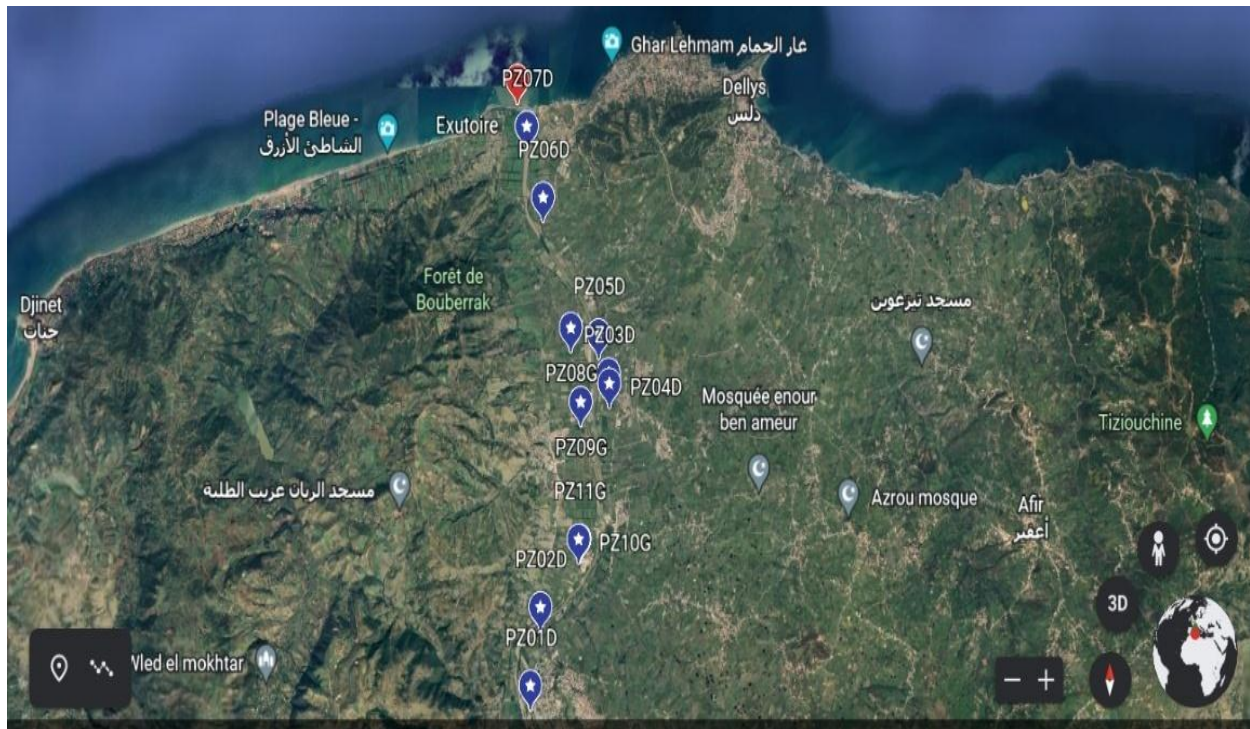


Figure 5.23: Situation des piézomètres de la campagne piézométrique du bas Sébaou , (27 avril 2022)

Tableau 5.15: Les caractéristiques et les coordonnées des piézomètres du bas Sébaou code 02-20 , (27 Avril 2022) ; (Google-Erth)

Code	Nom de la région	X	Y	Z (m)	NS (m)	NP (m)	la distance par rapport la mer(Km)
PZ01D	Baghlia 1	35°48'48"N	03°51'18,9"E	28	15,45	12,55	11
PZ02D	Baghlia 2	36°49'33"N	03°51'27,9"E	29	12,82	16,72	9,4
PZ03D	OuledKheddache	36°51'50"N	03°52'33"E	21	11,89	9,11	5,07
PZ04D	Benchoud	36°51'44,4"N	03°52'34,6"E	17	10,1	6,9	7,07
PZ05D	Benchoud	36°52'13,5"N	03°52'23,9"E	13	8,8	4,2	4.80
PZ06D	Touabet	36°53'33,5"N	03°51'29"E	16	6,09	9,91	2.18
PZ07G	Sahel	36°53'16,3"N	03°58'24,9"E	15	5,45	9,55	2
PZ08G	Rzawnia	36°52'17,1"N	03°51'57"E	13	11,47	1,3	6
PZ09G	Sidi Daoud	36°51'33,6"N	03°52'6,6"E	20	9,67	10,33	6,8
PZ010G	Bourahla	36°50'13,2"N	03°52'4,9"E	24	12,62	11,38	8.46
PZ011G	PZ011G	36°48'9,3"N	03°51'4,1"E	20	14,97	5,03	8,68

1.2 Les campagnes piézométriques 2011-2012 et 2021-2022 du bas Sébaou

Pour suivre l'évolution de niveau statique de la plaine du Bas Sébaou ont fait une comparaison des résultats obtenus par l'ANRH à l'aide des campagnes piézométriques en Basses et Hautes eaux pour des différentes années au même site avec notre étude 27 avril 2022 toujours dans la plaine du Bas Sébaou –Baghlia-

Le tableau suivant (5.16) présente les mesures de niveau statique des campagnes piézométriques en hautes eaux de la nappe de bas Sébaou du pont de Baghlia au pont de Tagdamet dans la période du 2011-2012 (ANRH) 2021 et 2022 avec les caractéristiques et les coordonnées de chaque piézomètre. Leurs situations sont représentées à la figure (5.22) pour la campagne du 2011-2012 et figure (5.23) pour la campagne du 2021-2022.

Tableau 5.16: Le niveau statique en hautes eaux en 2011, 2012 (ANRH), 2021-et 2022 du Bas Sébaou

Code	Nom de la région	X	Y	NS HE Mai 2011	NS HE Mai 2012	NS HE Juin 2021	NS HE Avril 2022
PZ01D	Baghlia 1	35°48'48" N	03°51'18,9"E	10,75	10,63	8,6	15,45
PZ02D	Baghlia 2	36°49'33"N	03°51'27,9"E	8,52	8,77	16,2	12,82
PZ03D	Ouled Kheddache	36°51'50"N	03°52'33"E	5,97	5,52	14,1	11,89
PZ04D	Benchoud	36°51'44,4"N	03°52'34,6"E	1,91	1,85	12,2	10,1
PZ05D	Benchoud	36°52'13,5"N	03°52'23,9"E	7,51	5,23	11	8,8
PZ06D	Touabet	36°53'33,5"N	03°51'29"E	7,84	7,78	8,6	6,09
PZ07G	Sahel	36°53'16,3"N	03°58'24,9"E	5,31	4,96	8,25	5,45
PZ08G	Rzawnia	36°52'17,1"N	03°51'57"E	10,13	10,27	14,33	11,47
PZ09G	Sidi Daoud	36°51'33,6"N	03°52'6,6"E	9,5	10,15	12,3	9,67
PZ010G	Bourahla	36°50'13,2"N	03°52'4,9"E	12,46	13,7	16,7	12,62
PZ011G	PZ011G	36°48'9,3"N	03°51'4,1"E	12,76	/	19,05	14,97

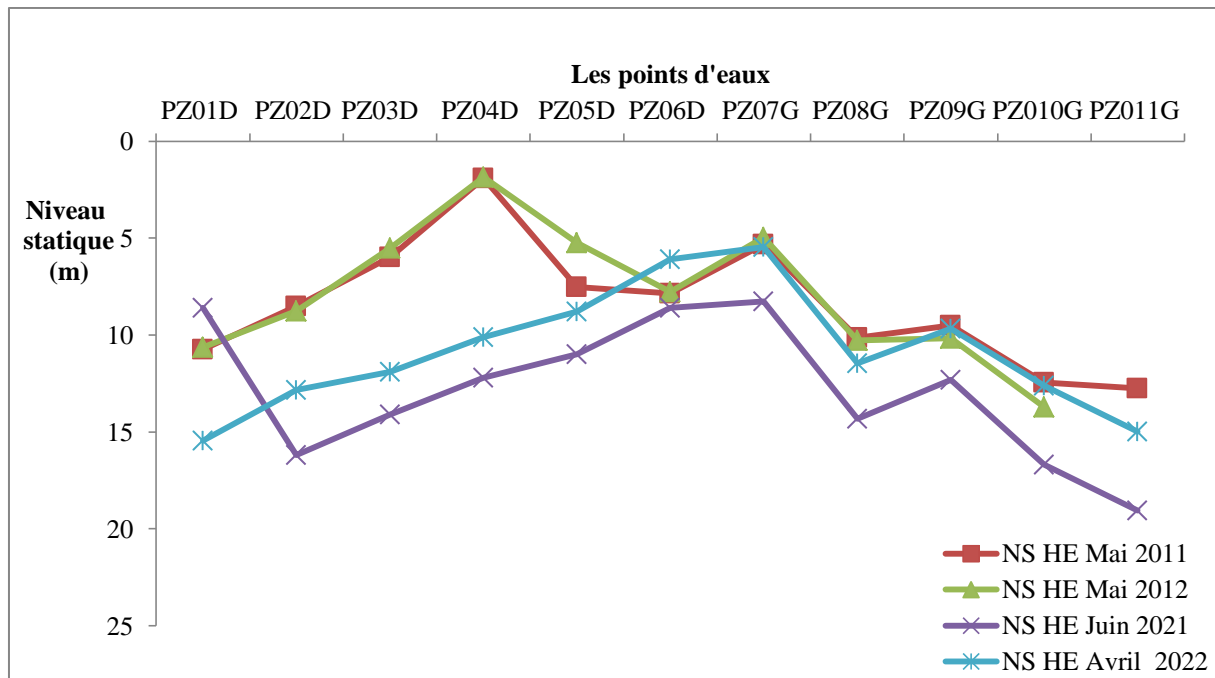


Figure 5.24: L'évolution de niveau statique en hautes eaux en 2011-2012 (ANRH), 2021-2022 du bas Sébaou

Interprétations :

- ✓ Le niveau statique dans les années 2011-2012 n'a pas beaucoup changé, il est varié entre 1,85m et 13,7m durant toute l'année.
- ✓ Dans les années 2021-2022 le niveau statique a changé et augmenté, il arrive jusqu'à 19,05m en 2021.
- ✓ La plus haute valeur de niveau statique est marquée à la rive gauche (PZ09G) en 2022, et la plus basse en 2011 et 2012 au niveau la rive droite PZ04.
- ✓ Cette différence due aux variations des niveaux piézométriques est causée par la quantité d'eau qui s'infiltré ou bien un certain pompage des puits et en raison de l'augmentation de cône de dépression par la surexploitation de la nappe.

1.3 Suivi des fluctuations du niveau piézométrique 27 avril 2022 par rapport l'exutoire-la mer –

La détermination de l'évolution des fluctuations du niveau statique de la nappe du Bas Sébaou à partir de la distance mesurée de chaque piézomètre et l'exutoire, le point de repère Le tableau (5.16) contient les données nécessaires pour suivre le niveau statique

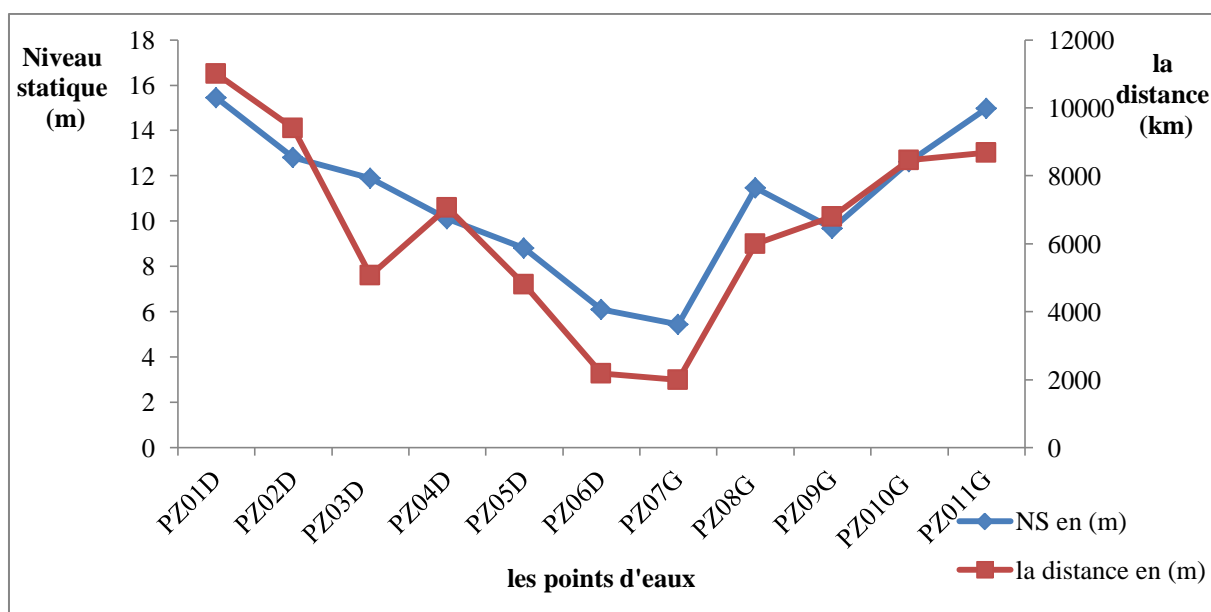


Figure 5.25: Les fluctuations de niveau statique par rapport la mer

Interprétation:

- ✓ Le niveau statique décroît proportionnellement avec la distance de la mer de l'amont vers l'aval sur les deux rives.
- ✓ Le PZ06D (6,09 m) et PZ07G (5,45 m) enregistrent les plus basses valeurs de niveau statique.
- ✓ Les plus faibles valeurs correspondent aux PZ01D (15,45 m) et PZ11G (14,97 m).
- ✓ Ces variations du niveau statique sont dues à l'altitude. Quand on s'approche à la mer, l'altitude diminue et donc le niveau statique marque la plus faible valeur (PZ07).

2. Etude hydrodynamique

2.1 Les essais de pompages

En Aout 1967, des essais de débit établie par : A.Benamour ; ANRH Alger ; ont eu lieu sur deux forages situés en rive gauche de l'oued Sébaou au point de coordonnées :

Tableau 5.17: Coordonnées des deux forages des essais de débit (Benamour, 1967)

N° de forage	Coordonnées		
	X [km]	Y [km]	Z [m]
Forage 1	606,400	385,590	30,80
Forage 2	606,335	375,710	29,76

Le premier forage ces travaux ont terminé depuis 1963, et actuellement est équipé d'une pompe cabale de fournir un débit de 450 m³/h, et le deuxième forage a été foncé en 1967. Les essais ont eu lieu en Aout 1967, donc en pleine période d'étiage, ces essais de pompage Ont permis de mesurer les caractéristiques suivantes :

2.1.1 La perméabilité

La perméabilité est donnée par la formule suivante : $K = \frac{T}{H}$

H : Epaisseur de l'aquifère, on prend dans le cas de ces essais H= 40m.

T : la transmissivité on admet une transmissivité moyenne d'ordre de : $T = 2 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{s}$

Donne: AN. $k = \frac{2 \times 10^{-1}}{40}$

$$k = 5 \times 10^{-3} \text{ m/s (A.Benamour 1967, ANRH Alger)}$$

2.1.2 Coefficient d'emmagasinement

Il n'est pas possible d'obtenir des valeurs cohérentes, Les valeurs obtenues pour le coefficient d'emmagasinement doit se situer entre 15% à 20%.

2.1.3 La résistivité

L'étude géophysique (A.Benamour ; ANRH) montre deux zones de résistivité différentes ; un chenal centrale dans lequel sont implantée les forages, dont la résistivité est de l'ordre de 120 ohms (A.Benamour ; ANRH Alger), et d'autre part de ces horizon de ce chenal, des horizons de moins bon résistivité : 80 à 90 ohms. (A.Benamour ; ANRH Alger)

2.1.4 Débit de la nappe (A.Benamour, 1967)

Connaissant la pente de la nappe ; sa perméabilité et la section de l'aquifère, le débit qui passe à travers la section d'aquifère qui nous intéresse donné par la formule :

$$Q = K \times S \times i$$

Avec :

Q : le débit qui passe à travers l'aquifère en m³/s.

K : la perméabilité en m/s. ($K = 5 \times 10^{-3}$ m/s) pour la surface mouillée Q_m

Et ($K = 2,5 \times 10^{-3}$ m/s) pour les zones latérales Q_i

S : Superficie mouiller/latérale en m² (16000m²)

i : la pente en m/m. ($i = 2 \times 10^{-3}$ m/m)

$$Q_m = 160 \text{ L/s} \quad \text{et} \quad Q_i = 60 \text{ L/s}$$

Le débit totale est : $Q_m + Q_i = 160 + 60$

$$Q_T = 220 \text{ L/s (A.Benamour , ANRH Alger)}$$

Le pompage simultané sur les deux forages à montrer qu'il était possible de pomper un débit de 280 l/s sans danger sur les ouvrages et sans provoquer un rabattement excessif de la nappe.

✓ **Analyse et recommandations (A.Benamour, 1967)**

Cet essai de débit a été de courte durée pour permettre des prévisions à long terme sur l'évolution de la nappe surtout si celle-ci est sollicitée pendant plusieurs mois consécutifs. Donc, il sera souhaitable de ne pas dépasser le débit calculé, qui doit être exploité de la nappe 220 l/s, et faire une surveillance systématique des niveaux piézométriques pendant les durées de pompages. A un débit supérieur au débit total calculé, la surface piézométrique se déprime en permanence et l'on pompe alors dans les réservoirs de la nappe qu'est possible de les entamer pendant la période d'étéage.

3. Conclusion

La nappe alluviale s'écoule vers la mer qui constitue son seul exutoire naturel. A cet écoulement naturel se superpose un autre écoulement vers les pompes. Au bord de la mer où les fluctuations sont quasi nulles, selon les règles hydrodynamiques. Toute dépression même légère de la surface piézométrique peut se traduire, même si le niveau demeure au-dessus de la mer, par une élévation considérable de l'interface qui peut rapidement atteindre le fond du puits.

Le changement du sens de l'écoulement par les pompes à proximité de la mer généralise la diffusion de l'eau marine dans l'eau douce le niveau de la nappe est descendu. En effet, l'augmentation de la concentration saline rencontrée dans cette zone pourrait être un signe d'un flux d'eau salée de la mer vers les pompes.

**Chapitre 6 : Approche hydro-chimique
des eaux souterraines**

Chapitre 6 : Approche hydro-chimique des eaux souterraines

1. Introduction

L'étude hydro chimique de la nappe du Bas Sébaou a pour but de déterminer la nature chimique des eaux et les facies chimiques dominants. Elle est basée généralement sur les analyses des éléments chimique des eaux des échantillons au niveau du laboratoire pour avoir une idée et contrôler la qualité chimiques des eaux et suivre l'évolution des teneurs de ces éléments en fonctions des changements climatique et les variations des niveaux statiques.

2. Matériels et méthodes d'analyses

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

2.1 Echantillonnages

A l'aide des données recueillis au niveau de l'ANRH 2005 pour une campagne d'échantillonnage effectuée sur vingt (20) piézomètres durant les compagnes des basses eaux et les hautes eaux 2012-2013 (tableau 5.14) , (figure 5.22) et des données prises dans 09 points d'eau en avril 2022 (tableau 5.15) , (figure 5.23) ont été réalisés dans la vallée alluviale du bas Sébaou. On déterminera l'aspect qualitatif de la nappe alluviale du Sébaou par l'interprétation des résultats d'analyses chimiques des échantillons prélevés. L'étape d'échantillonnage influence directement sur la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif. Afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur, il faut s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport adéquat des échantillons.

Les échantillons ont été recueillis dans des bouteilles en plastique de 1,5 L en plastique à de faut des moyens pour la physico-chimique. Les mesures des paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, température et profondeur) ont été faites in-situ à laide

d'une sonde électrique, le pH mètre et le conductivimètre. L'acheminement des échantillons a été fait dans des glacières afin de conserver les caractéristiques physico-chimiques.

2.2 Analyses au laboratoire

Les analyses d'eau ont été effectuées au laboratoire SEAAL à Oued-Aissi de Tizi-Ouzou en avril 2022. Les résultats des analyses chimiques réalisées ont porté principalement sur les éléments majeurs à savoir

- Cation : NH_4^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , Ca^{2+} et Mg^{2+}
- Anion: NO_2^- , PO_4^{3-} , Cl^- et HCO_3^- .

Les méthodes utilisées pour la physico-chimique sont :

Méthodes volumétriques (titrimétrie) pour les éléments suivants : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , TH et TAC. Méthodes de spectrophotométrie en utilisant un spectrophotomètre pour les éléments (Fe^{2+} , PO_4 , Al^{3+} , NH_4 , NO_2^-) et méthodes par filtration pour le résidu sec.



Oxymétrie MALEB021



pH-mètre WTW/06180043



Spectrophotomètre
HACH LANGER

Figure 6.26: Les appareils des mesures du laboratoire SEAAL

3. Les paramètres physico-chimiques

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau, il donnera lieu à bien d'anomalies physiques que nous signalons brièvement, telles que:

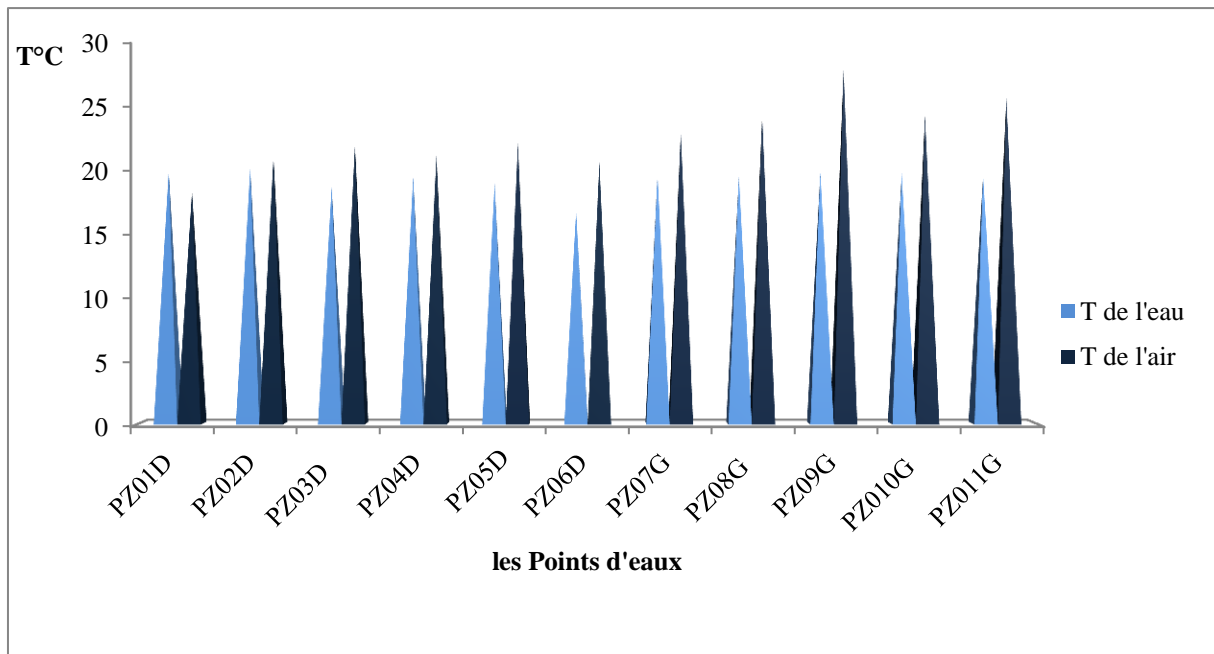
3.1 La température

La température est un paramètre physique clé, qui permet de déterminer les processus chimiques et biologiques au sein des cours d'eau et joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, aussi dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH et de la conductivité, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. De plus cette mesure est très utile pour les études limnologiques. (Rodier J, 1996).

Le tableau suivant (6.18) donne les mesures des températures de l'eau et de l'air (°C), le niveau statique et le niveau piézométrique (m) de la nappe alluviale du Bas Sébaou mesurés le 27 avril 2022 :

Tableau 6.18: La température de l'eau et de l'air du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Nom de point	Le piézomètre	T°C de l'eau	T°C de l'air
Baghlia1	PZ01D	20,1	18,5
Baghlia2	PZ02D	20,3	21,2
Ouled Kheddache	PZ03D	18,8	22,2
Benchoud	PZ04D	19,6	21,3
Benchoud	PZ05D	19,1	22,3
Touabet	PZ06D	16,9	20,8
Sahel	PZ07G	19,8	23,2
Rzawnia	PZ08G	19,7	24,5
Sidi Daoud	PZ09G	20	28,2
Bourahla	PZ010G	19,9	24,5
PZ011G	PZ011G	19,7	25,9



**Figure 6.27: L'évolutions de la température de l'eau et de l'air du Bas Sébaou ,
(27 Avril 2022)**

Interprétations:

- ✓ La température variée entre 20 ,3 °C et 18,8 °C.
- ✓ Les températures des eaux diminuent en descendant de l'amont (PZ01D) vers l'aval. C'est le point le plus proche de la mer qui donne la valeur la plus faible de la température.
- ✓ Exceptionnellement, le (PZ06D) où la température de l'eau est 16 ,9°C. Une intrusion marine est probable.
- ✓ La température de l'eau de mer est en contact avec l'air et peut baisser la température de l'eau de la nappe.
- ✓ La température de l'air n'influence pas sur la température des eaux dans les piézomètres donc il n'existe pas un contact entre l'atmosphère et la nappe dans les deux rives.

3.2 Le potentiel d'hydrogène pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène, exprime la concentration en ion H^+ d'une solution qui lui confère son caractère acide ou basique. C'est un paramètre physique qui détermine le caractère incrustant ou agressif d'une eau. Le P^H des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. le P^H mesure l'acidité ou la basicité d'une solution ainsi dans un milieu aqueux à 25°C :

- ➔ Une solution de pH =7 est dite neutre.
- ➔ Une solution de pH < 7 est dite acide (Agressive (Dissolution des $CaCO_3$)).
- ➔ Une solution de pH >7 est dite basique. (Sursaturés incrustante (dépôt $CaCO_3$)).

Les deux tableaux suivants (6.19.a et 6.20.b) représentent les données de pH en basses et hautes eaux ANRH Tizi-Ouzon (2012/2013) et le pH mesuré in-situ et au laboratoire (27 Avril 2022) de la nappe de Bas Sébaou .

Tableau 6.19:a) Les données de pH en basses et hautes eaux ANRH Tizi-Ouzon (2012/2013) /b) Le pH mesuré in-situ et au laboratoire (27 Avril 2022) de la nappe du Bas Sébaou

a)

b)

pH en HE	Nom de points	pH en BS
8,1	E008-4641	7,9
7,2	E008-4644	7,4
7,3	E008-4647	8
7,8	E008-8410	7,9
7,3	E008-8412	7,3
7,4	E008-8413	7,4
7,4	E009-2558	7,8
7,4	E009-2566	7,6
7,4	E009-2568	7,4
7,2	E009-2571	7,9
7,3	E009-2575	7,3
7,5	E0092580	7,8
7,3	E009-2584	7,2

pH en laboratoire	Nom de points	pH in situ
7,4	PZ01 D	8,6
6,71	PZ02 D	7,83
7,28	PZ04 D	7,72
7,03	PZ05 D	8,42
6,84	PZ06 D	6,86
6,98	PZ07 G	8,39
6,76	PZ08 G	8,05
7,19	PZ09 G	8,01
/	PZ10 G	7,92
/	PZ11 G	7,7

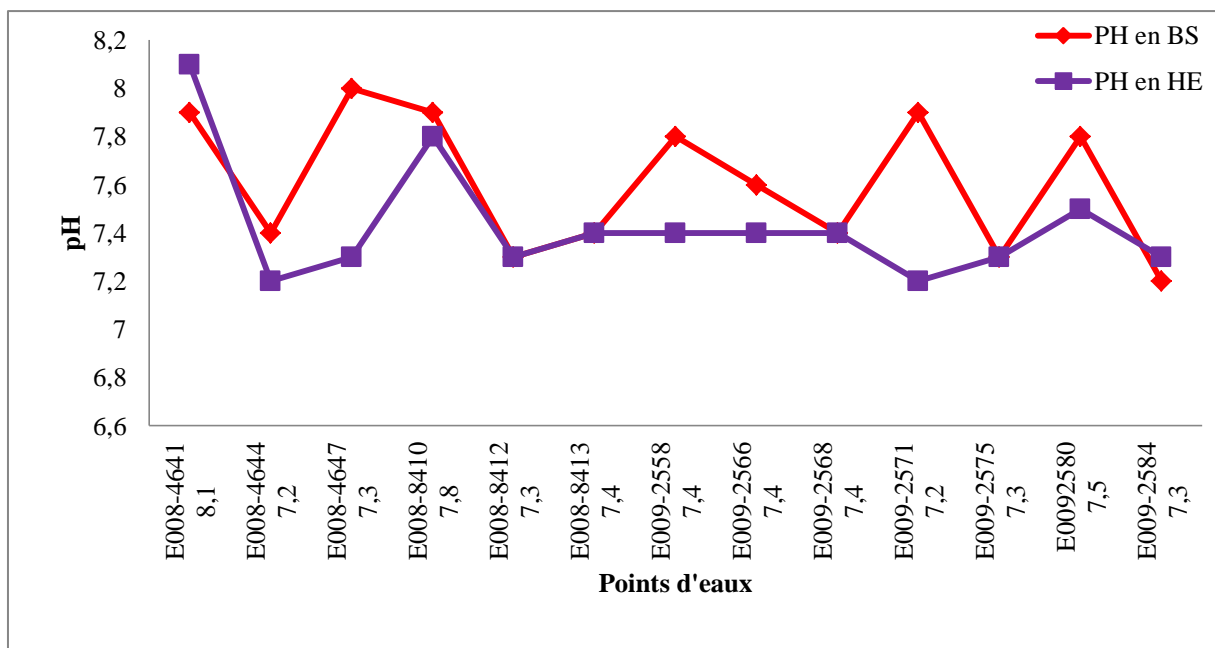


Figure 6.28: L'évolutions de pH du Bas Sébaou en hautes et basses eaux (ANRH2012/2013)

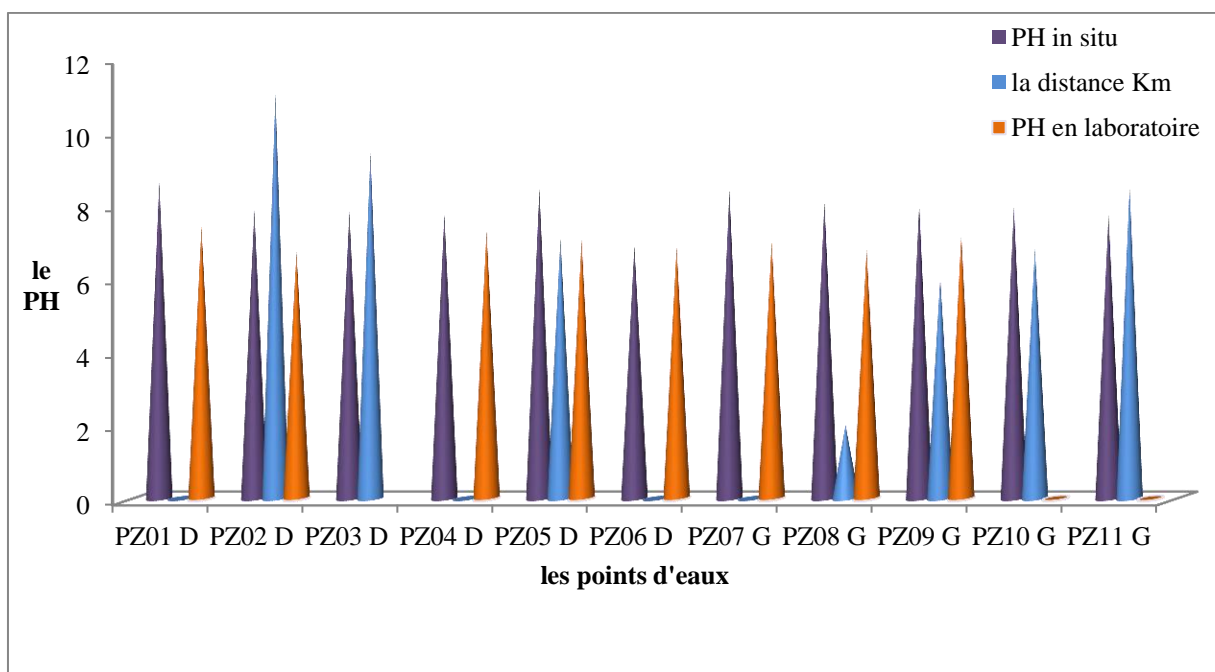


Figure 6.29: L'évolution de pH du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ Le pH des eaux souterraines est lié à la nature des terrains traversés ou l'arrivée de l'eau de la mer. Il varie entre 7,2 et 7,6 en revanche le pH des eaux de la nappe étudiée (Bas Sébaou) pour l'année 2012-2013 selon les données de l'ANRH est compris entre 7,2 et 8,1 donc ces eaux souterraines généralement neutres à légèrement basiques.
- ✓ Pour l'année 2022 et d'après les résultats (avec le pourcentage d'erreur de la mesure in-situ) de notre étude les valeurs de pH se situent entre 6,86 et 8,6 qui indiquent que ces eaux sont neutres à légèrement alcalines à basiques.
- ✓ Le pH de ces eaux des échantillons avril 2022 augmente si on s'approche à la mer, donc le pH augmente de l'amont vers l'aval.

3.3 La conductivité

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration. La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Et elle constitue une bonne appréciation de la minéralisation de l'eau.

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$. L'appréciation de la conductivité d'une eau permet donc de qualifier d'évaluer approximativement sa minéralisation globale et d'en suivre l'évolution.

Les tableaux suivants (6.20) et (6.21) permettent de suivre les variations de la conductivité électrique mesurées aux différents points d'eaux aux campagnes. ANRH 2012-2013, Juin 2021 et puis en avril 2022, dans la nappe du Bas Sébaou .

Le point de repère c'est l'exutoire avec 00.00 m altitudes au niveau de la mer, la plus proche à notre région d'étude ses coordonnées :

$X = 36^{\circ}54'14''\text{N}$ $Y = 3^{\circ}48'56''\text{E}$.

Les distances en Km et l'échelle 1/50 000 m.

Tableau 6.20: La conductivité électrique du Bas Sébaou en basses et hautes eaux l'ANRH , (2012/2013)

Points	CE en HE $\mu\text{S/cm}$	CE en BH $\mu\text{S/cm}$
E008-4641	606	646
E008-4644	1302	1400
E008-4647	1500	1086
E008-8410	1100	1500
E008-8412	1273	1159
E008-8413	1100	962
E009-2558	1101	656
E009-2566	750	622
E009-2568	1000	1286
E009-2571	1284	788
E009-2575	919	937
E0092580	903	900
E009-2584	900	1700

Tableau 6.21: La conductivité électrique du Bas Sébaou , (27 Avril 2022) et la distance entre les piézomètres vers l'exutoire

Le piézomètre	CE in si-situ $\mu\text{S/cm}$	la distance Km
PZ01D	550	11
PZ02D	1677	9,4
PZ03D	889	5.07
PZ04D	1374	7,07
PZ05D	1975	6,32
PZ07G	5060	2
PZ08G	1299	6
PZ09G	750	6,8
PZ010G	834	8.46
PZ011G	1096	8,68

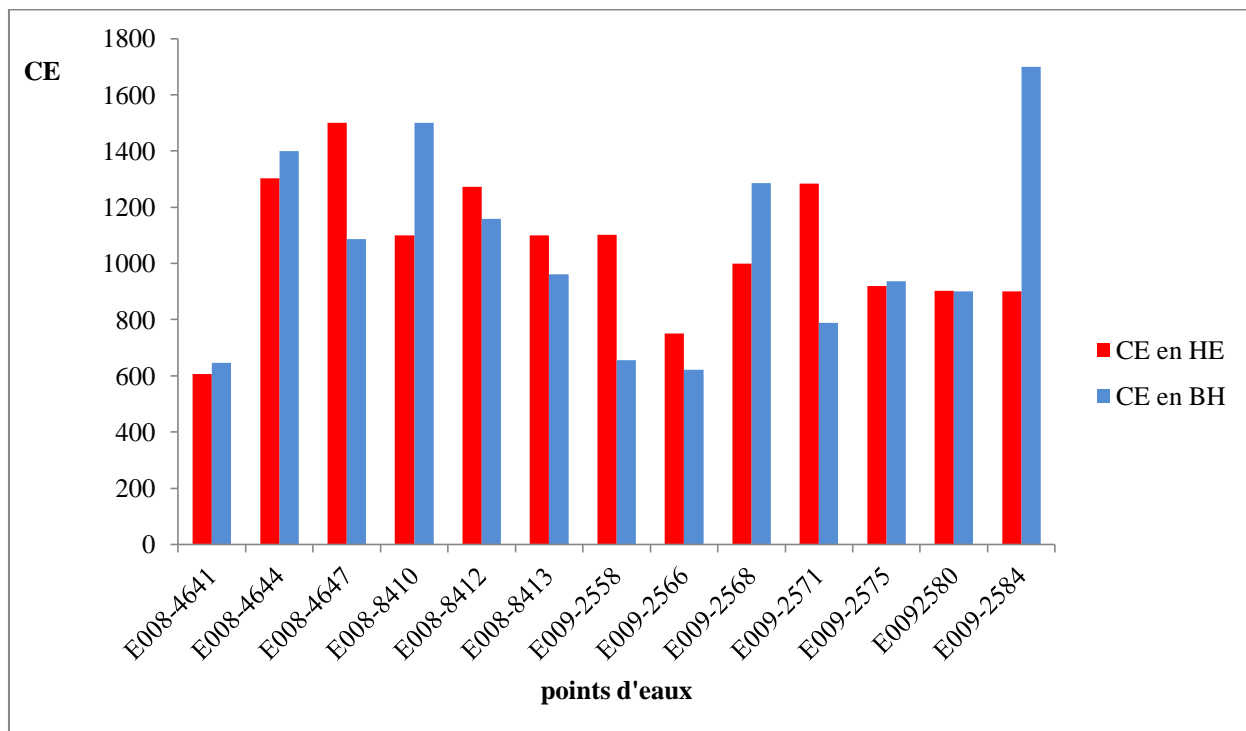


Figure 6.30: L'évolution de la conductivité électrique en basses et hautes eaux du Bas Sébaou , l'ANRH (2012/2013) .

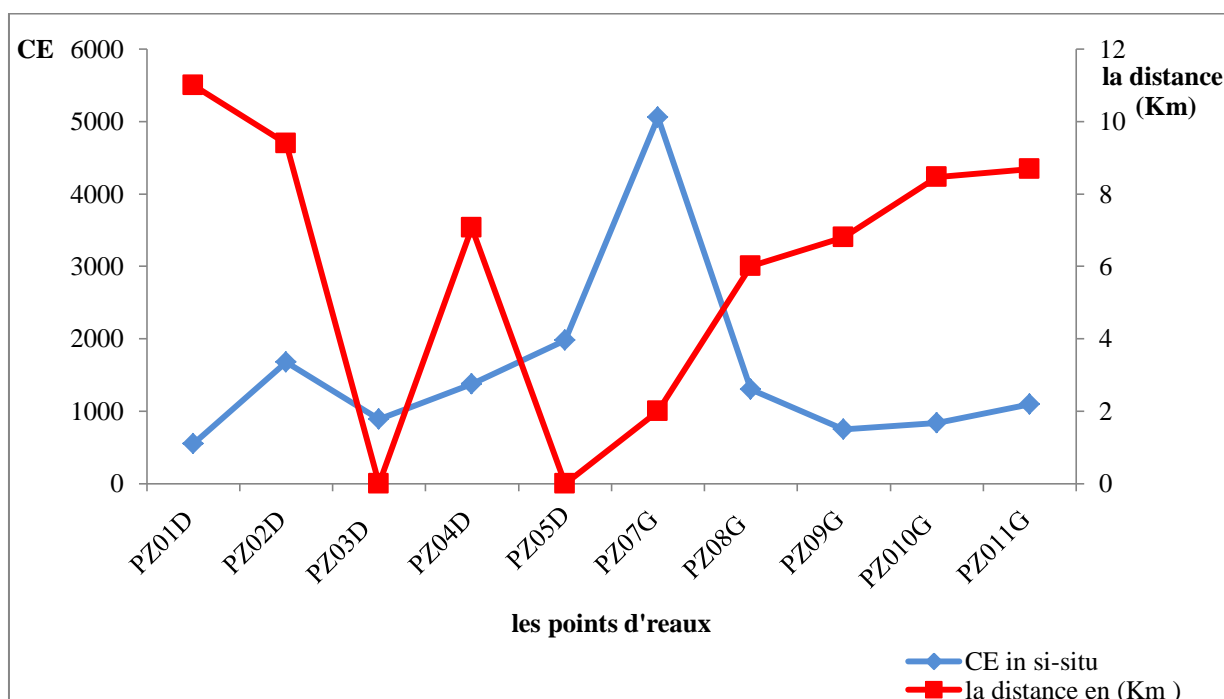


Figure 6.31: L'évolution de la conductivité électrique en fonction de la distance de l'exutoire du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Interprétations :

- ✓ Les conductivités des eaux souterraines varient entre 464 et 1700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la période des basses eaux en 2012, et entre 606 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les hautes eaux en 2013,
- ✓ D'après le tableau de classification de la conductivité électrique (annexe Tableau 2) on constate que ces eaux ont le risque de minéralisation moyen à important.
- ✓ Les résultats d'analyses des échantillons d'eau prélevés dans la plaine du Bas Sébaou montrent des conductivités oscillantes entre 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 5060 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2022).
- ✓ la conductivité électrique marque un pique remarquable dans le PZ07D 5060 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Elle augmente de l'amont à l'aval et une valeur minimale est marquée au PZ01D (550 $\mu\text{S}/\text{cm}$.)
- ✓ Les valeurs de la conductivité électrique montrent qu'il existe des piézomètres situés dans la frange côtière qui contient des eaux souterraines ayant des conductivités proche de la norme recommandée relative à la norme de potabilité des eaux donnée au journal officiel N°34 2011 (annexe Figure 3) Pour les deux compagnes aux différents points et différentes périodes de prélèvement 2012-2013 et 2022 .
- ✓ Les fortes valeurs de conductivité dans quelques points peuvent être expliqués par le risque de minéralisation moyennement est important qui est causé par l'infiltration des sels minéraux où les différentes formations géologiques avec des faibles valeurs pour le niveau statique selon nos mesures en avril 2022 et les données de l'ANRH en hautes et basses eaux 2012-2013.
- ✓ Les fortes conductivités mesurées dans la partie proche de la mer, c'est le cas de PZ07G comme le montre les graphes précédent (figure 6.31). Cet accroissement important de la CE en direction de la mer, montre que la source majeure de ces fortes salinités est liée principalement aux intrusions marines comme un facteur dominant par rapport aux autres sources intervenant au processus de salinisation de la nappe.
- ✓ Ces fortes valeurs peuvent être expliquées par :
 - Le lessivage des terrains sédimentaires traversés par l'eau.
 - L'évaporation que subissent les eaux peu profondes de la nappe aquifère en bordure.
 - L'arrivée de l'eau riche en calcite du haut sébaou vers bas sébaou (les calcaires de Djurdjura vers l'exutoire de bassin versant PZ06D et PZ07G).

3.4 La turbidité

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau, elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales d'origine minérale ou organique. Son unité de mesure est NTU.

La turbidité est un facteur écologique important, qui peut traduire la teneur importante (normale ou non) en matières en suspension : argile, limon, particules fines organiques ou inorganiques (consécutives par exemple à l'érosion, au lessivage de sols fragiles, dégradés ou agricoles labourés). La teneur élevée en plancton ou bien la pollution ou eutrophisation de l'eau,

Le tableau suivant (6.22) montre les valeurs mesurées au niveau du laboratoire SEAAL à Tizi-Ouzou pour les échantillons pris de la nappe du Bas Sébaou en 27 avril 2022.

Tableau 6.22: La turbidité des eaux souterraines du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
Turbidité (NTU)	64,9	46,6	32,2	102	88	12,3	41,1	155	49,7

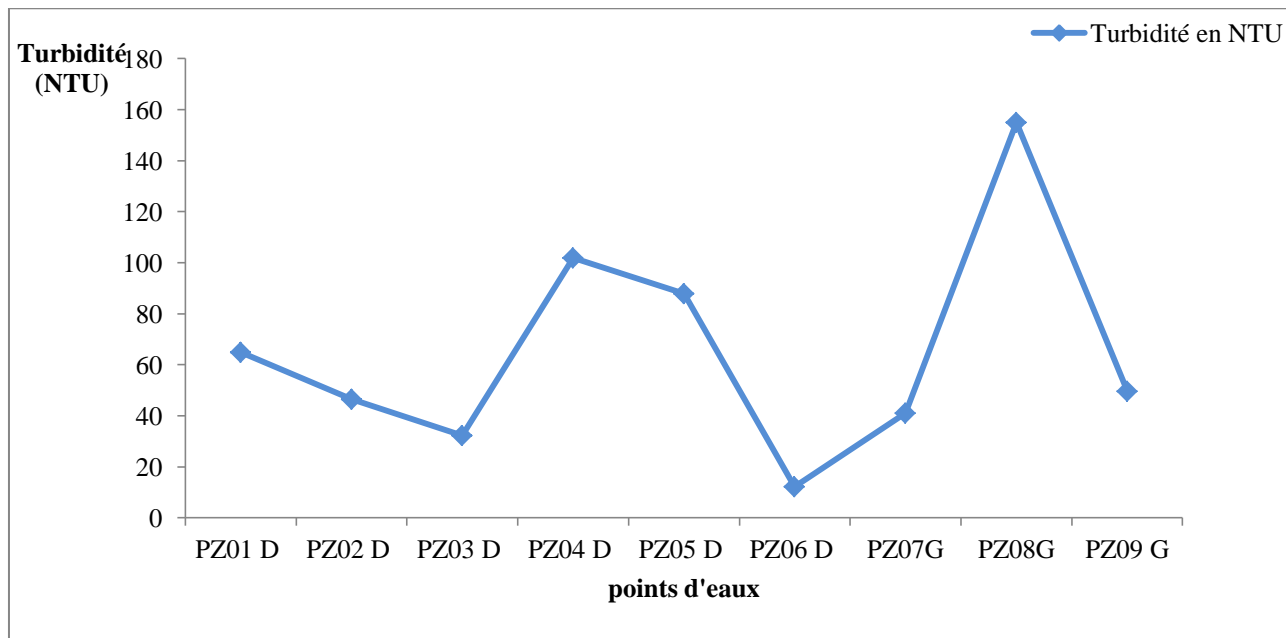


Figure 6.32: L'évolution de la turbidité des eaux souterraines des piézomètres du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ Une variation remarquable par des piques maximales et minimales. La plus forte valeur de la turbidité présente au niveau de PZ08G 155 NTU, et la plus faible valeur dans le PZ06D 12,3 NTU. Ces valeurs sont supérieures aux normes de potabilités 5 (NTU) (annexe figure 4)
- ✓ La variation de ces valeurs sont dépend de la charge des eaux. Lorsque l'eau est chargée par les matières en suspension signifier la forte présence des minéraux et des particules dissous, la turbidité est plus forte.

3.5 L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre très variable dans le temps et notamment à l'échelle d'une journée. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de plusieurs facteurs tels que la température, la pression atmosphérique et la minéralisation de l'eau ou la conductivité.

Dans notre étude on va suivre l'évolution de l'oxygène dissous en fonction de la la température de l'eau d'échantillons que nous avons pris de la vallée de Bas Sébaou en avril 2022 (tableau 6.23).

Tableau 6.23:L'Oxygène dissous des eaux souterraines des piézomètres du bas sébaou, (27 Avril 2022)

Les points d'eaux	T °C de l'air	T °Cde l'eau	l'Oxygène dissous en (mg/l)
PZ01D	18,5	20,1	5,09
PZ02D	21,2	20,3	5,64
PZ03D	22,2	18,8	3,31
PZ04D	21,3	19,6	5,64
PZ05D	22,3	19,1	4,64
PZ06D	20,8	16,9	3,78
PZ07G	23,2	19,8	5,79
PZ08G	24,5	19,7	6,22
PZ09G	28,2	20	5,42
PZ010G	24,5	19,9	/
PZ011G	25,9	19,7	/

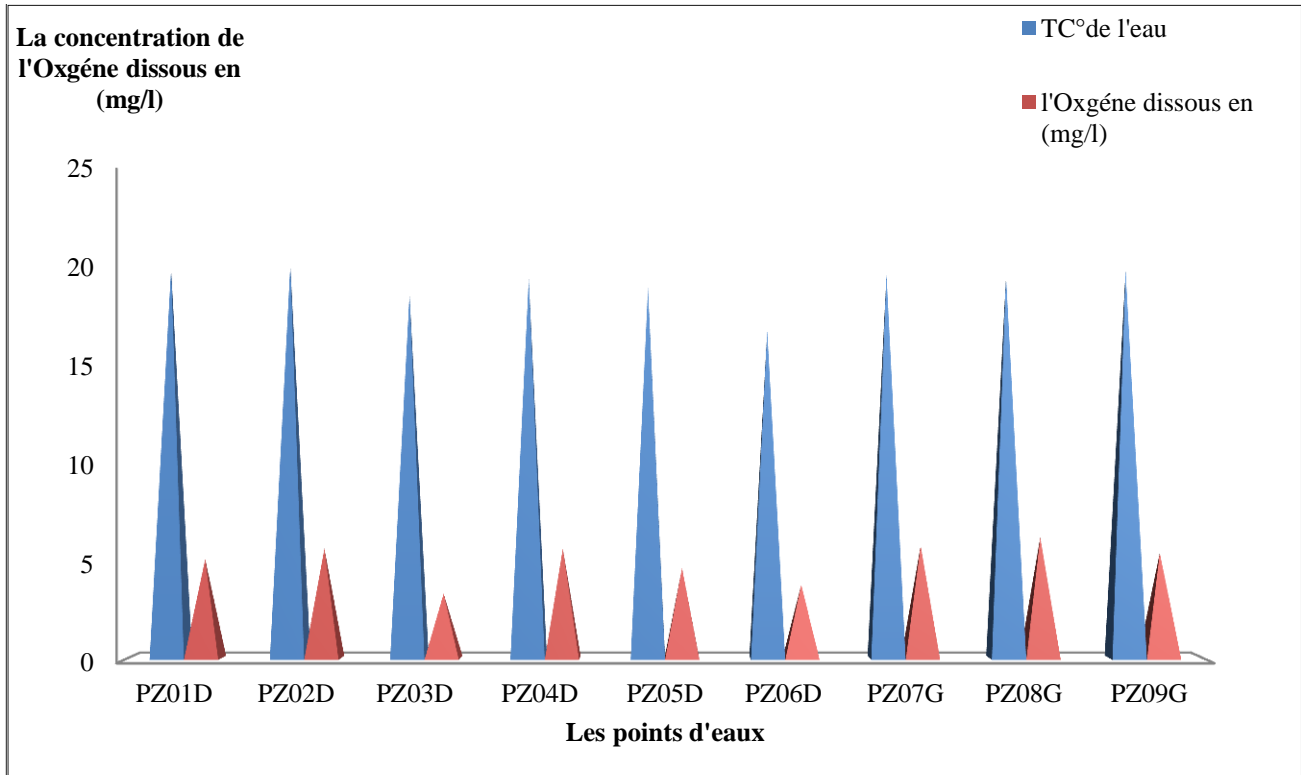


Figure 6.33:L'évolution de la concentration de l'Oxygène dissous au changements de la température des eaux souterraines des piézomètres du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ la concentration de l'oxygène dissous varié d'amont vers Laval entre les valeurs de 3,31 mg/l dans le PZ03D et 6,22 mg/l au niveau de PZ08G où la température montre 19,7 °C.
- ✓ Les variations de la teneur en Oxygène dissous dû à La diversité et l'activité des organismes aquatiques sont des phénomènes anaérobies peuvent se développer quand la température s'élève, la teneur en oxygène diminue en raison de sa plus faible solubilité mais aussi à cause de la consommation accrue par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient.
- ✓ L'augmentant la turbidité de l'eau du fait des rejets de matières en suspension ils diminuent l'activité photosynthétique et donc la production d'oxygène dissous dans l'eau.

4. Les paramètres chimiques

Pour étudier les variations des paramètres chimiques des eaux souterraines de la plaine du bas Sébaou on va faire une comparaison entre les normes de la potabilité (journal officiel N°34 2011 / annexe figure 3) Avec les données des échantillons que nous avons pris à l'aide de laboratoire SEAAL Tizi-Ouzou avril 2022 dans les différentes points d'eaux.

Il est toutefois important de signaler que seulement quatre éléments majeurs ont pu être dosés, soit deux cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) et deux anions (Cl^- et HCO_3^-) ainsi que des éléments en trace. De ce fait, toute tentative du contrôle de la balance ionique, pour la validité des analyses, n'apportera aucun résultat concret en raison de l'absence des autres éléments majeurs. Ce qui est interprété est à considérer avec modération, il peut se rapprocher de la réalité comme il peut être pris à titre indicatif.

4.1. Le calcium Ca^{2+}

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.

La concentration de calcium dans les échantillons sont comme suites (tableau 6.24) :

**Tableau 6.24: La Concentration de Ca^{2+} des eaux souterraines du Bas Sébaou ,
(27 Avril 2022)**

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
Ca^{2+} (mg/l)	35	75	8	13,5	11	50	8	10,5	8,5
la distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

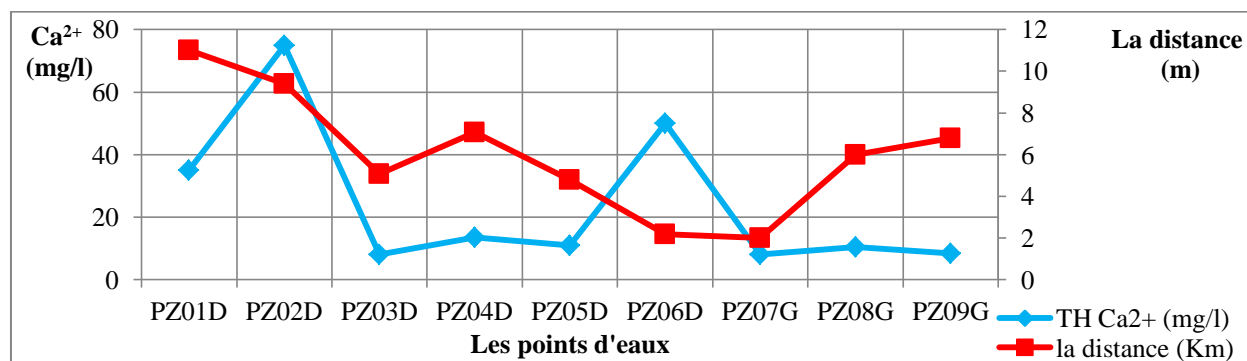


Figure 6.34: La Concentration de Ca^{2+} des eaux souterraines des piézomètres du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ Les variations de la concentration de calcium dans les eaux souterraines de Bas Sébaou varient entre 8 mg/l au (PZ07G-PZ03D) et 75mg/l (PZ02D).
- ✓ Les valeurs sont au-dessous des normes de potabilité tel que (200 mg/l) (annexe figure 3 et figure 4). Les plus grandes valeurs au niveau du PZ02D (75mg/l) puis (50 mg/l) correspondent au PZ06D.
- ✓ La teneur varie essentiellement suivant la nature de terrains traversés.

4.2 Le magnésium Mg^{2+}

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires, dolomitiques, du jurassique ou du trias moyen). Le magnésium constitue un élément significatif de la durée de l'eau.

Le tableau suivant (6.25) montre les variations de la concentration de magnésium dans les eaux souterraines du Bas Sébaou avril 2022 :

Tableau 6.25:La Concentration de Mg^{2+} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou ,
(27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
Mg^{2+} (mg/l)	265	425	6992	986,5	589	330	512	649,5	451,5
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

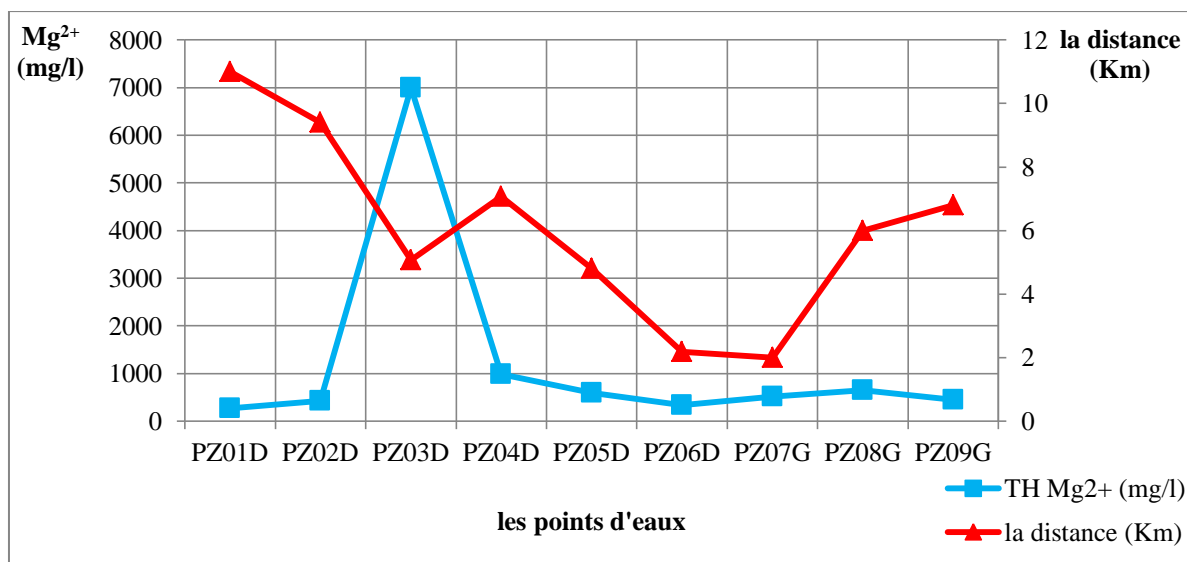


Figure 6. 35:La Concentration de Mg^{2+} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou,
(27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ Les valeurs des analyses chimiques des eaux souterraines du Bas Sébaou Avril 2022 sont généralement faibles dans les deux rives par contre le (PZ03D) marque une forte valeur (6992 mg/l).
- ✓ Ces valeurs sont variées entre 6992 mg/l (PZ03D) et 265 mg/l (PZ01D). elles sont très élevées par rapport aux normes de potabilité (50mg/l - annexe figure 4).

4.3 Dureté totale TH

La dureté de l'eau est une mesure globale de la concentration en sels dissous de l'eau en calcium et en magnésium. Le D.H.T d'une eau correspond à la somme des concentrations en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . $\text{TH} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (még/l)

Les eaux provenant de terrains calcaires et surtout des terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées. Par contre, les eaux en provenance des terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des duretés très faibles (RODIER 1996).

Le tableau (6.26) donne le TH total correspond à chaque piézomètre, 27 Avril 2022

Tableau 6.26:Le TH total correspond à chaque piézomètre , (27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
Ca^{2+} °F	8,75	18,75	2	3,375	2,75	12,5	2	2,625	2,125
Mg^{2+} °F	110,41667	177,08333	2913,3333	411,04167	245,41667	137,5	213,33333	270,625	188,125
TH °F	119,16667	195,83333	2915,3333	414,41667	248,16667	150	215,33333	273,25	190,25
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

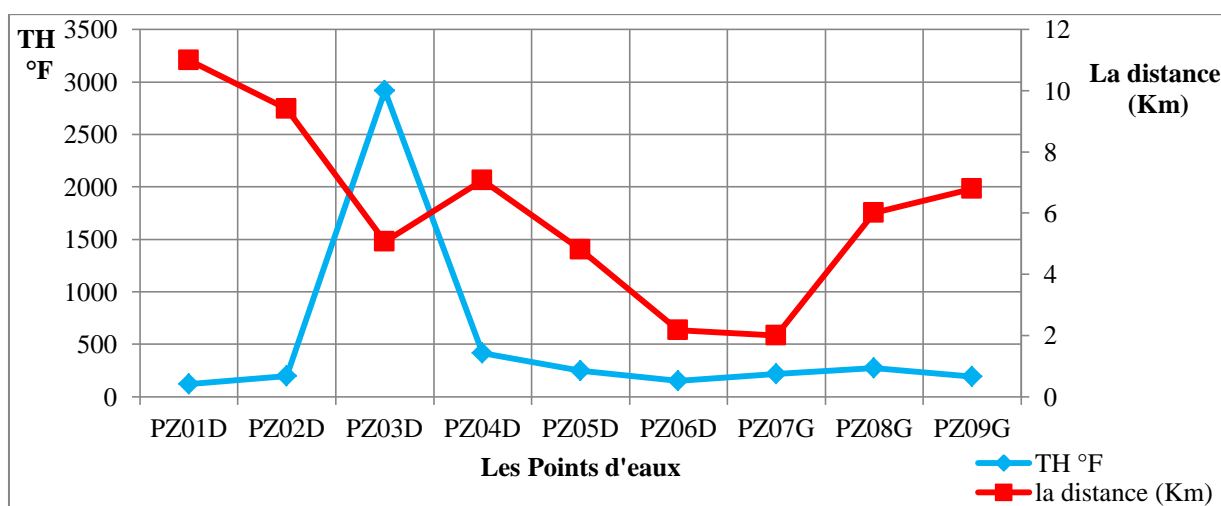


Figure 6.36:Le TH total correspond à chaque piézomètre de bas sébaou 02-20 , (27Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ Les valeurs de la dureté totale variées entre 110 °F (PZ01D) et 2913 °F (PZ03D) où il est indiqué un pique remarquable c'est un piézomètre colmaté.
- ✓ Elles sont supérieures par rapport aux normes françaises de classification de la dureté de l'eau (annexe tableau 1). Cette classification indique que les eaux souterraines des piézomètres du bas sébaou (avril 2022) sont des eaux très dures.
- ✓ Cette dureté des eaux fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Ces deux éléments proviennent de l'altération de la roche-mère .
- ✓ La teneur en Calcium est habituellement plus élevée que le Magnésium dans les eaux souterraines. Par contre, là où on trouve de la contamination par l'eau de mer, la concentration en magnésium peut être plus élevée que celle du calcium.

4.4 Alcalinité TAC

Le titre alcalimétrique (TA) d'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO_3^{2-}) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité.

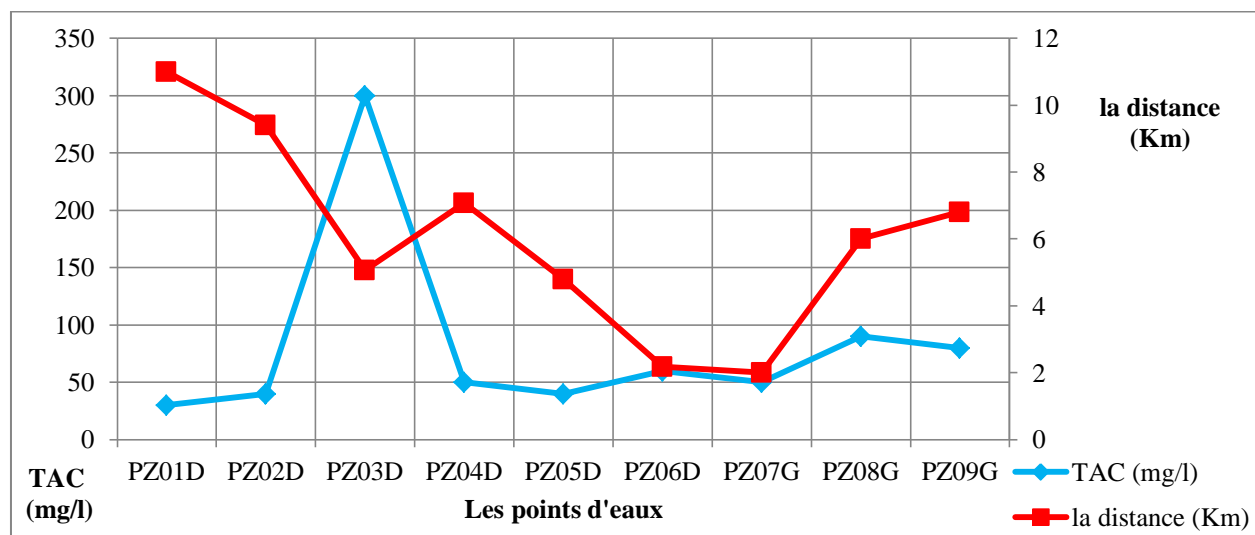
Ce titre se mesure en degrés français (°F) : 1°F équivaut à 3,4 mg/L d'ion hydroxyde (HO^-) ou à 6 mg/L d'ion carbonate, ou encore à 12,2 mg/L d'ion hydrogénocarbonate (HCO_3^-). Pour prendre également en compte les ions bicarbonates (HCO_3^-), on utilise le titre alcalimétrique complet (TAC).

L'alcalinité d'une eau est fortement liée à sa dureté et donc à son caractère corrosif et à sa capacité d'entartrage des canalisations.

Le tableau ci-dessous (6.27) montre les données de la TAC des eaux souterraines avril 2022

Tableau 6.27: Les valeurs de la TAC des eaux souterraines du Bas Sébaou ,(27Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
TAC (mg/l)	30	40	300	50	40	60	50	90	80
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8



**Figure 6. 37:Les valeurs de la TAC des eaux souterraines du Bas Sébaou ,
(27Avril 2022)**

Interprétation:

- ✓ Les variations des valeurs de TAC dans les eaux souterraines du Bas Sébaou suivent la distance par rapport à la mer.
- ✓ les valeurs sont entre 30 mg/l (PZ01D) et 300 mg/l (PZ03D).
- ✓ Ces variations sont dues à la variation de la concentration de Ca^{2+} Mg^{2+} .

4.5 Bicarbonate HCO_3^-

Sel dérivé de l'acide carbonique à teneur réduite en hydrogène et contenant deux fois plus d'acide que le carbonate. La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire, dolomie ...) par des eaux chargées en gaz carbonique. Ce tableau (6.28) représente la concentration en mg/l des bicarbonates dans les eaux souterraines de Bas Sébaou Avril 2022.

**Tableau 6.28 :La Concentration des bicarbonates des eaux souterraines du Bas Sébaou,
(27Avril 2022)**

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
HCO_3^- (mg/l)	36,6	48,8	366	61	48,4	73,2	61	109,8	97,6
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

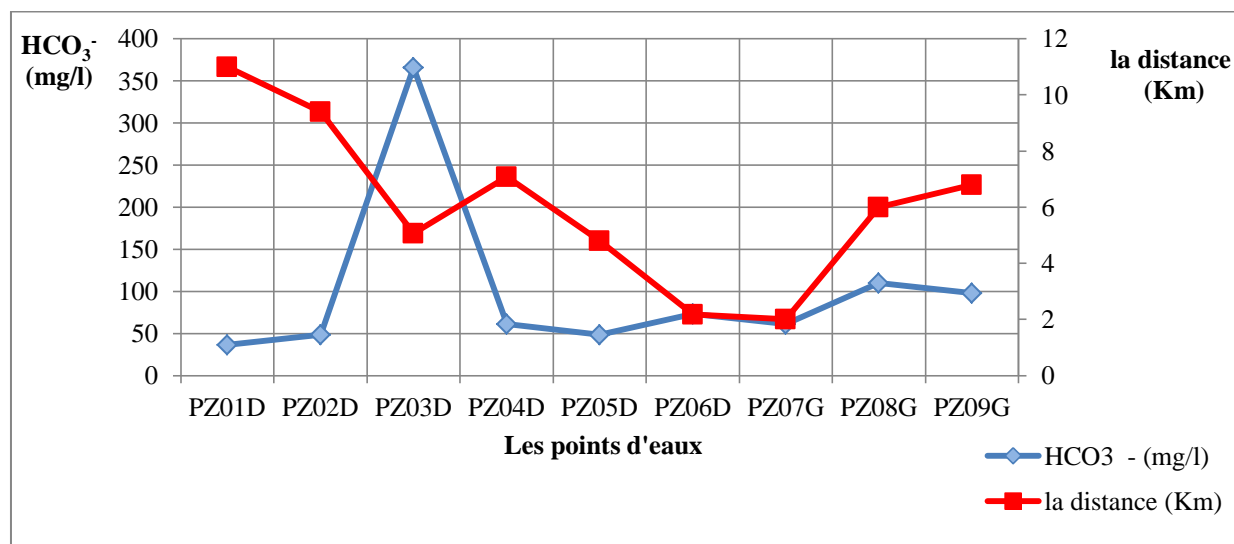


Figure 6.38: L'évolution de la concentration de bicarbonate des eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ La dissolution des formations carbonatées dans les eaux souterraines au niveau des piézomètres les plus proches à la mer le (PZ05D), (PZ06D) et le (PZ07G) et moyennement faible par rapport le (PZ03D) plus loin par rapport aux deux piézomètres précédents . Mais, il est enregistré dans ces eaux de (PZ03D) la valeur maximale de la concentration de bicarbonates c'est de (366 mg/l) où la forte présence de bicarbonates. Elle dépassé celui de la mer \cong 149 mg/l.

4.6 Résidu sec RS

C'est un indicateur important à prendre en compte. La quantité de résidus secs dans l'eau correspond à la quantité de minéraux qu'il reste après évaporation. Il s'agit de la quantité de minéraux (sodium, magnésium, sulfate, calcium,...) restants une fois que l'eau est évaporée.

Ce tableau (6.29) donne la concentration en mg/l du résidu sec des eaux souterraines de la plaine du Bas Sébaou SEAAL, Avril 2022.

Tableau 6.29: La concentration des résidus sec des eaux souterraines des piézomètres du Bas Sébaou , (27Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
RS (mg/l)	0,416	1,002	17,108	3,672	1,314	0,64	0,644	0,958	0,874
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

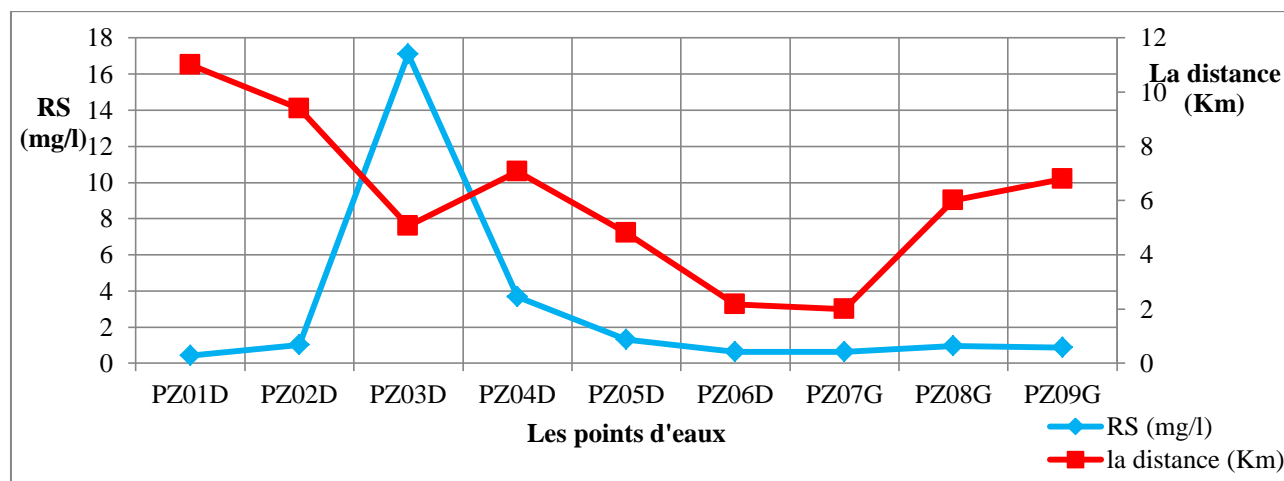


Figure 6. 39: La concentration des résidus secs des eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ Les valeurs de La concentration des résidus secs dans les échantillons varient entre 0.14 6 mg/l en (PZ01D) et 17.108 mg/l en (PZ03D)
- ✓ Cette variation est du à la quantité des minéraux que les eaux souterraines du Bas Sébaou contiennent.
- ✓ Les eaux de (PZ03D) c'est la pique de la plus forte valeur, qu'elle dû à les fortes concentrations en Calciums et Magnésiums.

4.7 L'ammonium NH⁴

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrie. C'est dessus (tableau 6.30) les résultats des analyses de l'évolution de la concentration de L'ammonium des eaux souterraines du bas Sébaou

Tableau 6.30: La Concentration de l'ammonium des eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
NH ⁴ (mg/l)	4,91	1,77	0,166	6,16	0,22	8,86	0	0,053	1,38
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

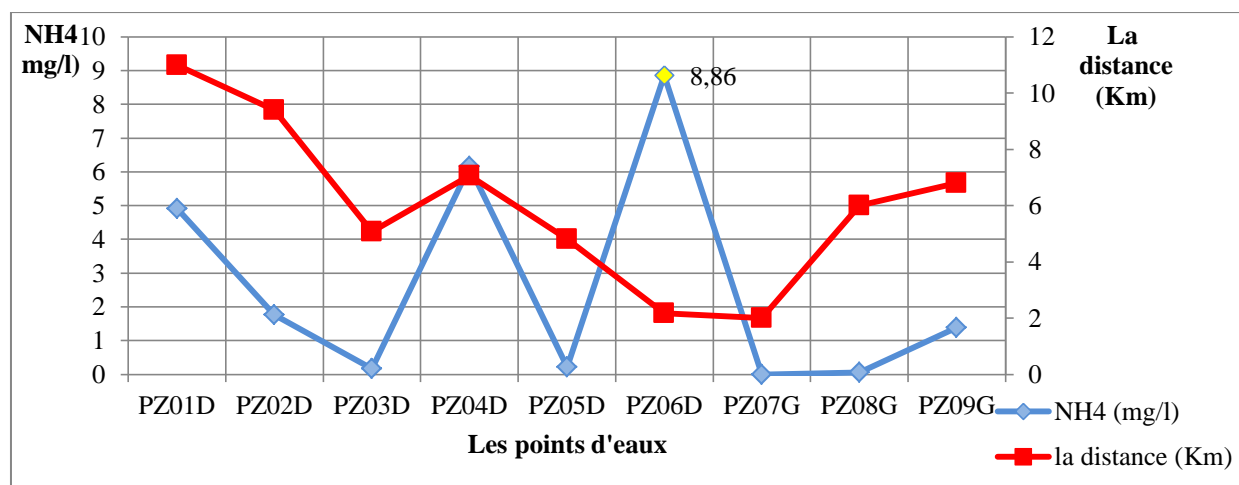


Figure 6.40: L'évolution de la concentration de l'ammonium des eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)

Interprétations:

- ✓ Dans la rive droite enregistre une faible concentration de NH₄ au niveau de PZ03D (0,166 mg/l) et (0,22 mg/l) au niveau de PZ05D. Ces valeurs ne dépassent pas les normes de potabilité (0.5mg/l) selon le journal officiel 2011 (annexe figure 3).
- ✓ Des pics de concentration qui dépassent la norme journal officiel N°34/2011 (annexe figure 3) les valeurs varient entre 1,77 mg/l (PZ02D) et 8.86 mg/l (PZ06D).
- ✓ Dans la rive gauche l'absence de NH₄ dans le PZ07G. accompagné d'une faible concentration dans le PZ08G (0.053 mg/l).
- ✓ Une valeur de (1.38 mg/l) dans le PZ09G qui dépasse la norme le journal officiel N°34 /2011 (annexe figure 3).

4.8 Les nitrites NO_2^-

C'est un indicateur de pollution. Les résultats des analyses de NO_2^- des eaux souterraines du Bas Sébaou , Avril 2022 représentent dans le tableau (6.31) .

**Tableau 6.31:La Concertation de nitrite dans les eaux souterraines du Bas Sébaou ,
(27Avril 2022)**

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
$\text{NO}_2^-(\text{mg/l})$	0,055	0,013	0,016	0,027	0,061	0,09	0,012	0,02	0,53
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

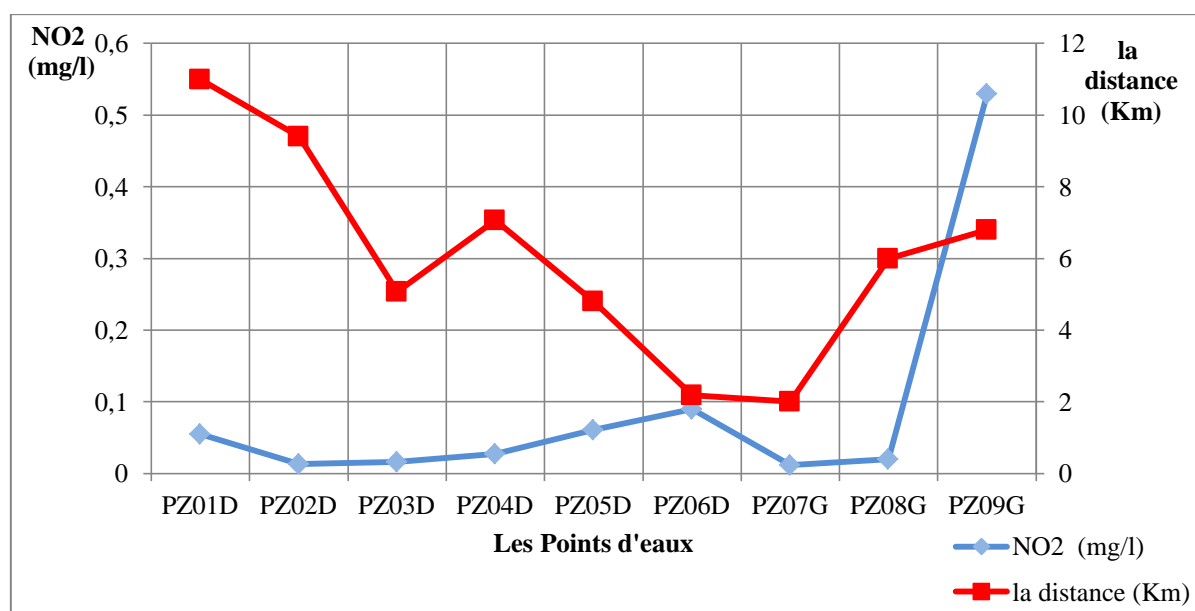


Figure 6.41:L'évolution de la concentration de NO_2^- des eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)

Interprétation;

- ✓ La concentration des Nitrites dans les piézomètres sur les deux rives du bas Sébaou ne dépasse pas les normes de potabilité (0,2 mg/l) d'après le journal officiel de la république algérienne N°34 /2011 (annexe figure 3).
- ✓ Un pique de concentration est remarquable dans le PZ09G (0,53 mg/l) dépasse la norme (annexe figure 3), et elle est dû à l'infiltration :
 - soit les agriculteurs utilisent les engrais chimiques et de fumiers dans les terrains entourés de ce piézomètre.
 - soit par la décomposition des matières végétales ou animales.

4.9 Les nitrates NO_3^-

Les nitrates est une production naturelle créée au cours du cycle de l'azote. La présence des nitrates dans l'eau souterraine indique qu'elle existe une contamination dans ces eaux. Les données de la surveillance montrent une évolution de la concentration de nitrates dans les eaux souterraines du Bas Sébaou quand on approche à la mer grâce à des analyses de la qualité de ces eaux (tableau 6.32).

Tableau 6.32: La Concentration de nitrates dans les eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
$\text{NO}_3^-(\text{mg/l})$	3,15	0,35	4,88	0,53	0,34	0,56	1,29	5,39	1,23
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

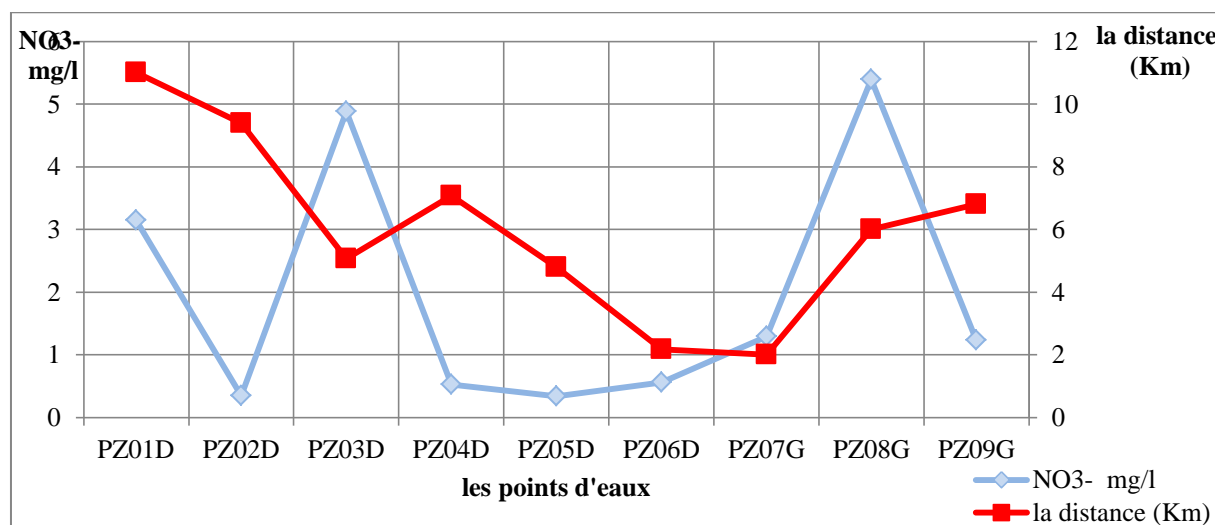


Figure 6.42: L'évolution de la concentration de nitrates dans les eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ le taux de concentration des nitrates en amont vers l'aval varie entre 0,34 mg/l (PZ05D) et 5,39 mg/l (PZ08G).
- ✓ Cette faible concentration est lié soit:
 - A la quantité d'infiltration des nitrates dans les eaux souterraines liée à la quantité de fertilisants azotés épandus sur les surfaces agricoles et de profondeur dans le sol.
 - A l'infiltration de quantité des pesticides et herbicides.

4.10 Le phosphate PO_4^{3-}

Un phosphate est un composé dérivé de l'acide phosphorique H_3PO_4 par perte ou substitution d'un ou plusieurs de ses hydrogènes, par d'autres atomes ou groupes fonctionnels. Concernant les matières phosphorées, la présence de phosphore dans les eaux souterraines est généralement un indice de pollution. Les résultats de l'analyse de la concentration des PO_4^{3-} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou avril 2022 est comme suite (tableau 6.33) :

Tableau 6.33: La concentration des PO_4^{3-} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
PO_4^{3-} (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
la distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

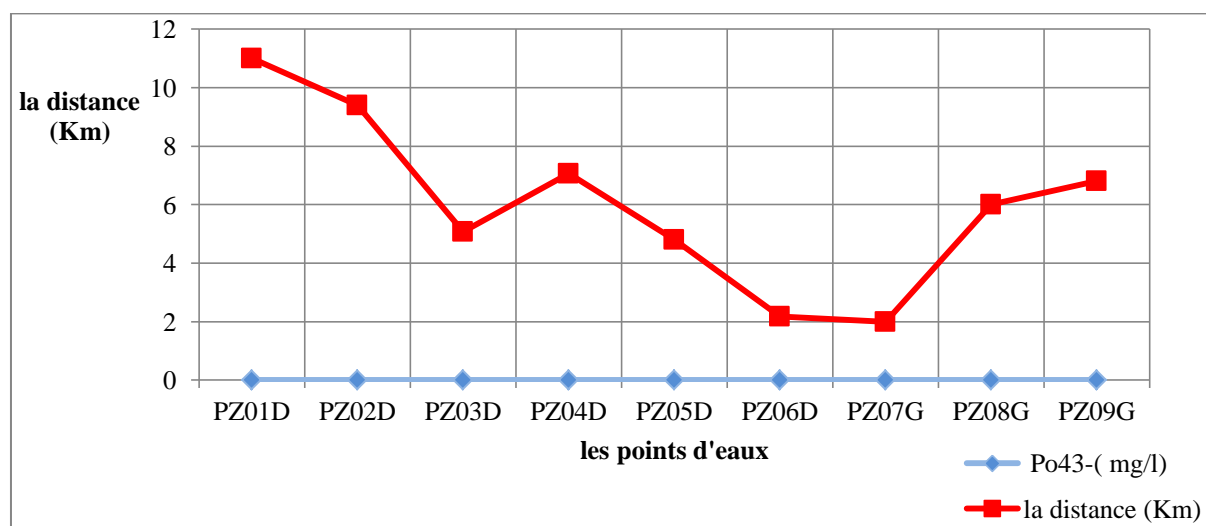


Figure 6. 43: L'évolution de la concentration des PO_4^{3-} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ L'absence de phosphates dans tous les échantillons d'eaux souterraines, Avril 2022.
- ✓ Cette valeur est due soit à la géologie, soit à l'absence d'infiltration des produits lessives.

4.11 Le Fer Fe^{2+}

Le fer est présent dans l'eau sous trois formes : le fer ferreux (Fe^{2+}), le fer ferrique (Fe^{3+}) et le fer complexé à des matières organiques (acides organiques) et minérales (silicates, phosphates, On trouve souvent ce fer complexé dans les puits et les eaux de surface : il leur donne une couleur jaune ou marron. Dans les eaux bien aérées, le fer ferreux est oxydé en fer ferrique qui précipite sous forme d'hydroxyde, $Fe(OH)_3$. Dans les eaux souterraines, par manque d'oxygène, le fer reste. Les résultats des mesures de la concentration de Fe^{2+} dans les eaux souterraines de Bas Sébaou avril 2022 sont montrées dans le tableau (3.34) :

Tableau 6.34: La concentration de Fe^{2+} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
Fe^{2+}	3,86	5,84	2,26	5,77	2,26	5,98	2,28	4,51	5,67
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

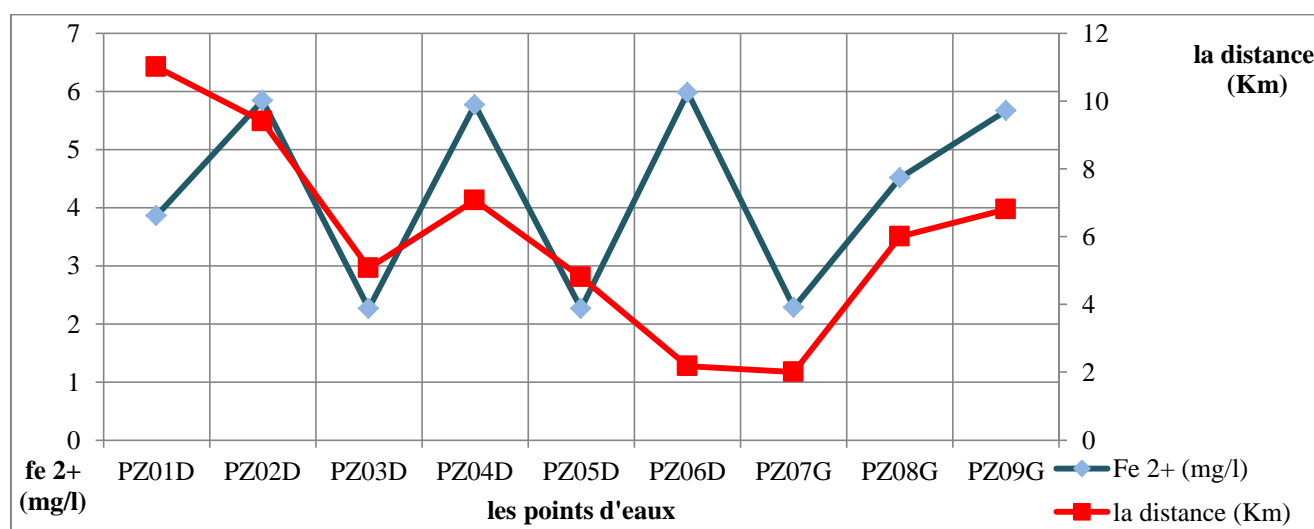


Figure 6.44: L'évolution de la concentration de Fe^{2+} dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ La présence de fer dissous dans les eaux des piézomètres du bas sébaou est très élevée sur les deux rives.
- ✓ Les valeurs de la concentration de fer dans ces eaux dépassent les normes (0.3 mg/l) (annexe figure 4).

- ✓ Au niveau de la rive droite, les valeurs oscillent entre 2,26 mg/l (PZ03D) et 5,98 mg/l (PZ06D). à la rive gauche, les valeurs varient entre 2,28 mg/l (PZ07G) et 5,67 mg/l (PZ09G).
- ✓ Cette forte présence du fer dissous est due à l'oxydation de fer des tubages des piézomètres et le préleveur (la rouille).

4.12 L'aluminium Al^{3+}

Les résultats suivants (tableau 6.35) sont obtenus par les analyses de la concentration d'Aluminium en mg/l des eaux souterraines de la nappe du Bas Sébaou avril 2022

Tableau 6.35: Les variations de la concentration des eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
Al^{3+} en mg/l	0,042	0,096	0,865	0,189	0,024	0,192	0,004	0,042	0,015
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

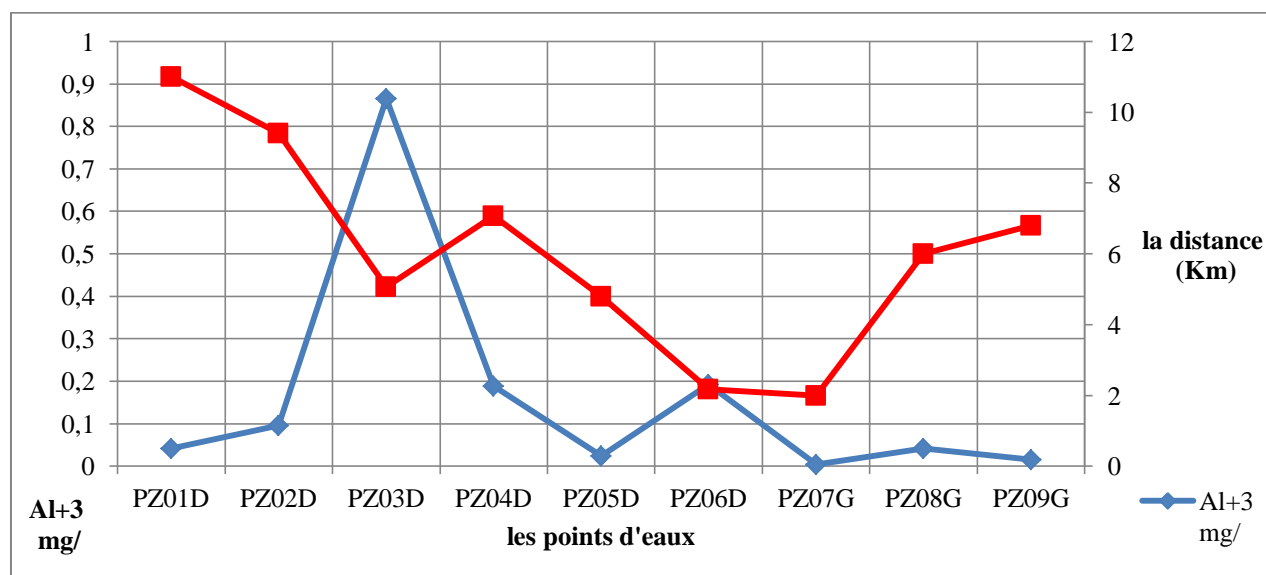


Figure 6.45: L'évolution de la concentration de l'aluminium dans les eaux souterraines du Bas Sébaou, (27 Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ les variations de la concentration d'aluminiums dans les eaux des piézomètres en la rive droite varient entre 0,024mg/l au niveau du PZ05D et 0,865 mg/l PZ03D.
- ✓ Dans la rive gauche, les valeurs oscillent entre 0,004 mg/l (PZ07G) et 0,042 (PZ08G).

- ✓ l'existence de l'Aluminium dans les eaux souterraines est dûe :
 - soit à l'eau traverse une formation géologique qui contient l'aluminium comme les micas et les feldspaths.
 - Soit par l'infiltration par la précipitation d' Al^{3+} qui se trouve dans les boîtes de conserves.

4.13 Chlorure Cl^-

La source principale de chlorure dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées, et à la présence d'évaporites. L'invasion d'eau de mer, ainsi que les phénomènes d'évaporation dans les bassins endoréiques sont également des sources de chlorures possibles. Le rôle des roches cristallines dans la minéralisation en chlorures est faible. L'évolution de la concentration des chlorures est représentée dans le tableau (6.36):

**Tableau 6.36: La concentration des eaux souterraines en chlorures du Bas Sébaou ,
(27 Avril 2022)**

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
Cl^- (mg/l)	186,6	732,54	13685,96	2370,4	444,68	285,86	246,16	246,16	414,9
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

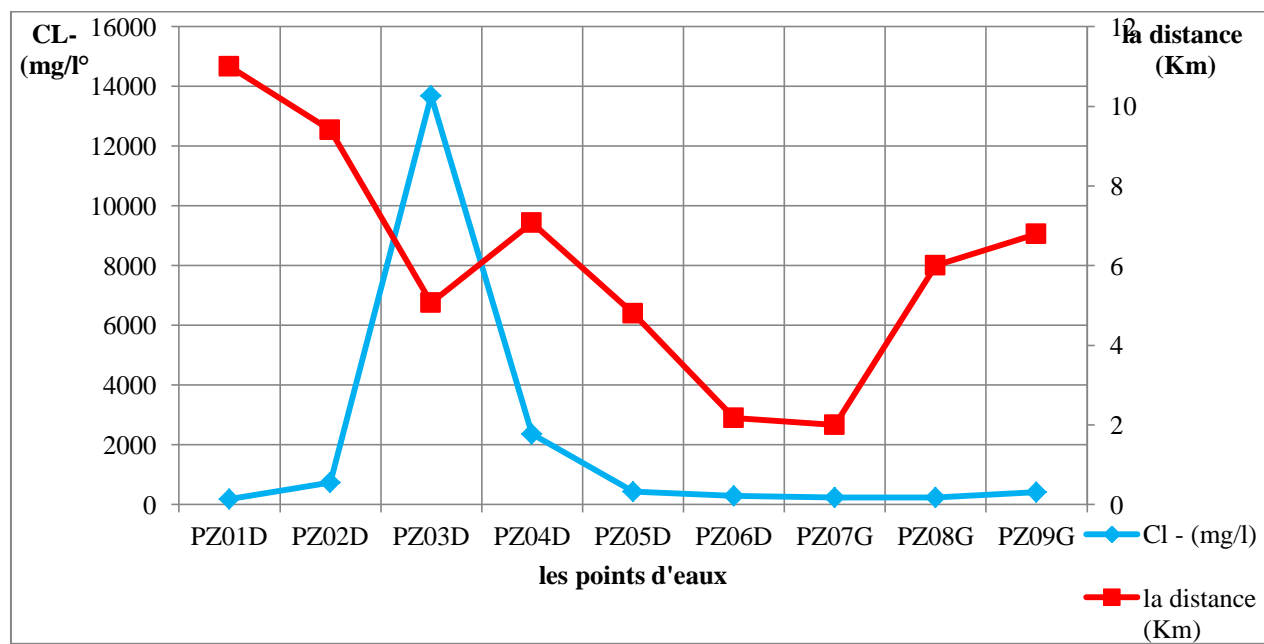


Figure 6.46: L'évolution de la concentration des eaux souterraines en chlorure du Bas Sébaou , (27Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ La concentration de chlorures d'après les analyses est entre 186,6 mg/l (PZ01D) et 13685,96 mg/l (PZ03D).
- ✓ Les valeurs du PZ01D (186,6 mg/L), le PZ07G (246,16mg/L) et le PZ08G (246,16 mg/L) sont inférieurs aux normes de portabilité talque le journal officiel 2014 (annexe figure 4).
- ✓ Dans le piézomètre PZO3D (13685,96 mg/L), la forte valeur est causée par l'échange de l'eau avec la formation géologique comme le gypse. Soit par le contacte avec l'eau de mer (chlore de la mer).

4.14La matière organique MO

La matière organique naturelle est un mélange extrêmement complexe de composés organiques qui varient considérablement sur le plan des caractéristiques physiques et chimiques. Le tableau suivant (6.37) donne la concentration de la matière organique dans les eaux souterraines du Bas Sébaou, Avril 2022.

Tableau 6.37:La concentration de la matière organique dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27 Avril 2022)

Code	PZ01D	PZ02D	PZ03D	PZ04D	PZ05D	PZ06D	PZ07G	PZ08G	PZ09G
MO (mg/l)	43,15	8,55	121,61	7	23,15	17	10,07	10,84	13,15
La distance (Km)	11	9,4	5,07	7,07	4,8	2,18	2	6	6,8

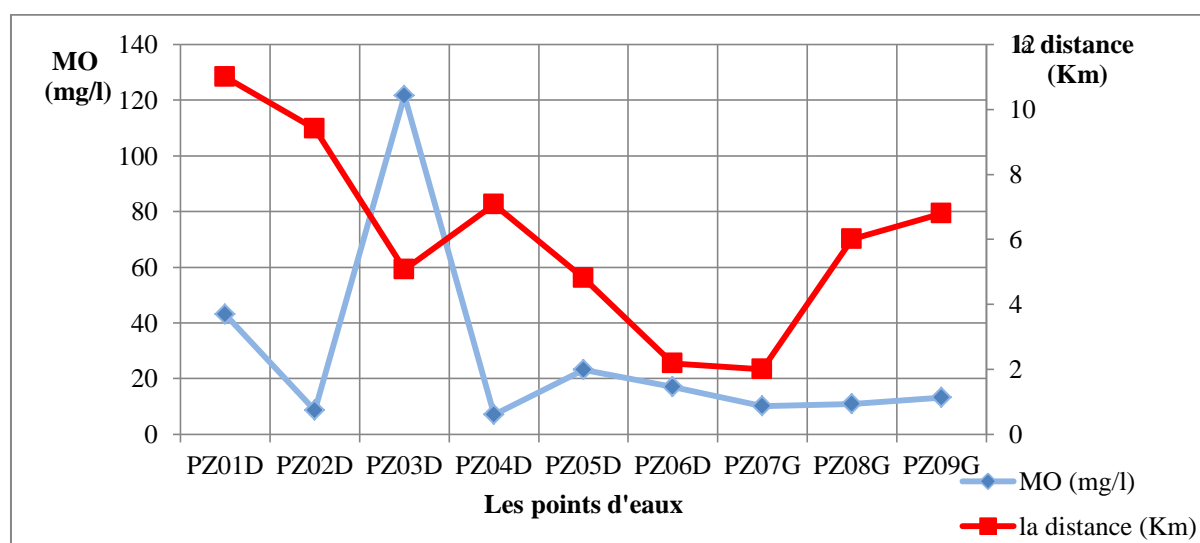


Figure 6.47:L'évolution de la concentration de la matière organique dans les eaux souterraines du Bas Sébaou , (27Avril 2022)

Interprétation:

- ✓ les valeurs de la concentration des MO sont comprises entre 7 mg/l PZ04D et 43.15 mg/l (PZ01D). particulièrement dans le PZ03D où une concentration élevée (121.61mg/l).
- ✓ Ces valeurs dues à la présence des racines végétales dans les piézomètres (des organismes végétaux) ou des organismes animale. Et la Faible quantité de la MO dans le PZO3D indique une activité microbienne dans ce piézomètre.

5. Faciès chimiques (Aigoun C., 2014)

L'utilisation des données des campagnes précédentes 2006-2008-2010 et 2011 (annexe Figure 2) , (Aigoun C.,2014) au cours de l'absence de moyen et des données a permis de déterminer le faciès chimique des eaux souterraines de la nappe du bas Sébaou .

Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et anions dominants. Ce diagramme (figure 6.51) met en évidence majoritairement un faciès bicarbonaté calcique et magnésien, en deuxième position le faciès sulfaté calcique et magnésien. La réalisation de ce diagramme a été faite en utilisant le logiciel Diagrammes, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon, 2004).

La représentation graphique de diagramme de piper (figure 6.51), (Aigoun C.,2014) met en évidence :

- Une majorité de points d'eaux à faciès bicarbonaté calcique et magnésien.
- Un point d'eau particulier qui se range dans le faciès bicarbonaté sodique.
- Le reste des points d'eau à faciès chloruré sodique ou sulfaté calcique.
- Le reste des points d'eau à faciès chloruré sodique ou sulfaté calcique

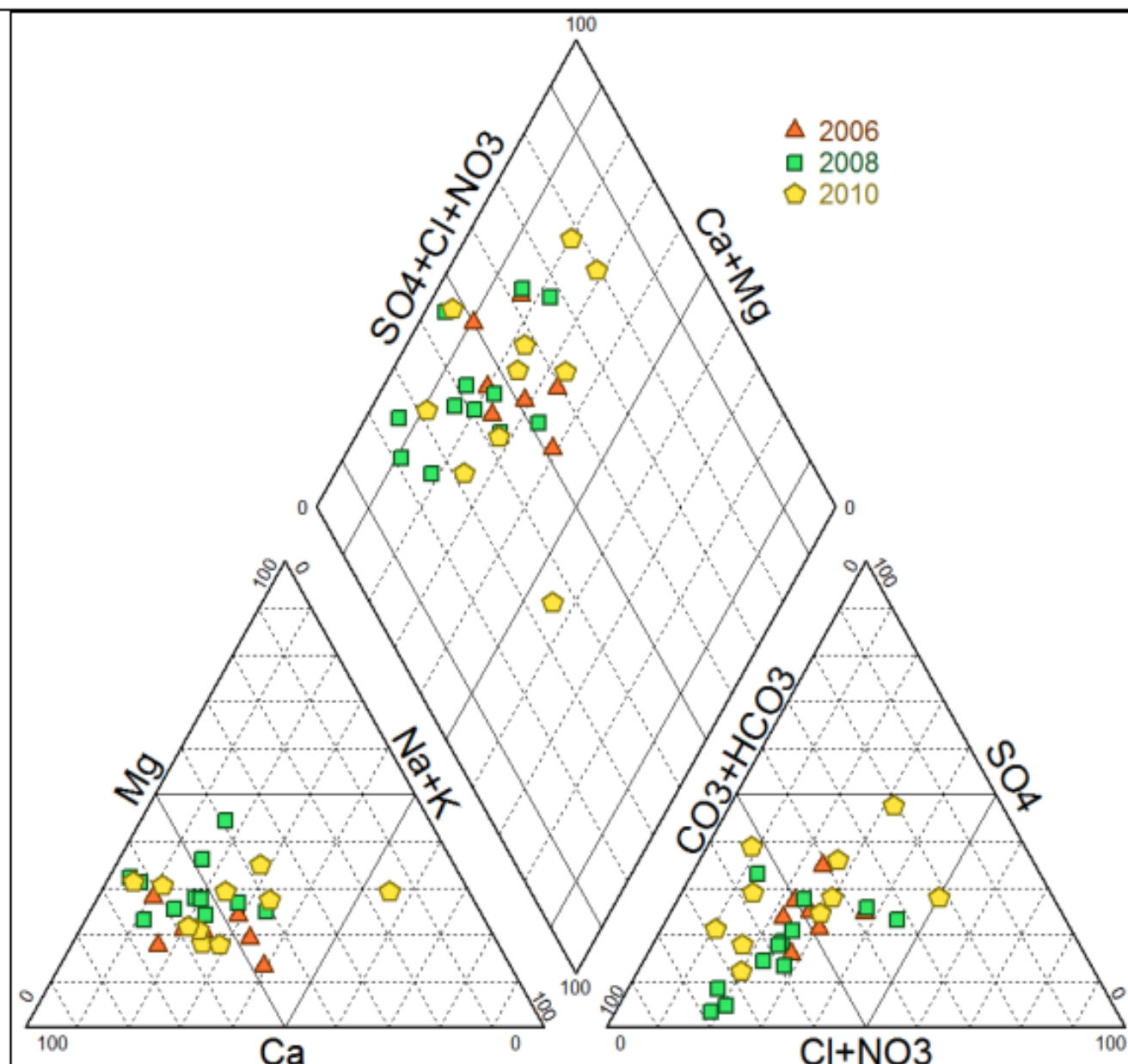


Figure 6.48 :Bas sébaou – diagramme de piper des analyses 2006-2008 et 2010

(Aigoun C., 2014)

6. Conclusion

L'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux de la zone d'étude montre qu'elles sont en relation directe avec les conditions géologiques et les activités anthropiques.

Du point de vue géologique, la contamination naturelle s'effectue par la dissolution des formations géologique (évaporatoire et carbonatées) responsable, par endroit, des concentrations excessives en éléments majeurs (Ca, Mg, HCO₃, Cl,...).

Selon les analyses physico-chimiques du laboratoire SEAAL, Avril 2022 des eaux souterraines indiquent des fortes valeurs et des variations remarquables et très importantes par rapport à la mer.

La majorité des fortes valeurs de la concentration des eaux souterraines du bas Sébaou en Mg²⁺, TH, TAC, HCO₃⁻, RS, Cl⁻ et Al³⁺ enregistrées au PZ03D où le piézomètre colmaté .Et l'absence de PO₄³⁻ dans tous les piézométries .

Aussi, selon les normes de potabilités de l'eau , journal officiel N°34 2014 , et les normes des eaux souterraines journal officiel 2011 , le décrit du journal 2011, les valeurs des plusieurs paramètres du surveillance de la qualité physico-chimique (Ca²⁺, Mg²⁺, TH ,TAC, NH₄⁺ , NO₂⁻, Fe²⁺ et la turbidité) des eaux souterraines du Bas Sébaou dépassent ces normes en certains points talques le (PZ02D). le (PZ03D), le (PZ06D), et le (PZ09G), qu'ils indiquent une pollution dans ces eaux et le mélange de l'eau de mer avec l'eau douce, c'est le phénomène de l'intrusion marine.

Conclusion Générale

Le bas Sébaou c'est un tronçon aval de la vallée de l'Oued Sébaou , étendu sur 20km .depuis Tademaït jusqu'à l'embouchure « Dellys » sur la mer méditerranée . L'écoulement est du Sud vers le Nord sur un lit de pente très faible. La puissance de remplissage de la nappe est en moyenne de 40m. La nappe est libre à semi libre , par endroits elle est captive, en basse eaux , l'oued alimente nappe , le niveau statique est généralement situé entre 1,5 et 6m du sol

L'aquifère représente une bonne transmissivité mais une perméabilité moyenne . La zone étudiée est située dans la partie centrale de l'orogénèse Nord Maghrébine à la limite interne de la grande Kabylie dont la vallée du Sébaou correspond à un bassin mio-plio-quaternaire situé dans le domaine alpin caractérisé par une géologie complexe. Le bassin versant du Sébaou est d'âge miocène et occupe une grande zone synclinale qui s'étend principalement d'Azzazga jusqu'à Dellys .La surface du bas Sébaou est de 172 km² dont le bassin est de forme allongée avec une densité de drainage de 3,78km/Km².

Le climat du bas Sébaou est méditerranéen et la précipitation s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai dont la période la plus pluvieuse se situe entre novembre et janvier. La saison sèche se situe entre juin et août. La température moyenne annuelle est de 18,3°C, Le vent dans cette région a deux directions préférentielles : Est-Ouest et Sud-est/Nord-ouest avec une vitesse moyenne 1,7m/s.

Le niveau statique de la nappe a atteint 19,05m en 2022 en raison de l'exploitation irrationnelle de la nappe qui fait épuiser la ressource et baisser le niveau d'eau. D'après les analyses effectuées in-situ et au laboratoire, les eaux dans certaines piézomètres dépassent la norme de portabilité du journal officiel.

Conclusion Générale

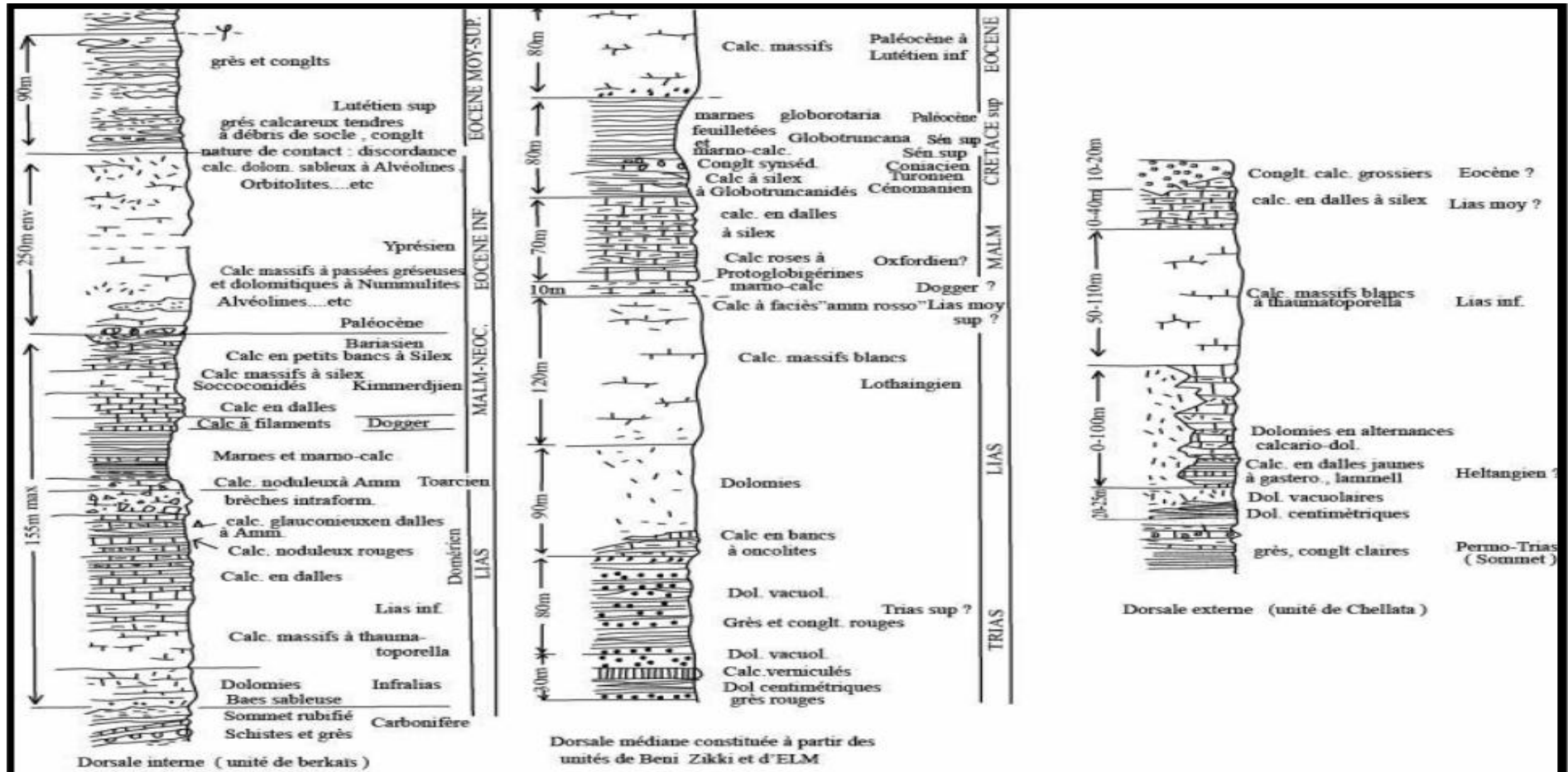
La nappe alluviale du Bas Sébaou connaît un déséquilibre entre la recharge et l'exploitation, les prélèvements ayant dépassé le taux de renouvellement des réserves. La surexploitation de la nappe s'est soldée par des dépressions piézométriques qui se sont accentuées et élargies au fil du temps, ce qui a engendré l'inversion du gradient hydraulique et l'envahissement local de la frange côtière par les eaux marines. Cependant, l'intrusion marine est à l'origine des dégâts qualitatifs constatés.

Cette nappe alluviale constitue un aquifère vulnérable à cause de l'influence de l'intrusion marine due à l'eau de mer.

Annexes

Annexes figures

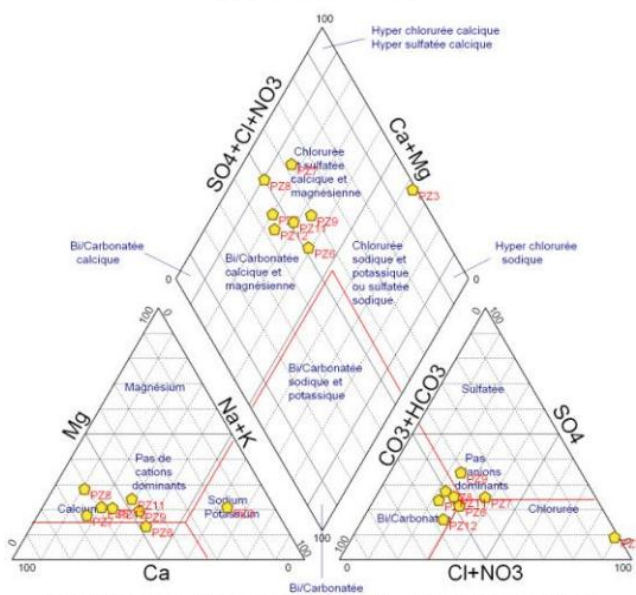
Annexes figures



Annexe figure 1: Schéma des colonnes litho- stratigraphiques synthétiques de la dorsale kabyle (J.P.Gélard)

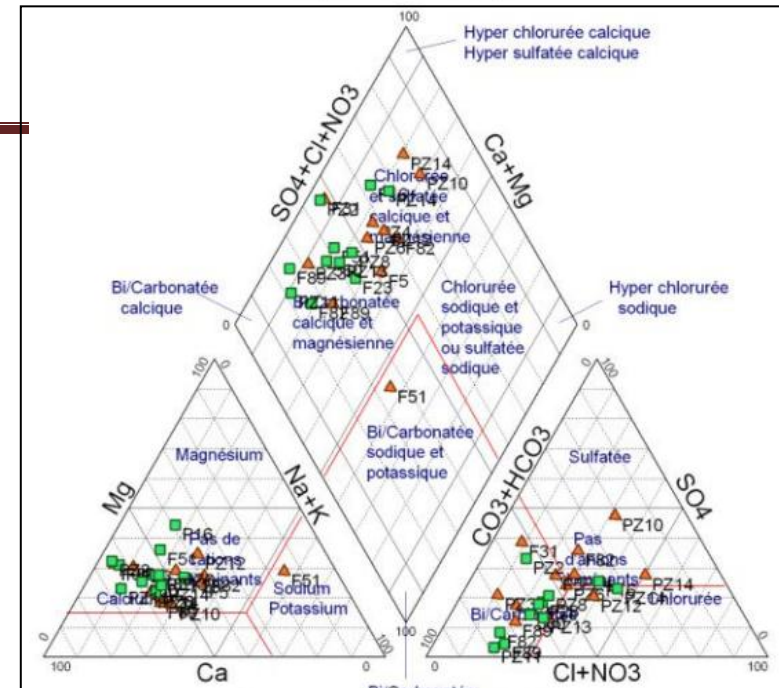
Annexes figures

Diagramme de Piper



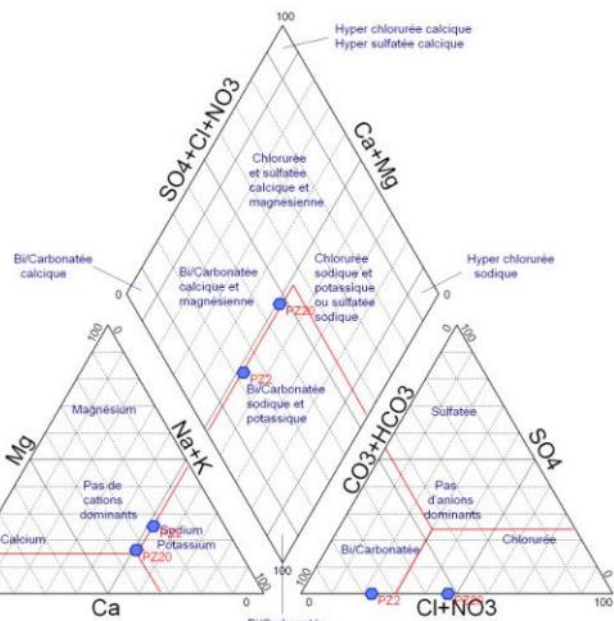
Bas Sébau - Basses eaux 2010 - Diagramme Piper.

Diagramme de Piper



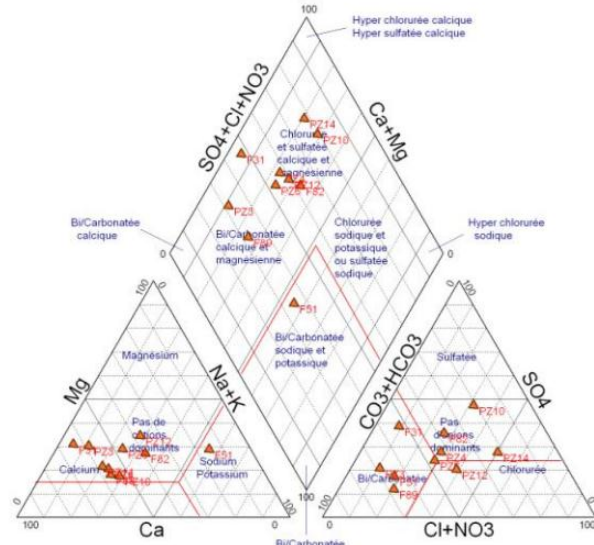
Bas Sébau- Hautes eaux 2006 et 2008

Diagramme de Piper



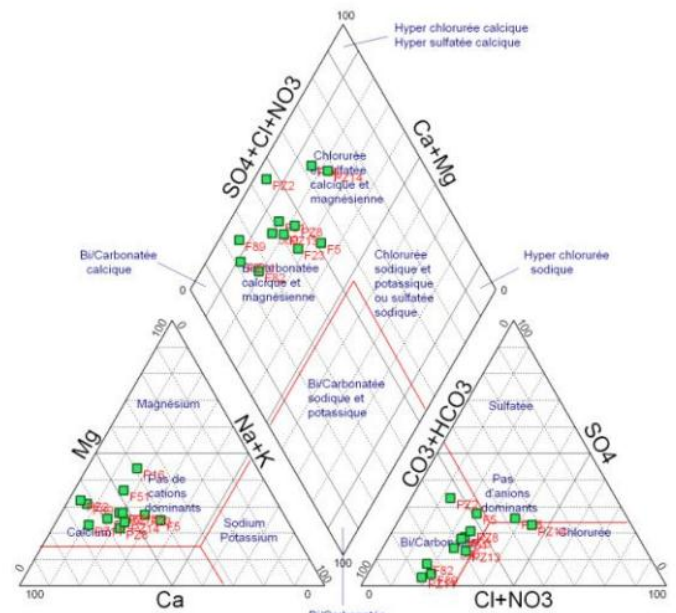
Bas Sébau - Basses eaux 2011 - Diagramme Piper.

Diagramme de Piper



Bas Sébau - Hautes eaux 2006 - Diagramme Piper.

Diagramme de Piper



Bas Sébau - Hautes eaux 2008 - Diagramme Piper.

Annexe figure 2: Diagramme de piper 2006-2008-

2010-2011

Annexes figures

Annexe figure 3: Journal officiel N°34 , 2011

ANNEXE				
Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations				
Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	μS/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70

Annexes figures

suite figure annexe figure 3:

6	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 34		17 Rajab 1432 19 juin 2011	
ANNEXE (suite)				
Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO3	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	µg/l	100	10
	Cadmium	µg/l	5	5
	Chrome	µg/l	100	50
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	—	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

Annexes figures

Annexe figure 4: Les normes de potabilités, journal officiel N°34 2014

16		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		7 Joumada El Oula 1435 9 mars 2014	
ANNEXE (suite)					
GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES		
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500		
	Styrène	µg/l	100		
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2		
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4		
	Microcystine LR	µg/l	1		
	Pesticides par substance individualisée				
	- Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1		
	- Insecticides organophosphorés et carbamates	µg/l	0,1		
	- Herbicides	µg/l	0,1		
	- Fongicides	µg/l	0,1		
	- P.C.B	µg/l	0,1		
	- P.C.T	µg/l	0,1		
	- Aldrine	µg/l	0,03		
	- Dieldrine	µg/l	0,03		
	- Heptachlore	µg/l	0,03		
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03		
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5		
	Bromates	µg/l	10		
	Chlorite	µg/l	0,07		
	Trihalométhanes par substance individualisée :				
	- Chloroforme	µg/l	200		
	- Bromoforme	µg/l	100		
	- Dibromochlorométhane	µg/l	100		
- Bromodichlorométhane	µg/l	60			
Chlorure de vinyle	µg/l	0,3			
1,2-Dichloroéthane	µg/l	30			
1,2-Dichlorobenzène	µg/l	1000			
1,4-Dichlorobenzène	µg/l	300			
Trichloroéthylène	µg/l	20			
Tetrachloroéthylène	µg/l	40			
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux désalées 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 ₃	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			

Annexes figures

Suite annexe figure 4:

Radionucléides	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	30
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

7 Jomada El Oula 1435
9 mars 2014

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13

17

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 ₃	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 ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5

4	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 60	30 Rajab 1426 4 septembre 2005
<p>— le droit d'utilisation des ressources en eau, dévolu à toute personne physique ou morale de droit public ou privé, dans les limites de l'intérêt général et dans le respect des obligations fixées par la présente loi et les textes réglementaires pris pour son application ;</p> <p>— la planification des aménagements hydrauliques de mobilisation et de répartition des ressources en eau dans le cadre de bassins hydrographiques ou de grands systèmes aquifères constituant des unités hydrographiques naturelles, et ceci, dans le respect du cycle de l'eau et en cohérence avec les orientations et les instruments d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement ;</p> <p>— la prise en compte des coûts réels des services d'approvisionnement en eau à usage domestique, industriel et agricole et des services de collecte et d'épuration des eaux usées, à travers des systèmes tarifaires ;</p> <p>— la récupération suffisante des coûts d'intervention publique liés à la protection quantitative et qualitative des ressources en eau et des milieux aquatiques, à travers des systèmes de redevances d'économie d'eau et de protection de sa qualité ;</p> <p>— la systématisation des pratiques d'économie et de valorisation de l'eau par des procédés et des équipements appropriés ainsi que le comptage généralisé des eaux produites et consommées, pour lutter contre les pertes et le gaspillage ;</p>	<p>— les eaux superficielles constituées des oueds, lacs, étangs, sebkhas et chotts ainsi que les terrains et végétations compris dans leurs limites ;</p> <p>— les alluvions et atterrissements qui se forment naturellement dans les lits des oueds ;</p> <p>— les ressources en eau non conventionnelles constituées par :</p> <ul style="list-style-type: none"> * les eaux de mer dessalées et les eaux saumâtres déminéralisées dans un but d'utilité publique ; * les eaux usées épurées et utilisées dans un but d'utilité publique ; * les eaux de toute origine injectées dans les systèmes aquifères par la technique de recharge artificielle. <p>Art. 5. — Toute personne physique ou morale ayant découvert, intentionnellement ou fortuitement, des eaux souterraines, ou ayant été présente lors de pareilles découvertes, est tenue d'en faire déclaration à l'administration des ressources en eau territorialement compétente.</p> <p>Art. 6. — La mobilisation, la production et l'utilisation de toutes les ressources en eau, y compris les eaux non conventionnelles sont soumises aux conditions particulières fixées par la présente loi, les textes réglementaires pris pour son application et les cahiers des charges y afférents.</p> <p style="text-align: center;">Section 2</p> <p style="text-align: center;">De la délimitation du domaine public hydraulique naturel</p>	<p>particulières fixées par la présente loi, les textes réglementaires pris pour son application et les cahiers des charges y afférents.</p> <p style="text-align: center;">Section 2</p> <p style="text-align: center;">De la délimitation du domaine public hydraulique naturel</p> <p>Art. 7. — La délimitation des oueds, lacs, étangs, sebkhas et chotts est déterminée par le plus haut niveau atteint par les eaux et notamment, pour les oueds, par celui des crues coulant à plein bord avant de déborder.</p> <p>Les modalités de délimitation du domaine public hydraulique naturel sont fixées par voie réglementaire.</p> <p>Art. 8. — Si, pour des causes naturelles, un oued abandonne son lit et s'ouvre un nouveau lit, celui-ci, délimité tel que prévu par les dispositions de l'article 7 ci-dessus, est incorporé au domaine public hydraulique naturel.</p> <p>Si l'ancien lit de l'oued est entièrement abandonné par les eaux, celui-ci peut être attribué, à titre d'indemnisation, aux propriétaires des fonds occupés par le nouveau lit, dans la proportion de la valeur du terrain enlevé à chacun d'eux.</p> <p>Si l'ancien lit n'est pas entièrement abandonné par les eaux ou si les dispositions prévues à l'alinéa précédent ne sont pas applicables, les propriétaires des fonds traversés par le nouveau lit bénéficient d'une indemnité calculée comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.</p> <p>Art. 9. — Tout acte d'administration du domaine public hydraulique naturel donne lieu, lorsqu'il lèse les tiers, à une indemnisation déterminée comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.</p>
<p>— la systématisation des pratiques d'économie et de valorisation de l'eau par des procédés et des équipements appropriés ainsi que le comptage généralisé des eaux produites et consommées, pour lutter contre les pertes et le gaspillage ;</p> <p>— la concertation et la participation des administrations, des collectivités territoriales, des opérateurs concernés et des représentants des différentes catégories d'usagers, pour la prise en charge des questions liées à l'utilisation et à la protection des eaux et à l'aménagement hydraulique, au niveau des unités hydrographiques naturelles et au niveau national.</p> <p style="text-align: center;">TITRE II</p> <p style="text-align: center;">DU REGIME JURIDIQUE DES RESSOURCES EN EAU ET DES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES</p> <p style="text-align: center;">Chapitre I</p> <p style="text-align: center;">Du domaine public hydraulique naturel</p> <p style="text-align: center;">Section I</p> <p style="text-align: center;">De la consistance du domaine public hydraulique naturel</p> <p>Art. 4. — En vertu de la présente loi, font partie du domaine public hydraulique naturel :</p> <p>— les eaux souterraines, y compris les eaux reconnues comme eaux de source, eaux minérales naturelles et eaux thermales, par le simple fait de la constatation de leur existence ou de leur découverte, notamment à la suite de travaux de fouille ou de forages de reconnaissance de toute nature réalisés par toute personne physique ou morale, de droit public ou privé ;</p>	<p>— les eaux superficielles constituées des oueds, lacs, étangs, sebkhas et chotts ainsi que les terrains et végétations compris dans leurs limites ;</p> <p>— les alluvions et atterrissements qui se forment naturellement dans les lits des oueds ;</p> <p>— les ressources en eau non conventionnelles constituées par :</p> <ul style="list-style-type: none"> * les eaux de mer dessalées et les eaux saumâtres déminéralisées dans un but d'utilité publique ; * les eaux usées épurées et utilisées dans un but d'utilité publique ; * les eaux de toute origine injectées dans les systèmes aquifères par la technique de recharge artificielle. <p>Art. 5. — Toute personne physique ou morale ayant découvert, intentionnellement ou fortuitement, des eaux souterraines, ou ayant été présente lors de pareilles découvertes, est tenue d'en faire déclaration à l'administration des ressources en eau territorialement compétente.</p> <p>Art. 6. — La mobilisation, la production et l'utilisation de toutes les ressources en eau, y compris les eaux non conventionnelles sont soumises aux conditions particulières fixées par la présente loi, les textes réglementaires pris pour son application et les cahiers des charges y afférents.</p> <p style="text-align: center;">Section 2</p> <p style="text-align: center;">De la délimitation du domaine public hydraulique naturel</p> <p>Art. 7. — La délimitation des oueds, lacs, étangs, sebkhas et chotts est déterminée par le plus haut niveau atteint par les eaux et notamment, pour les oueds, par celui des crues coulant à plein bord avant de déborder.</p> <p>Les modalités de délimitation du domaine public hydraulique naturel sont fixées par voie réglementaire.</p> <p>Art. 8. — Si, pour des causes naturelles, un oued abandonne son lit et s'ouvre un nouveau lit, celui-ci, délimité tel que prévu par les dispositions de l'article 7 ci-dessus, est incorporé au domaine public hydraulique naturel.</p> <p>Si l'ancien lit de l'oued est entièrement abandonné par les eaux, celui-ci peut être attribué, à titre d'indemnisation, aux propriétaires des fonds occupés par le nouveau lit, dans la proportion de la valeur du terrain enlevé à chacun d'eux.</p> <p>Si l'ancien lit n'est pas entièrement abandonné par les eaux ou si les dispositions prévues à l'alinéa précédent ne sont pas applicables, les propriétaires des fonds traversés par le nouveau lit bénéficient d'une indemnité calculée comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.</p> <p>Art. 9. — Tout acte d'administration du domaine public hydraulique naturel donne lieu, lorsqu'il lèse les tiers, à une indemnisation déterminée comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.</p>	<p>particulières fixées par la présente loi, les textes réglementaires pris pour son application et les cahiers des charges y afférents.</p> <p style="text-align: center;">Section 2</p> <p style="text-align: center;">De la délimitation du domaine public hydraulique naturel</p> <p>Art. 7. — La délimitation des oueds, lacs, étangs, sebkhas et chotts est déterminée par le plus haut niveau atteint par les eaux et notamment, pour les oueds, par celui des crues coulant à plein bord avant de déborder.</p> <p>Les modalités de délimitation du domaine public hydraulique naturel sont fixées par voie réglementaire.</p> <p>Art. 8. — Si, pour des causes naturelles, un oued abandonne son lit et s'ouvre un nouveau lit, celui-ci, délimité tel que prévu par les dispositions de l'article 7 ci-dessus, est incorporé au domaine public hydraulique naturel.</p> <p>Si l'ancien lit de l'oued est entièrement abandonné par les eaux, celui-ci peut être attribué, à titre d'indemnisation, aux propriétaires des fonds occupés par le nouveau lit, dans la proportion de la valeur du terrain enlevé à chacun d'eux.</p> <p>Si l'ancien lit n'est pas entièrement abandonné par les eaux ou si les dispositions prévues à l'alinéa précédent ne sont pas applicables, les propriétaires des fonds traversés par le nouveau lit bénéficient d'une indemnité calculée comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.</p> <p>Art. 9. — Tout acte d'administration du domaine public hydraulique naturel donne lieu, lorsqu'il lèse les tiers, à une indemnisation déterminée comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.</p>

Annexes Tableaux

Annexe tableau 1:La classification de l'eau selon les normes francaises

Classe de TH (°F)	Dureté de l'eau
10 à 15	Douce
15 à 20	Moyennement douce
20 à 35	Dure
> 35	Très dure

Annexe tableau 2:Les Classes de conductivité électrique « CE » (Rodier 1996)

Classe de conductivité	Valeur ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Moyenne	500-1000
Importante	1000-1500
Excessive	1500-2000

Annexes tableaux

Annexe tableau 3: Coefficient nécessaire au calcul de l'ETP corrigé , dans la méthode de Thornthwaite

Latitude N36°	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
K	0,87	0,85	1,03	1,1	1,2	1,2	1,24	1,2	1,03	0,97	0,86	0,84

Annexe tableau 4: Les calculs nécessaires du bilan hydrologique

Mois	Sép	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Total
Température Mony	24,3	20	14,5	11,5	10,1	10,7	13,4	15,4	19,5	24,3	27,7	28	18,3
K	0,87	0,85	1,03	1,1	1,2	1,2	1,24	1,2	1,03	0,97	0,86	0,84	/
a	1,1582	1,20208	1,20208	1,20208	1,20208	1,20208	1,20208	1,20208	1,20208	1,20208	1,20208	1,20208	/
i	4,86	4	2,9	2,3	2,02	2,14	2,68	3,08	3,9	4,86	5,54	5,6	43,88
T/I	0,553783	0,4557885	0,3304467	0,2620784	0,2301732	0,2438469	0,3053783	0,3509572	0,4443938	0,553783	0,6312671	0,6381039	/
10×(T/I)	5,5378304	4,5578851	3,3044667	2,620784	2,301732	2,4384686	3,053783	3,5095716	4,443938	5,5378304	6,3126709	6,3810392	/
(10×T/I)	7,2599894	6,192789	4,2072798	3,1841081	2,7240732	2,9197509	3,8266107	4,5231298	6,0071565	7,8262503	9,160522	9,2799122	/
16× (10×T/I)	116,15983	99,084623	67,316476	50,945729	43,585172	46,716014	61,225771	72,370077	96,114504	125,22	146,56835	148,4786	/
ETP	119,64	89,92	54,93	41,02	36,55	38,18	60,04	75,34	108,93	141,71	167,62	158,78	1092,66
ETR	38,7	65,7	54,93	41,02	36,55	34,18	60,04	75,34	108,93	63,67	3,3	6,7	593,06
RFU	0	0	100	100	100	100	100	100	54,12	0	0	0	/
Déficits Agricole	80,94	24,22	0	0	0	0	0	0	0	78,04	164,32	152,05	/
Écoulement	0	0	50,87	82,88	81,35	46,32	10,46	12,96	0	0	0	0	/

Annexes tableaux

Annexe tableau 5: Les coordonnées et les caractéristiques des points d'eaux du bas Sébaou , (27Avril 2022)

Les points d'eaux	Nom de la région	X	Y	Z (m)	NS (m)	NP (m)	La distance (Km)	La distance (m)
PZ01D	Baghlia 1	35°48'48"N	03°51'18,9" E	28	15,45	12,55	11	11000
PZ02D	Baghlia 2	36°49'33" N	03°51'27,9" E	29	12,82	16,72	9,4	9400
PZ03D (colmaté)	Ouled -Kheddache	36°51'50" N	03°52'33" E	21	11,89	9,11	5,07	5070
PZ04D	Benchoud	36°51'44,4" N	03°52'34,6" E	17	10,1	6,9	7,07	7070
PZ05D	Benchoud	36°52'13,5" N	03°52'23,9" E	13	8,8	4,2	4,80	4800
PZ06D	Touabet	36°53'33,5" N	03°51'29" E	16	6,09	9,91	2,18	2180
PZ07G	Sahel	36°53'16,3" N	03°58'24,9" E	15	5,45	9,55	2	2000
PZ08G	Rzawnia	36°52'17,1" N	03°51'57" E	13	11,47	1,3	6	6000
PZ09G	Sidi Daoud	36°51'33,6" N	03°52'6,6" E	20	9,67	10,33	6,8	6800
PZ010G	Bourahla	36°50'13,2" N	03°52'4,9" E	24	12,62	11,38	8,46	8460
PZ011G	PZ011G	36°48'9,3" N	03°51'4,1" E	20	14,97	5,03	8,68	8680

Annexe tableau 6 : Les résultats de l' analyse physique au laboratoire SEAAL Tizi-Ouzou ,et de campagne péizométrique des eaux souettraines du bas Sébaou , (27Avril 2022) .

les points d'eaux	T °C de l'eau	T °C de l'air	PH in-situ	PH au laboratoire	CE in-situ (μS/cm)	CE à labo (μS/cm)	Turbidité (NTU)	L'O ₂ mg/l
PZ01D	20,1	18,5	8,6	7,4	550	542	64,9	5,09
PZ02D	20,3	21,2	7,83	6,71	1677	1298	46,6	5,64
PZ03D (colmaté)	18,8	22,2	7,8	4,95	889	/	32,2	3,31
PZ04D	19,6	21,3	7,72	7,28	1374	/	102	3,64
PZ05D	19,1	22,3	8,42	7,03	1975	1224	88	4,64
PZ06D	16,9	20,8	6,86	6,84	20000 (rejeter)	721	12,3	3,78
PZ07G	19,8	23,2	8,39	6,98	5060	887	41,1	5,79
PZ08G	19,7	24,5	8,05	6,76	1299	1098	155	6,22
PZ09G	20	28,2	8,01	7,19	750	1190	49,7	5,42
PZ10G	19,9	24	7,92	/	834	/	/	/
PZ11G	19,7	25,9	7,7	/	1096	/	/	/

Annexes tableaux

**Annexe tableau 7: Les résultats de l'analyse chimique au laboratoire SEALL , Tizi-Ouzou des des eaux souterraines du bas Sébaou ,
(27 Avril 2022)**

les points d'eaux	Ca ²⁺ mg/l	Ca ²⁺ °F	Mg ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ °F	TH °F	TAC mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	RS mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Al ³⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	MO mg/l
PZ01D	35	8,75	265	110,41667	119,167	30	36,6	0,416	4,91	0,055	3,15	0	3,86	0,042	186,6	43,15
PZ02D	75	18,75	425	177,08333	195,833	40	48,4	1,002	1,77	0,013	0,35	0	5,84	0,096	732,54	8,55
PZ03D(colmaté)	8	2	6992,33333	2913,33333	2915,33	300	366	17,108	0,166	0,016	4,88	0	2,26	0,865	13686,96	121,61
PZ04D	13,5	3,375	986,5	411,04167	414,417	50	61	3,672	6,16	0,027	0,53	0	5,77	0,189	2370,4	7
PZ05D	11	2,75	589	245,41667	248,167	40	48,4	1,314	0,22	0,061	0,34	0	2,26	0,024	444,68	23,15
PZ06D	50	12,5	330	137,5	150	60	73,2	0,64	8,86	0,09	0,56	0	5,98	0,192	285,86	17
PZ07G	8	2	512	213,33333	215,333	50	61,2	0,644	0	0,012	1,29	0	2,28	0,004	246,16	10,07
PZ08G	10,5	2,625	649,5	270,625	273,25	90	109,8	0,958	0,053	0,02	5,39	0	4,51	0,042	246,16	10,84
PZ09G	8,5	2,125	451,5	188,125	190,25	80	97,6	0,874	1,38	0,53	1,23	0	5,67	0,015	414,9	13,15
PZ10G	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PZ11G	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Aberkane Karima et Ameziane Nadia 2016-2017** : Comparaison entre la qualité de l'eau potable traitée à la station de production Koudiat Acerdoune - Bouira et l'eau dessalée à la station de dessalement Cap Djanet –Boumerdes , master en spécialité Eau, Santé et Environnement Université Akli Mohand Oulhadj –Bouira (UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2017)
2. **Agrouche Sabrina 2019-2020** : Etude Hydrogéologique et évaluation des ressources du Haut Sébaou (Wilaya de Tizi-Ouzou Nord Algérie) , master en Hydrogéologie , Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
3. **Aigoun Chabane 2014** : Potentialité hydrique de l'aquifère aluviale de Bas Sébaou (w.de Boumerdes) , magister en hydrogéologie , Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène .
4. **Ammari Abdelhadi 2012** : Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois), Doctorat en sciences hydraulique, Université Mohamed Khider – Biskra.
5. **Benbeskri Hamza 2015** : Impact de l'intrusion marine sur la qualité des eaux d'irrigation et de la dégradation du sol, cas du sahel est algérois , Master en hydraulique , école nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui Abdallâh- .
6. **Bendahmane Ibrahim 2009-2010** : 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 du niveau d'eau dans chaque période de l'année, magister en Hydraulique Université Abderrahmane Mira de Bejaïa.
7. **Bourail Sadia et MadiMessad** : Master en Sciences de la Terre et de l'Univers, Etude géologique et contexte Sismo-tectonique de la partie Est du Bassin De Tizi-Ouzou , Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou .
8. **Doufene Safia ,Aissani Belkacem , Hamis Ahmed** , Etude de l'Intrusion Marine et de ses Répercussion sur la Nappe: Cas du Bas Sébaou, Tizi Ouzou, N.E. Algérie, Proceeding du Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement SIHE 2013 Ouargla , Université Kasdi Merbah-Ouargla.

9. **Ghobrini Khadidja, Bendifallah Leila et Ghobrini Lamia**, Etude qualitative des eaux superficielles du Bas Sébaou (Dellys, Algérie), la 4eme conférence internationale des énergies renouvelables (CIER-2016) proceedings of engineering and technology – PET / Vol.14.pp.174-179, Université M'hamed Bougara Boumerdes .
10. **Habchi Imane 2019** : Préviation 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), master en hydraulique urbaine, Université Larbi Ben M'hidi- Oum El Bouaghi.
11. **Hadjou Fatiha 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, magister en hydrogéologie, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.
12. **Hamad Karima 2012-2013** : Bilan hydrologique du bassin versant de l'oued Sébaou , Master en Génie Civil ,Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
13. **Kaci Moussa Dyhia et Moali Safia 2018-2019** : Suivi de la qualité hydro chimique des eaux brutes du barrage Taksebt en surface et en profondeur et des affluents de l'Oued Aissi , Master en Géologie Spécialité Hydrogéologie, master en Géologie, Spécialité Hydrogéologie.
14. **Khenter karima 2017** : Vulnérabilité multifactorielle à l'érosion hydrique du bassin versant du barrage de Béni Amrane (w. Boumerdès), master en hydraulique , école nationale supérieure de l'hydraulique-Arbaoui Abdallah- .
15. **Liferki Naima et Boutaiba Asma 2015-2016** : Analyse des extrêmes hydrologiques dans le bassin Hydrographique côtier Algérois, master en hydraulique, Université El Djilali Bounaama Khmis Miliana.
16. **Louda Idir 2016** : Etude de la vulnérabilité des eaux souterraines de la plaine alluviale du haut Sébaou par la méthode de PRASTCHIM, Master en hydrauliques, école nationale supérieure d'hydraulique Blida.
17. **Mekhaldi Bouchra 2017** : Utilisation des systèmes d'information géographiques dans l'étude des écoulements superficiels (cas du bassin du Sébaou), Master en hydraulique , école nationale supérieure d'hydraulique Blida .
18. **Meklati Abdelkader 2009** : La mise en place d'un plan d'intervention en cas de sécheresse pour la wilaya d'Alger, magister en génie de l'environnement option : traitement des effluents industriels, Université H'hamed Bougara Boumerdes , Laboratoire de Recherche de Technologie Alimentaire (LRTA).

19. **Merzougui Fatma 2017** : Approche méthodologique God de l'étude de Vulnérabilité d'une nappe d'eau souterraine cas de la nappe alluviale du Sébaou, Master en Hydraulique.
20. **Ouchellouche Yougourthen et Renai Koceila 2015-2016** : Approche de la structure géologique du bassin Néogène de Tizi-Ouzou par l'analyse du réseau hydrographique, Master en Bassins Sédimentaires, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
21. **Tababouchet Sihem 2017** : Etude de la pollution des eaux superficielles et souterraines du bassin versant du Sébaou , master en hydraulique , école nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui Abdallah- .
22. **Tarmoul Nadia et Boulemtafes Brahim , Rev. Sci. Technol.Synthèse36:39-48 (2018)** Précipitations extrêmes et inondations dans le bassin versant du moyen sébaou Département de Géographie, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, BP 32 El Alia, 16111, Bab Ezzouar, Alger, Algérie.
23. **Toudja Asma 2017** : Contribution sur la modélisation pluie-débit Par le modèle GR sur bassin versant de l'oued Sébaou (implémentation sous logiciel R) , école nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui Abdallah- .
24. **Zerouali Bila , Mesbah Mohamed, Chettih Mohamed , Abda Mohamed Et Djemai Mohamed (26/30-10-2015)** , Conférence Internationale friend/unesco/programme hydrologique international sur l'hydrologie des grands bassins africains, Hammamet, Tunisie.
25. **Ziane Berroudja Horiya 2018** : Etude de pluies extrêmes dans le bassin versant De Sébaou Master en hydrauliques, école nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui abdallâh- .

