

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine: "Sciences de la Terre et de l'Univers"

Filière: "Géologie"

Spécialité: "Hydrogéologie et Environnement"

Thème :

Etude des propriétés physicochimiques des eaux de la région de Hamadia et Mahdia, wilaya de Tiaret.

Présenté et soutenu publiquement par :

1- CHETIOUI Halima

2- SELMOUN Amina Fouzia

JURY:

-Président: MOUCHARA Nabil, Maitre assistant A

-Promoteur: KHELFAOUI Hakim, Maitre de conférences B

-Examineur: BOUCHENTOUF Khaled, Maitre assistant A

Année universitaire: 2014 -2015

ملخص

هضبة سرسو تشكل أفق ذو إمكانية كبيرة لاحتواء المياه, امتدادها الواسع و خصائصها الصخرية التي تتشكل منها : رواسب نهريّة , حصي , رمل و صخور كلسية متصدعة تجعلها المصدر الأساسي للتزود بالمياه الصالحة للشرب لسكان منطقة مهدية و حمادية , و مع ذلك فإن نوعية هذه المياه ليست جيدة تماما في كل المنطقة, لتوضيح هذه الحالة سنلقي الضوء على مختلف العوامل التي تؤثر في تغيير نوعية هذه المياه. سنقوم بشرح مصادر هذه العوامل و كيفية تنقلها داخل الجيب المائي الذي يحتويها.

الكلمات المفتاحية :

مهدية, حمادية, معيار, مياه جوفية, تركيز .

Abstract

The tray of Sersou is a real horizon of water potentials, and their wide spread these lithological features formed by silt, gravel, sand and cracked limestone make it the primary source regarding drinking water supply for the inhabitants of the region of Mahdia and Hamadia, however, the quality of these waters is not practically acceptable throughout the study area, we come to this situation to clarify the various constraints and processes responsible for changes in the quality of these waters, and explain their original sources and their transfer through the water table that contains them.

Keywords : *Mahdia, Hamadia, guideline, groundwater, content.*

Résumé

Le plateau de Sersou constitue un véritable horizon à potentiels hydriques, leur vaste étendu et ces caractéristiques lithologiques formées d'alluvions, graviers, sables et du calcaire fissuré lui rendre la source primordiale en ce qui concerne l'alimentation en eau potable pour les habitants de la région de Mahdia et Hamadia, néanmoins, la qualité de ces eaux n'est pas pratiquement acceptable dans toute la zone d'étude, devant cette situation on vient d'éclaircir les différentes contraintes et processus responsables à la modification de la qualité de ces eaux, et d'expliquer leurs sources d'origine et leurs transfert a travers la nappe libre qui les contient.

Mots clés : *Mahdia, Hamadia, norme, eau souterraine, teneur.*

REMERCIEMENT

En premier lieu, nous remercions ALLAH le tout puissant pour nous avoir accordé le courage, la force et la patience de mener à bien ce travail.

Nos remerciements vont également à notre promoteur Monsieur **Khelfaoui Hakim**, qui nous a toujours accueilli à bras ouverts et à tout moment, de nous avoir assisté le long de la réalisation du travail, qu'il trouve ici nos sincères gratitude et nos profondes reconnaissances pour tous les efforts qui ont été déployés dans ce sujet, ainsi que de sa compréhension et sa patience.

Nous remercions Monsieur **Mouchara Nabil**, qui a bien voulu accepter de présider le jury, ainsi que pour ces soutiens et les informations qu'il nous a données tout au long de notre période d'étude.

Nous remercions Monsieur **Bouchentouf Khaled** pour avoir bien voulu participer à examiner ce travail.

A tout le corps enseignants et le personnel de Karman, Direction des Ressources en Eaux (DRE) de Tiaret, Algérienne Des Eaux (ADE) de Tiaret et Mehdiya, Et grand merci pour **Mr Baali.AEK** le chef centre de l'ONA, **Mr Cherif.M** chef centre de l'ADE et **Mr Zitouni** le subdivisionnaire de DRE Mahdia qui nous ont beaucoup aidé .

Nous profitons aussi de cette occasion solennelle pour adresser nos remerciements à toute **nos Famille** qui nous ont toujours encouragés et soutenu tout au long des années de notre étude. Nous remercions de tout nos cœurs nos parents qui nous avant soutenus et qui continueront à nous soutenir dans tout projets que nous entreprendrons.

Nous remercions enfin tous ceux qui n'ont pas été cité dans ces lignes et qui ont contribué de près ou de loin par leur aide au bon déroulement de ce travail.

ملخص.....	I
Abstract.....	II
Résumé.....	III
Remerciement.....	IV

Table de matière

Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
-----------------------------	---

Chapitre I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1.Situation géographique.....	3
I.2.Climat	4
I.3.Population.....	4
I.4.Agriculture.....	4
I.5. Elevages	4
I.6. Hydraulique	4
I.6.Environnement.....	5

Chapitre II : GÉOLOGIE

II.1. Introduction.....	7
II.2. Cadre géologique régionale.....	7
II.2.1. Le Tell	7
II.2.2. Les hautes plaines.....	8
II.3. Géologie locale.....	8
II.3.1. Description géologique de la plaine du Sersou	8
II.4. Tectonique	9
Conclusion.....	9

Chapitre III : HYDROLOGIE ET HYDROCLIMATOLOGIE

III.1. Introduction.....	12
III.2. Situation hydrologique la zone d'étude	12
III.3. Caractéristiques morphométriques du sous bassin versant d'Oued Mechti Zerga...	14
III.3.1. Périmètre du sous bassin versant d'Oued Mechti Zerga	14
III.3.2. Superficie du bassin versant	14
III.3.3. Indice de compacité Gravelius	15
III.3.4. Longueur de rectangle équivalent (L).....	15
III.3.5. Largeur du rectangle équivalent (l).....	15
III.3.6. L'indice de pente globale (I _g).....	15
III.4.1.Densité de drainage	16

III.5. Caractéristiques climatiques	18
III.5.1. Cadre climatique	18
III.5.2. Analyse des précipitations	18
III.5.2.1. Variations des précipitations dans le temps	20
a)- Variation annuelles	20
b)- Variations moyennes mensuelles	20
III.5.3. Analyse des températures	22
III.5.3.1. Variations des températures dans le temps	22
a)-Variations moyennes mensuelles	22
III.5.4. Diagrammes Ombrothermique.....	23
III.5.5. Le bilan hydrique	24
III.5.5.1 : Estimation des paramètres du bilan	24
a)- L'évaporation-évapotranspiration	24
b)-Le ruissellement	25
c)-L'infiltration	26
Conclusion.....	28
Chapitre IV : HYDROGÉOLOGIE	
IV.1. Introduction.....	30
IV.2. Délimitation des aquifères	30
IV.2.1. La nappe libre	30
IV.3. Piézométrie	32
IV.4. Gradient hydraulique	33
.....	
Conclusion	33
Chapitre V : HYDROCHIMIE	
V.1. Introduction.....	35
V.2. L'échantillonnage	35
V.3. Interprétation des résultats.....	36
V.3.1. Le pH	36
V.3.2 .La conductivité électrique	37
V.3.3. La dureté (TH).....	38
V.3.4 .Le calcium.....	39
V.3.5.Le magnésium.....	40
V.3.6. Les chlorures	41
V.3.7. Les sulfates	42
V.3.8. Les bicarbonates	43
V.3.9. Les nitrates	44
V.3.10. La matière oxydable	45
Conclusion	46
CONCLUSION GÉNÉRALE	47
Références bibliographiques	
Annexe	

Liste des figures

Figure 01: Carte de situation géographique de la zone d'étude (Mahdia et Hamadia).....	3
Figure 02: Carte géologique de la région de Tiaret, d'après M. J. Flandrin (1951).....	10
Figure 03: Bassin hydrographique de Chellif-Zahrez.....	13
Figure 04: Carte des sous-bassins versant du bassin Amont-Boughzoul.....	14
Figure 05: Carte du réseau hydrographique du bassin Cheliff Amont-Boughzoul.....	17
Figure 06: Les variations de coefficient pluviométrique pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12).....	20
Figure 07: Variations des précipitations annuelles (en mm) pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12).....	21
Figure 08: Variations des précipitations moyennes mensuelles (en mm) pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12).....	22
Figure 09: Variations des températures moyennes mensuelles (en °C) pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12).....	23
Figure 10: Diagramme Ombrothermique pour la station de Sabaine (1985-2012).....	23
Figure 11: Carte d'inventaire des forages implantés dans la zone d'étude.....	30
Figure 12: Coupe hydrogéologique d'après le profil (I).....	31
Figure 13: Carte piézométrique de la région de Mahdia et Hamadia (avril 2015).....	32
Figure 14: Inventaire des forages pour les analyses physicochimiques.....	36
Figure 15: Carte de distribution spatiale du pH.....	37
Figure 16: Carte de distribution spatiale de la conductivité électrique.....	38
Figure 17: Carte de distribution spatiale de la Dureté.....	39
Figure 18: Carte de distribution spatiale de Calcium.	40
Figure 19: Carte de distribution spatiale du magnésium.....	41
Figure 20: Carte de distribution spatiale des chlorures.....	42
Figure 21: Carte de distribution spatiale des sulfates.....	43
Figure 22: Carte de distribution spatiale des Bicarbonates.....	44
Figure 23: Carte de distribution spatiale des nitrates.....	45
Figure 24: Carte de distribution spatiale de la Matière Organique.....	46

Liste des tableaux

Tableau 01: Principales caractéristiques du bassin versant	13
Tableau 02: Coordonnées géographiques de la station de mesure Sabaine (1985/2012)	18
Tableau 03: Précipitations annuelles (mm) et coefficients pluviométriques de la station de Sabaine (1985/2012).....	19
Tableau 04: Précipitations moyennes mensuelles (en mm), 1985/86-2011/12.....	21
Tableau 05: Températures moyennes mensuelles pour la station de Sabaine (en °C), 1985/86 -2011/12.....	22
Tableau 06: Détermination des paramètres de la formule du bilan.....	26
Tableau 07: Le bilan hydrique pour la station de Sabaine d'après la méthode de C. W. Thornthwaite.....	27
Tableau 08: Coordonnées géographiques du profil hydrogéologique (I).....	31
Tableau 09 : Mesure du gradient hydraulique d'après la piézométrie du mois de d'avril 2015.....	33
Tableau 10: Normes de potabilité des eaux selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2011).....	35

INTRODUCTION GENERALE

La qualité de l'eau baisse partout dans le monde en raison surtout des activités de l'homme : la croissance démographique toujours plus forte, l'urbanisation rapide, le rejet de nouveaux organismes pathogènes et de nouveaux produits chimiques provenant des industries et d'espèces invasives sont les principaux facteurs qui contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau.

Le manque de données sur la qualité de l'eau et l'absence de contrôle au niveau mondial de même que le manque de connaissances sur l'impact potentiel des polluants naturels et anthropogéniques sur l'environnement et la qualité de l'eau sont les principaux dangers. Le fait que de nombreux pays n'aient pas fait de la qualité de l'eau une de leurs priorités a eu pour résultat une diminution des ressources allouées à ce secteur, la faiblesse des institutions et un manque de coordination pour traiter les problèmes de qualité de l'eau.

Les objectifs consistent à définir la dynamique de l'écoulement régional et de donner les estimations qualitatives et quantitatives des paramètres hydrodynamiques des ressources disponibles en eau souterraines dans la région de Mahdia et Hamadia. La méthode adaptée dans ce genre d'étude fait appel, tout d'abord, aux études classiques à savoir :

Le chapitre I : localisation de la zone d'étude, descriptions géographiques et généralités ;

Le chapitre II : géologie ; détermination des différentes formations géologiques et accidents tectoniques affectant la région ;

Le chapitre III : hydrologie-hydroclimatologie, pour les caractéristiques du bassin versant et les paramètres climatiques ;

Le chapitre IV : hydrogéologie, pour l'identification de l'horizon aquifère et la piézométrie des eaux de la région ;

Le chapitre V : hydrochimie, caractérisation et qualité des eaux souterraines de la région à travers des analyses physicochimiques des échantillons de forages implantés ;

Conclusion générale récapitulative.

Chapitre I

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. Situation géographique

La zone d'étude qui s'étale du daïra de Mahdia jusqu'à Hamadia (Fig. 01) est située dans la partie Nord de la haute plaine du Sersou, sur une distance de 57 km vers l'Est du chef-lieu de la Wilaya de Tiaret, traversées par la route nationale N 40, elle s'étend sur une superficie de 2401.65 Km², plus de 80% de cette superficie est dominée par une activité agricole, cette zone est limitée administrativement par :

- La wilaya de Tissemsilt au Nord.
- La commune de Bougara et Rechaïga à l'Est.
- La daïra de Sebaïne à l'Ouest.
- Les communes de Rechaïga et Aïn Zarit au Sud.

Au vue de cette position la zone d'étude apparait comme étant un centre de liaison important entre plusieurs wilayas et une zone de contact entre l'Est et l'Ouest.

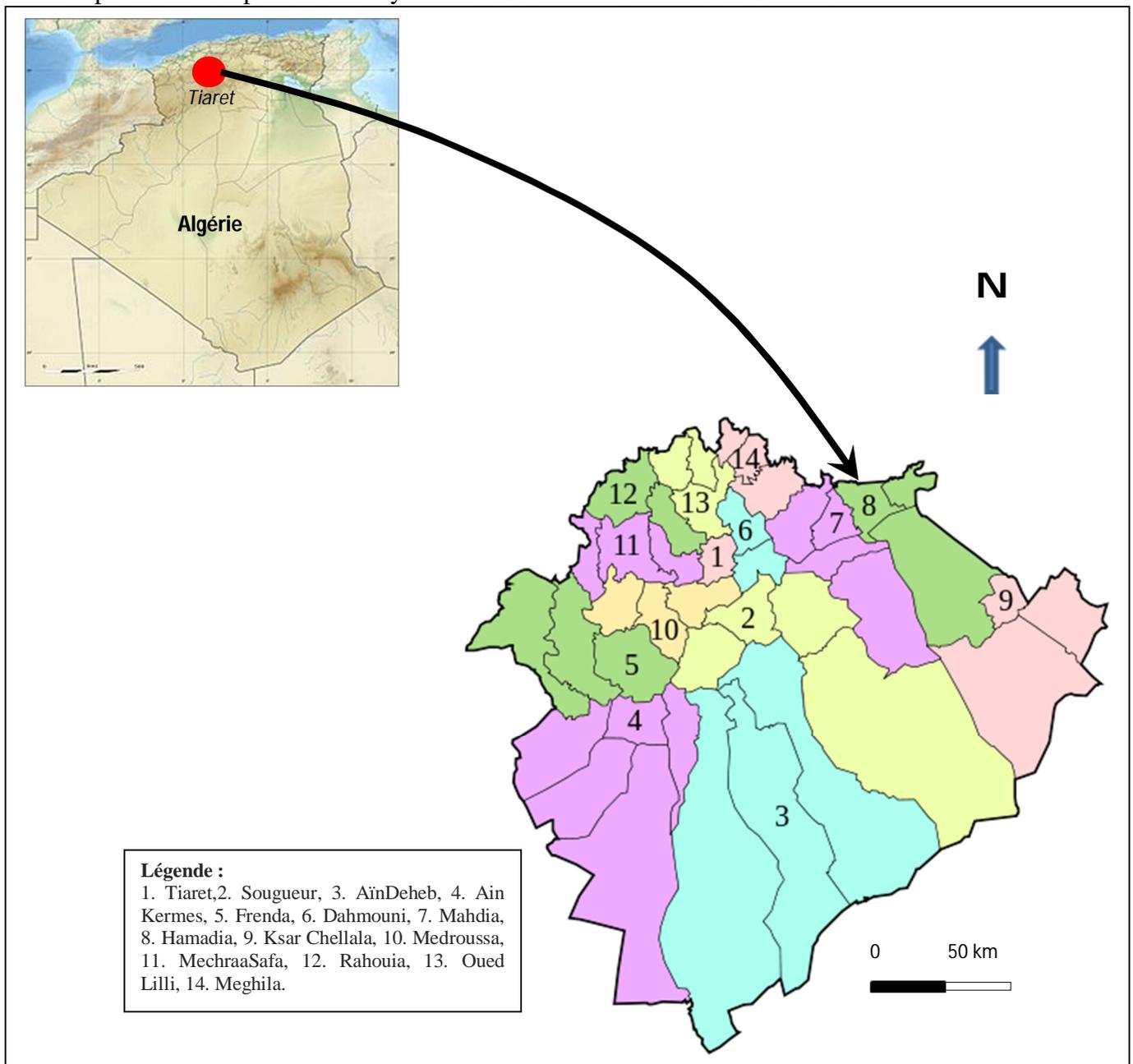


Figure 1- Carte de situation géographique de la zone d'étude (Mahdia et Hamadia).

I.2. Climat

Sur le plan climatologie la zone d'étude subie au cours de l'année à deux périodes principales qui expriment le contraste important qui sévit durant l'année un hiver rigoureux et un été chaud et très sec.

La pluviométrie annuelle est relativement faible, elle varie entre 100 et 300 mm par an

I.3. Population

La population qui occupe la zone d'étude est chiffrée, au 30/04/2008 (RGPH, 2008) à 119791 habitants pour, distribuée comme suite :

- Pour la daïra de Mahdia :
 - Commune de Mahdia 32464 Habitants.
 - Commune de Sebaine 10775 Habitants.
 - Commune d'Aîn-Dzarit 8126 Habitants.
 - Commune de Nadhora 7519 Habitants.
- Pour la daïra de Hamadia :
 - Commune de Hamadia 30152 Habitants.
 - Commune de Bougara 7813 Habitants.
 - Commune de Rechaïga..... 52 229 Habitants.

I.4. Agriculture

Pour Mahdia :

- Superficie agricole totale 121632 Ha.
- Superficie agricole utile 84117 Ha.
- Superficie agricole irriguée 525 Ha.
- Superficie urbanisée 861 Ha.

Pour Hamadia :

La commune elle-même est essentiellement à vocation agricole, où en rencontre surtout la culture du blé dur, blé tendre, orge est de (10211 has), exploités par les bénéficiaires individuel et collectif, selon le cas des uns et des autres, ce qui dénote que cette superficie est de 54,44 % de l'ensemble de la totalité du territoire de la commune.

I.5. Elevages

L'élevage est une des sources les plus importantes en agriculture pour les citoyens de cette zone, dans la mesure où il procure les principaux produits de base telle que la viande, la laine, le lait, ..., etc.

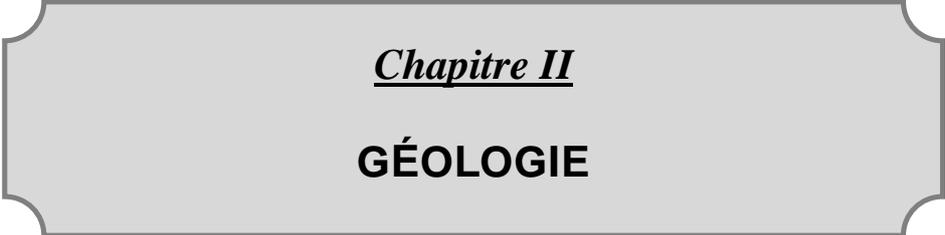
I.6. Hydraulique

- Nombre de forage en exploitation (AEP) : 11
- Nombre de forage globale (AEP, industrie agriculture) : 135
- Débit mobilisé par les forages en exploitation : 60 L/S
- Nombre de forage agricole en exploitation : 126
- Nombre de réserves et de châteaux d'eau : 13
- Capacités des réserves et des châteaux d'eau : 6800 m³

- Longueur de réseau d' AEP : 100,65 Km
- Dotation journalière L/Habitant : 80 L
- Longueur de réseau d'assainissement..... : 97.88 Km

I.7. Environnement

- Nombre de décharge contrôlé : 04
- Nombre d'espace vert : 11



Chapitre II
GÉOLOGIE

II.1. Introduction

L'étude géologique est une étape de recherche très utile en hydrogéologie car elle permet d'identifier les différents niveaux stratigraphiques susceptibles d'être aquifère et de suivre leur évolution dans l'espace.

II.2. Cadre géologique général de la région

La wilaya de Tiaret s'étend sur une partie de l'Atlas tellien au nord et sur les hauts plateaux au centre et au sud. Elle se situe entre le massif de l'Ouarsenis occidentale et les hauts plateaux steppiques, caractérisée par un relief varié et une altitude comprise entre 800-1200 m.

Son étendue confère à son espace un caractère hétérogène sous tendue par :

- une zone montagneuse au nord.
- des hautes plaines au centre.
- des espaces semi arides au sud.

Ceci dénote la variété des paysages et du relief.

II.2.1. Le Tell

Il s'étend du Djebel Nador jusqu'au versant sud de Freneda (fig. 02), son relief est composé de :

- Sols argileux du tertiaire (miocène) donnant des terres riches et profondes tels Mechraa-Sfa et Rahouia.
- Sols gréco-calcaires (ce sont les plus nombreux du secondaire ; jurassique et crétacé) donnent des sols légers tels ceux de Sougueur.
- Alluvions quaternaires dans le Sersou, tels que Mahdia.

La cuvette de Tissemsilt est une zone déprimée à 840 m dans les marnes miocène encadrée par des hauteurs gréseuses voisines de 1000 m au nord, à l'est et au sud. Des grès miocène fortement plissés constituent au nord les premiers contreforts de l'Ouarsenis tandis que les hauteurs de l'ouest sont couronnées d'une dalle de poudingues pliocènes. Les Oueds ont découpé dans les marnes de longues lanières en pente douce vers le sud, mais au nord-est, le relief est plus ou moins cloisonné par des affleurements des grès. Ainsi la dépression de Liébert est presque complètement fermée par des barres gréseuses ; ailleurs, horizontale et beaucoup moins dégagée, la couverture de grès subsiste en grandes dalles dépourvues de sol et de végétation dans lesquelles s'encastrent les petits bassins marneux de Bourbaki et de Taine (fig. 02).

La chaîne de Nador montre une série de crêtes SO-NE. Elle est constituée de terrain jurassique et s'organise en trois unités topographiques observables du nord au sud :

- Chaîne du Nador : correspond à un anticlinal à cœur liasique déversé vers le NO, le flanc sud est nettement moins perturbé et montre un bon développement de la série jurassique (Elmi et al., 1974).
- Vallée de Faidja : occupée par des marnes de jurassique supérieur (oxfordien), ces dépôts sont parfois recouverts par des sédiments du miocène et du plio-quaternaire.

- Plateau de Taga : occupe le flanc sud de la structure anticlinal du Nador, il est représenté par des formations dolomitico-calcaires du jurassique supérieur qui montre un faible pendage et une grande extension vers le sud.

II.2.2. Les hautes plaines

Elles forment, sur une centaine de kilomètres à partir du Djebel Amour, une région monotone dénudée, au relief tabulaire et au sol rocailleux.

Elles forment la partie la plus étendue de la wilaya, c'est une bande de hautes terres qui forment une dépression par rapport au tell qui l'encadre au nord. Le domaine tabulaire comporte, la cuvette du Chott Ech-Chergui ; cette cuvette se relève, de part et d'autre en vastes plans inclinés formées de matériaux accumulés au centre et provenant du tertiaire continental. Ils atteignent 300 mètres d'épaisseur et recouvrent de la sorte, la très importante nappe d'eau albienne.

La légère ondulation du paysage sous la tectonique a favorisé l'endoréisme de plusieurs Oueds, qui ne parviennent pas à la mer et débouchent au niveau des dépressions formées (Chott et Sebkha).

II.3. Géologie locale

II.3.1. Description géologique de la plaine du Sersou

La zone étudiée couvre le plateau du Sersou proprement est son prolongement vers le sud jusqu'aux structures jurassique du djebel Nador

Les limites du plateau sont constituées :

- Au sud : par le massif du djebel Nador et notamment les structures du Djebel Ben-Nasour.
- Au nord : par l'affleurement de miocène marin, la vallée de Nahr Ouassel marque la limite topographique de la haute plaine.
- A l'est : le plateau s'ouvre sur la plaine quaternaire de l'Oued Nahr Ouassel.
- A l'ouest : il remonte progressivement sur les affleurements du crétacé supérieur de la zone de Tiaret.

Avec l'extension de ce plateau entre le Djebel Nador et l'Ouarsenis, le Sersou communique facilement à l'est avec la plaine de Chahbounia et au sud avec la dépression du Chott Ech-Chergui. Cependant le paysage n'a pas encore l'uniformité classique des hautes plaines si bien qu'il est possible d'identifier quelques vigoureuses unités régionales (fig. 02).

Le plateau de Sersou séparé de la cuvette de Tissemsilt (Vialar) par la vallée du Nahr Ouassel s'incline doucement vers l'est : 1000 m au Bled Bou Richa (à 7 km à l'est de Tiaret), 937 m à Bourlier, 905 m à Mahdia (Ex Burdeau), 830 m à « Zenakra » el « Gourt ».

L'impression première est celle d'une platitude absolue ; cependant, de petites dépressions apparaissent, des vallées larges et peu enfoncées, avec par endroit un cours d'eau à écoulement permanent, parcourent le plateau d'ouest en est. L'examen de photo aérienne révèle d'un réseau de vallées sèches, souvent tronçonnées en chapelets de dayas minuscules. Au nord-ouest de Mahdia, un autre groupe de dayas orientées sud-ouest, nord-ouest à des formes beaucoup plus nettes, notamment la grande daya en hippodrome située à 4 km au nord-ouest de Mahdia ; elles sont aussi plus enfoncées que les autres surtout à leur bordure (2

à 3 m de dénivellation). Les roches de plateau sont des calcaires lacustres, déposés dans une fosse allongée entre l'Ouarsenis et Djebel Nador au Pliocène et au Quaternaire. Ces dépôts reposent souvent sur des poudingues Pliocènes, restes d'un vaste cône de déjection dont les matériaux venus de l'Ouarsenis sont inclinés vers le sud.

Le Sersou de Tiaret est, sur la bordure nord, un grand plan incliné vers le sud-est : (1200 m à Djebel Guezoul et 970 m dans les fonds marécageux) d'où s'échappe l'Oued de Nahr Ouassel, des Oueds parallèles drainent le pays vers la large vallée de ce dernier où plusieurs cours d'eau creusent des vallées évasées dans les argiles et les marnes cénomaniennes. **Perrin,R (1960).**

Tectonique

Le plateau du Sersou correspond à un vaste synclinal comblé par des dépôts du crétacé et du tertiaire. Au sud, ce synclinal est limité par le vaste anticlinal du djebel Nador, les noyaux anticlinaux dans l'alignement des djebels Metales et Hammade est marqué par un important accident relevant les formations du lias, et provoquant d'importants pointements de trias.

Plus au nord et au centre du plateau, apparaissent des structures isolées, notamment la structure jurassique du djebel Rechaiga à laquelle on est tenté de relier les pointements de trias qui apparaissent plus au sud.

L'ensemble des plissements jurassiques et crétacés présentent une orientation générale SO-NE.

Au nord du synclinorium du Sersou, les formations éocènes et oligocènes peuvent se rattacher à un ensemble allochtone (nappe sud-tellienne). **DRE (étude de Sersou)**

Conclusion

La région de Tiaret s'étend sur une zone qui comporte une géologie très variée, depuis les chaînes de l'Atlas Tellien représentées par le massif de l'Ouarsenis où on rencontre des affleurements des terrains surtout du secondaire (crétacé inférieur et supérieur et le trias) ainsi que du tertiaire (miocène inférieur, oligocène et éocène) jusqu'aux hautes plaines telliennes, où se trouve notre zone d'étude au niveau du plateau de Sersou. Toute la région est recouverte par une épaisse couche de formations sédimentaires (calcaires, poudingues, marnes, grés, argiles,...) qui reflète leur potentiel remarquable et important en ressources d'eaux souterraines ainsi que leur majeure capacité de stockage de ces eaux qui alimentent les différents aquifères de la région depuis plusieurs zones d'alimentation à travers ce relief bien structuré.

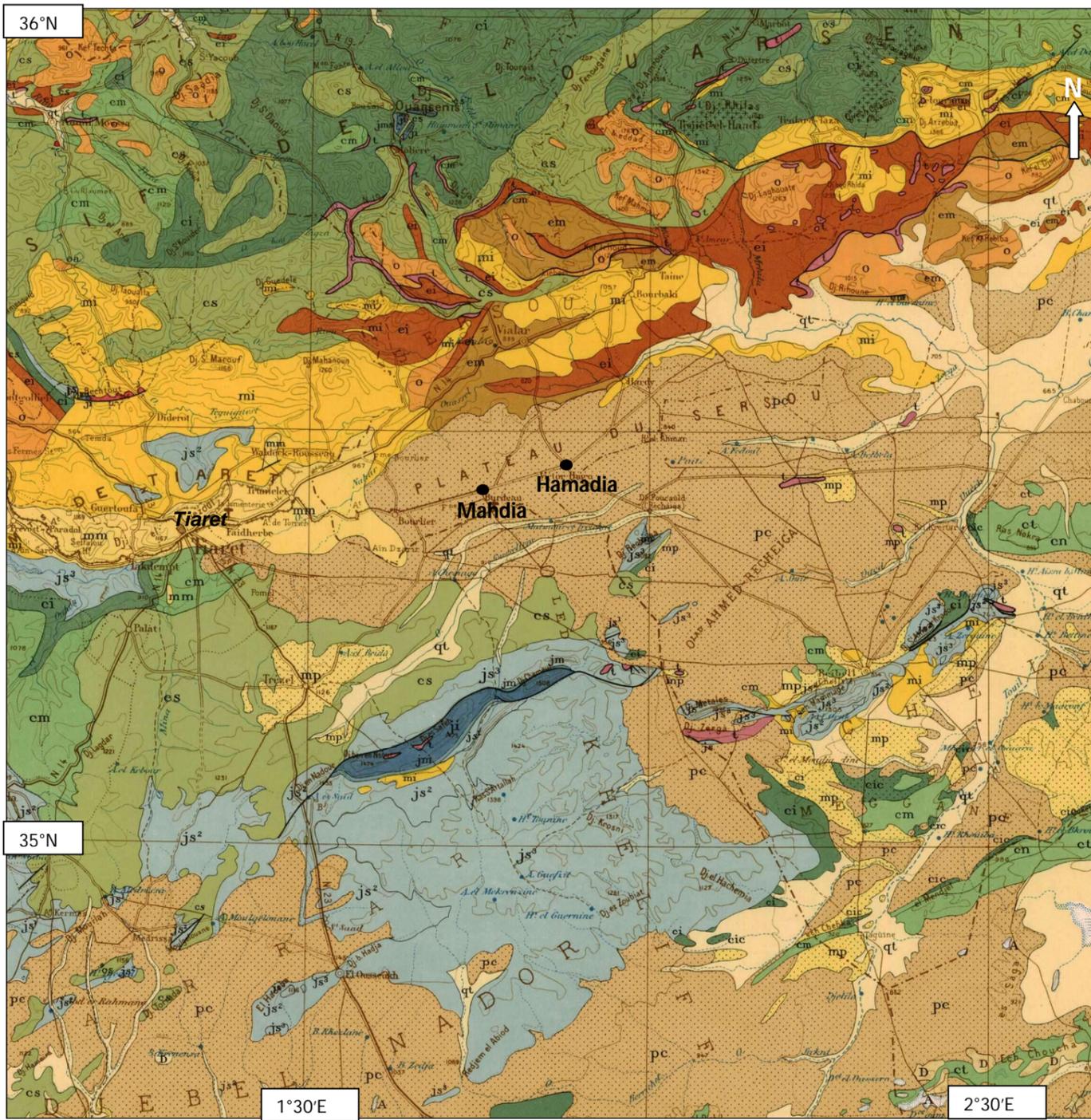
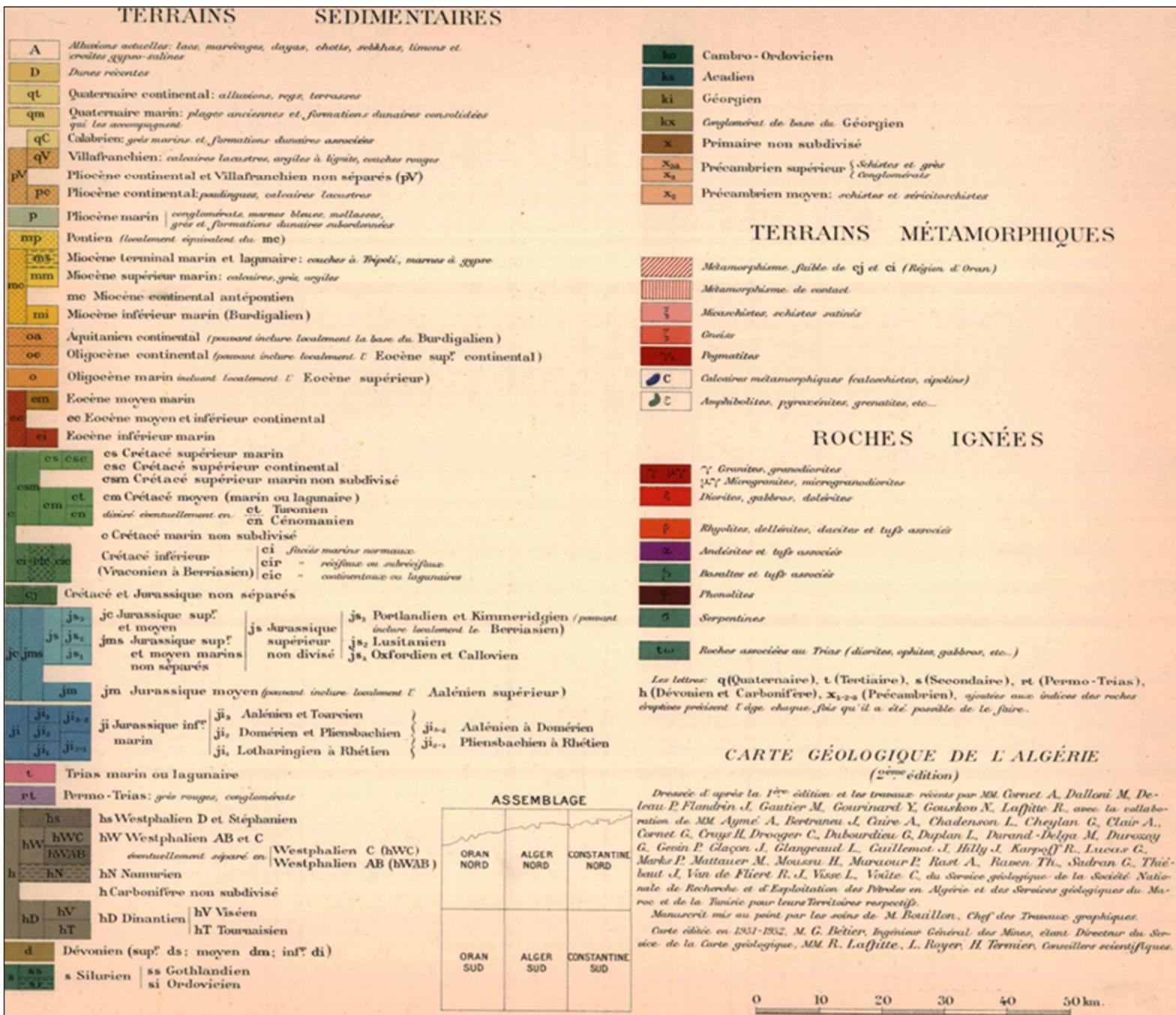


Figure 02 – Carte géologique au 200.000° de nord d'Algérie, d'après M.G.Bétier (1951).



Chapitre III

HYDOLOGIE-HYDROCLIMATOLOGIE

III.1. Introduction

Toute étude hydroclimatologique nécessite des renseignements bien précis des différents facteurs qui régissent les variations climatiques afin de mieux comprendre l'évolution des réserves d'eaux souterraines et superficielles.

Les conditions climatiques jouent un rôle capital car elles permettent de :

- Déterminer les influences des facteurs climatiques sur la vie des hommes est leurs activités, précisément l'agriculture,
- Dégager les risques qui engendrent en partie des contraintes tels que l'érosion, les inondations et les glissements de terrain,
- Quantifier les ressources en eau de surface et de déterminer la part de l'eau qui s'infiltre pour constituer les réserves souterraines,
- Déterminer les périodes biologiquement favorables pour le développement de la végétation ainsi que le choix des types de culture, la période de semence et d'irrigation.

Les conditions climatiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eaux, les précipitations et les températures sont les liens les plus importants. Ainsi l'étude des données climatologiques facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux superficielles, ce qui permet d'expliquer le comportement hydrologique de la région.

Il est nécessaire aussi d'établir le bilan hydrique qui permet d'évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan à savoir l'écoulement, l'infiltration et l'évaporation.

III.2. Situation hydrologique la zone d'étude

Située au centre Ouest de l'Algérie du Nord, la région hydrographique « Cheliff –Zahrez » regroupe trois bassins hydrographiques : Le Cheliff, le Zahrez, et le Côtier Dahra

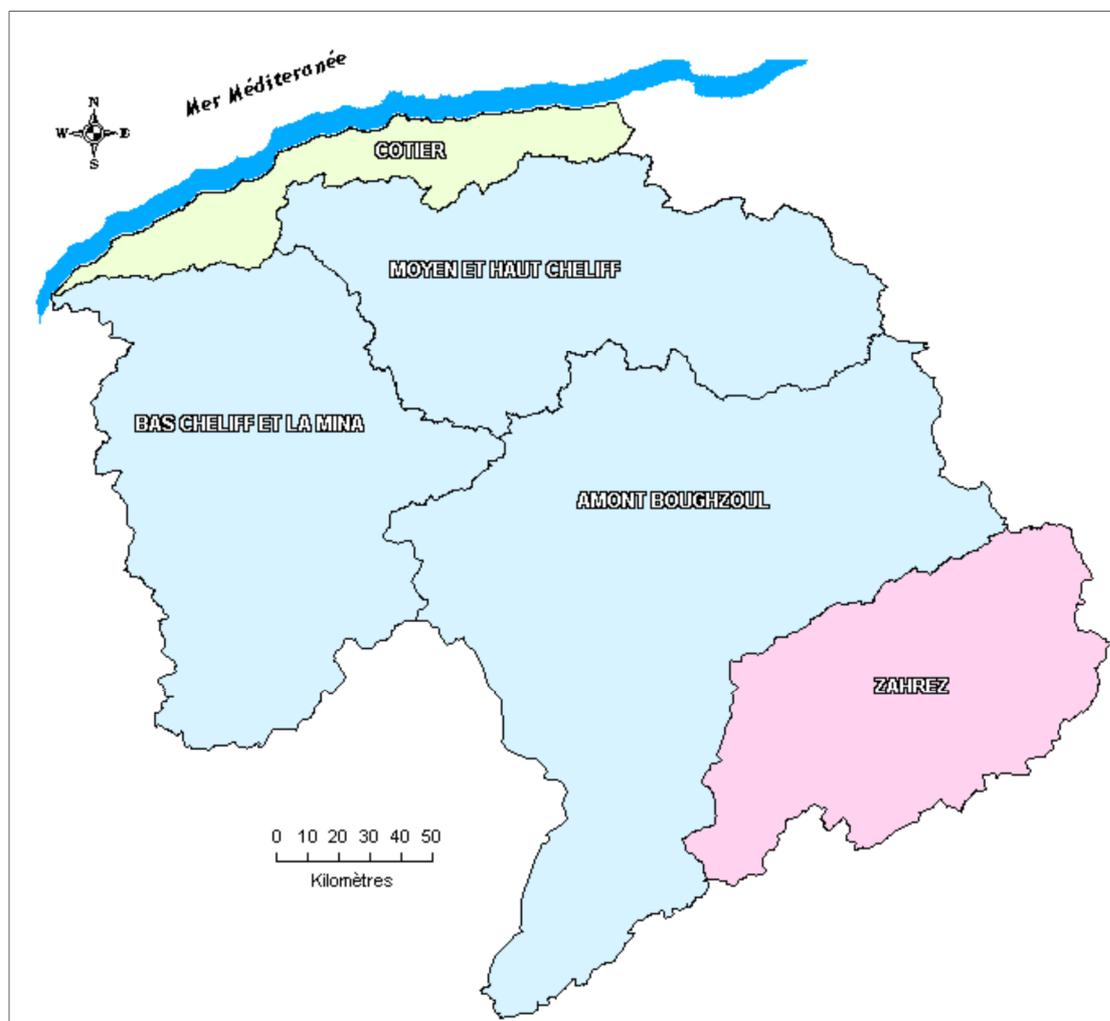
Le bassin du Cheliff qui s'étend sur 43125 km², est le plus vaste bassin hydrographique du Nord du pays. Il est compartimenté en trois bassins versants (fig. 03) :

- Le bassin du Cheliff Amont-Boughzoul,
- Le bassin du Haut et du Moyen Cheliff,
- Le bassin du Bas-Cheliff et de la Mina

Sur le plan administratif, ce bassin versant couvre 40 communes de 5 wilayas ; dont 15 communes de la wilaya de Tiaret.

Tableau 01 - Principales caractéristiques du bassin versant

Désignation	Symbole	Unité	Quantité
Superficie du bassin versant	S	Km ²	19724.76
Périmètre du bassin versant	P	Km	946.29
Indice de compacité de Gravelius	K _G	-	1.88
Longueur du rectangle équivalent	L _{Re}	Km	425.09
Largeur du rectangle équivalent	l	Km	46.40
Altitude médiane	H _{50%}	m	1180
Altitude moyenne	H _{moy}	m	1155.54
Dénivelée simple	D	m	380
Indice de pente de roche	I _p	%	0.35
Indice de pente globale	I _g	m/Km	0.89
Indice de pente moyenne	I _m	m/Km	1.17
Dénivelée spécifique	D _s	m	124.99
Densité de drainage	D _d	Km/ Km ²	0.58
Temps de concentration	T _c	h	66.8
Vitesse de ruissellement	VR	Km/h	3.9

**Figure 03** - Bassin hydrographique de Chellif-Zahrez

Le bassin versant de Chellif Amont-Boughzoul est subdivisé en plusieurs sous-bassins, dont celui d'Oued Mechti Zerga qui porte le numéro de côte 0108, englobe notre zone d'étude (fig. 04).

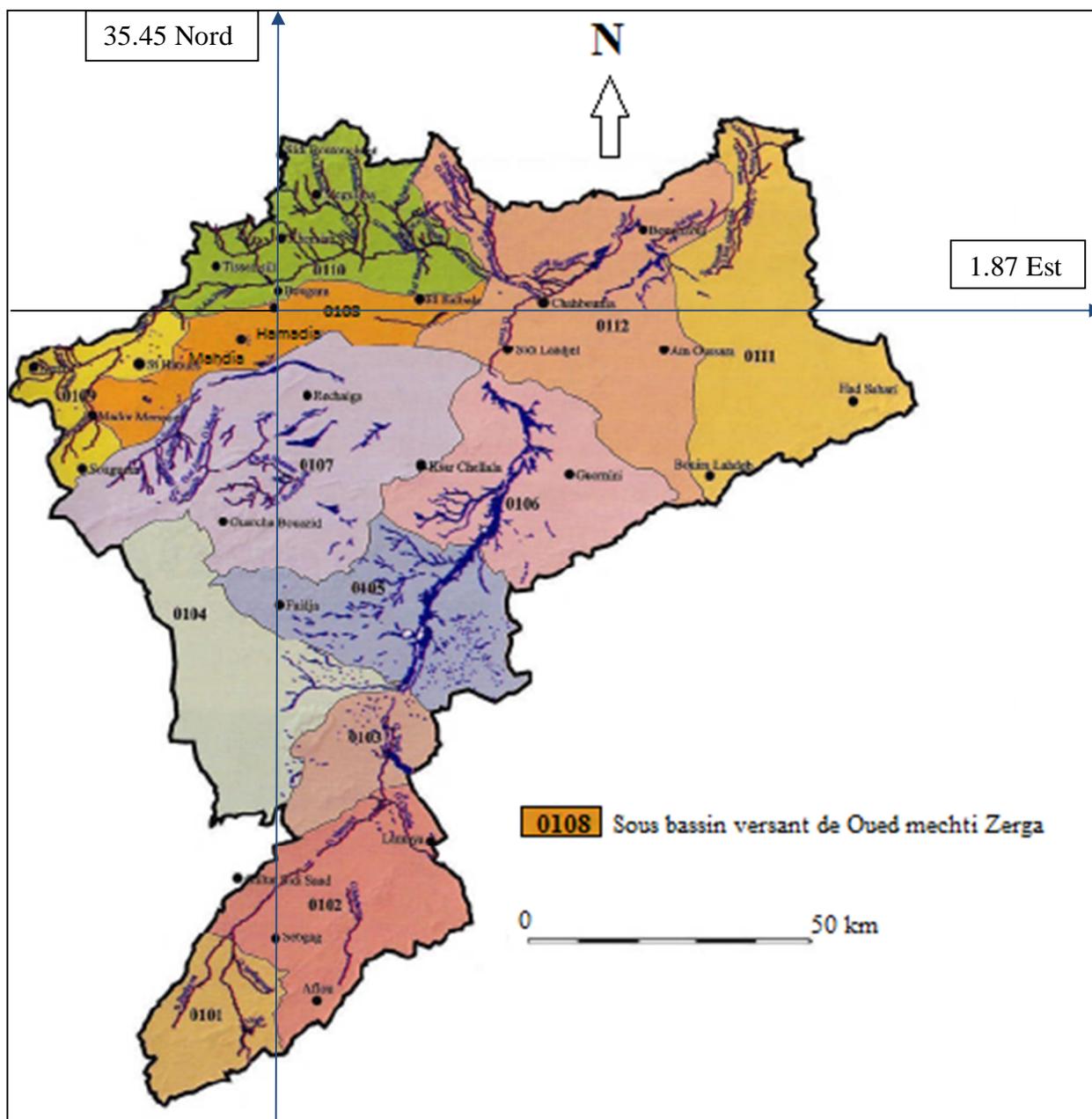


Figure 04 - Carte des sous-bassins versant du bassin Amont-Boughzoul.

III.3. Caractéristiques morphométriques du sous bassin versant d'Oued Mechti Zerga

III.3.1. Périmètre du sous bassin versant d'Oued Mechti Zerga

Mesuré est faite à l'aide d'un curvimètre, $P = 251.3$ km

III.3.2. Superficie du bassin versant

Cette surface peut être déterminée par planimétrie sur des cartes d'échelle convenable ou en utilisant les techniques de digitalisation actuelles.

La surface de notre sous bassin versant est de : $A = 1549 \text{ km}^2$

III.3.3. Indice de compacité Gravelius

l'indice de compacité de Gravelius (1914) K_G , défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface :

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \approx 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

K_G est l'indice de compacité de Gravelius,

A : surface du bassin versant [km^2],

P : périmètre du bassin [km].

$$K_G = 0.28(251.3/\sqrt{1549}) = 1.79$$

On constate que le bassin est de forme allongée, car la valeur de K_G est supérieure à 1.

III.3.4. Longueur de rectangle équivalent (L)

Un autre paramètre permet de comparer les bassins versant entre eux, c'est le rectangle équivalent. C'est une transformation purement géométrique où la forme du bassin est rendue comme étant celle d'un rectangle ayant même périmètre et même superficie que le bassin versant. La largeur étant prise égale à la largeur de l'exutoire, la longueur LRe est déterminée en résolvant l'équation du second degré suivante :

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

$$L = 106.93 \text{ km}$$

III.3.5. Largeur du rectangle équivalent (l)

$$P = 2(L + l) \Rightarrow l = \frac{P - 2L}{2} = \frac{251.3 - 2(106.93)}{2} = 18.92 \text{ km}$$

III.3.6. L'indice de pente globale (I_g)

$$I_g = \frac{D}{L}$$

D : la dénivelée ($D = H_{5\%} - H_{95\%}$)

L : longueur du rectangle équivalent (km).

$$I_g = \frac{(1100 - 700)}{102.19} = 3.91$$

Pour permettre une comparaison plus poussée des bassins entre eux du point de vue relief, on détermine la dénivelée spécifique (D_s) puis déduit de l'indice de pente globale.

$$D_s = I_g \sqrt{A} = 3.91 \times \sqrt{1549} = 153.8 \text{ m/km}$$

(A) la superficie du bassin versant en km²

Sous classes de relief :

Ds < 10 m Classe R1 : relief très faible

10 < Ds < 25 m Classe R2 : relief faible

25 < Ds < 50 m Classe R3 : relief assez faible

50 < Ds < 100 m Classe R4 : relief modéré

100 < Ds < 250 m Classe R5 : relief assez fort, ce qui correspond à notre sous bassin versant.

250 < Ds < 500 m Classe R6 : relief fort

Ds > 500 m Classe R7 : relief très fort

III.4. Paramètres hydrographiques

III.4.1. Densité de drainage

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Avec :

D_d : densité de drainage [km/km²] ;

L_i : longueur de cours d'eau [km] ;

A : surface du bassin versant [km²].

$$D_d = 0.37 \text{ km/km}^2$$

La zone d'étude ne dispose que des cours d'eau qui s'écoulent temporairement pendant la période hivernale (fig. 05).

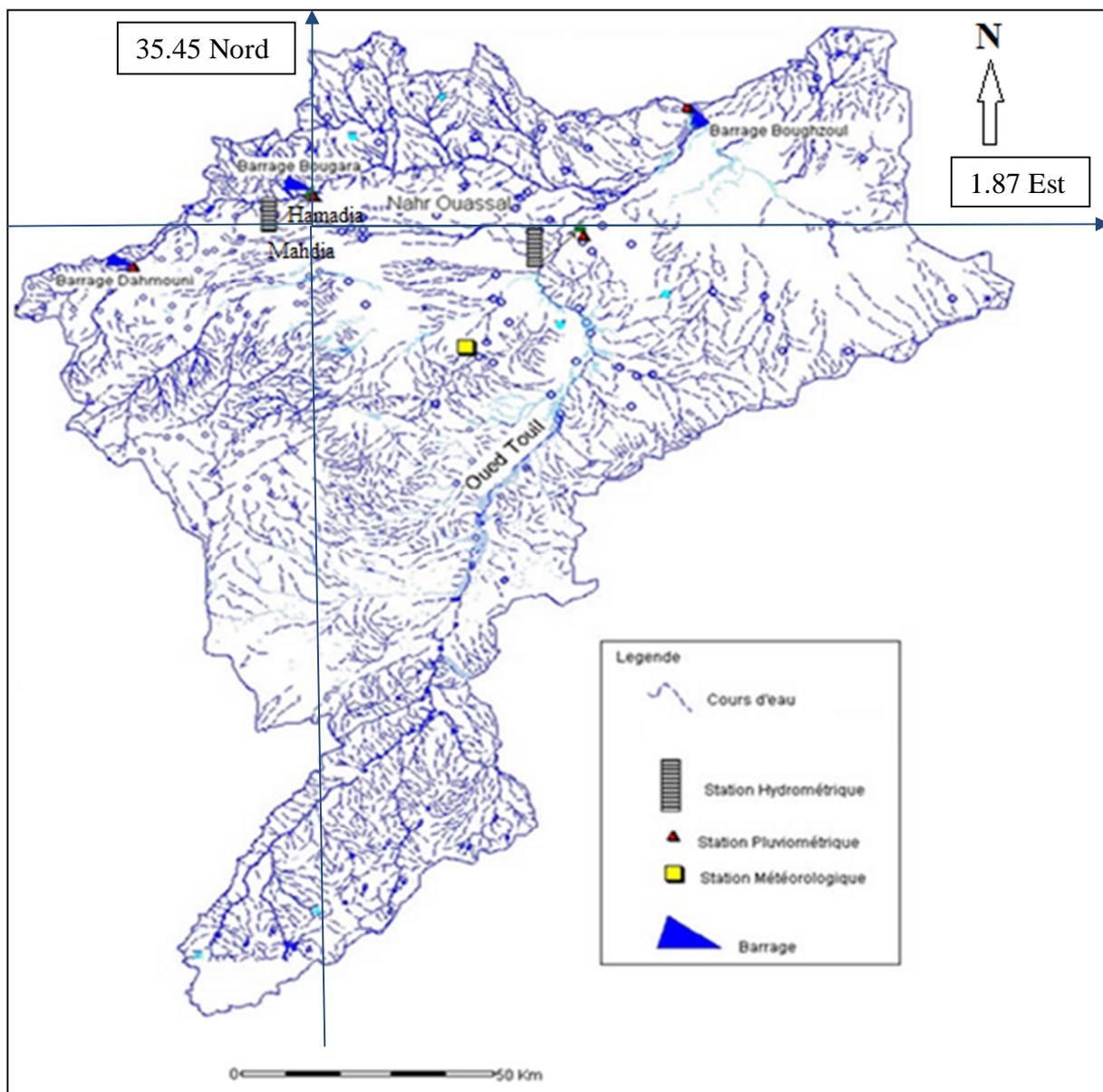


Figure 05 - Carte du réseau hydrographique du bassin Cheliff Amont-Boughzoul.

III.5. Caractéristiques climatiques

III.5.1. Cadre climatique

L'étude climatique est basée essentiellement sur l'analyse des précipitations et des températures. Les données recueillies de la station pluviométrique de Sabaine sont sous forme des valeurs mensuelles et annuelles des hauteurs de pluie pour une période de 27 ans (1985-2012), et des valeurs mensuelles et annuelles des températures pour la même période.

Le traitement de ces données permet d'estimer la répartition dans le temps et dans l'espace, ainsi que la quantité d'eau infiltrée et évaporée.

Les coordonnées de la station de mesure sont données dans le tableau 02:

Tableau 02 - Coordonnées géographiques de la station pluviométrique de Sabaine.

Station	Coordonnées Lambert (en m)			Code
	X	Y	Z	
<i>Sabaïne</i>	401300	238850	925 m	PL010905

III.5.2. Analyse des précipitations

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes.

La variabilité interannuelle des précipitations est exprimée par le coefficient pluviométrique (CP). Ce paramètre est très important dans la détermination des années excédentaires et les années déficitaires. Il est obtenu par le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne d'une série à une station donnée.

$$CP = \frac{P}{\bar{P}}$$

Avec :

CP : coefficient pluviométrique.

P : hauteur des pluies annuelles (mm).

\bar{p} : moyenne annuelle pluviométrique (mm).

Le coefficient pluviométrique est en relation proportionnelle avec la pluviométrie (tableau n°02).

Nous avons deux cas : si

$$\left\{ \begin{array}{l} CP > 1 \implies \text{année excédentaire} \\ CP < 1 \implies \text{année déficitaire} \end{array} \right.$$

Remarque : la pluviométrie annuelle moyenne (\bar{p}) de la station est :

- $\bar{p} = 340,77$ mm

Tableau 03 - Précipitations annuelles (mm) et coefficients pluviométriques pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12).

Année hydrologique	Hauteur annuelle des précipitations, station de Sabaine P (mm)	Coefficient pluviométrique pour la Station de Sabaine
<i>1985/86</i>	369,08	1,08
<i>1986/87</i>	315,45	0,92
<i>1987/88</i>	250,95	0,73
<i>1988/89</i>	263,15	0,77
<i>1989/90</i>	201,45	0,59
<i>1990/91</i>	326,15	0,95
<i>1991/92</i>	272,31	0,79
<i>1992/93</i>	263,97	0,77
<i>1993/94</i>	269,76	0,79
<i>1994/95</i>	297,45	0,87
<i>1995/96</i>	345,98	1,01
<i>1996/97</i>	504,03	1,47
<i>1997/98</i>	257,32	0,75
<i>1998/99</i>	162,57	0,47
<i>1999/2000</i>	214,13	0,62
<i>2000/2001</i>	292,05	0,85
<i>2001/2002</i>	248,18	0,72
<i>2002/2003</i>	476,83	1,39
<i>2003/2004</i>	447,36	1,31
<i>2004/2005</i>	326,96	0,95
<i>2005/2006</i>	534,41	1,56
<i>2006 /2007</i>	410,96	1,20
<i>2007/2008</i>	382,29	1,12
<i>2008/2009</i>	542,54	1,59
<i>2009/2010</i>	472,94	1,38
<i>2010/2011</i>	355,8	1,04
<i>2011/2012</i>	396,74	1,16

D'après le diagramme établi (fig. 06), on remarque que les années déficitaires sont : 1986 /87, 87/88, 88/89, 89/90, 93/94, 94/95, 97/98, 98/99, 99/2000, 2000/01, 2001/02, 2003/04.

Les années excédentaires sont : 96/97, 2002/03, 2004/05, 2005/06, 2006/07, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2011/12.

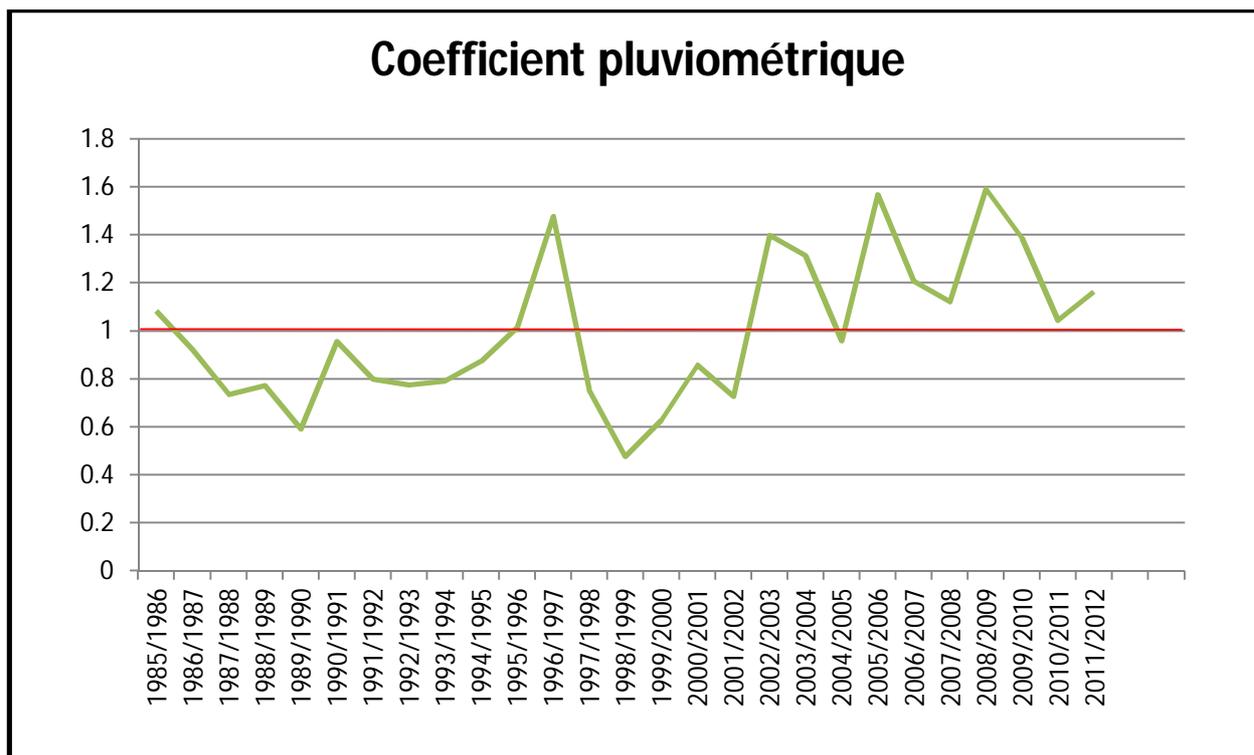


Figure 06 - Les variations de coefficient pluviométrique pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12).

III.5.2.1. Variations des précipitations dans le temps

a) Variations annuelles

La pluviométrie la plus faible a été enregistrée au cours de l'année hydrologique 1998/99 de l'ordre de 162,57 mm (fig. 07).

En outre la pluviométrie maximale a été enregistrée en 2008/2009 avec un taux de 542,57 mm de hauteur.

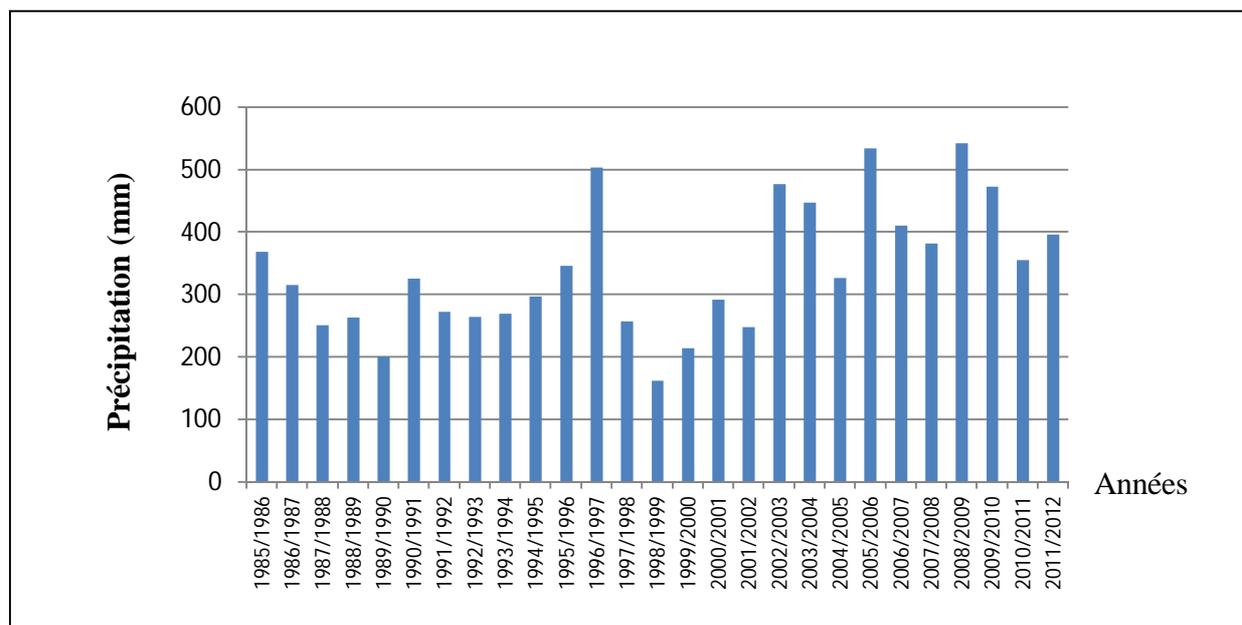


Figure 07 - Variations des précipitations annuelles (en mm) pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12)

b) Variations moyennes mensuelles

Les données des précipitations moyennes mensuelles pour la station de Sebaïne (1981/82-2005/06) sont portées sur le tableau 04 :

Tableau 04 – Précipitations moyennes mensuelles (en mm), 1985/86-2011/12.

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr .	Mai.	Juin.	Juil .	Août.
P (mm)	33,09	33,05	35,36	40,20	39,81	37,04	32,19	36,99	28,08	11,44	3,69	9,77

La distribution des précipitations moyennes mensuelles illustrées par la figure 08, montre que :

- Le mois le plus pluvieux de notre station est celui de décembre, avec 40,20 mm.
- Le mois le plus sec est celui de juillet, dont on a enregistré 3.69 mm.

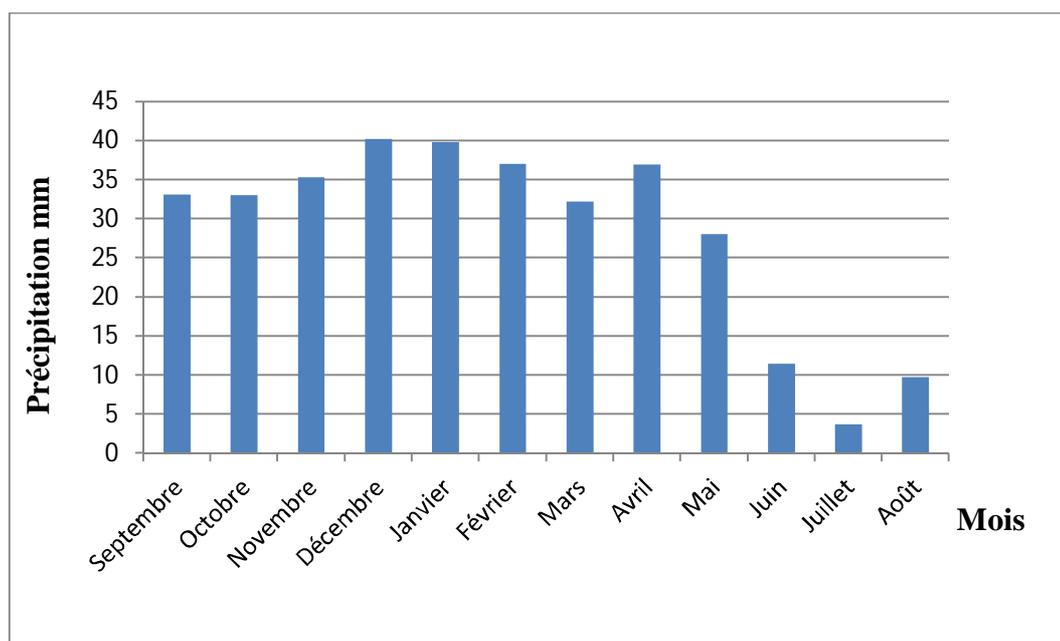


Figure 08 - Variations des précipitations moyennes mensuelles (en mm) pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12).

III.5.3. Analyse des températures

Si les précipitations constituent l'apport en eau, les températures jouent un rôle important dans les pertes en eau par le phénomène de l'évapotranspiration. Elles constituent l'autre élément majeur conditionnant le climat d'une région.

Elles permettent d'étudier l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement, elle interviennent dans le développement du rythme biologique des végétaux et facilitent l'établissement du bilan hydrique.

III.5.3.1. Variations des températures dans le temps

a) Variations moyennes mensuelles

Tableau 05 - Températures moyennes mensuelles pour la station de Sabaine (en °C), 1985/86-2011/12.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<i>Station</i>	22,17	16,81	11,07	7,45	5,98	7,41	9,72	12,10	17,30	23,15	27,93	27,60

D'après ces résultats on remarque que :

- Les mois les plus chauds sont ceux de juillet et d'août avec des températures de 27.93 et 27.6°C respectivement.
- Les mois les plus froids sont ceux de janvier et février avec des températures de 5.98 et 7.41°C respectivement, (fig.09).

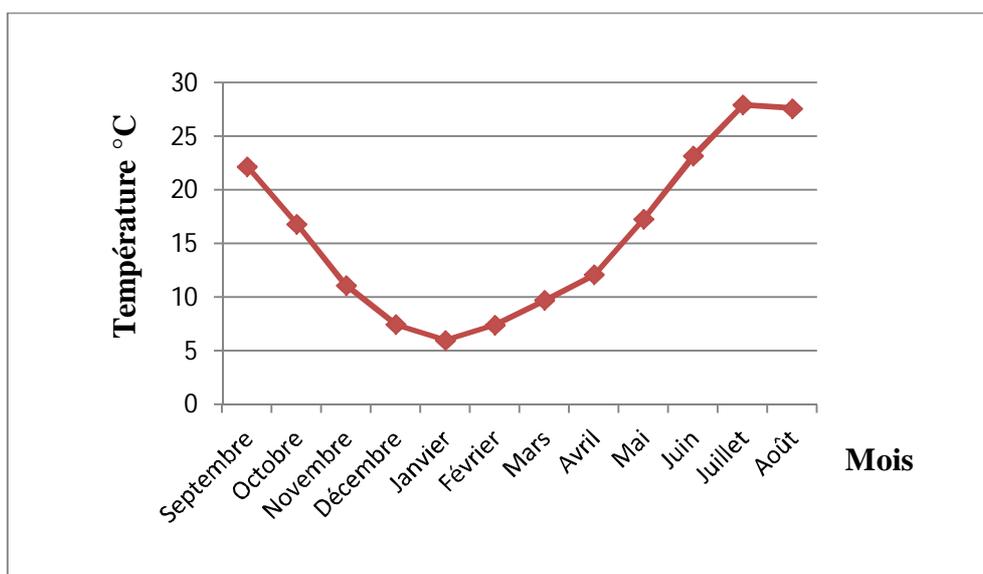


Figure 09 - Variations des températures moyennes mensuelles (en °C) pour la station de Sabaine (1985/86-2011/12).

III.5.4. Diagrammes Ombrothermique

Ce diagramme permet de définir les périodes sèches et humides en fonction des précipitations représentées inférieure au double de température, ($p \leq 2T$).

Pour notre station (1985/1986-2011/2012), le diagramme montre que la période sèche débute de la moitié du mois du mai jusqu'à la fin du mois d'octobre. La période humide commence de la fin du mois d'octobre jusqu'au mois de mai (fig. 10).

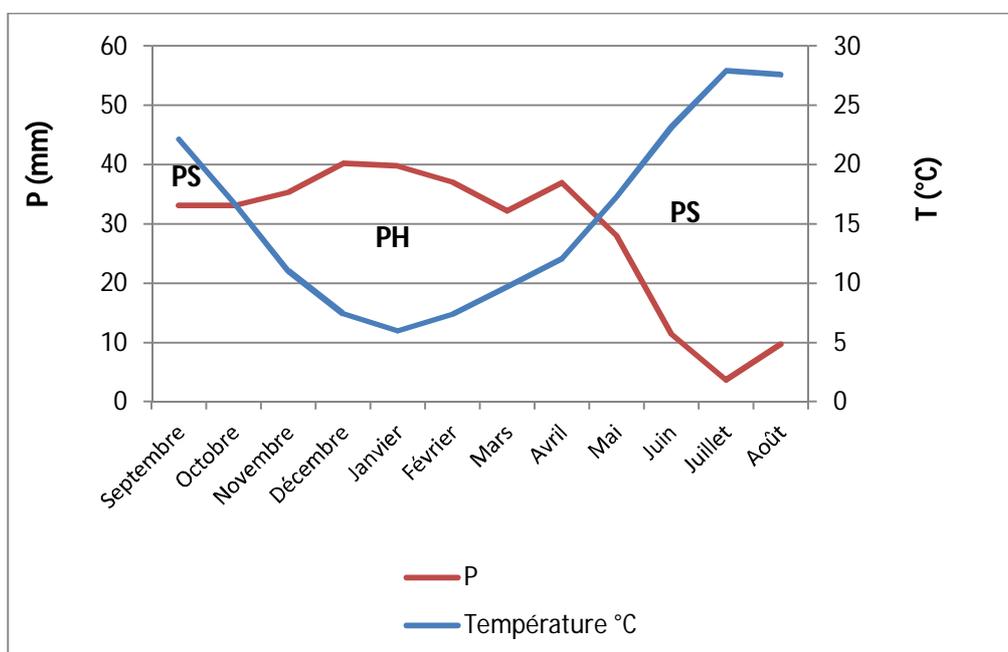


Figure 10- Diagramme Ombrothermique pour la station de Sabaine (1985-2012).

III.5.5. Le bilan hydrique

Le bilan hydrique est l'étude comparée de la lame d'eau précipitée sur une surface donnée et des différentes formes de transfert de cette eau : soit par écoulement, infiltration ou évaporation.

L'équation du bilan s'écrit :

$$P = R + E + I$$

Tels que : P : précipitation moyenne annuelle (mm).

R : ruissellement de surface moyen annuel (mm).

E : évapotranspiration moyenne annuelle (mm).

I : infiltration moyenne annuelle (mm).

III.5.5.1 : Estimation des paramètres du bilan :

a) L'évaporation-évapotranspiration :

L'évaporation se définit comme étant le passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique. Les plans d'eau et la couverture végétale sont les principales sources de vapeur d'eau. On parle de sublimation lors du passage direct de l'eau sous forme solide (glace) en vapeur. Le principal facteur régissant l'évaporation est la radiation solaire.

Le terme évapotranspiration englobe l'évaporation et la transpiration des plantes. On distingue :

- **Evapotranspiration potentielle (ETP)** (ou évapotranspiration de référence) : c'est la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal sain en pleine croissance. Elle comprend donc l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration du couvert végétal pendant le temps considéré pour un terrain donné.

L'ETP est calculée par la formule de C.W. Thornthwaite (1948), qui utilise la température de l'air et la latitude de la station, et qui est donnée par l'expression suivante :

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

Avec ; ETP : évapotranspiration potentielle du mois (en mm).

T : température moyenne mensuelle de la période (en °C).

I : indice thermique annuel qui représente la somme des indices mensuels (i) :

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{avec : } i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.5}$$

$$a = \left(\frac{1.6}{100} \right) I + 0.5$$

K : coefficient d'ajustement mensuel lié à la latitude.

- **Evapotranspiration réelle (ETR)** : Elle correspond à la somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à une certaine

humidité et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire spécifique. L'ETR peut être déterminé par :

- * La formule de Turc (1954); qui permet d'évaluer directement l'ETR annuelle à partir de la hauteur annuelle de la pluie et de la température moyenne annuelle :

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

Avec ; ETR : évapotranspiration réelle en mm/an.

P : hauteur annuelle de pluie en mm.

L : pouvoir évaporant, est une limite vers laquelle tend l'ETR lorsque P devient grand. $L = 300 + 25t + 0.05t^3$

t : température annuelle en °C.

On a pour la station P = 430,77 mm, t = 15,16 °C

$$\implies L = 300 + 25(15,16) + 0.05 (15,16)^3 = 853,20$$

$$ETR = \frac{340.77}{\sqrt{0.9 + \frac{(340.77)^2}{(853.20)^2}}} \implies \boxed{ETR = 334,08 \text{ mm}}$$

- * La méthode du bilan d'eau selon C.W. Thornthwaite, 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 (RFU), cette eau peut être reprise par l'évaporation par l'intermédiaire des plantes. Pour notre cas on prend RFU = 50 mm.

La satisfaction de l'ETP est prioritaire sur l'écoulement, c'est-à-dire avant qu'il y ait écoulement il faut avoir satisfait ce qu'on appelle le pouvoir évaporant (ETP = ETR), par ailleurs le remplissage de la RFU est également prioritaire sur l'écoulement.

On établit ainsi un bilan à l'échelle mensuelle à partir de la pluie du mois, de l'ETP et de RFU. Les résultats sont montrés dans le tableau 06.

b) Le ruissellement

Le ruissellement de surface est la quantité d'eau, qui au cours d'une précipitation, échappe à l'infiltration et à l'évapotranspiration.

Le ruissellement est calculé par :

- * La formule de Tixeront-Berkaloff :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2} \quad , \text{ si : } P < 600 \text{ mm}$$

Avec : R : ruissellent en m.

P : précipitation moyenne annuelle en m.

ETP : évapotranspiration potentielle en m.

★ La formule de Tixeront-Berkaloff modifié par Romantchouk :

$$R = \frac{P^3}{3} \quad , \text{ si : } P > 600 \text{ mm}$$

Avec :

R : ruissellent en m.

P : précipitation moyenne annuelle en m.

Et comme $P < 600 \text{ mm}$, on va utiliser la première formule :

Le ruissellement pour la station de Sabaine est :

$$R = \frac{340,77^3}{3(868,91)^2} \Rightarrow R = 17,47 \text{ mm}$$

c) L'infiltration

Par la formule du bilan : $P = R + I + ETR$

Donc :

$$I = P - R - ETR$$

Les résultats sont récapitulés dans le tableau 06:

Tableau 06 – Détermination des paramètres de la formule du bilan.

Stations	P (mm)	R (mm)	ETR (mm)	I (mm)
Sabaine	340,77	17,47	268,11	55,19

Tableau 07 - Le bilan hydrique pour la station de Sabaine d'après la méthode de C. W. Thornthwaite.

Mois Paramètres	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin	Juil.	Aou.	Total
Pluie (mm)	33,1	33,01	35,3	40,2	39,8	37,0	32,1	36,9	28,01	11,4	3,69	9,77	340,77
T (°C)	21,4	16,2	10,6	7,1	5,7	7,01	9,4	11,6	16,8	22,3	26,8	26,6	T_{moy}= 15,16°C
I	8,85	5,83	3,08	1,69	1,21	1,66	2,57	3,53	6,15	9,41	12,40	12,27	69,1
K	1,05	0,91	0,75	0,7	0,73	0,78	1,02	1,15	1,32	1,33	1,33	1,24	-
ETP (mm)	102,51	56,91	23,79	11,69	8,58	12,77	26,7	42,14	87,5	138,7	186,16	171,46	868,91
RFU (mm)	0	0	11,51	40,02	50	50	50	44,76	0	0	0	0	-
ETR (mm)	33,1	33,01	23,79	11,69	8,58	12,77	5,4	42,14	72,77	11,4	3,69	9,77	268,11
Exc. (mm)	0	0	0	0	21,24	24,23	47,54	0	0	0	0	0	93,01
DA (mm)	69,41	23,9	0	0	0	0	0	1,94	14,73	127,3	182,47	161,69	581,44

Conclusion

Le sous bassin versant de Mechti Zarga, fait partie du bassin Cheliff Amont-Boughzoul, lui-même localisé dans le grand bassin versant de Cheliff-Zahrez, occupe une superficie de 1549 km², et un périmètre de 251.3 km possède un réseau hydrographique de faible densité.

Le climat de la région est de type semi aride avec une période sèche qui débute de la moitié du mois du mai jusqu'à la fin du mois d'octobre et une période humide qui commence de la fin du mois d'octobre jusqu'au mois de mai.

Les valeurs de l'ETR obtenues par la méthode de C. W. Thornthwaite, montrent qu'une grande partie des précipitations est reprise par l'évapotranspiration (ETR = 268,11 mm), le déficit agricole est important (581,44 mm), alors que la recharge interannuelle est relativement faible.

Chapitre IV

HYDROGÉOLOGIE

IV. 1. Introduction

Les formations aquifères, tant par leur nature lithologique que par leur extension dans l'espace, occupent une place importante dans notre présente étude, car elles influent sur le fonctionnement hydrogéologique de celles-ci. Ainsi, ce travail a pour but de comprendre la variation de la lithologie des horizons aquifères du plateau de Sersou dans l'espace et établir une carte piézométrique pour la détermination des sens d'écoulements des eaux souterraines.

IV.2. Délimitation des aquifères

D'après les données recueillies de la direction des ressources en eau (DRE) de la wilaya de Tiaret, sous forme de colonnes stratigraphiques des forages (de profondeur maximale de 120 m) implantés dans la zone d'étude (fig. 11), on a pu déterminer l'existence d'un seul horizon aquifère représenté par la nappe libre.

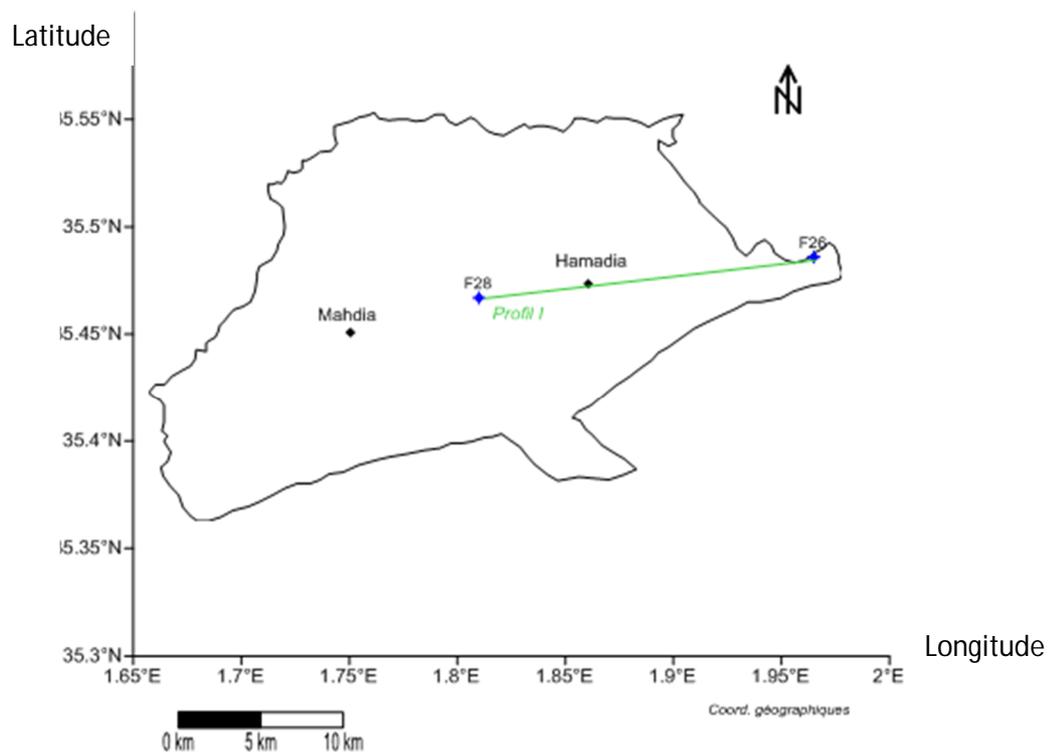


Figure 11 – Carte d'inventaire des forages implantés dans la zone d'étude.

IV.2.1. La nappe libre

Elle constitue le potentiel principal de la réserve en eaux souterraines dans le plateau de Sersou, c'est une nappe qui possède une épaisseur importante allant de 32 à 46 m, et une lithologie variable avec des alluvions, graviers et sables du quaternaire, et du grès dans la partie centrale et Est de la zone d'étude (fig. 12), alors que dans la partie nord cette nappe est constituée de calcaire friable et fissuré.

Le substratum de cette nappe est constitué par des formations imperméables ou peu perméables tel que les marnes et marno-calcaire dans la partie nord de la zone d'étude, et d'argile et marne pour la partie centrale et Est.

D'après les colonnes stratigraphiques des forages implantés dans la zone d'étude, on peut établir une coupe hydrogéologique suivant le profil (I) de direction est-ouest, ce profil montre la délimitation de la nappe libre existante dans la zone d'étude, précisément dans sa partie centrale et Est (fig. 12).

Tableau 08 – Coordonnées géographiques du profil hydrogéologique (I).

	Coordonnées géographiques	
	Point de départ (en °)	Point d'arrivée (en °)
X	1.81E	35.46N
Y	1.96E	35.48N

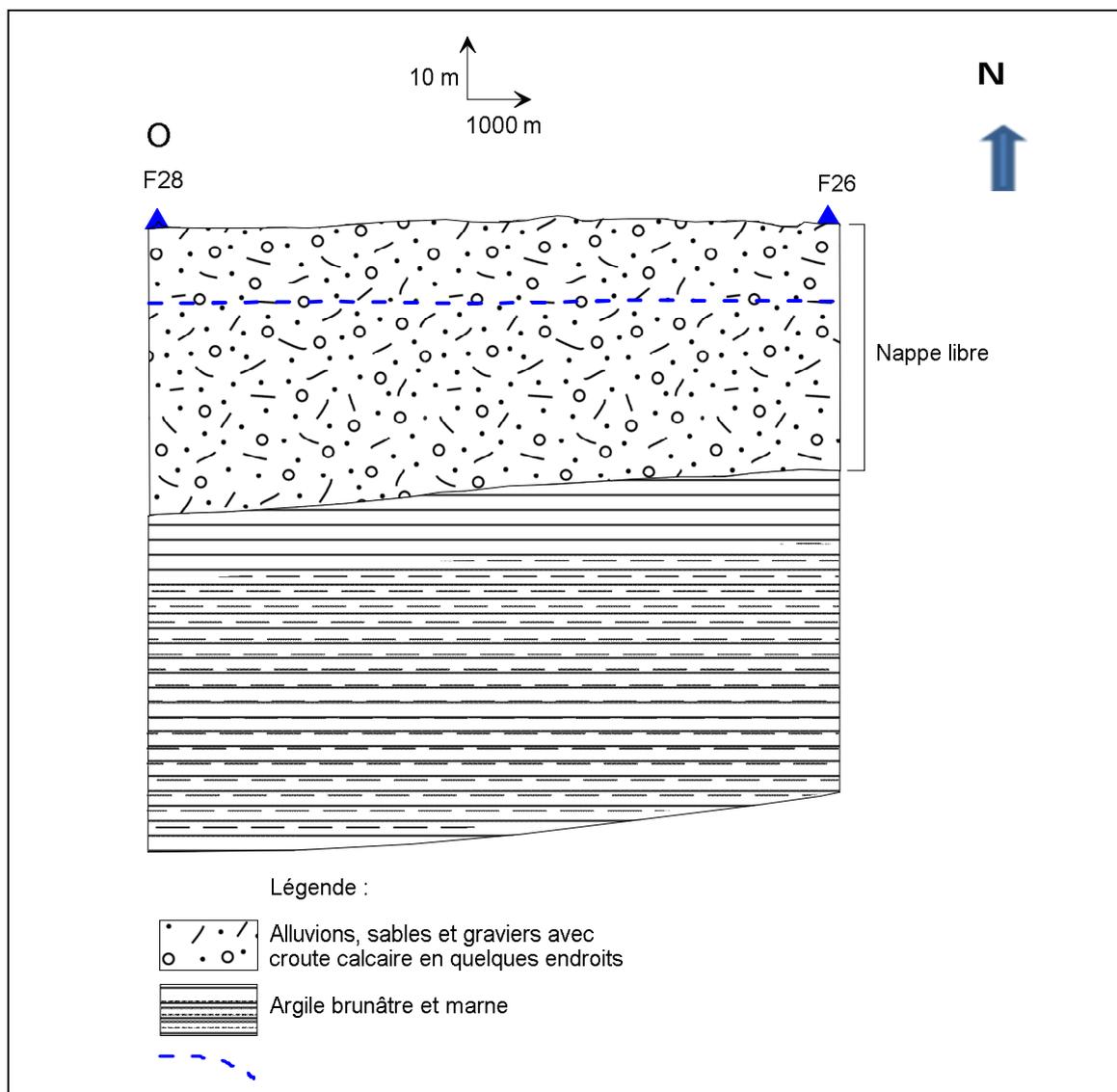


Figure 12 – Coupe hydrogéologique d'après le profil (I).

IV.3. Piézométrie

L'étude de la circulation des eaux souterraines est basée sur l'analyse de la surface piézométrique. La carte piézométrique permet de déterminer la profondeur de la nappe, le sens et la vitesse d'écoulement, le gradient hydraulique ainsi que les zones d'alimentation et d'accumulation des eaux souterraines.

Une campagne de mesure du niveau piézométrique a été effectuée durant le mois d'avril 2015 (hautes eaux), cette mesure a concerné cinq puits et forages répartis dans la région.

L'analyse de la carte piézométrique montre l'individualisation d'une ligne de partage des eaux plus au nord de la zone d'étude, à partir de cette ligne les eaux souterraines ont deux sens d'écoulement :

- Le premier se fait de l'est de la ligne de partage des eaux jusqu'à l'est puis le sud de la région (fig. 13).
- Le deuxième se fait de l'ouest de la ligne de partage des eaux jusqu'à l'ouest puis le sud de la région (fig. 13).
-

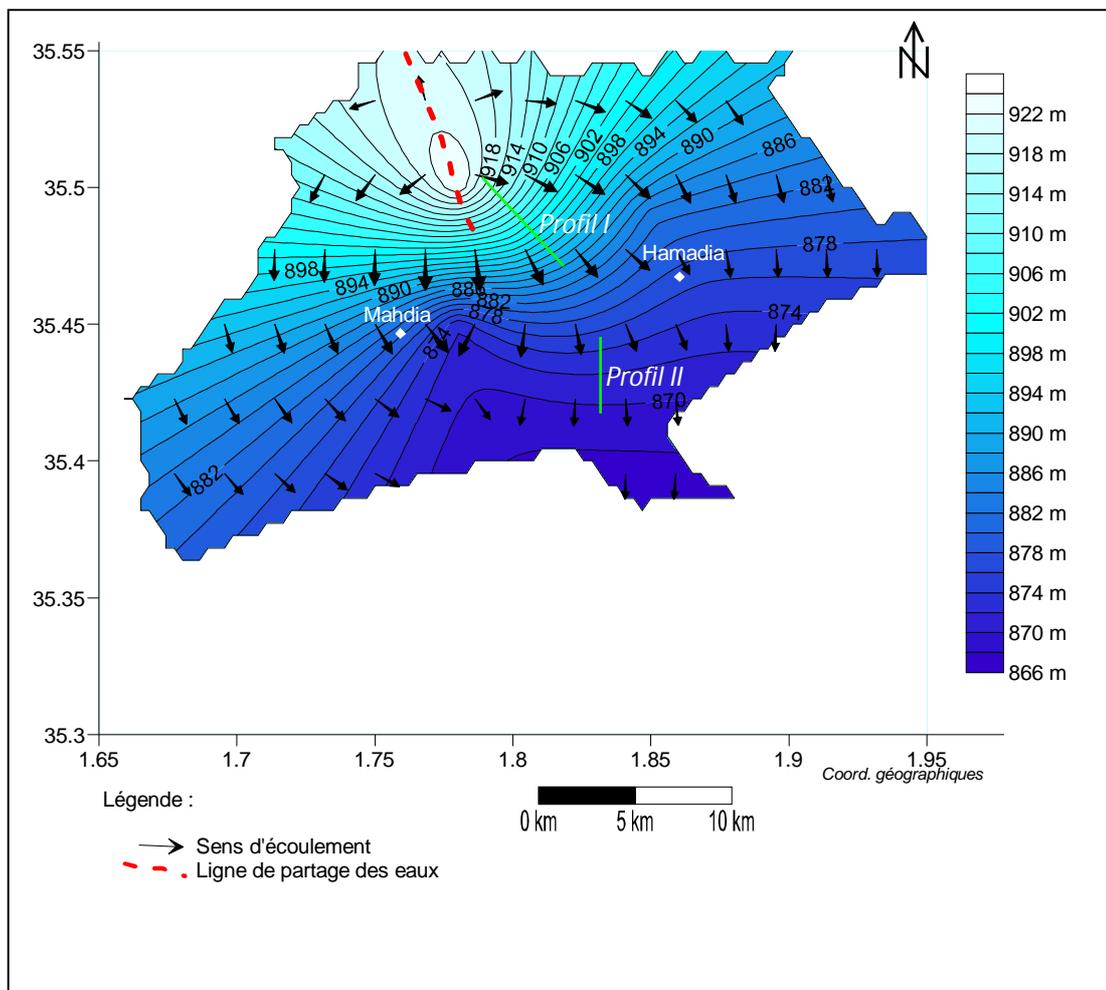


Figure 13 – Carte piézométrique de la région de Mahdia et Hamadia (avril 2015).

IV.4. Gradient hydraulique

Il est calculé d'après la formule suivante :

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

Tel que : i : gradient hydraulique.

h_1 : la charge en amont (m).

h_2 : la charge en aval (m).

L : distance entre h_1 et h_2 (m).

D'après la morphologie des cartes piézométriques, l'espacement des courbes isopièzes varie d'une région à l'autre. Cette variation est fonction de l'écoulement et donc du gradient hydraulique.

La comparaison entre les gradients hydrauliques de différentes régions (fig. 13) montre que la partie nord à proximités est et ouest de la ligne de partage des eaux (profil I) est caractérisée par des valeurs relativement fortes, qui sont l'ordre de 0.004, les courbes isopièzes sont très serrées.

Alors que plus au sud (profil II), le gradient a des faibles valeurs de l'ordre de 0.0008, les courbes isopièzes sont plus espacées (tableau 10).

Tableau 09 - Mesure du gradient hydraulique d'après la piézométrie du mois de d'avril 2015.

Points de mesure			Profil I	Profil II
Coord. géographiques	Point de départ	X	1.791E	1.832 ^E
		Y	35.506N	35.431N
	Point d'arrivée	X	1.822E	1.832 ^E
		Y	35.469N	35.403N
h_1 (m)			918	872
h_2 (m)			886	868
L (m)			7500	4800
Gradient hydraulique			0.004	0.0008

Conclusion

La région de Mahdia et Hamadia localisée dans le plateau de Sersou est caractérisée par la présence d'une nappe libre qui atteint 40 m de profondeur en certains endroits, cette nappe est formée d'alluvions, graviers et sables du quaternaire, et du grès dans la partie centrale et Est de la zone d'étude, alors que dans la partie nord cette nappe est constituée de calcaire friable et fissuré, leur substratum est constitué par une épaisse couche imperméable d'argile et marne. L'écoulement des eaux souterraines de fait suivant une ligne de partage des eaux en deux sens ; vers l'est et vers l'ouest de cette ligne, l'accumulation de eaux ensuite se fait plus au sud de la région.

Chapitre V

HYDROCHIMIE

V.1. Introduction

La qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental primordial pour tous les secteurs utilisateurs, les ressources en eaux souterraines peuvent être de mauvaise qualité en raison de problèmes d'origine naturelle ou de contamination, ou les deux, il est souvent nécessaire de connaître la qualité d'une eau avant de s'en servir. Dans le même contexte, nous essayerons de présenter les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la région de Mahdia et Hamadia, d'établir des cartes de distribution spatiales qui décrivent bien la répartition des éléments et paramètres physicochimiques dans la région.

V.2. Echantillonnage

L'étude a été menée sur des échantillons des eaux souterraines pour l'analyse physico-chimique provenant de 06 forages (fig. 14) dans la zone d'étude pour la période mai 2014.

Les échantillons ont été prélevés jusqu'à débordement dans des flacons en polyéthylène, rincés avec de l'eau distillée, puis avec l'eau à échantillonner puis bouchonnés et immédiatement mis dans une glacière. Les paramètres in situ pH et conductivité sont sur site avec un pH-mètre-conductimètre.

Les autres échantillons sont analysés au laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de Tiaret, le dosage a porté sur les éléments majeurs suivants :

- Cations: Ca^{+2} , Mg^{+2}
- Anions: Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- et NO_3^-
- Matière oxydable (MO)

Tous ces paramètres sont dosés par titrage volumétrique à l'exception de NO_3^- et SO_4^{-2} où leurs concentrations sont déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre.

Tableau 10 – Normes de potabilité des eaux selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2011).

Elément/ substance	Symbole/ formule	Lignes directrices fixées par l'OMS des eaux potables
Chlore	Cl^-	250 mg/l
Conductivité	CE	400 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Titre hydrotimétrique	TH	10 à 500 mg/l
Bicarbonate	HCO_3^-	10 à 350 mg/l
Nitrates	NO_3^-	50 mg/l
Matière oxydable (*)	MO	10 mg/l
Sulfate	SO_4^{-2}	500 mg/l
Calcium	Ca^{2+}	<200 mg/l
pH		6,5-8,5
Magnésium	Mg^{2+}	50 mg/l

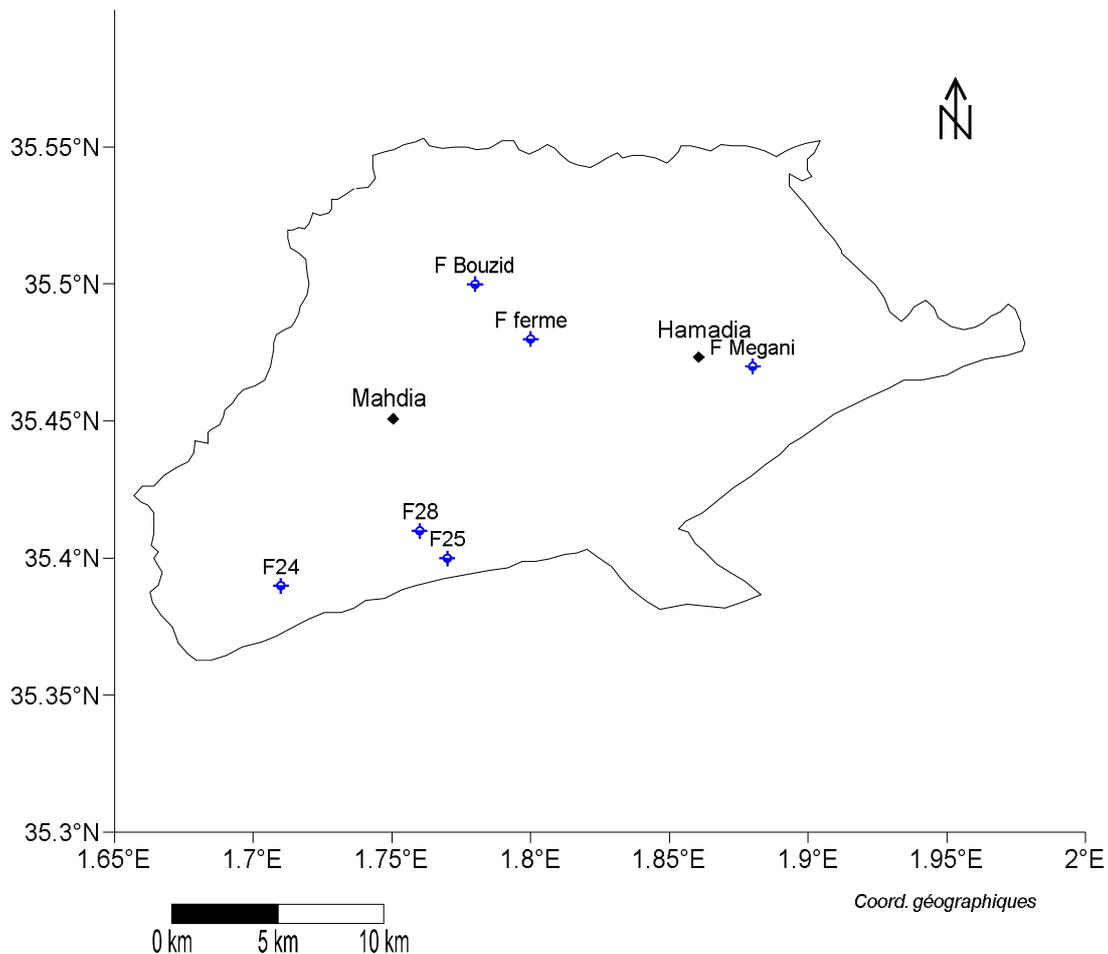


Figure 14 – Inventaire des forages pour les analyses physicochimiques.

V.3. Interprétation des résultats

V.3.1. Le pH

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6,5 et 8,5 selon les normes de l'OMS. Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH des eaux de la nappe libre ont une légère alcalinité, il varie entre un minimum de 7,58 au Forage 25 et un maximum de 7,75 au forage F_{ferme}, les eaux de la commune de Hamadia sont plus alcalines que celles de Mahdia (fig. 15).

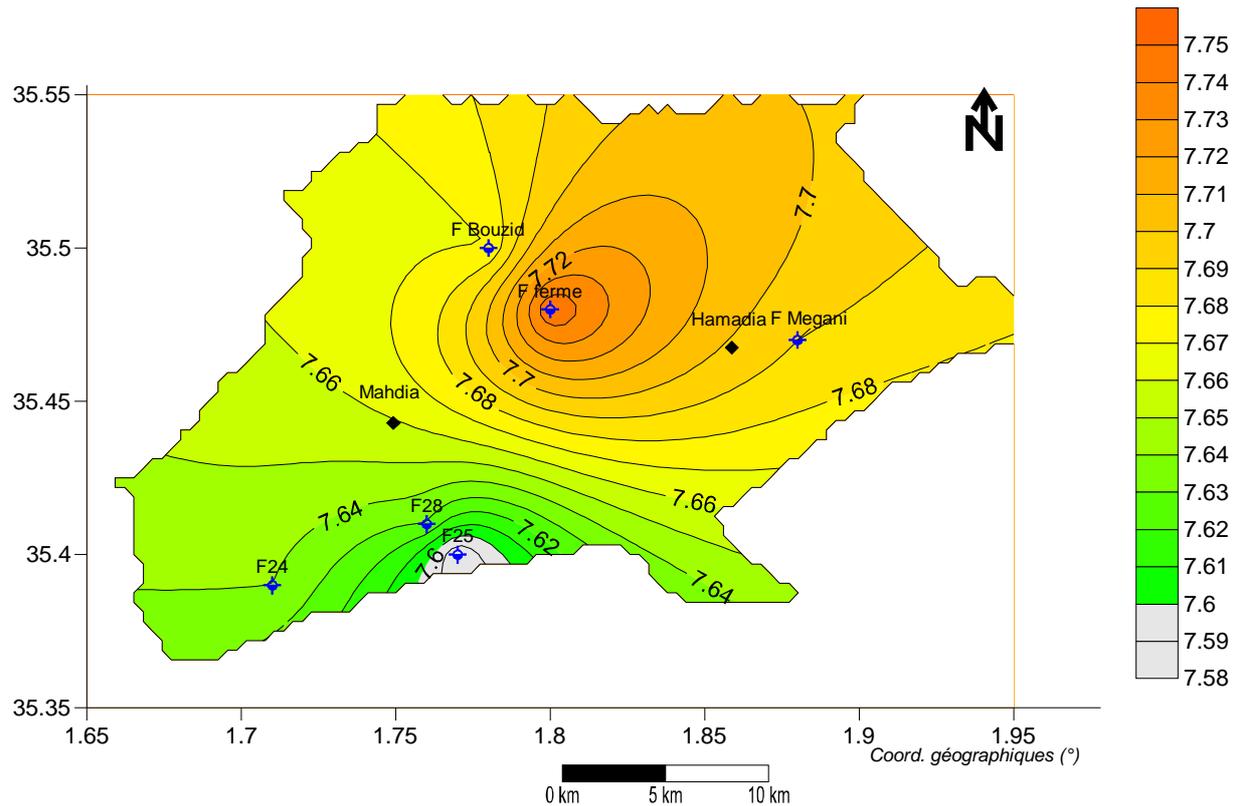


Figure 15 – Carte de distribution spatiale du pH.

V.3.2. La conductivité électrique

La conductivité électrique permet d'avoir une idée de la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. Pour l'eau d'alimentation la valeur guide est de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$

- 50 à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$: qualité excellente.
- 400 à 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$: bonne qualité.
- 750 à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: qualité médiocre mais eau utilisable.
- > 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: minéralisation excessive.

Les eaux de la zone d'étude sont très conductrices, ce qui implique une forte minéralisation des ces eaux qui impacte négativement sur leur qualité, la partie ouest au niveau de Mahdia et centrale (forage F_{ferme}) possèdent les valeurs les plus élevées, avec un maximum de 1419 $\mu\text{S}/\text{cm}$, (fig. 16).

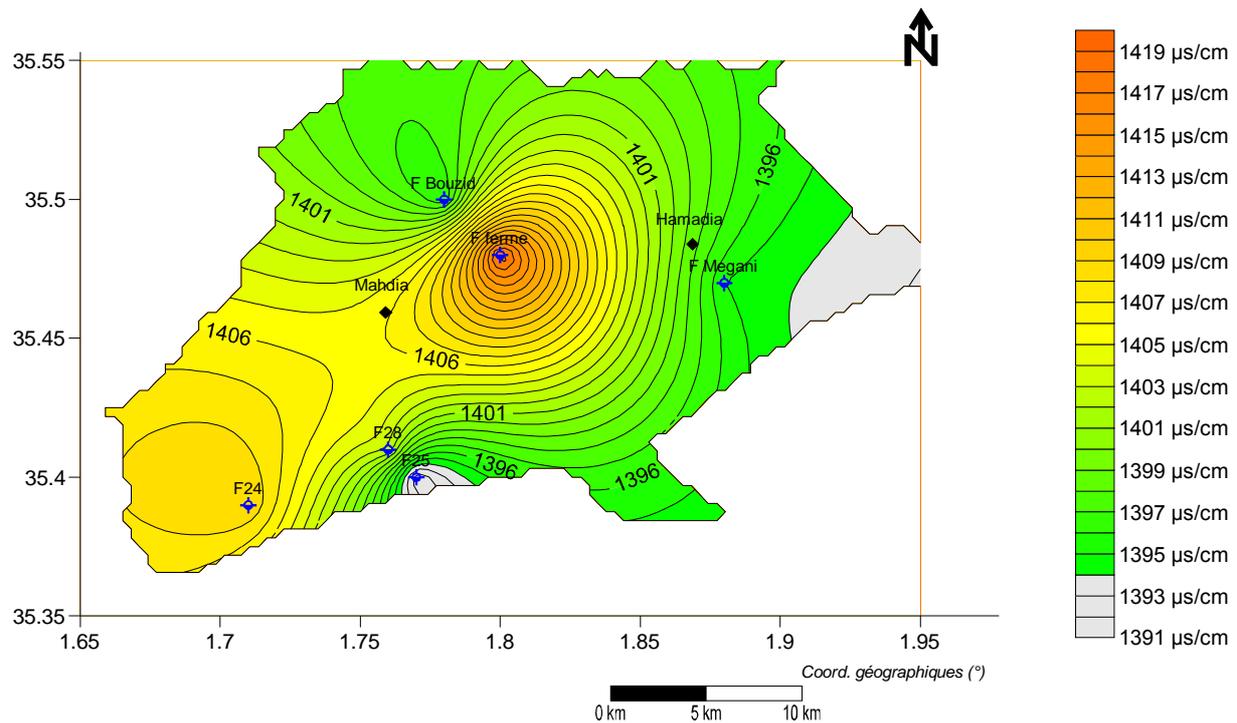


Figure 16 – Carte de distribution spatiale de la conductivité électrique.

V.3.3. La dureté (TH)

La dureté d'une eau correspond à la présence de sels de calcium et, dans une moindre mesure, des sels de magnésium (strontium, et baryum). On l'exprime en général en milligrammes d'équivalents de carbonate de calcium par litre.

D'après les teneurs dosées de la dureté on constate que les eaux souterraines de la zone d'étude sont très dures, les concentrations dépassent largement l'intervalle de la norme situé de 10 et 500 mg/l, cette augmentation touche plus fortement les eaux de la partie Est (F28, F_{ferme} jusqu'à Hamadia), le lessivage de la croûte calcaire influe directement sur l'augmentation de la dureté (fig. 17).

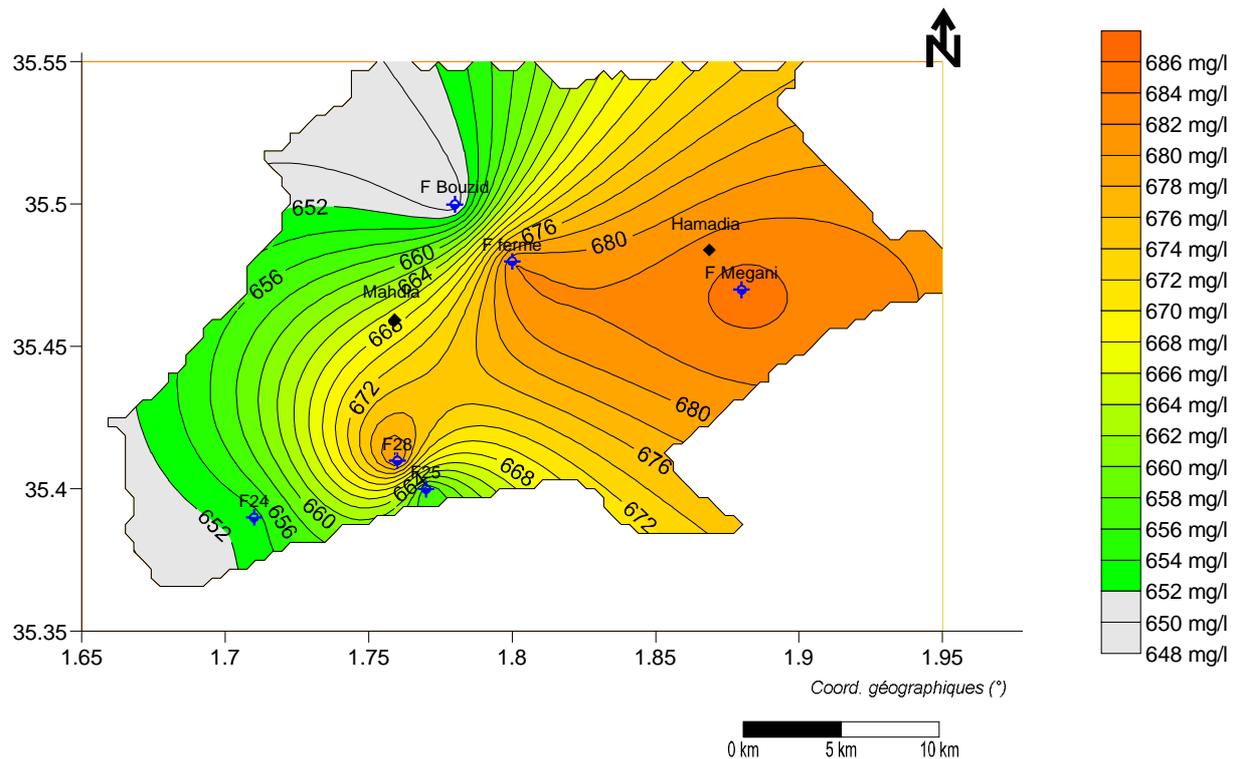


Figure 17 – Carte de distribution spatiale de la dureté.

V.3.4. Le Calcium

Elément qui constitue la dureté de l'eau, la norme de l'OMS exigée est inférieure à 200 mg/l. Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium, sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés carbonatés et évaporitiques. Les eaux souterraines de la zone d'étude possèdent des concentrations qui ne dépassent pas la norme, on remarque que la partie nord de la région est plus concentrée en cet élément que la partie sud, à cause du lessivage des formations géologiques carbonatées qui caractérisent cette partie (fig. 18).

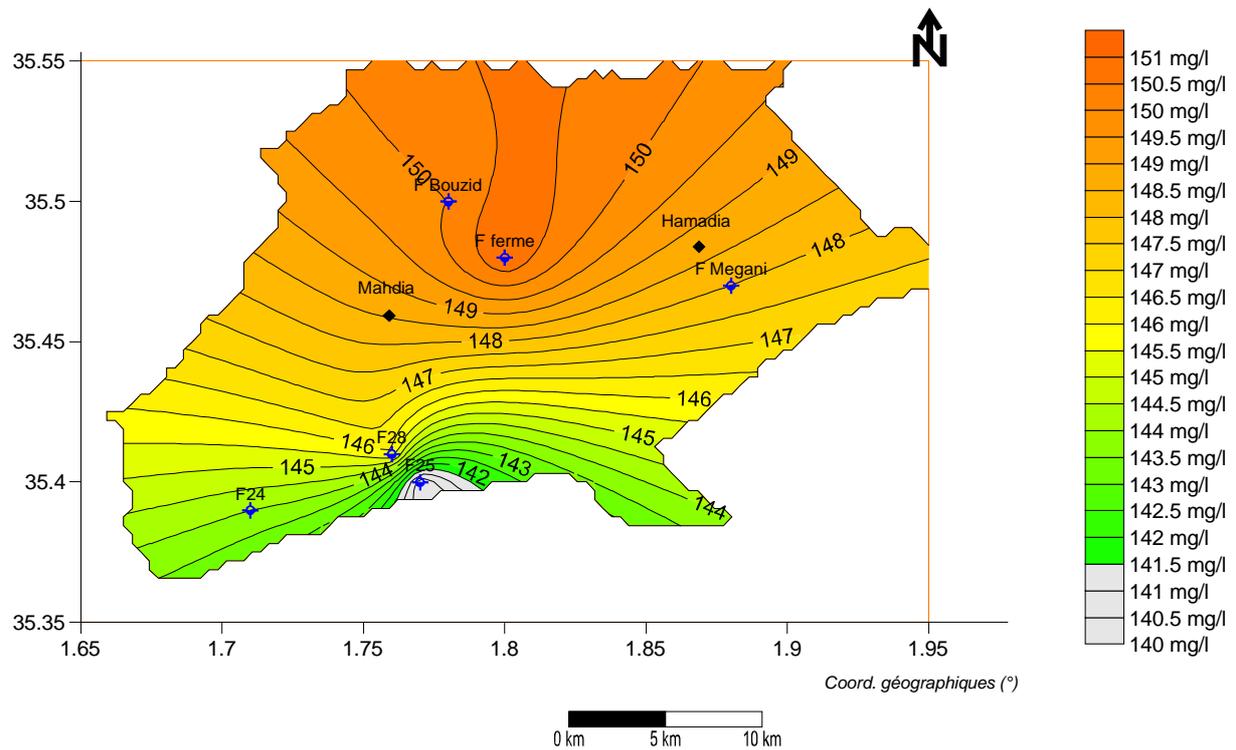


Figure 18 – Carte de distribution spatiale du calcium.

V.3.5. le magnésium

Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre, la plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitiques, dolomies,...). La norme fixée par l'OMS est de 50 mg/l pour les eaux potables. Cet élément se trouve dans des concentrations qui ne dépassent pas les normes, on remarque que les eaux souterraines de la partie nord de la zone d'étude (à Hamadia, Mahdia, F_{ferme}, F₂₄ et F_{Bouzid}) sont plus riches en cet élément, cela est dû aux formations calcaires et dolomitiques qui caractérisent ces endroits (fig. 19).

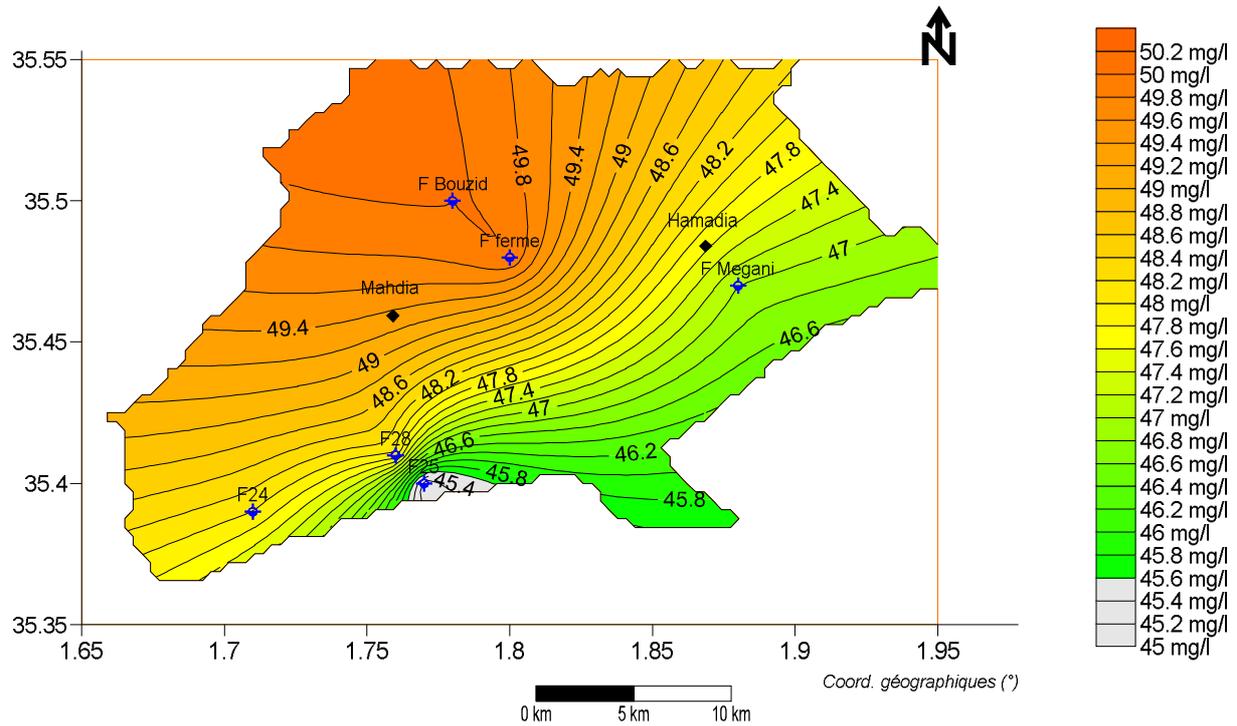


Figure 19 – Carte de distribution spatiale du magnésium.

V.3.6. Les chlorures

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (Humbert et Pommier, 1988 in Tarik, 2005), La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé Elle peut être aussi un signe de pollution (rejet industriel ou rejet d'eaux usées). Sur la base des résultats des analyses effectuées pour les échantillons des eaux, les teneurs en chlorures ne dépassent pas la norme fixée à 250 mg/l, elles varient entre 201 mg/l à 216 mg/l (fig. 20). Le substratum argileux impact directement lors de son lessivage sur la concentration en cet élément.

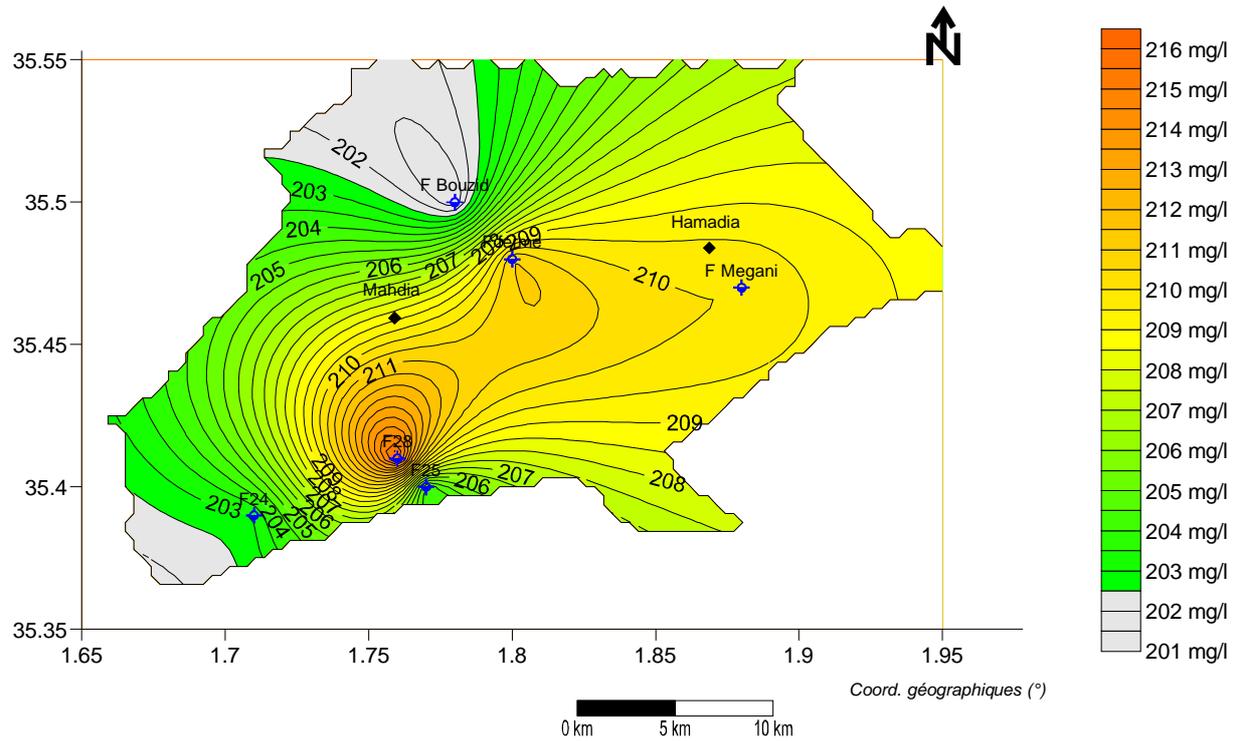


Figure 20 – Carte de distribution spatiale des chlorures.

V.3.7. Les sulfates

Les sulfates (SO_4^{2-}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries, cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate (HCEFLCD, 2006) ou aussi ils peuvent provenir des activités agricoles. D'après les résultats des échantillons analysés, les valeurs enregistrées restent inférieures à la norme fixée par l'OMS à 500 mg/l, le maximal est de 150 mg/l au niveau du nord-est de la zone d'étude (F_{Bouzid} , F_{ferme} et F26), cela est dû à l'activité agricole exercée dans cette région (fig. 21).

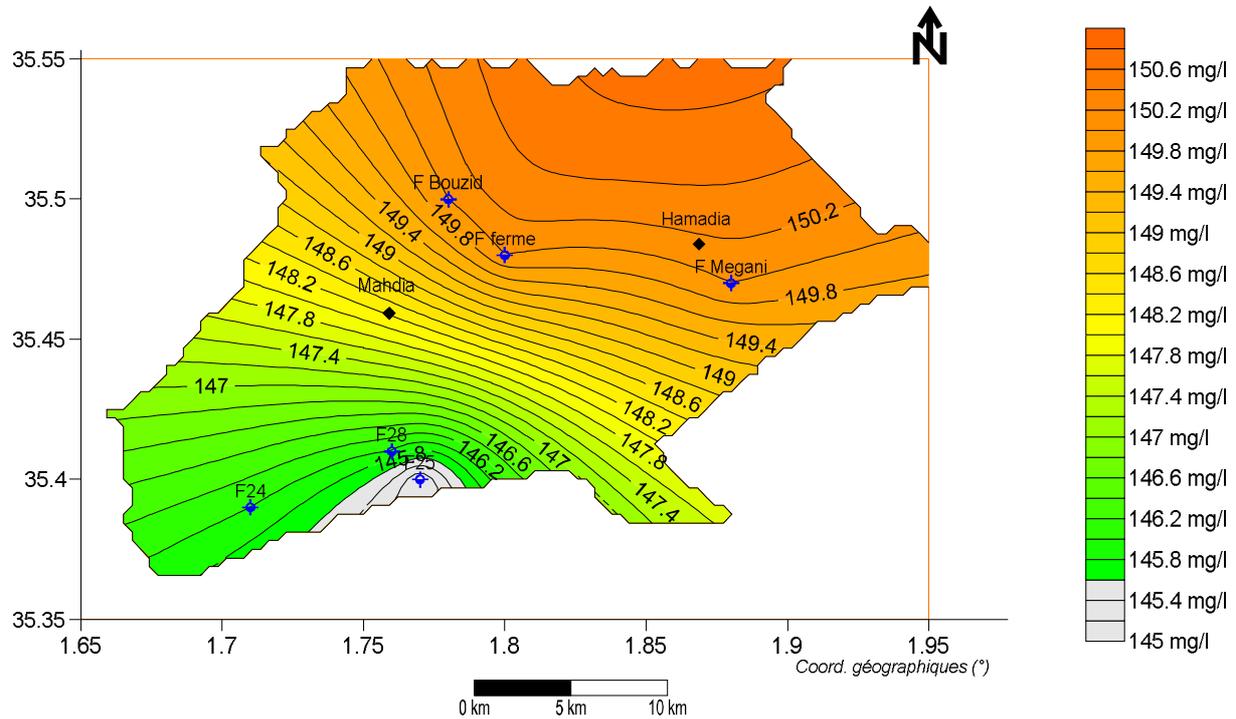
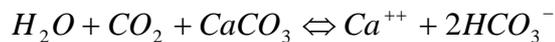


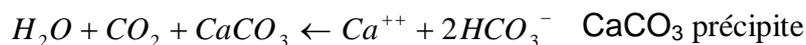
Figure 21 – Carte de distribution spatiale des sulfates.

V.3.8. Les bicarbonates

La précipitation (ou la dissolution) des carbonates dépend de la réaction suivante :



La présence des carbonates est donc contrôlée par le pH du milieu, lui-même contrôlé par la pression partielle de CO_2 (pCO_2). Une baisse de la pCO_2 augmente l'alcalinité. Dans les eaux naturelles l'alcalinité, exprimée en HCO_3^- , varie de 10 à 350 mg/l (J. Rodier et coll., 2005).



On remarque que les teneurs en bicarbonates ne dépassent pas la norme dans toute la région, mais que la partie nord est moins concentrée que la partie sud où en dose une valeur de 228 mg/l au niveau de F25, (fig. 22).

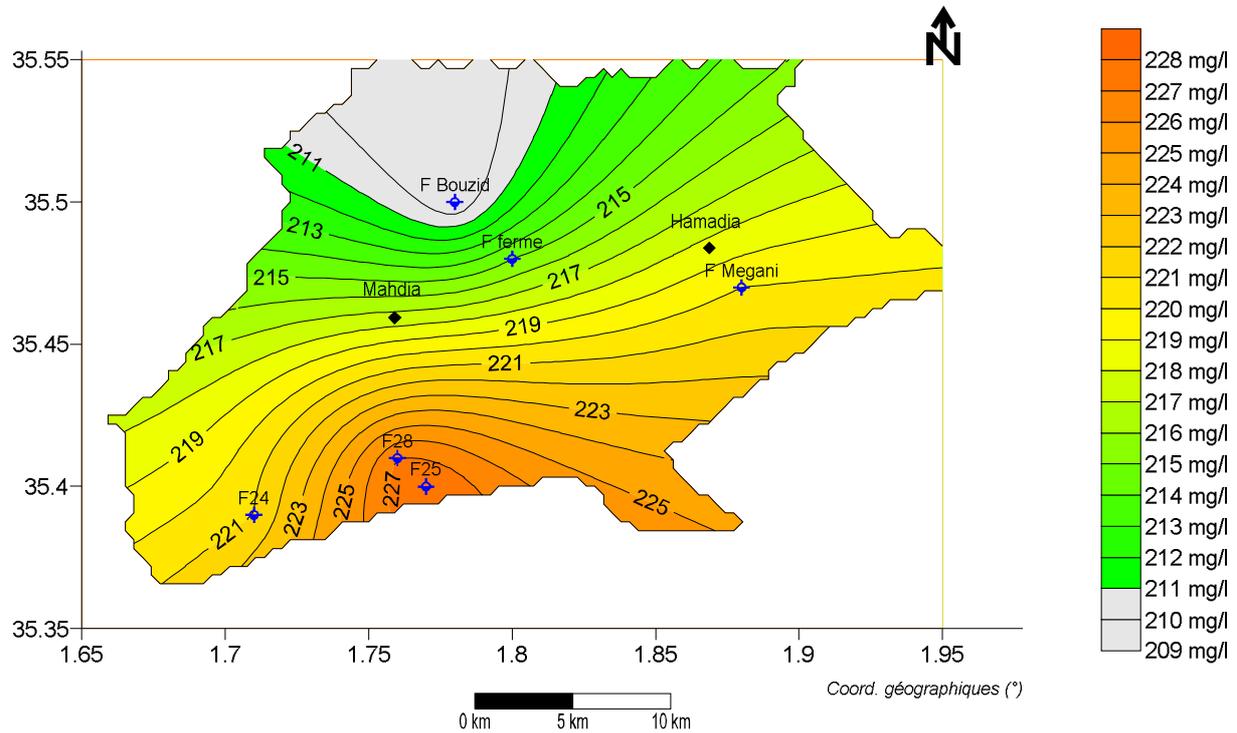


Figure 22 – Carte de distribution spatiale du bicarbonate.

V.3.9. Les nitrates

Les nitrates sont présents dans l'eau par le lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels (Samak, 2002). La carte des teneurs en nitrates (fig. 23) montre une des teneurs relativement fortes, qui oscillent entre 49,7mg/l (F24) et 50,04 mg/l (F25), mais qui restent inférieures relativement à la valeur admissible par l'OMS fixée à 50 mg/l. cet au niveau de toute la partie centrale et Est de la zone d'étude que ces concentrations sont importantes, on note que ces endroits ont une vaste vocation agricole.

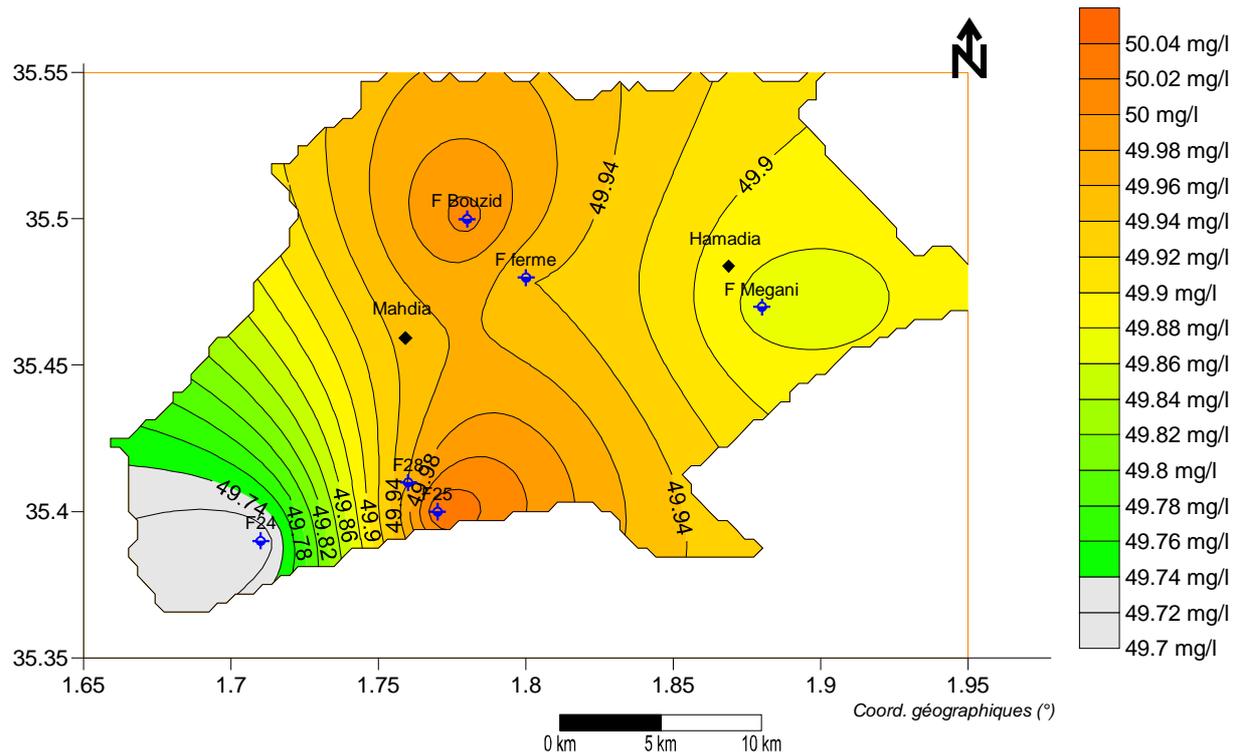
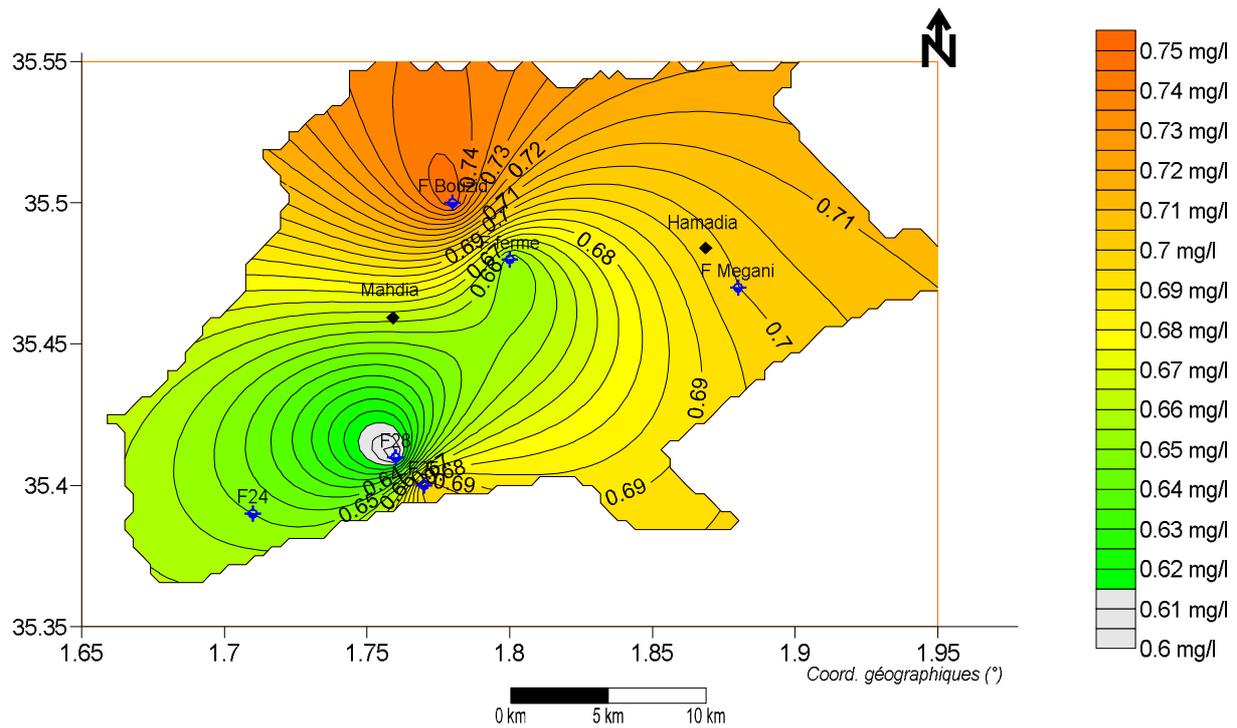


Figure 23 – Carte de distribution spatiale des nitrates.

V.3.10. La matière oxydable (MO)

La matière oxydable exprimée en mg/l de carbone organique total est un paramètre important du contrôle sanitaire des eaux d'alimentation, la valeur limite à ne pas dépasser les 10 mg/l. elle constitue l'essentiel de la partie biodégradable de la pollution organique rejetée. Pour l'éliminer, les bactéries présentes dans le milieu utilisent l'oxygène dissous dans l'eau. Des déversements importants de matière organique peuvent entraîner des déficits notables en oxygène dissous, perturbant ainsi l'équilibre biologique d'un cours d'eau.

Les eaux souterraines de la région possèdent des teneurs normales en MO, les concentrations ne dépassent guère 0.75 mg/l, (fig. 24).



Conclusion

D'après les résultats obtenus des analyses physicochimiques disponibles, on ne peut pas dire que les eaux souterraines de la région de Mahdia et Hamadia sont de bonne qualité car ces analyses sont incomplètes et manquent d'autres paramètres à analyser, mais d'une façon générale les teneurs de différents éléments sont acceptables à l'exception de la conductivité électrique et la dureté, où ces eaux sont très minéralisées et relativement dures.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Située à une distance de l'ordre de 47 km vers l'Est du chef-lieu de la wilaya de Tiaret, la région de Mahdia et Hamadia constitue la véritable extension du plateau de Sersou.

L'étude géologique régional de Tiaret possède une géologie très variée, depuis les chaînes de l'Atlas Tellien représentées par le massif de l'Ouarsenis où on rencontre des affleurements des terrains surtout du secondaire (crétacé inférieur et supérieur et le trias) ainsi que du tertiaire (miocène inférieur, oligocène et éocène) jusqu'aux nappes telliennes, où se trouve notre zone d'étude au niveau du plateau de Sersou. Toute la région est recouverte par une épaisse couche de formations sédimentaires (calcaires, poudingues, marnes, grès, argiles,...) qui reflète leur potentiel remarquable et important en ressources d'eaux souterraines.

L'étude hydroclimatique a révélé que le climat de la région est de type semi aride avec une période sèche qui débute de la moitié du mois de mai jusqu'à la fin du mois d'octobre et une période humide qui commence de la fin du mois d'octobre jusqu'au mois de mai. La zone d'étude située dans le sous bassin versant de Mechti Zarga qui occupe une superficie de 1549 km², avec un périmètre de 251.3 km possède un réseau hydrographique de faible densité et une forme allongée, fait partie du bassin Cheliff Amont-Boughzoul, lui-même localisé dans le grand bassin versant de Cheliff-Zahrez.

D'une autre part le bilan hydraulique établie par la méthode de C. W. Thornthwaite, a montré qu'une grande partie des précipitations est reprise par l'évapotranspiration (ETR = 268,11 mm), le déficit agricole est important (581,44 mm) et la hauteur de l'infiltration est de l'ordre de 55.9 mm, alors que la recharge interannuelle est relativement faible.

Le contexte hydrogéologique de la zone est caractérisée par la présence d'une nappe libre qui atteint 40 m de profondeur en certains endroits, cette nappe est formée d'alluvions, graviers et sables du quaternaire, et du grès dans la partie centrale et Est de la zone d'étude, alors que dans la partie nord cette nappe est constituée de calcaire friable et fissuré, leur substratum est constitué par une épaisse couche imperméable d'argile et marne. L'écoulement des eaux souterraines se fait suivant une ligne de partage des eaux en deux sens ; vers l'est et vers l'ouest de cette ligne, l'accumulation des eaux ensuite se fait plus au sud de la région.

L'étude hydrochimique à partir des résultats obtenus par les analyses physicochimiques des forages effectués au niveau du laboratoire de l'ADE de Tiaret (les analyses sont incomplètes et manquent d'autres paramètres à analyser), montrent que la qualité des eaux souterraines de Mahdia et Hamadia est bonne pour plusieurs éléments chimiques (Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^-), mais ces eaux ont quand même une forte dureté liée à la présence excessive surtout des ions du magnésium et une très forte minéralisation traduite par une très forte conductivité électrique, ce qui influe sur la qualité et la potabilité de ces eaux en quelques endroits.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- BEDRANE,M.A .,AMIEUR,F .,ABDI,N.H .,(2013).** Etude d'un essai de pompage « méthode par palier » dans un forage situé à la commune de Mahdia w. de Tiaret. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques
- BELGHITI,M.L .,CHAHLAOUI,A .,BENGOUMI,D ., EL MOUSTAINE, R .,(2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de meknès (MAROC). n° 14.Pp 21-36
- BERMOND,R ., VUICHAARD, R .,(1973).** Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, P 179.
- D.R.E** (Etude de Sersou , Annuaire 2010)
- DUSSART,B .,(1966).** Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier- Villars, Ed., Paris.
- HCEFLCD .,(2007).** Etude diagnostique de la zone humide AL Massira- Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), P 242.
- HCEFLCD .,(2006).** Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, P 201.
- LADJAL,R .,(2013).** Problématique de la mobilisation et de la préservation des ressources hydriques dans le Sersou (Bassin Cheliff amont Boughzoul). Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen, P145.
- Logiciel Surfer (2010).** Surfer version 10.1.561(32-bit) 1 2011, Surface Mapping System. Golden Software, Inc
- Perrin,R .,(1960).** Le Sersou.Etude de géographie humaine (Première article). In: Méditerranée, 1^{ère} année.
- SAMAKE,H .,(2002).** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, P 77.
- TARIK,A .,(2005).** Qualité physico-chimique de l'eau de boisson et lasolubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines Région du Maroc. Thèse de doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc, P 183.
- THORNTHWAITE, C.W., Mather, J.R., (1955).** The water balance. Pub. Climatol. Lab. Climatol. Drexel Inst. Technol. 8, 1-104.
- Turc, L., (1954).** Le bilan d'eau des sols : relations entre précipitations, l'évapotranspiration et l'écoulement. Ann. Agron. 5, 491-596.