Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques
www.fst-usmba.ac.ma

Année Universitaire : 2016-2017

Licence Sciences et Techniques : Géoressources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Piézomètrie de la nappe Fès-Meknès et l'étude de la qualité des eaux souterraines

Présenté par:

Tazi Mohammed-Jalal
Bouchebti Ahmed

Encadré par:

Pr. Benaabidate Lahcen, FST-Fès
Ing. Amasri Meryem, ABHS- Fès

Soutenu Le 12 Juin 2017, devant le jury composé de:

Pr. BENAABIDATE Lahcen

Pr. CHAOUNI Abdel-Ali

Pr. LAHRACH Abderrahim

Dr. ZIAN Ahmed

Stage effectué à : ABHS, Fès

Sommaire

Sommaire 2
Dédicace 4
Remerciements 5
Liste des figures 6
Liste des tableaux 7
Introduction 8
Présentation de l'ABHS 9
1. Organigramme : 10

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude (cadre générale)

2. Présentation de la région Fès-Meknès : 11
3. La géographie et La géomorphologie de la région : 12
4. Contexte géologique : 13
3.1. Lithostratigraphie : 14
5. Données climatologiques : 15
4.1. Précipitation : 15
4.2. Etude de la température : 18
4.3. Diagramme ombrothermique : 20
6. Contexte hydrologique 22
5.1. Réseau hydrographique 22

Chapitre 2 : Synthèse hydrogéologique

1. Nappe phréatique du bassin de Saiss : 23
1.1 Lithologie de la nappe : 23
1.2 Profondeur de la nappe 24
2. Nappe profonde du Lias : 24
- *Lithologie de la nappe 24*
- *Structure de la nappe 24*
3. Bilan hydraulique globale : 25
4. Elaboration de la carte piézométrique : 25
4.1. Piézométrie de la nappe Fès-Meknès : 25
4.2. Nouvelle délimitation selon la directive cadre européenne : 30

1. Définitions des paramètres utilisés : 33
2. Interprétation des résultats : 34
Conclusion générale : 39
Références bibliographiques : 40

Dédicace

A dieu le tout puissant notre créateur,

A nos très chers parents, pour leurs soutiens tout au long de notre cursus, pour la confiance qu'ils nous ont accordé depuis toujours, pour tous les soutiens dont ils ont fait preuve à notre égard, Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de nos études.

Nul mot ne peut exprimer ni votre valeur ni l'amour et le profond respect que nous portons envers vous, On vous remercie du plus profond de notre être, pour votre existence à nos côtés qui a donné un sens à notre vie, vous étiez et vous resterez toujours toute l'inspiration de notre âme, nous prions le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de nous.

A Nos grandes familles qui nous ont toujours soutenus.

A tous nos professeurs, Leur générosité et leur soutien nous oblige de leurs témoigner nos profonds respects et notre loyale considération.

A tous nos amis, nos proches on dédie ce travail …

Tazi Mohammed-Jalal

Bouchebti Ahmed

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont permis de faire de deux mois de stage à l'agence du bassin hydraulique de Sebou une réussite, et qui nous ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord nos remerciements vont à Mr Lahcen Benaabidate pour son encadrement et ses qualités humaines et scientifiques, ses conseils encourageants, pour son temps et ses efforts qui ont contribué grandement au bon déroulement de ce travail.

Nous sommes particulièrement redevables à Mademoiselle Meryem Amasri notre encadrante pour le suivie ininterrompu de ce projet et pour le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer ainsi que ces conseils précieux

Nous tenons à remercier également Mademoiselle Mizane Leila, chef service qualité des eaux et Mr Mehdi Squalli, Ingénieur à l'ABHS, pour leurs conseils et leurs appuie durant toute la période de stage

Mes remerciements s'adressent également aux membres de jury pour avoir accepté de juger ce travail.

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la nouvelle régionalisation administratives du Maroc
Figure 2 : Carte administrative de délimitation du bassin de Sebou (extrait PDAIRE)
Figure 3 : Carte de situation du bassin de Fès-Meknès
Figure 4 : Carte géologique du bassin Fès Meknès (Cirac.P,1987)
Figure 5 : Coupe géologique schématique du bassin Fès-Meknès
Figure 6 : Variation des précipitations moyennes annuelles dans la région Fès-Meknès
Figure 7 : Variations des précipitations moyennes saisonnières dans la région Fès-Meknès
Figure 8 : Pluies mensuelles moyennes (1978-2016) dans les stations Fès et Ain bitit
Figure 9 : Températures minimales, moyennes et maximales (1978-2017)
Figure 10 : Diagramme ombrothermique de Fès
Figure 11 : Diagramme ombrothermique de Meknès
Figure 12 : Diagramme ombrothermique d'Ifrane
Figure 13 : Carte du réseau hydrographique de la région Fès-Meknès (01/05/2017)
Figure 14 : La Répartition géographiques des piézomètres
Figure 15 : Carte piézométrique de la nappe phréatique Fès-Meknès selon les données 2016/2017
Figure 16 : La piézométrie de la nappe de Saiss de l'année 2004
Figure 17 : Carte de la nouvelle de limitation du bassin Fès-Meknès
Figure 18 : Etat qualitative des puits analysés (mars/mai 2013)
Figure 19 : Etat qualitative des puits analysés (Octobre/Novembre 2013)
Figure 20 : Etat qualitative des puits analysés (mars/Avril 2016)
Figure 21 : Etat qualitative des puits analysés (Juillet/Aout 2016)

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées et données moyennes des stations météorologiques

Tableau 2 : Données des stations climatologiques de la région Fès-Meknès (Période 1978-2017)

Tableau 3 : Les principaux cours d'eaux de la région Fès-Meknès

Tableau 4 : Relevés piézométriques de l'années 2016/2017

Tableau 5 : Paramètres de pollution physico-chimique, organique et bactériologique

Tableau 6 : Qualité des eaux de la nappe Fès-Meknès 2013

Tableau 7 : Qualité des eaux de la nappe Fès-Meknès Juil/Août 2016

Tableau 8 : Qualité des eaux de la nappe Fès-Meknès Mars Avril 2016

Introduction

Dans le cadre de la politique nationale de gestion des eaux souterraines au Maroc, en accord avec la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE), l'Agence du Bassin Hydraulique de Sebou (ABHS) nous a demandé de réaliser une cartographie piézométrique :

- De la nappe Fès-Meknès correspondant à l'aquifère des calcaires dolomitiques et des marnes du Plio-quaternaire selon les données de forages 2016,
- Par la délimitation des masses d'eau souterraine selon la Directive cadre européenne.

Cette région est constituée d'un bassin miocène reposant sur des formations liasiques et surmonté de formations plio-quaternaires. L'eau consommée localement provient principalement de la nappe profonde des calcaires et calcaires dolomitiques du Lias.

L'objectif de ce projet est d'acquérir des données de mesure afin d'obtenir une cartographie de l'état piézométrique de la nappe et faire une étude comparative des cartes piézométriques. Cette cartographie permettra de prendre connaissance de la situation et du fonctionnement des aquifères afin de permettre à l'agence de l'eau de planifier la gestion de ce bassin dans leur plan directeur d'aménagement qui intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou (PDAIRE) dans un souci de cohérence de leurs actions.

La première partie de ce rapport sera consacrée à la définition du sujet, elle apportera des informations sur ce qu'est une carte piézométrique et sa réalisation ainsi que de faire un suivi piézométrique et de faires des conclusions.

La seconde partie présentera les moyennes mises en œuvre pour la réalisation la carte piézométrique par la délimitation des masses d'eau souterraines selon la directive cadre européen (DCE).

Présentation de l'ABHS

Etablissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, l'Agence de Bassin gère les ressources en eau d'un bassin hydraulique en associant l'ensemble des acteurs de l'eau en veillant à la protection du domaine public hydraulique dans le but d'un développement durable. L'agence est administrée par un conseil présidé par l'autorité gouvernementale chargée des ressources en eau.

L'Agence du Bassin Hydraulique du Sebou :

Organise le développement des Ressources en Eau par :

- L'évaluation des ressources en eau
- La planification de l'aménagement des ressources en eau
- Le suivi qualitatif et quantitatif des ressources en eau
- La gestion des ressources en eau
- Le contrôle des ressources en eau
- Le recouvrement des redevances financières

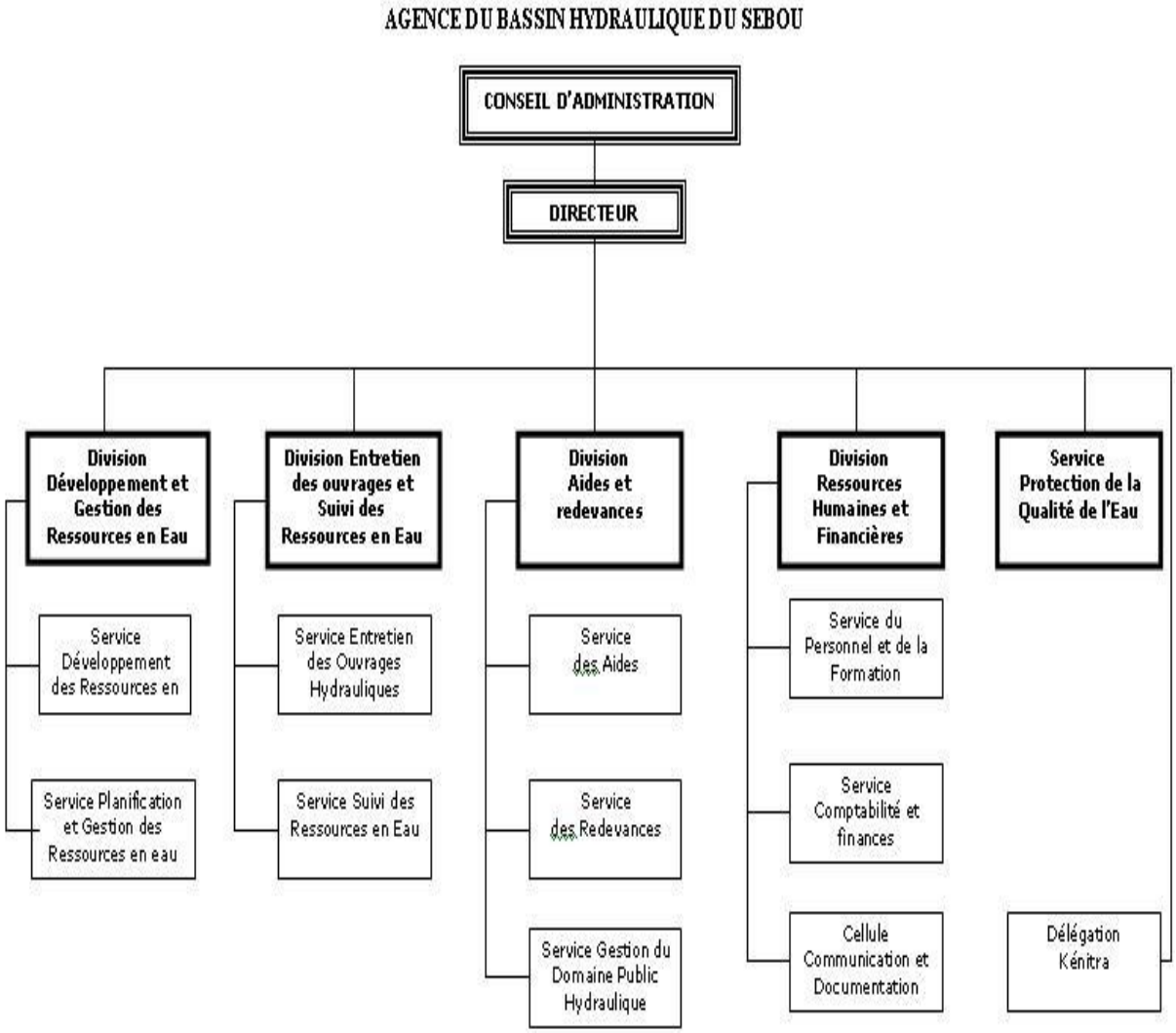
Elle a pour principales missions :

- L'évaluation, la planification et l'aménagement des ressources en eau ;
- Le suivi qualitatif et quantitatif des ressources en eau ;
- Le recouvrement des redevances financières ;
- La gestion et la sauvegarde du Domaine Public Hydraulique ;
- L'entretien, la maintenance et l'exploitation des ouvrages hydrauliques ;
- L'assistance technique et la réalisation de prestations aux usagers ;
- Le développement du partenariat, …

L'Agence du Bassin Hydraulique du Sebou veille à assurer un service de l'eau dans les conditions de qualité et de proximité requises par l'usager notamment à travers :

- La recherche et le dégagement de nouvelles ressources ;
- La garantie de l'allocation des ressources en eau ;
- La prévention contre la pénurie et l'atténuation des effets de la sécheresse ;
- Le contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques et leur maintenance ;

Organigramme :



Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

1. Présentation de la région Fès-Meknès

La région de Fès –Meknès est située au Centre Nord du Royaume , limitée au Nord par la région de Tanger-Tétouan-Al Hoceima, à l'Ouest par Rabat-Salé-Kenitra, à l'Est par la région de l'oriental et au Sud par Beni Mellal-Khénifra et Draa-Tafilalet, et couvre une superficie de 39 044 Km², soit 5.47% du territoire national en plus qu'elle se caractérise par une diversité des milieux physiques et des caractérisations naturelles, le climat est généralement continental avec des influences méditerranéennes sur cette zone.

Cette région présente la troisième région parmi les douze régions du nouveau découpage administratif. Elle comporte deux préfectures (Fès, Meknès) et sept provinces (Boulemane, EL Hajeb, Taza, Taounate, Sefrou, Ifrane, Moulay Yacoub).

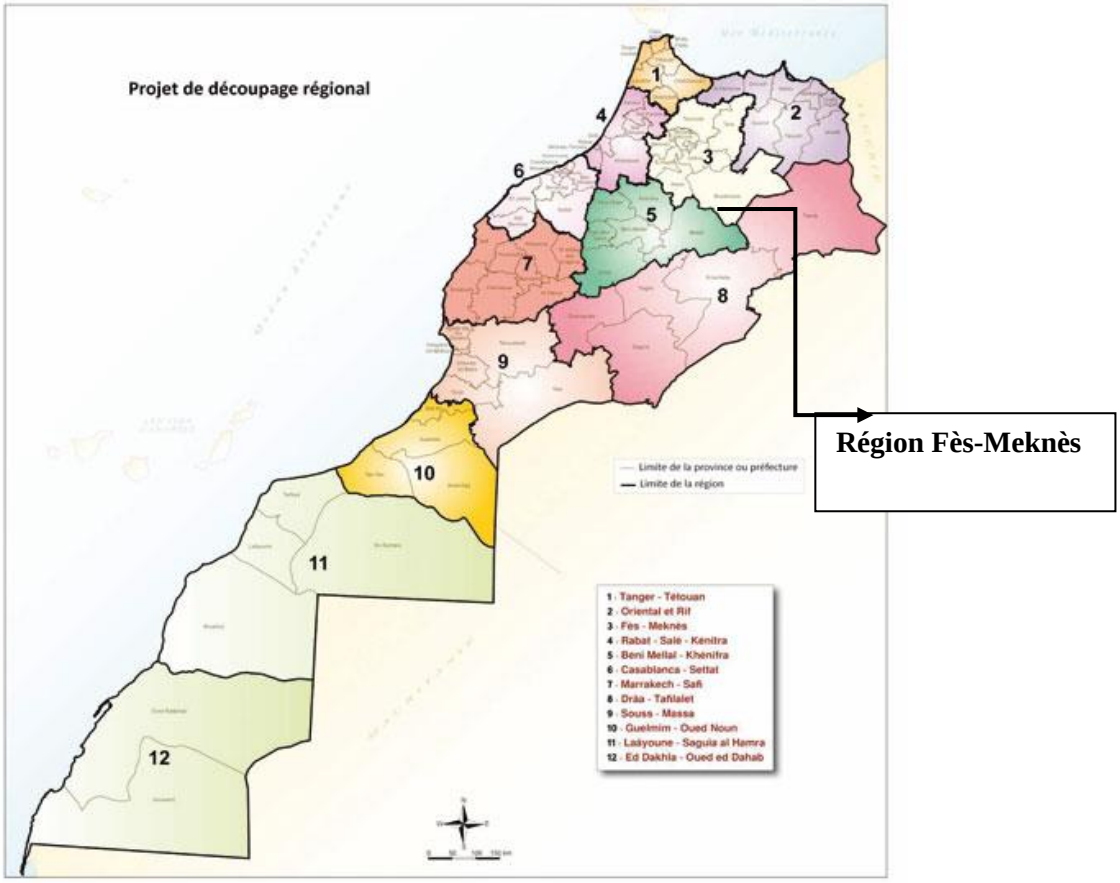


Figure 1 : Carte de la nouvelle régionalisation administrative du Maroc

2. La géographie et la géomorphologie de la région

- Le bassin de Fès- Meknès appeler aussi bassin de Saiss s'étend sur environ 100 km d'Ouest en Est et de 30 km du Nord au Sud, entre les coordonnées Lambert : entre « 465 et 545 km » pour (X), et entre « 335 et 385 » km pour (Y) totalisant une superficie d'environ 2100 km^2. Ses limites naturelles sont constituées (Fig. 2) par :

- L'oued Sebou à l'Est ;
- L'oued Beht à l'Ouest ;
- Les rides pré rifaines au Nord ;
- La limite Nord du Causse moyen-atlasique au Sud.

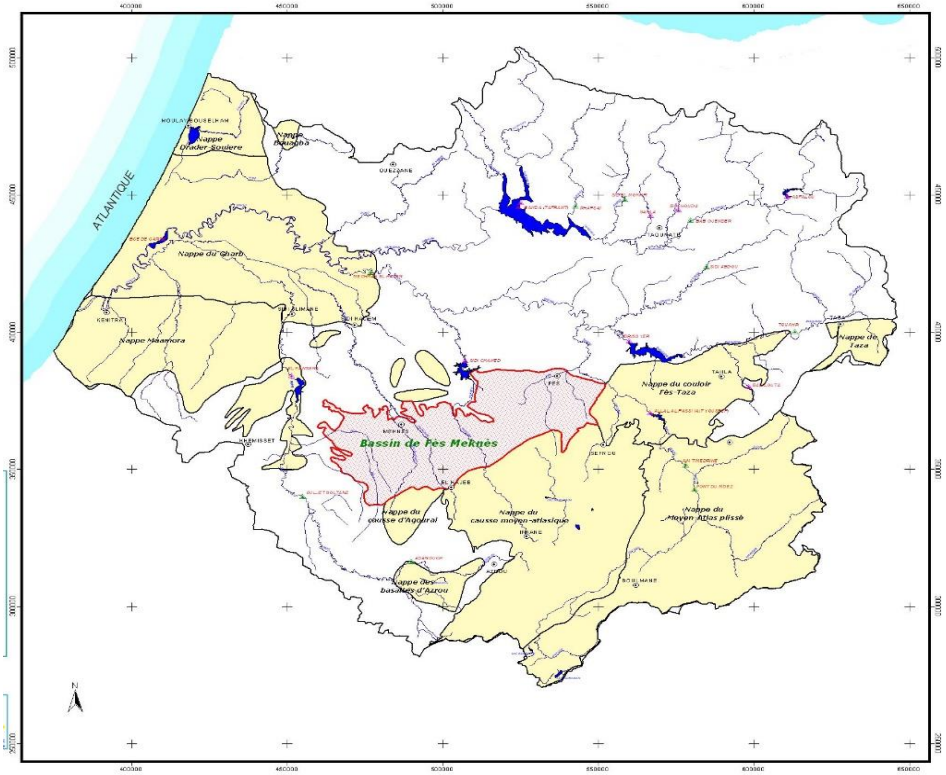


Figure 2 : Carte de situation du bassin de Fès-Meknès (extrait PDAIRE)

- Le bassin est subdivisé en deux parties structurales principales par la flexure d'Ain Taoujtate (de direction NW-SE) : le plateau de Meknès à l'Ouest et la plaine du Saïss à l'Est, qui sont à l'origine d'une structuration topographique en paliers.

- Le plateau de Meknès occupe la partie Ouest du bassin. L'altitude du sol varie entre 600 et 700 m, avec une pente de 1.5%. Il se redresse brutalement au contact des rides pré-rifaines (Jbels de Zerhoun et Kafs).

- La plaine de Saiss occupe la partie centrale et Est du bassin. La cote topographique décroît du Sud vers le Nord et varie entre 700 et 400 m. L'altitude augmente rapidement au contact des rides pré-rifaines (Jbels Tghat et Zalagh). La plaine de Fès contient des zones basses et mal drainées, à l'origine de marécages, comme c'est le cas de l'étang de Douyet à l'Ouest de la ville de Fès.

3. Contexte géologique :

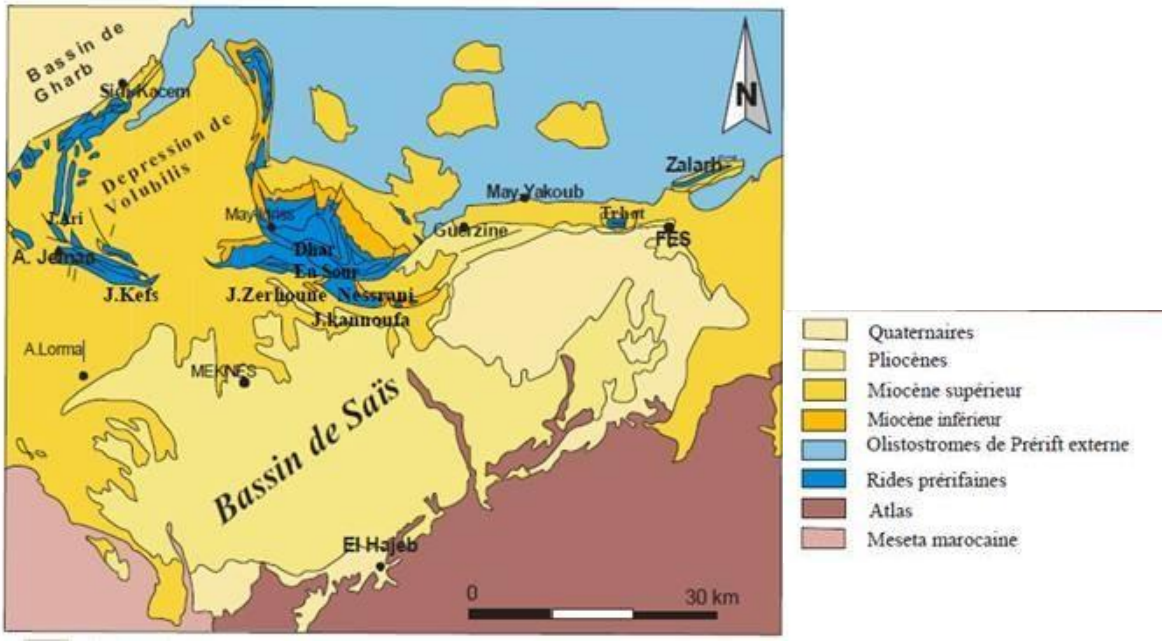


Figure 3 : Carte géologique du bassin Fès Meknès (Cirac,1987)

Le bassin de Fès-Meknès qui est appeler aussi le bassin de Saiss constitue la partie médiane du sillon sud-rifaine formé au Miocène supérieur (fig. 3). Ce dernier est caractérisé principalement par sa situation entre deux grands domaines structuraux très différents : le domaine rifain et pré rifaine au Nord, et le domaine méseto-atlasique au Sud. Le bassin de Saiss est limité à l'Est par la vallée de l'oued Sebou et à l'Ouest par l'oued Beht.

Sa superficie totale est de 2100 Km^2. Il est considéré, dans son ensemble comme un vaste synclinal dissymétrique de direction E-W qui s'enfonce progressivement du Sud vers le Nord, et se redresse brusquement au contact des rides pré rifaines. Le remplissage est constitué, au-dessus des marnes du Tortonien, par des formations détritiques et lacustres. Dans le plateau de Meknès, les calcaires du Plio-villafranchien déterminent une surface structurale que les oueds érodent et entaillent profondément. Par contre, la plaine de Fès est en grande partie une plaine d'érosion encroûtée.

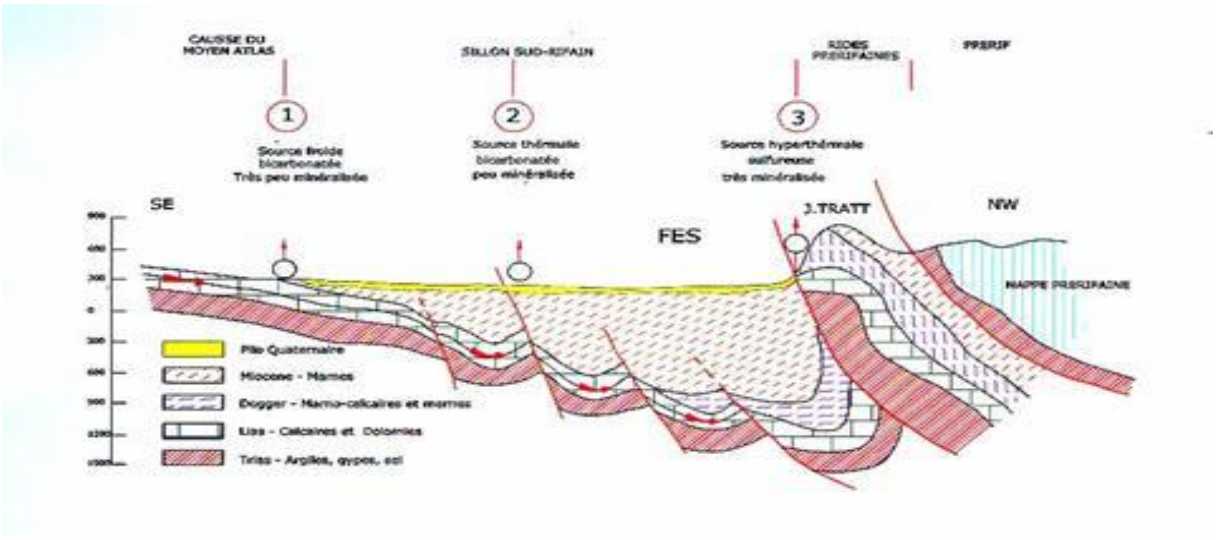


Figure 4 : Coupe géologique schématique du bassin Fès-Meknès (Combe, 1963)

3.1. Lithostratigraphie :

La figure ci dessus (Fig.4) montre que entre les deux grandes unités structurales qui forment les limites N et S du bassin (Pré rif et Moyen Atlas) une transgression marine a déposé au Miocène une série marneuse suivie au Plio-Villafranchien et au Quaternaire par des dépôts continentaux, Les deux grandes unités du Pré rif et du Moyen Atlas, influencent directement la structure actuelle du bassin : le Moyen Atlas se prolonge sous le bassin et correspond au substratum anté Néogène dont les accidents ont rejoué en déterminant toutes les flexures de direction SW-NE. Le Pré rif, ou plus précisément la tectonique rifaine, crée toutes les flexures de direction SE NW, Le substratum anté-Néogène est formé essentiellement par le Lias calcaire et dolomitique, les argiles bariolées du Trias ou les schistes du Primaire.

Le Trias est constitué d'un niveau inférieur constitué d'argilites rouge brique homogènes à passées salifères. Sa base est caractérisée, au contact de la surface d'érosion, par un conglomérat de base à éléments décimétriques, un niveau intermédiaire composé essentiellement de basaltes sous forme de coulées superposées (Fig .5).

Les faciès les plus fréquents dans les terrains paléozoïques sont ici les formations connues sous le nom de schistes. Dans ces derniers, on peut distinguer deux types de faciès : soit les pélites et les argilites.

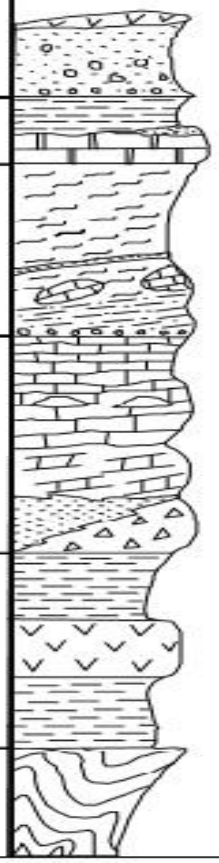
Age	Log	Epaisseur (m)	Description des faciès
Quaternaire		0 à 50	Coulées basaltiques, travertins et tufs, limons anciens et cailloutis
Pliocène		10 à 50	Calcaires lacustres et sables fauves
Miocène		0 à 1000 20 à 50	Marnes bleues avec intercalation de quelques niveaux gréseux **(Tortonien)** Calcaires gréseux et mollasses à la base **(Burdigalien)**
Lias		20 à 80 50 à 150	Dolomies litées, recouvertes de calcaires à silex et calcaires dolomitiques, le tout surmonté de calcaires gris **(Lias moyen)** Dolomies sableuses friables, recouvertes par des dolomies massives et surmontées par des dolomies litées **(Lias inférieur)**
Trias		Dizaines à centaines	Alternance d'argiles rouges gypsifères et salifères avec des basaltes doléritiques
Paléozoïque		Quelques centaines	Schistes bruns, parfois violacés, des grès, des quartzites et des calcaires gréseux **(Viséen)**.

Figure 5 : Log litho stratigraphique synthétique du bassin de Saiss

1. Données climatologiques :

4.1. Précipitation :

Dans cette étude on s'est basé sur les résultats enregistrés par six stations météorologiques (Tab. 1) pour caractériser le climat de la région étudiée. Ces données ont été fournies par l'agence du bassin hydraulique de Sebou

Le climat du bassin est du type semi-aride à hiver tempéré.

La pluviométrie est assez importante dans le bassin elle varie entre 316mm /an dans la station de Idriss 1er et 475.7 mm/an à la station d'Ain Bitit.

Il est a noté que les précipitations montrent une baisse par rapport à la moyenne calculer antérieurement entre les années 1934 à 2001 (Fig. 6).

Tableau 1 : Coordonnées et données moyennes des stations météorologiques

Stations	Altitude Z (m)	Latitude Y (m)	Longitude X (m)	Précipitations moyennes 1978-2016
Ain bitit	727	33470	51100	475.7
Fès abhs	415	381913	536598	401
Pont Sebou	85	411804	522773	316
Dar el arsa	138	397418	543327	416
Idriss 1er	200	395772	559358	364
Sidi chahed	190	390017	506741	337.5

4.1.1 Précipitations annuelles :

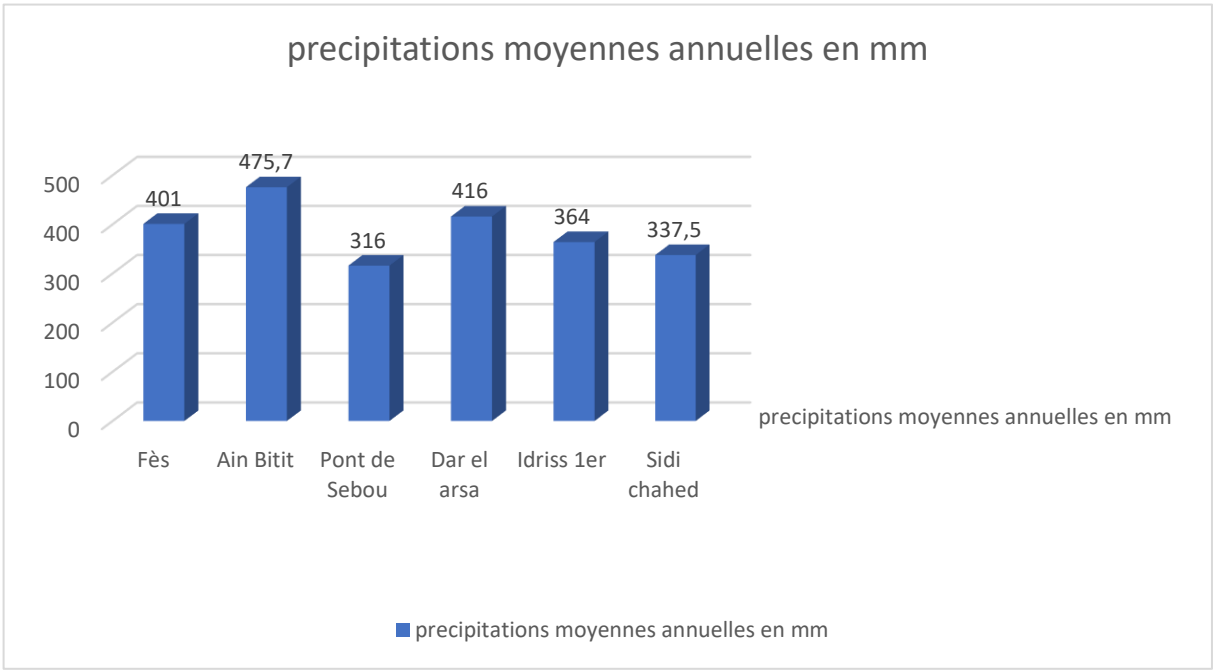


Figure 6 : Variation des précipitations moyennes annuelles dans la région Fès-Meknès

4.1.2 Variations saisonnières

Pour les six stations le régime de précipitations est du type méditerranéen. La variation des pluies mensuelle moyenne entre les deux stations est comparable .la période humide dure du mois d'octobre au mois de mai, alors que la période sèche s'étale du mois de juin au mois de septembre (Fig. 7).

L'histogramme ci-joint montre que les précipitations sont maximales en hiver suivit de l'automne et du printemps alors que la saison sèche est celle d'été.

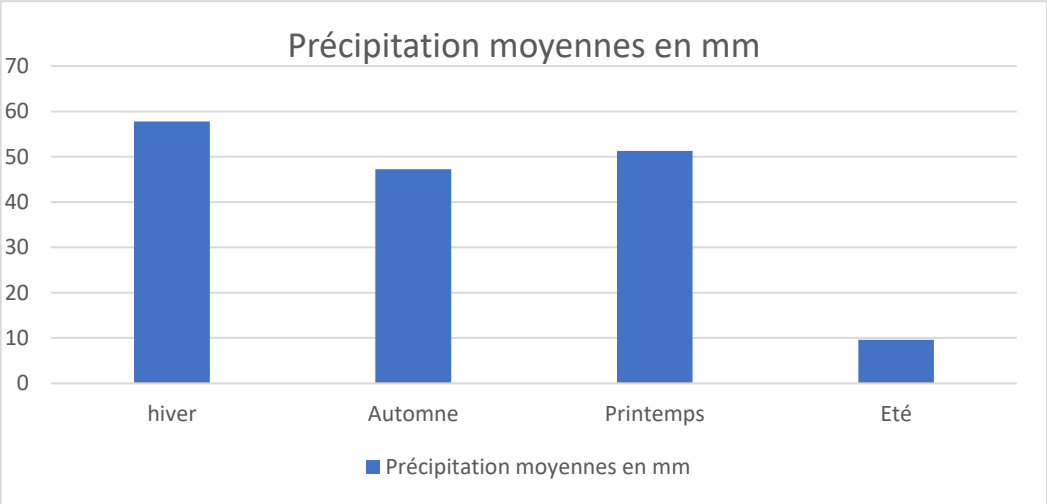


Figure 7 : Variations des précipitations moyennes saisonnières dans la région Fès-Meknès

4.1.3 Précipitations mensuelles :

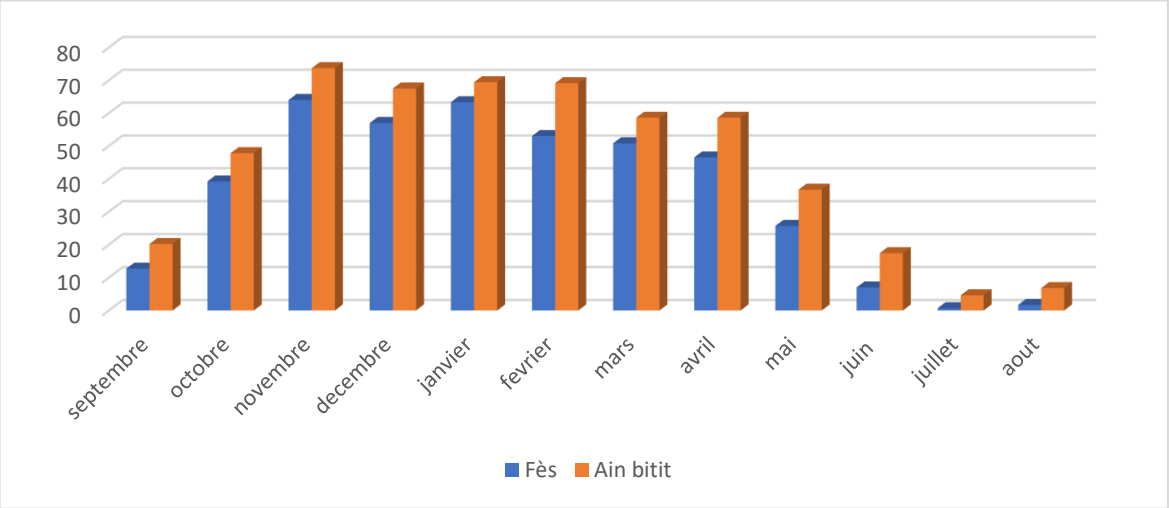


Figure 8 : Pluies mensuelles moyennes (1978-2016) dans les stations Fès et Ain Bitit

Le mois de novembre est en générale le mois ou les précipitations sont plus élevé alors que les mois de juillet, août sont les plus secs mais avec des averses orageuses brutales (Fig. 8). Le tableau 3 présente les données moyennes de pluies au niveau des deux stations pour la période 1978-2016.

4.2. Etude de la température :

La température est l'un des paramètres les plus sensibles du climat. En dépit des températures qui règnent à l'intérieur du globe. La température en surface ne dépend que de l'apport solaire car la conductibilité des roches est faible.

Tout le monde sait que, selon le lieu, le mois, le jour ou l'heure, la température varie, deux types de facteurs qui explique cette variation ont été distingués :

- Les uns sont propres à la situation des lieux d'observation ; ce sont les facteurs intrinsèques.
- les autres ont une origine lointaine dépendent des phénomènes extérieurs aux lieux ; ce sont des facteurs extrinsèques.

Tableau 2 : Données des stations climatologiques de la région Fès-Meknès (période 1978-2017)

Stations	X	Y	Z	Températures moyennes annuelles
Fès	536.9 Km	385.01 km	410 m	17.3°C
Ifrane	----------	----------	1664m	12°C
Imouzzer	----------	----------	1348m	13.5°C
Meknès	487.5 km	365.0 km	550m	17°C

Le tableau regroupe les températures moyennes annuelles des 4 station située dans la région de Fès-Meknès on remarque que la température varie selon l'altitude.

4.2.1 Températures moyennes mensuelles :

La figure9 regroupe les données de températures des stations (Fès, Meknès, Ifrane) fournis par l'agence du bassin hydraulique. On remarque que les mois juillet et aout sont les plus chauds alors que le mois de janvier est le plus froid.

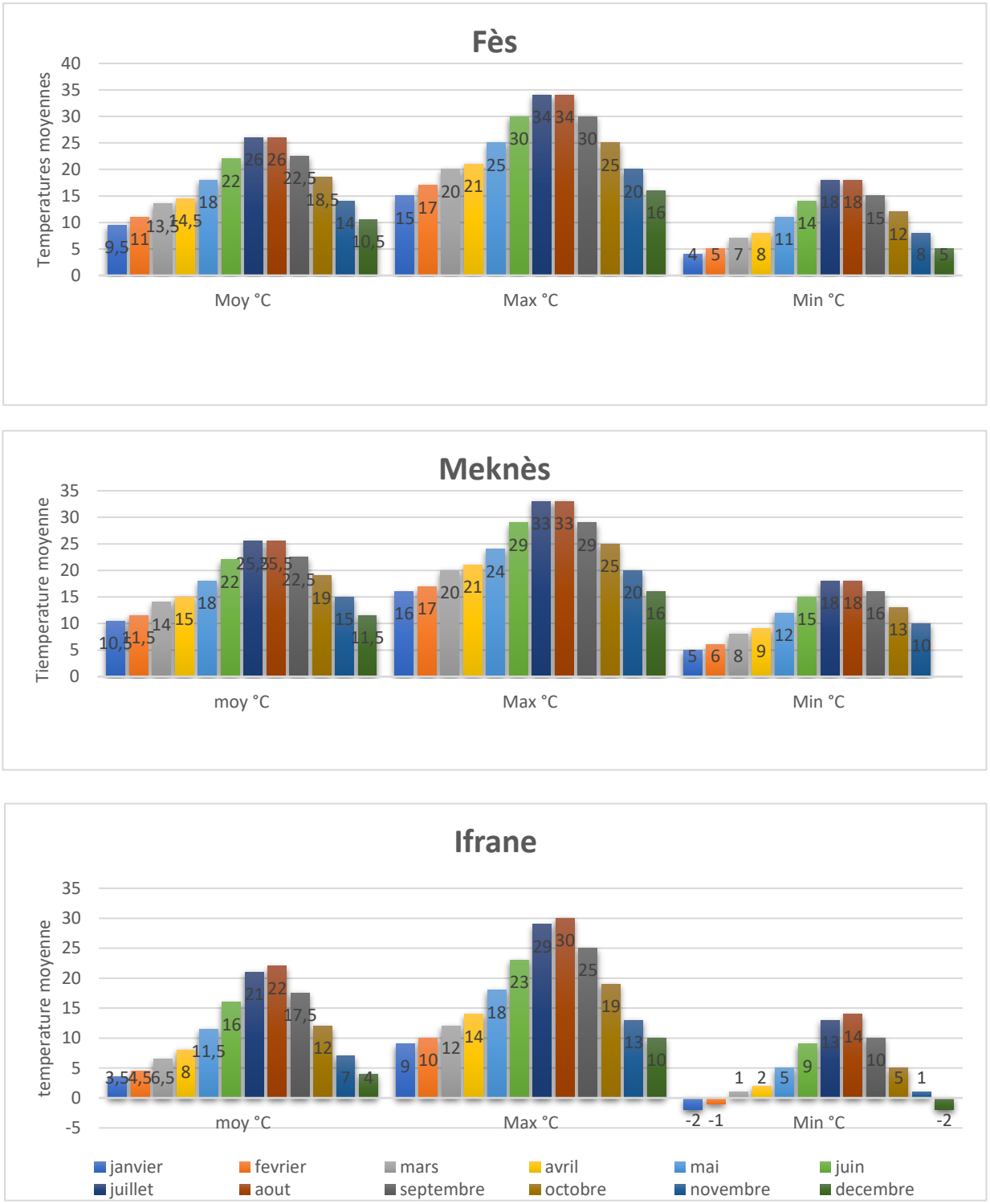


Figure 9 : Températures minimales, moyennes et maximales (1978-2017)

La figure 9 présente la variation de la température moyenne mensuelle (min, moy, max) de la période entre (1978/2017) des trois villes Fès, Meknès et Ifrane. Ces diagrammes météorologiques sont basés sur des données journalières, mensuelles et annuelles.

A Ifrane, la température annuelle moyenne est de 12°c. Elle se situe entre une valeur maximale moyenne de 17.6°c et minimale moyenne de 4.58°c. Les températures extrêmes peuvent atteindre 30°c et –2°c.

A Meknès, la température annuelle moyenne est de 17°c. Elle se situe entre une valeur maximale moyenne de 23.5°c et minimale moyenne de 10.8°c. Les températures extrêmes peuvent atteindre 33°c et 5°c.

A Fès, la température annuelle moyenne est de 17.3°c. Elle se situe entre une valeur maximale moyenne de 23.9°c et minimale moyenne de 10.4°c. Les températures extrêmes peuvent atteindre 33.9 °c et 4°c.

4.3. Diagramme ombrothermique :

La figure 10 montre que la période de sèche à Fès s'étend du mois de Mai au mois d'Octobre où on observe une diminution de précipitation qui atteint 0.7mm en fonction de la température qui arrive à une valeur maximale de 26°C au mois de juillet. La période humide couvre les mois entre Novembre et Avril. Durant cette période, les précipitations arrivent jusqu'à 64mm en Novembre et la température diminue jusqu'à 4.5°C en avril.

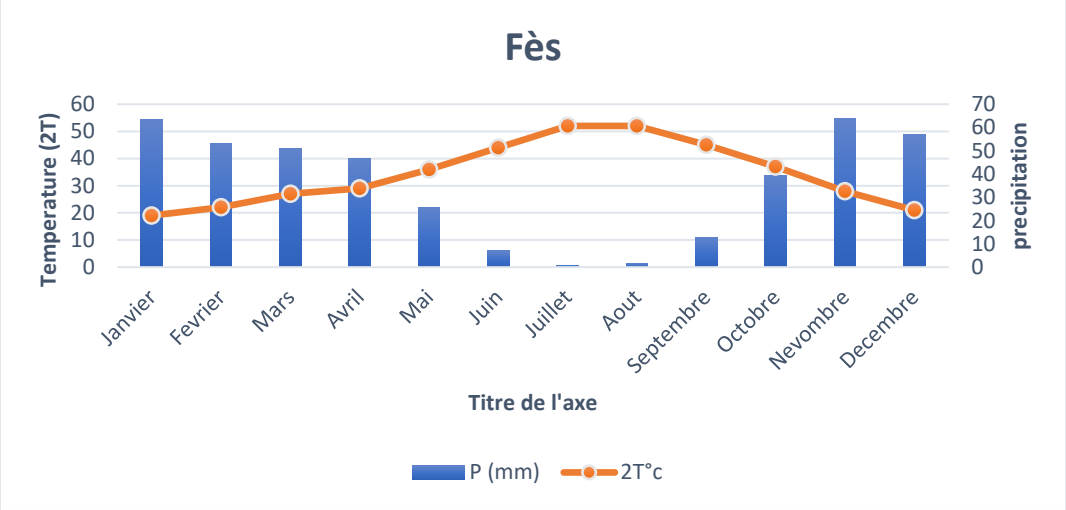


Figure 10 : Diagramme ombrothermique Fès

La figure 11 montre que la période de sèche à Meknès s'allonge du mois mai jusqu'à le mois octobre où on observe une diminution de précipitation qui atteint 2 mm en fonction de la température qui arrive à une valeur maximale de 25.5°C au mois de juillet. La période humide couvre les mois entre Novembre et Avril. Durant cette période, les précipitations arrivent jusqu'à 93 mm en Décembre et la température diminue jusqu'à 10.5°C en janvier.

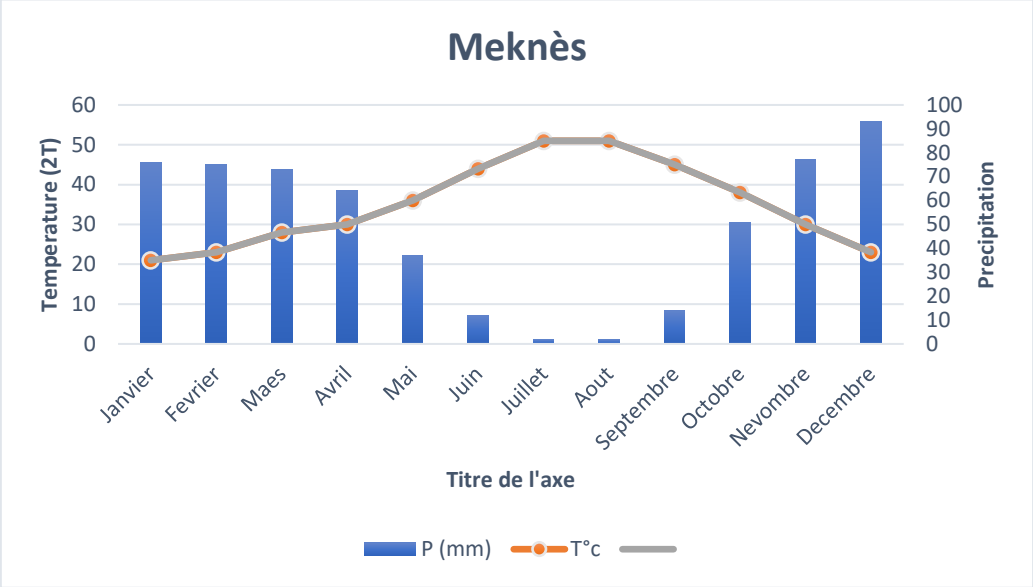


Figure 11 : Diagramme ombrothermique Meknès

La figure12 montre que la période de sèche à Ifrane s'étend du mois Mai au mois Septembre ou on observe une diminution de précipitation qui atteint 8mm en juillet en fonction de la température qui arrive à une valeur maximale de 22°C au mois d'Aout. La période humide couvre les mois entre Octobre et Avril. Durant laquelle les précipitations arrivent jusqu'à 122mm en Décembre et la température diminue jusqu'à 3.5°C en Janvier.

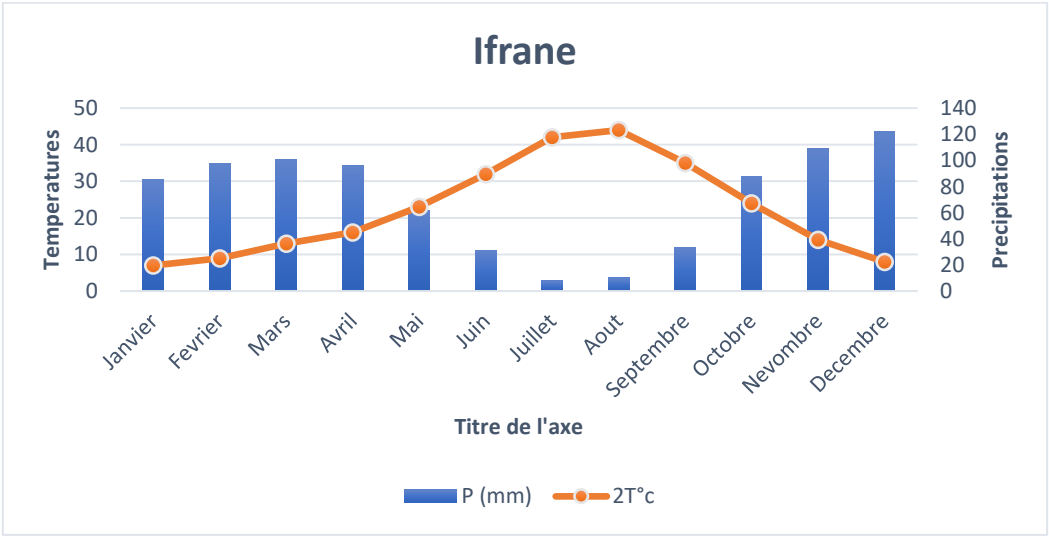


Figure 12 : Diagramme ombrothermique Ifrane

5. Contexte hydrologique

5.1. Réseau hydrographique

La région de Fès Meknès se trouve dans une partie du Moyen Atlas, les cours d'eau sont très encaissés sur le plateau de Meknès entre 40 à 100 mètres au-dessous de la surface structurale ce qui explique l'apparition de nombreuses petites sources en bordure des vallées. On peut distinguer quatre importants fleuves : Moulouya, Bouregreg, Oum Erbia et Sebou. Le Sebou est le fleuve le plus abondant au Maroc, il sillonne une longueur d'environ 500 km avant d'atteindre son exutoire dans l'océan atlantique. Ce cours d'eau draine un important bassin versant d'une superficie de 40000 km^2. Dans le bassin de Fès Meknès, les plus importants cours d'eau sont donnés par le tableau (Tab.3) et la figure ci-dessous (Fig. 13).

Tableau 3 : Les principaux cours d'eaux de la région Fès-Meknès

Cours d'eau	Oued R'Dem	Oued Fès	Oued Mikkès	Oued El Kell
Longueur	85.1 km	93.45 km	155.92km	----------
Superficie	11000 km^2	879 km^2	1300 km^2	740 km^2

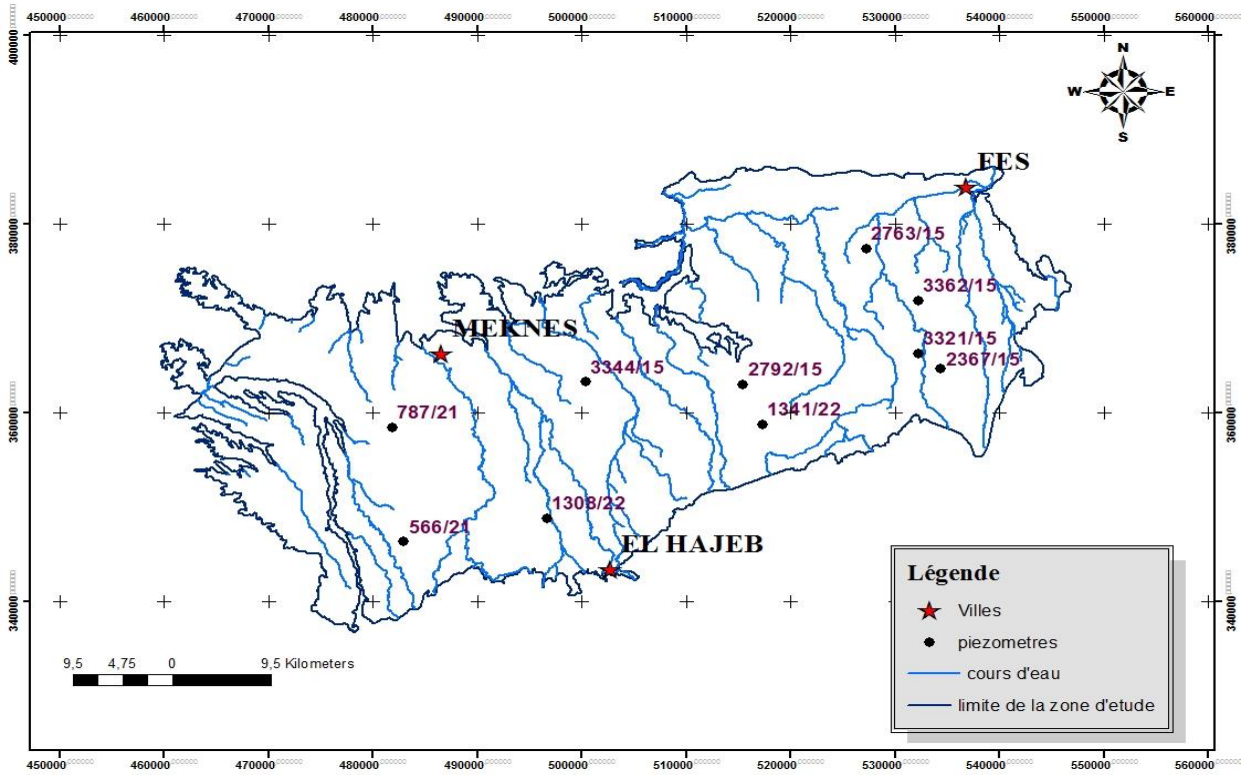


Figure 13 : Carte du réseau hydrographique de la région Fès-Meknès (01/05/2017)

Chapitre 2 : Caractérisation hydrogéologique

Le bassin du Fès-Meknès nommé aussi bassin de Saiss renferme deux nappes :

- La nappe phréatique qui circule dans des sables, conglomérats et par endroits dans les calcaires lacustres du Plio-quaternaire ;
- La nappe profonde qui circule dans les calcaires dolomitiques du Lias et se met en charge sous l'épaisse série de marnes imperméables du Miocène.

Ces deux nappes communiquent entre elles par endroits, à travers des flexures et failles ou indirectement par drainance ascendante.

1. Nappe phréatique du bassin de Saiss :

Cette nappe s'étend sur environ 80 km de long entre ses limites Ouest et Est, constituées par les affleurements argilo-marneux et les oueds Mikkès (Est) et Boufkrane (Ouest). Elle s'étend également sur une largeur d'environ 30 km entre ses limites Nord, constituées par les marnes tertiaires au contact des rides pré-rifaines et Sud, constituées par la ligne de contact entre le remplissage Plio-quaternaire et les formations calcaires du Causse du Moyen-Atlas.

1.1 Lithologie de la nappe :

D'une façon générale, la nappe circule dans des dépôts du Plio - quaternaire constitués de sables, grès, conglomérats, marnes sableuses et localement de calcaires lacustres. A l'Ouest, la nappe circule dans un complexe sablo-limoneux, pouvant atteindre 70 m d'épaisseur.

Au centre et à l'Est du plateau de Meknès, la nappe circule principalement dans des grès et conglomérats, recouverts par des calcaires lacustres. L'épaisseur est comprise entre 20 et 40 m et peut atteindre localement 80 m.

Dans la partie centrale de la plaine du Saïs, la nappe circule notamment dans des calcaires lacustres karstifiés, d'épaisseur comprise entre 40 et 80 m. Plus à l'Est, les calcaires lacustres disparaissent au profit de conglomérats et de sables argileux, sur une épaisseur de moins de 40 m.

Le substratum de la nappe est constitué par les marnes bleues du Miocène (Tortonien). Leur épaisseur peut atteindre 900 m et mettent en charge la nappe profonde du Lias.

1.2 Profondeur de la nappe

La surface de l'eau de la nappe phréatique, mesurée en février-mars 2005 par l'ABHS se situe généralement entre 10 et plus de 40 m de profondeur. Au Nord du bassin, les profondeurs sont faibles ; généralement inférieures à 20 m. Au Sud et à l'Ouest du bassin, la profondeur de l'eau est généralement supérieure à 30 m. Au centre, cette profondeur est comprise entre 25 et 35 m.

2. Nappe profonde du Lias :

❖ *Lithologie de la nappe*

Cette nappe circule principalement dans des formations carbonatées du Lias. Son faciès est constitué également parfois par une molasse constituée de grès, de sables et de conglomérats de la base du Miocène transgressif, qui surmonte le Lias.

La découverte de cet aquifère a été effectuée pour la première fois en 1931 par le forage pétrolier 1566/15. En 2002, on dénombrait plus de 190 forages qui ont atteint les calcaires du Lias, en plus des forages des particuliers non inventoriés.

❖ *Structure de la nappe*

La structure est très complexe, du fait de l'existence de plusieurs failles à fort rejet pouvant atteindre 100 m, flexures, plissements, etc. Cette structure, combinée à l'érosion anté-Néogène, a engendré la subdivision de l'aquifère en plusieurs panneaux distincts, horsts et grabens, de comportement hydrogéologique plus ou moins indépendant.

❖ *Caractéristiques hydrodynamiques :*

Transmissivités : C'est le paramètre qui représente l'aptitude d'une formation à se laisser traverser par l'eau. Elle s'exprime en m²/s. Elle est faible dans les zones à dominance sablo-argileuse sur les bordures Sud et Nord du bassin, moyenne dans les conglomérats et forte dans les calcaires lacustres karstifiés. La transmissivité et la perméabilité sont très variables au niveau de l'aquifère profond en raison de la porosité de fissure de ce système aquifère.

❖ *Alimentation*

Alimentée par les infiltrations pluviales et nivales sur les reliefs du Causse moyen Atlasique, la nappe captive se manifeste par les émergences et les sources de trop plein en bordure du Causse, par les sources des flexures et par les sources hydrothermales du Saïss. Elle est également reconnue et exploitée par des forages, qui dans le Nord sont artésiens et très productifs. La nappe captive s'écoule dans les formations carbonatées du Lias mais

également parfois dans une molasse composée de grès, de sables et de conglomérats de la base du miocène transgressif qui surmonte le Lias.

6. Bilan hydraulique global :

Les entrées d'eau souterraine selon l'ABHS sont constituées par :

- L'infiltration des précipitations dans la nappe phréatique à la surface de la plaine (environ 104 Mm^3/an) ;
- La recharge de la nappe phréatique à partir du retour des eaux d'irrigation au niveau des périmètres irrigués : environ 36 Mm^3/an ;
- L'alimentation de la nappe liasique le long de la limite sud (abouchement), provenant des calcaires du Moyen Atlas tabulaire, évaluée à environ 101 Mm^3/an.
- Les entrées totales des nappes du bassin de Fès-Meknès s'élèvent donc à environ 241 Mm^3/an.

Les sorties d'eau souterraine selon l'ABHS sont constituées par :

- Le drainage des sources : évalué en 2005 par l'ABHS à environ 47 Mm^3/an (environ 1.5 m^3/s) ;
- Le drainage des oueds : évalué en 2005 par l'ABHS à environ 34.5 Mm^3/an (environ 1.1 m^3/s) ;
- Les prélèvements agricoles : environ 160 Mm^3/an ;
- Les prélèvements pour l'AEP urbaine et rurale : environ 100 Mm^3/an.
- Le volume total des sorties d'eau souterraine des nappes constituant le bassin de Fès-Meknès s'élèverait donc à environ 342 Mm^3/an.

7. Elaboration de la carte piézométrique :

Cette partie du rapport reprend l'intégralité des processus ayant permis le tracé de la carte piézométrique de la nappe de Saiss compris l'utilisation des logiciels ainsi que l'interprétation des résultats.

4.1. Piézométrie de la nappe Fès-Meknès :

4.1.1. Données piézométriques :

Les relevés piézométriques s'étendent du mois de septembre 2016 jusqu'à le mois de mars 2017, on s'est basée sur les données du mois de décembre 2016 de 10 piézomètres répartis aléatoirement au niveau de la nappe (figure 14), et nous ont permis de réaliser la carte

piézométrique (figure 15) à l'aide du logiciel de SIG ArcGis et l'outil krigging, les niveaux piézométriques varient entre 390m et 734.4m

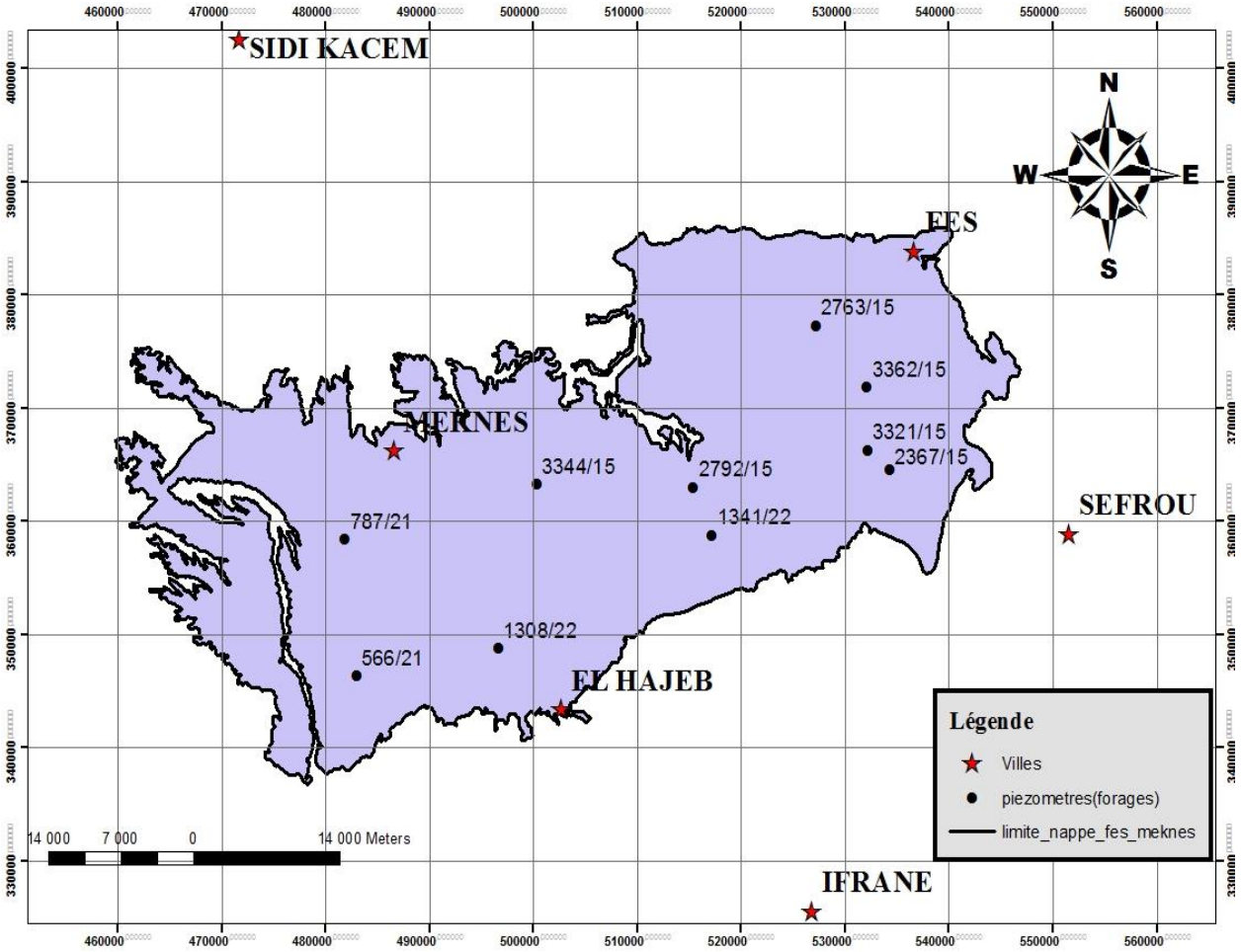


Figure 14 : La Répartition géographiques des piézomètres

La carte présentée dans la figure 15 ci dessous représente le résultat final de l'interpolation qui a permis de montrer l'état piézométrique de la nappe superficielle de Saiss relatifs à la période septembre-mars 2016/2017, on s'est basé sur les données piézométriques mesurer par l'Agence du Bassin Hydraulique de Sebou dans 10 puits, les niveaux piézométriques varient entre 390m et 734.4m.

Les limites de la surface piézométrique varient entre 850m au Sud au voisinage d'El Hajeb et moins de 300m au Nord-Ouest au niveau du bassin de Fès. L'écoulement général de la nappe se fait du sud vers le NNE dans le bassin de Fès et vers le NNO (rides pré-rifaines) dans le plateau de Meknès. Une ligne de partage des eaux souterraines se trouve dans la partie occidentale du bassin de Fès séparant les écoulements de la nappe de part et d'autre vers le NNW et le NNE.

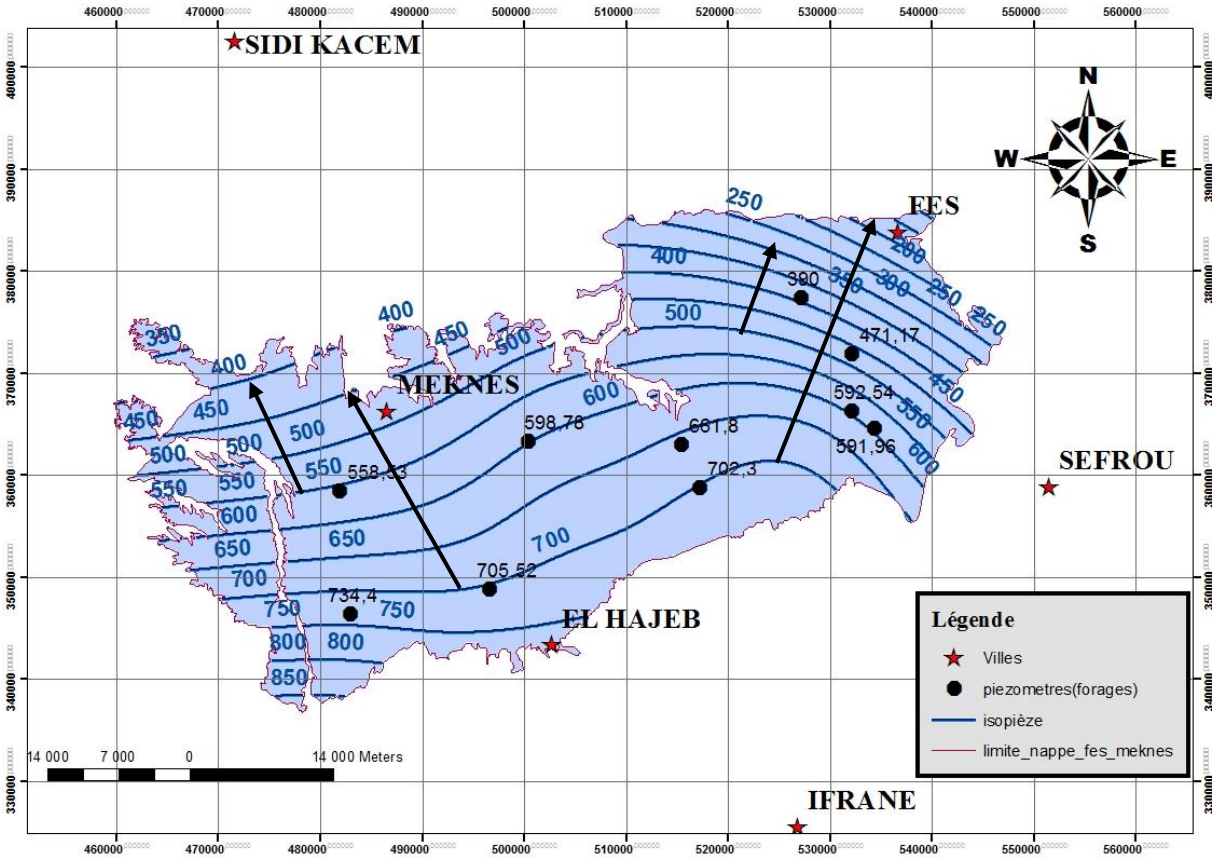


Figure 15 : carte piézométrique de la nappe phréatique Fès-Meknès selon les données de 2017

4.1.2. Comparaison avec l'étude réaliser en 2004

A l'échelle globale la piézométrie de la nappe de Saiss de 2017 ci-dessus est légèrement plus basse que celle de l'année 2004 (Fig. 16) ce dessous, cela est remarqué dans toute la limite hors la partie Nord-Ouest. Le sens d'écoulement général se dirige vers le NNE dans le bassin de Fès et vers le NNO dans le plateau de Meknès. Une modification significative des directions d'écoulement apparaît entre l'année 2004 et 2017 au niveau de la bordure côtière Nord du fait de la dépression piézométrique.

Deux secteurs sont caractérisés par des gradients particulièrement faibles, ils sont situés au sud de Meknès et au nord du bassin de Fès.

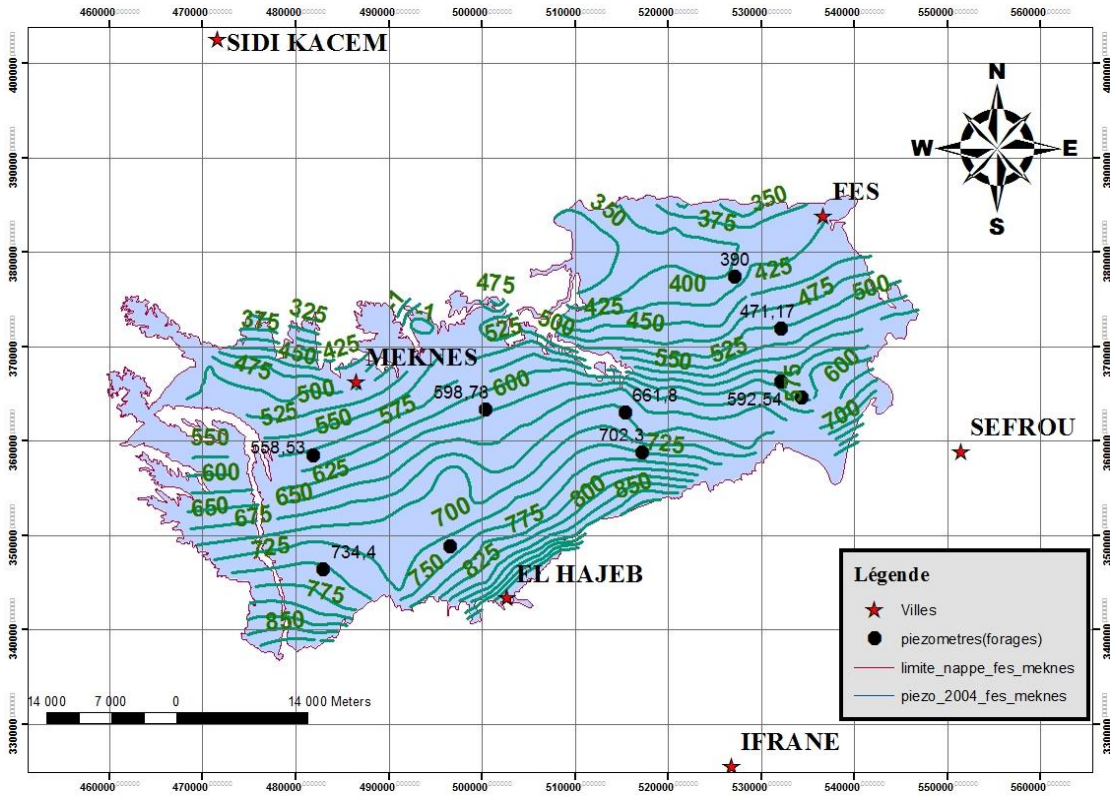


Figure 16 : Piézométrie de la nappe de Saiss de l'année 2004

4.1.3. Suivit piézométrique :

A. Les variations interannuelles des niveaux de l'eau

Pour l'étude du suivit piézométrique on a choisi quelque puits représentant l'état du bassin. Les niveaux varient selon chaque secteur :

- Dans le secteur Est Le puits 2763/15 (Fig. 17) montre une légère baisse de façon générale depuis l'année 2008 jusqu'au 2016 d'une hauteur de 4,6m, avec une évolution oscillaire du niveau de l'eau entre 2009 et 2013, notant bien la présence de trois augmentations fortes du niveau piézométrique de 3,3m 1,7m 6,3m respectivement en 2008, 2013, 2014.

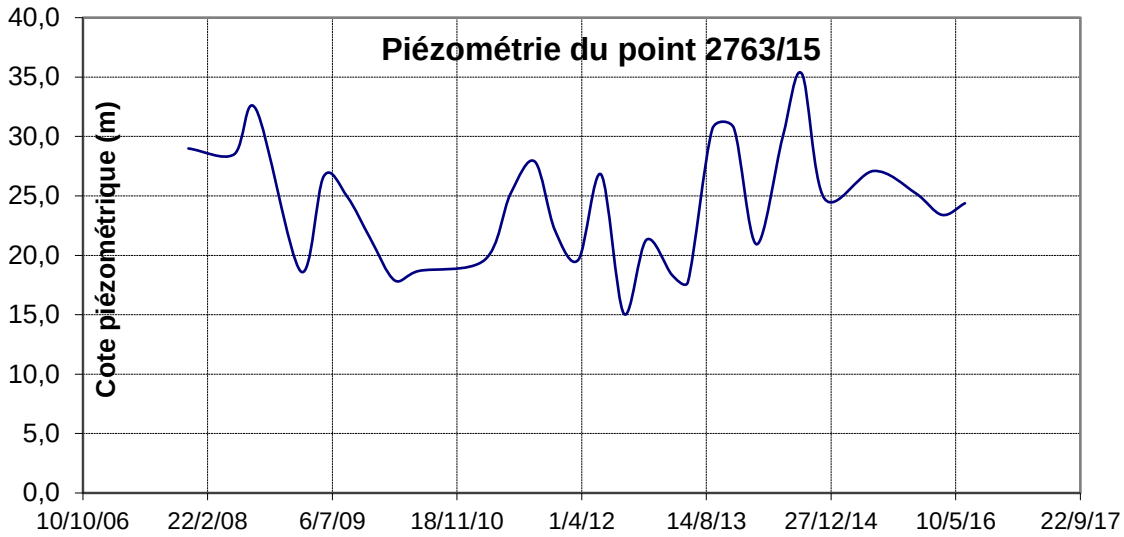


Figure 17 : Historique piézométrique du puits 2763/15

- Dans le secteur central le puits 1341/22 (Fig. 18) montre d'une façon générale une baisse de 8,7m entre (2007 et 2016) avec une stabilité entre 2007 jusqu'au 2009 atteignant une valeur de 47m. Les mesures effectuées en 18/06/2010 ont montré une diminution remarquable d'une hauteur de 24,8m, Le niveau piézométrique augmente ensuite pour arriver a 39,1m en 16/06/2016.

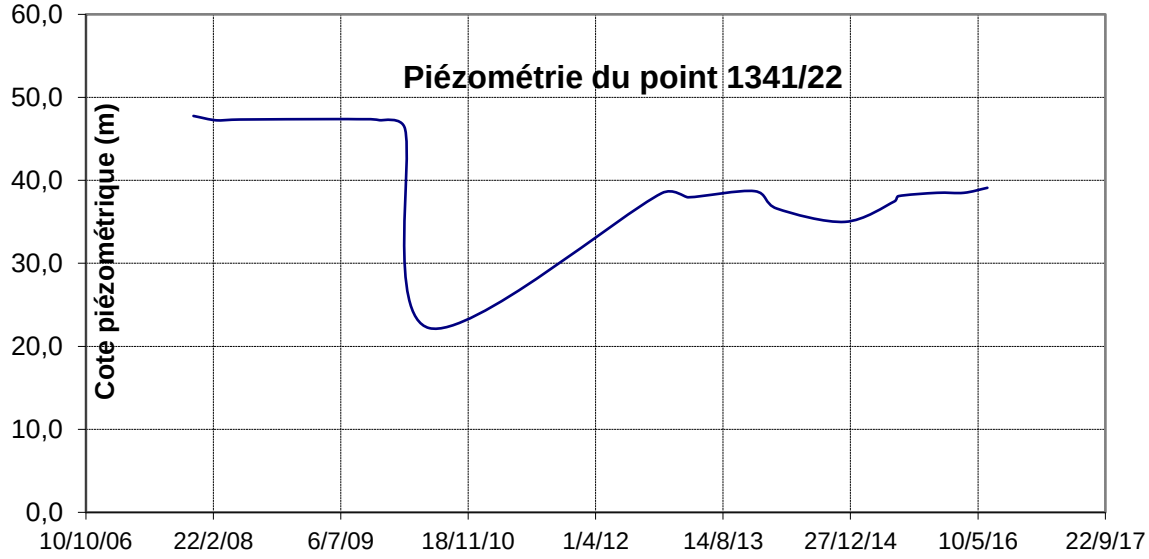


Figure 18 : Historique piézométrique du point 1341/22

- Dans le secteur Ouest les mesures effectuées du mois juin 2015 (Fig. 19) au mois juin 2016 ont montré une augmentation d'une hauteur de 1,3m.

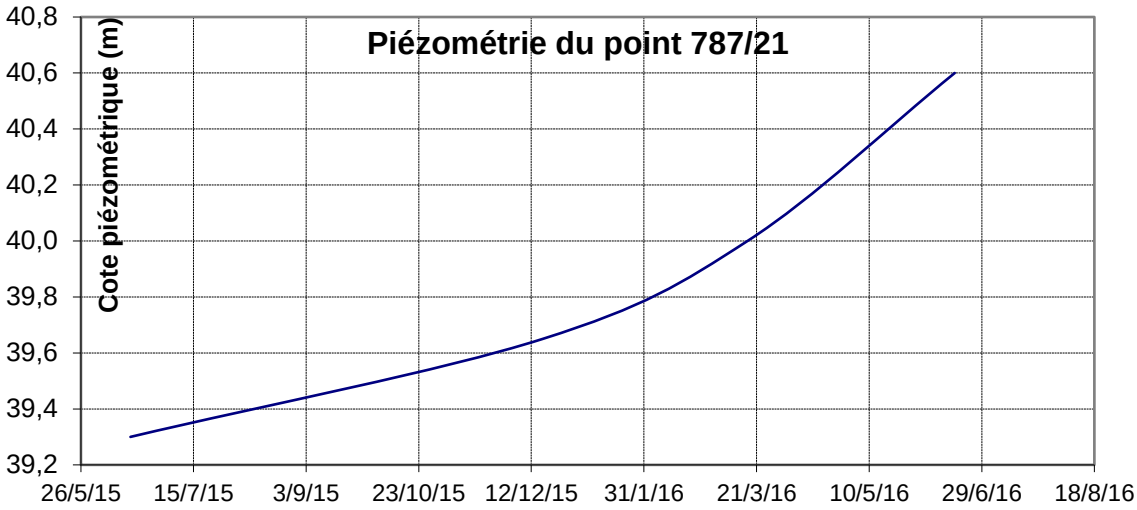


Figure 19 : Historique piézométrique du point 787/21

4.2. Nouvelle délimitation selon la directive cadre européenne :

a) Définitions

La DCE : la Directive cadre européenne sur l'eau se base sur le déroulement des étapes de planification sur la définition d'une unité d'évaluation « la masse d'eau ». C'est l'unité physique de base de la Directive à laquelle la caractérisation, les pressions, les impacts, les objectifs, la surveillance et les évaluations sont rattachés. Elle sert donc au diagnostic de l'état écologique, à la définition des réseaux de surveillance mais également dans le cadre de l'évaluation des risques de non-atteintes des objectifs environnementaux.

Les objectifs de ce test de délimitation des masses d'eau sur le bassin du Sebou sont donc d'évaluer la pertinence de ce concept pour un bassin marocain, de définir une méthodologie adaptée au contexte mais également d'effectuer un diagnostic des données disponibles afin de mener à bien cette tâche.

Il conviendra de plus d'assurer une continuité logique avec la connaissance actuelle sur le contour des nappes recensées pour la gestion ainsi qu'avec les réseaux de surveillance existant. Cette directive définie **Les masses d'eau souterraines** comme un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères.

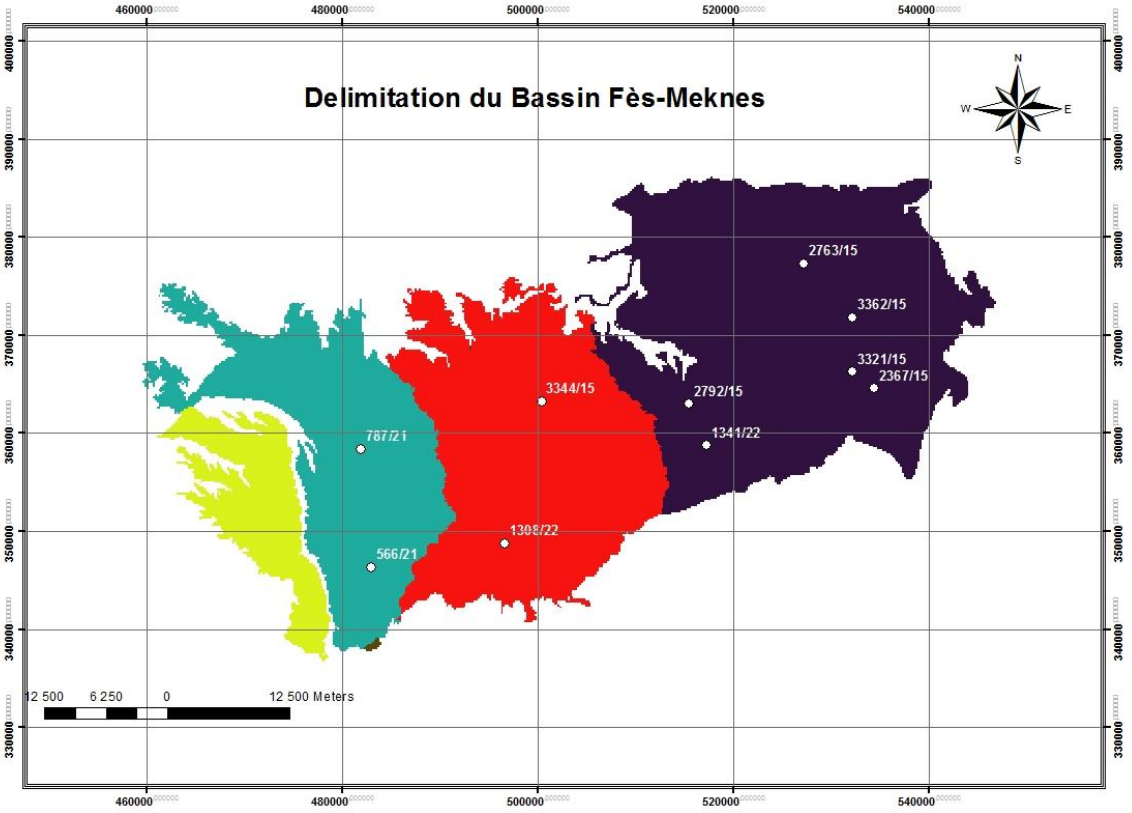
b) Résultats et discussion :

Les masses d'eau souterraine doivent être principalement délimitées sur la base de **critères géologiques et hydrogéologiques**, ceci participant à rendre leurs limites plus stables et durables.

La délimitation des masses d'eau souterraine s'organise à partir d'une **typologie**. Celle-ci se base sur la nature géologique et le comportement hydrodynamique ou fonctionnement « en grand » des systèmes aquifères et comprend deux niveaux de caractéristiques :

- Principales : type de masse d'eau et nature des écoulements,
- Secondaires : présence d'une karstification active ? D'une frange littorale ? Regroupement d'aquifères disjoints ?

- **Tous les captages fournissant plus de 10 m^3/jour** d'eau potable ou utilisés pour l'alimentation en eau de plus de cinquante personnes **doivent être inclus dans une masse d'eau souterraine** ;
- Les eaux souterraines profondes, sans lien avec les cours d'eau et les écosystèmes de surface, dans lesquelles il ne s'effectue aucun prélèvement et qui ne sont pas susceptibles d'être utilisées pour l'eau potable en raison de leur qualité (salinité, température…), ou pour des motifs technico-économiques (coût du captage disproportionné), peuvent ne pas constituer des masses d'eau souterraine
- Une masse d'eau souterraine est dite trans-bassin lorsque sa surface hors du bassin gestionnaire est soit supérieure à 100 km², soit supérieure à 20 km² et représentant au moins 5% de la surface totale. A l'échelle nationale, il est demandé de limiter le nombre de ces masses d'eau particulières (Fig. 20) :



Légende :

: Compartiment entre coulée basaltique Oued Jedidah et Argiles affleurants du Miocène moyen au Nord et Est de Fès,

: Compartiment Ouest de Oued El kell,

: Compartiment Oued El Kell et Oued Boufekrane,

: Compartiment Oued Boufekrane et coulée basaltique de Oued Jedidah,

: Compartiment Ouest Meknès-Aguray (nappe profonde).

Figure 20 : Carte de la nouvelle de limitation du bassin Fès-Meknès

L'étude des masses d'eaux a donné les résultats suivants :

La nappe superficielle est devisée en 4 compartiments présentés dans la figure 20. Les surfaces de ces masses d'eaux sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : les surfaces des masses d'eaux de la nappe superficielle

Les différentes masses d'eau	Superficies
Compartiment entre coulée basaltique Oued Jedidah et Argiles affleurants	948 km^2
Compartiment Ouest de Oued El kell	169 km^2
Compartiment Oued El Kell et Oued Boufekrane	458 km^2
Compartiment Oued Boufekrane et coulée basaltique de Oued Jedidah	630 km^2

Chapitre 3 : Qualité des eaux de la nappe Fès – Meknès

1. Définitions des paramètres utilisés :

a. Paramètres physico-chimiques

La conductivité

La conductivité détermine en µS/cm l'ensemble des minéraux présents dans une solution indiquant la qualité de l'eau que nous employons. Une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée. Cette mesure détermine la quantité des ions liés contenue dans cette solution qui sont réparties en 2 groupes :

- Les cations : calcium, magnésium, potassium, sodium
- Les anions : bicarbonates, chlorures, sulfates, nitrates, phosphates

Les nitrates

Très solubles dans l'eau les nitrates constituent aujourd'hui la cause majeure de pollution des grands réservoirs d'eau souterraine du globe qui par ailleurs présentent en général une qualité chimique et bactériologique satisfaisante pour l'alimentation Le nitrate en lui-même n'est pas toxique. Sa toxicité vient de la chaîne de réaction qu'il subit dans l'organisme. L'essentiel de cet pollution est dû à la différence entre les apports en nitrate sous forme d'engrais et ce qui est réellement consommer par les plantes.

Ammonium

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 industriel. L'ion ammonium ne présente pas un caractère nocif pour la santé, mais sa présence, en particulier dans les eaux de surface, peut être considéré comme un indicateur de pollution. Cependant, il constitue un élément gênant, car il interfère avec la chloration pour former des chlora-mines modifiant l'odeur et le goût de l'eau (goût de chlore), et il est aussi un aliment pour certaines bactéries qui peuvent ainsi proliférer dans les réseaux de distribution. Il convient donc de l'éliminer de l'eau destinée à la consommation humaine

Les chlorures

La présence des chlorures dans les sources d'eau potable peut être attribuée à la dissolution des dépôts de sel, aux effluents des usines de produits chimiques, aux eaux d'égouts, à l'écoulement des eaux d'irrigation, aux eaux de lixiviation des déchets, L'ion chlorure est très mobile et finit par être transporté dans des bassins fermés ou vers les océans. Le chlore est aussi un désinfectant utilisé pour l'élimination des germes pathogènes et pour la sécurité sanitaire du transport de l'eau dans les canalisations. Le chlore utilisé dans l'eau potable ne présente aucun risque sur le plan sanitaire lorsque l'eau potable est de bonne qualité. Pour le confort et l'agrément du consommateur, une teneur en « chlore libre résiduel » limitée est souhaitable.

b. Interprétation des résultats :

Les analyses des puits utilisées ont été obtenues de l'ABHS. Ces analyses ont été faites deux fois par an, une pendant la période hivernale et l'autre durant la période estivale et se base sur la conductivité, la teneur en nitrate les, les chlorures, la matière organique et l'ammonium. De façon générale, la qualité des puits dans la nappe varie durant les années 2013 jusqu'au 2016. Les classes de qualité sont fixées selon les normes affichées dans le tableau 5.

Tableau 5 : paramètres de pollution physico-chimique, organique et bactériologique

Paramètres	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Conductivité µS/cm	<400	400-1300	1300-1700	2700-3000	>3000
Chlorures mg/l	<200	200-300	300-750	750-1000	>1000
NO3 mg/l	<5	5-25	25-50	50-100	>100
NH4 mg/l	<=0.1	0.1-0.5	0.5-2	2-8	<8
MO mg/l	<3	3-5	5-8	>8	-
CF/100ml	<=20	20-2000	2000-20000	>20000	-

La cartographie de la variation des paramètres physico-chimiques dans le bassin de Fès Meknès a montré que :

Pour l'année 2013 :

- **Compagne de Mars-Mai :**

Les valeurs enregistrées des conductivités varient entre 285µs/cm au niveau du puits 1463/22 et 2570 au niveau du puits 1161/15.

Les valeurs enregistrées des chlorures varient entre un minimum 6.56mg/l au niveau du puits 1463/22 et un maximum de 551.6mg/l au niveau du puits 1161/15. Pour la qualité des eaux en termes de nitrates est généralement moyenne (Fig. 21).

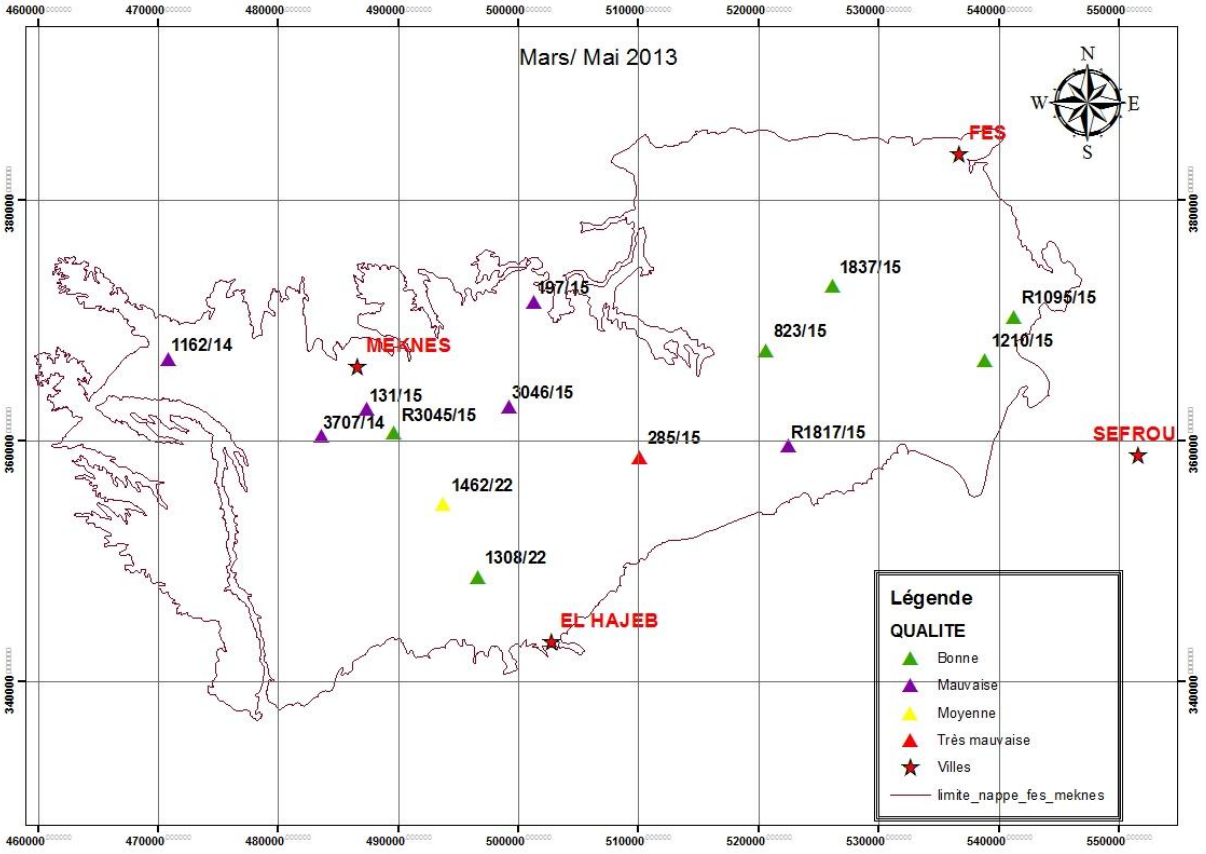


Figure 21 : Etat qualitative des puits analysés (mars/mai 2013)

- **Compagne d'Août-Octobre**

Les valeurs enregistrées des conductivités varient entre 350 µs/cm au niveau du puits 1463/22 et 2350 au niveau du puits 1161/15. Les valeurs enregistrées des chlorures varient entre un minimum 9.28mg/l au niveau du puits 2702/15et un maximum de 378mg/l au niveau du puits 1161/15. La qualité des eaux en termes de nitrates est généralement mauvaise à moyenne (Fig. 22).

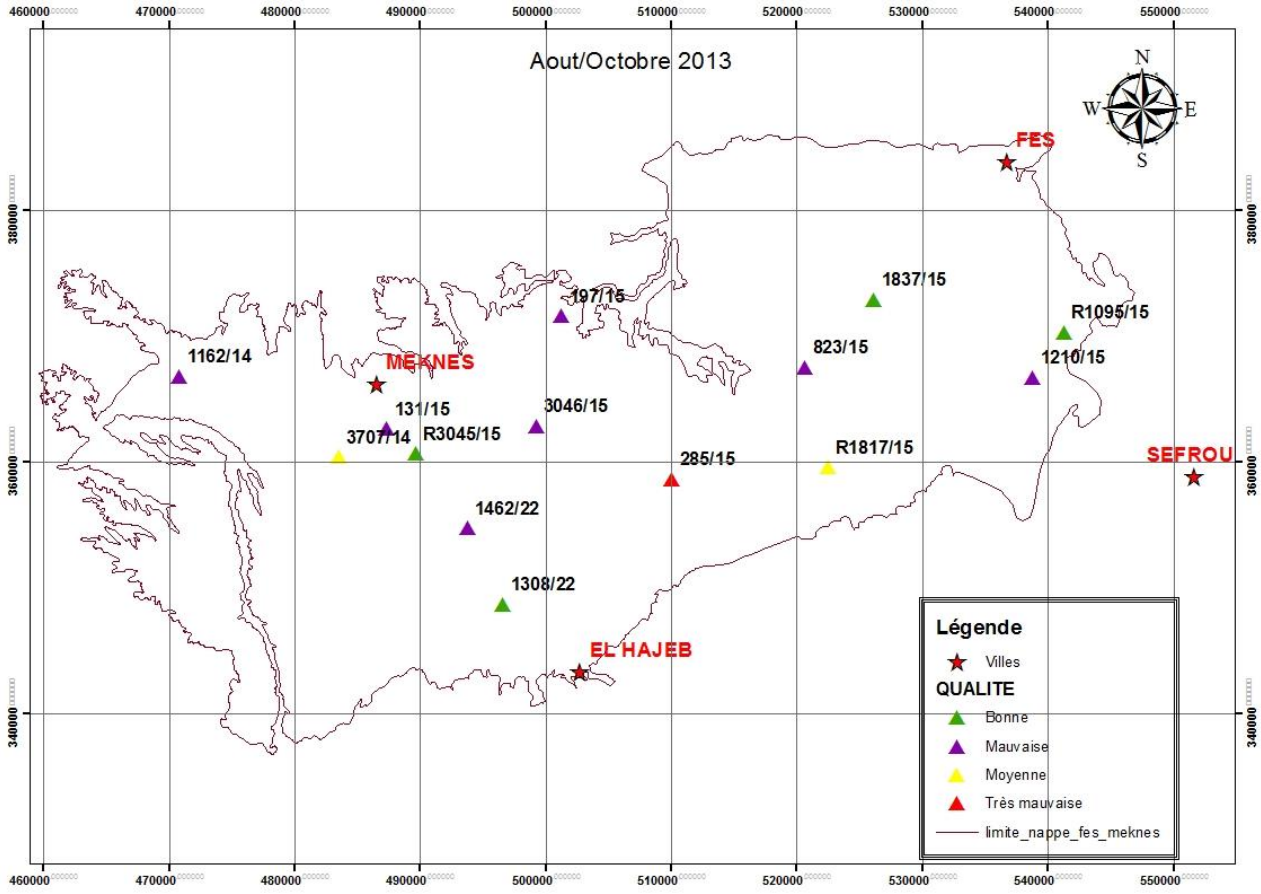


Figure 22 : Etat qualitative des puits analysés (Août/Oct 2013)

Le suivit de la qualité des puits montre que :

Dans le secteur Est la qualité change de bonne à mauvaise cela est observé dans les puits 823/15 et 1210/15. Dans le secteur central la qualité a diminué de moyenne à mauvaise au niveau du puits 1462/22. Dans le secteur Ouest, la qualité à augmenter de mauvaise à moyenne au niveau du puits 3707/14 tandis que les autres puits n'ont pas changé.

Pour l'année 2016

- **Compagne de Mars-Avril :**

Les valeurs enregistrées des conductivités varient entre 667 µs/cm au niveau du puits R-131/15 et 1882 µs/cm au niveau du puits 1161/15.

Les valeurs enregistrées des chlorures varient entre un minimum de 39.1mg/l au puits R-131/15 et un maximum de 327mg/l au niveau du puits 1161/15. La qualité des eaux en termes de nitrates est généralement mauvaise à très mauvaise à l'exception des valeurs observées au niveau des puits 1308/22 et 1161/15 (Fig.23).

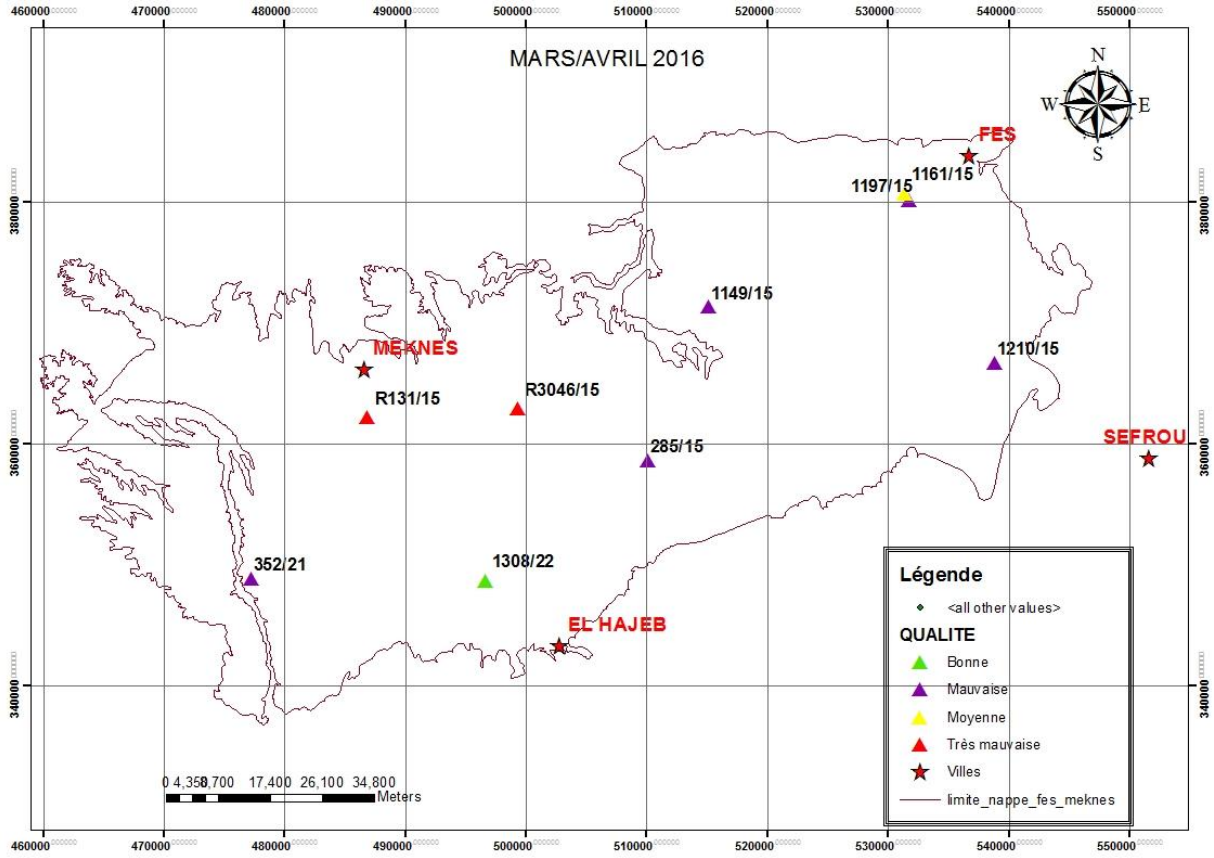


Figure 23 : Etat qualitative des puits analysés (mars/avril 2016)

- **Compagne de Juillet-Août :**

Les valeurs enregistrées des conductivités varient entre 660µs/cm au niveau du point R131/15 et 1790µs/cm au niveau du point 1161/15. Les valeurs enregistrées des ions chlorures varient entre un minimum de 38.6mg/l au niveau du point 285/22 et un maximum de 274mg/l au niveau du point 1161/15. La qualité d'eau en termes des nitrates est généralement mauvaise à très mauvaise à l'exception des trois points de qualité moyenne 1197/15, 161/15 et 1308/22 (Fig.24).

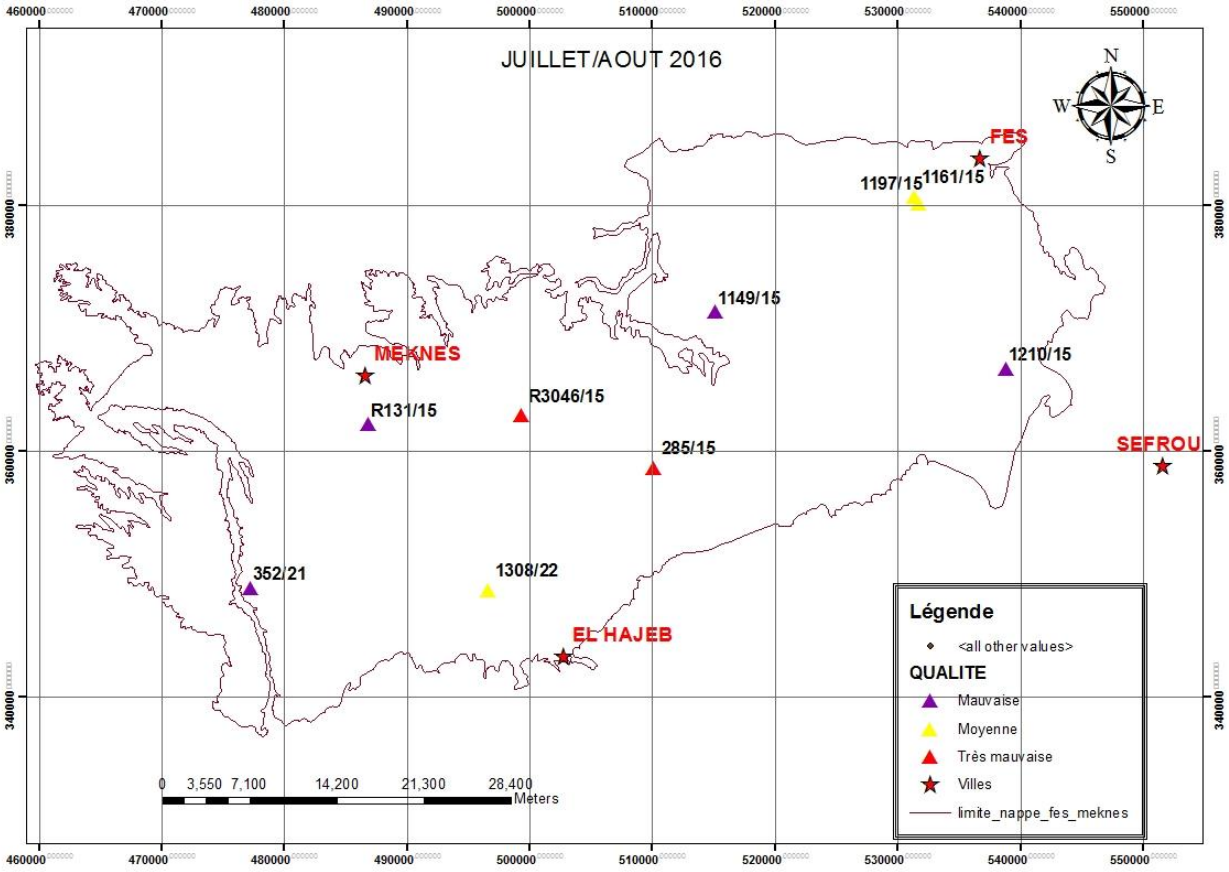


Figure 24 : Etat qualitative des puits analysés (Juillet/Aout 2016)

Le suivit de la qualité des puits montre que :

Dans le secteur Est la qualité varie de très mauvaise a mauvaise dans le puits 1210/15, et de mauvaise a moyenne dans le puits 1161/15. Dans le secteur central la qualité a diminué de mauvaise a très mauvaise dans le puits 285/15 et de bonne a moyenne dans le puits 1308/15. Dans le secteur Ouest la qualité reste inchangeable.

Conclusion générale

La région de Fès-Meknès, par sa situation au centre du pays et son réseau hydrographique composé de quatre oueds principaux, est caractérisée par une richesse en ressources en eau.

La représentarion des données de température et de précipitation sur le diagramme ombrothermique des stations couvrant la zone d'étude montre que la periode sèche est de plus en plus importante en descendant vers la plaine . Elle couvre la periode de juin à septembre dans la stration d'Ifrane. Cette derniere augmente dans la station de Meknès et allant du mois de Mai à Octobre .

Les niveaux piézométriques de la nappe de Fès-Meknès baissent de façon générale dans presque tous les points de mesures. Cette baisse est le résultat du déficit pluviométrique dans cette région durant ces années, et de l'utilisation excessive de l'eau souterraine dans le domaine agricole par pompage

Le suivi de la qualité des eaux au niveau de cette nappe à partir des paramètres de la qualité a mis en évidence que cette qualité est très mauvaise à cause de la teneur très élevée de nitrate.

Références bibliographiques

ABHS 2006 : Rapport d'évaluation des ressources en eau souterraines

AMRAOUI F. (2005). Contribution à la connaissance des aquifères karstique : cas du Lias de la plaine du Saïs et du cause moyen atlasique tabulaire (Maroc). Thèse de doctorat d'état : Géologie appliquée : option : Hydrogéologie. Casablanca : Faculté des Sciences de Casablanca, 249p.

Projet fin d'étude ONEE. Hydrogéologie, cartographie de la vulnérabilité et délimitation des périmètres de protection

Rapport_Fès_Meknès_Ver_06_Déc_2006

Rapport PDAIRE septembre (2011). Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou.

Wébographie :

www.historique-meteo.ne

http://www.abhsebou.ma/

https://fr.wikipedia.org

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Tazi Mohammed Jalal

Bouchebti Ahmed

Titre : Piézomètrie de la nappe Fès-Meknès et l'etude de la qualité des eaux souterraines

Résumé

Le système aquifère du Saiss compté parmi les principaux systèmes aquifères du Maroc. Ce dernier est limité au Nord par le Pré rif, à l'Est par la vallée de l'oued Sebou, à l'Ouest par les affluents de l'oued Beht et au Sud par les Causses du Moyen Atlas. Il est formé par la nappe profonde du Lias et la nappe phréatique du Quaternaire.

Dans l'intention d'élaborer la carte piézométrique et la qualité des eaux de la nappe Fès-Meknès ainsi que la délimitation des masses d'eau souterraines, on a eu recours à un certain nombre de données hydrologiques, climatologiques, hydrogéologiques qu'il a fallu reprendre, recalculer et actualiser pour aboutir à un résultat fiable et cohérents.

Les résultats obtenus montrent qu'à l'échelle globale la piézométrie de la nappe de Saiss de 2017 est légèrement plus basse que celles des années précédentes cela est remarqué dans toute la limite hors la partie Nord-Ouest.

En ce qui concerne la qualité des puits, les résultats ont montré une diminution générale l'évolution de la qualité des puits du bassin Fès-Meknès et cela est causé principalement par l'augmentation du taux des nitrates dans les eaux souterraines.

Mots clés : nappe Fès-Meknès, piézométrie, qualité des eaux, Directive européenne de l'eau

Année Universitaire : 2016/2017