



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



Année Universitaire : 2013-2014



Licence Sciences et Techniques : Eau et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Evaluation des ressources en eau souterraine de la nappe de Fès-Meknès

Présenté par:

BOURKAIK ISMAIL

Encadré par:

- Mr. Abdel-Ali CHAOUNI, FPT - Taza
- Mr. Aziz BOUIGNANE, ABHS, Fès

Soutenu Le 09 Juin 2014 devant le jury composé de:

Mme. Fatima EL HAMMACHI, FPT, Taza
Mr. Hassan TABYAOUI, FPT, Taza
Mr. BOUIGNANE Aziz, ABHS, Fès
Mr. Abdel-Ali CHAOUNI, FPT, Taza

Stage effectué à : ABHS, FES



Faculté des Sciences et Techniques - Fès

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ 212 (0) 535 60 29 53 Fax : 212 (0) 535 60 82 14

Sommaire

1) CONTEXTE GENERAL.....	7
1-1) Situation géographique et limites.....	7
2)Contexte hydro climatologique	8
2-1) la climatologique.....	8
2-1-1) la pluviométrie.....	8
2-1-2) la température.....	9
2-1-3) Diagramme ombrothermique	10
3) contexte géologique	11
3-1) Formations géologiques dans le bassin de Fès - Meknès	12
A) Le Primaire	12
B) Le Trias	13
C) Le Lias.....	13
D) Le Miocène.....	14
E) Le Plio-villafranchien.....	14
F) Le Quaternaire	14
4) Contexte hydrologique	15
4-1) réseau hydrographique.....	15
4-2) Les sources.....	16
5) Cadre hydrogéologique	18
5-1) Nappe phréatique du bassin du saiss.....	18
5-1-1) Lithologie de la nappe	19
5-1-2) Profondeur de la nappe	19
5-1-3) Piézométrie de la nappe	21
5-1-4) les paramètres hydrodynamiques de la nappe.....	23
5 1-5) Alimentations de la nappe	23
5-1-6) sorties de la nappe	24
5-2) Nappe profonde du lias	24
5-2-1) lithologie de la nappe	24
5-2-2) Piézométrie de la nappe.....	25
5-2-3) paramètres hydrodynamiques de la nappe	27
5-2-4) Alimentation de la nappe.....	27
5-2-5) les sorties de la nappe.....	27
6) Bilan hydraulique global du système aquifère du bassin de Fès-Meknès	28
7) Evolution des ressources en eau dans le bassin de fes-meknes	29

7-1) Evolution du régime d'écoulement des cours d'eau et des sources.....	29
7-2) baisse des niveaux piézométriques.....	32
7-3) conséquence de la surexploitation et son évolution dans le temps.....	33
8) conclusion	35
Références bibliographique	37

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 : La localisation du bassin de Fès-Meknès.....	6
Fig. 2 : L'évolution des moyennes des températures maximales et minimales à la station de Fès.....	8
Fig. 3 : L'évolution des moyennes des températures maximales et minimales à la station de Meknès.....	8
Fig. 4 : Le diagramme ombrothermique moyen à la station climatique de Fès.....	9
Fig. 5 : Le diagramme ombrothermique moyen à la station climatique de Meknès.....	9
Fig. 6 : Le modelé topographique de la région étudiée.....	10
Fig. 7 : Le réseau hydrographique et sources du bassin de Fès-Meknès.....	14
Fig. 8 : L'évolution des débits des sources :Amellal et Bittit.....	15
Fig. 9 : La coupe hydrogéologique schématique du système Bittit –Si Lmir.....	16
Fig.10 : La carte des profondeurs de la nappe libre du bassin de Fès-Meknès.....	18
Fig.11 : La carte piézométrique de la nappe libre du bassin de Fès-Meknès.....	19
Fig.12 : La carte piézométrique de la nappe du lias du bassin de Fès-Meknès.....	22
Fig.13 : L'évolution des débits moyens annuels des oueds (L/S).....	25
Fig.14 : L'évolution du débit moyen annuel des Sources (L/S).....	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les données de la station climatologique de Fès.....	7
Tableau 2 : Les données de la station climatologique de Meknès.....	7
Tableau 3 : Le bilan hydraulique global du système aquifère du bassin de Fès-Meknès.....	24
Tableau 4 : Le déficit des apports des principaux oueds du bassin de Saïs.....	26

PREFACE

Au terme de stage, j'exprime ma profonde reconnaissance au Professeur Abdel-Ali Chaouni, enseignant à la Faculté Polydisciplinaire de Taza, qui m'a inspiré ce projet de fin d'études et qui par les précieux conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer a permis sa réalisation dans les bonnes conditions. Les mêmes expressions sont adressées au corps professoral de la FST.

Mes remerciements s'adressent à madame El Houat Samira, Directrice du Bassin Hydraulique de sebou, qui m'a accordé cette opportunité ainsi qu'à mademoiselle Leila Mizane et Mr Aziz Bouignane qui m'ont prêté leurs concours tout le long de ce stage dont leurs conseils m'ont été précieux.

Mes remerciements s'adressent à toute personne qui m'a aidé du près ou du loin à réaliser ce stage.

Cet humble travail est dédié à ma mère et mon père pour leurs sacrifices qu'ils ont consentis pour moi .Que ce travail soit l'expression de toute l'affection et la reconnaissance que je leurs porte .A mon frère et mes sœurs qu'ils trouvent en ce travail le témoignage de mon affection. Que tous mes amis y trouvent le témoignage de la solidité de nos liens.

INTRODUCTION

De part sa situation géographique, le Maroc est caractérisé par un climat fortement contrasté avec un régime pluviométrique dominé par une forte irrégularité dans l'espace et dans le temps. Le potentiel des ressources en eau naturelles, est évalué à 22 milliards de m³ par an, soit l'équivalent de 730 m³ /habitant/an. Plus de la moitié de ces ressources sont concentrées dans les bassins du nord et le Sebou couvrant près de 7% du territoire national. Dans ce contexte et pour accompagner le développement du pays, le Maroc guidé par Feu Sa Majesté Hassan II, en grand visionnaire, s'est engagé depuis longtemps dans la voie de la maîtrise de ces ressources en eau à travers la réalisation d'importante infrastructure hydraulique ce qui lui a permis d'assurer ses besoins en eau sans difficultés majeures. En effet, le Maroc a réussi à bâtir un modèle efficient de gestion de l'eau, propre au pays et cité en exemple à l'échelle internationale.

La création des agences des bassins hydrauliques est d'une importance capitale car, elles contribuent à la mise en oeuvre de la stratégie de l'état dans le domaine de la gestion de l'eau et Parmi leurs missions on trouve : L'évaluation, la planification et l'aménagement des ressources en eau, le suivi qualitatif et quantitatif de ces ressources, la gestion des domaines publics hydrauliques.

Le travail que j'ai effectué consiste à faire une synthèse des différentes études faites sur le bassin Fès-Meknès et qui ont pour but l'actualisation des données hydrogéologiques et l'évaluation du potentiel des ressources en eau souterraines.

1) CONTEXTE GENERAL

1-1) Situation géographique et limites

Le bassin de Fès – Meknès est d'environ 100 km de long et sa superficie avoisine 2200 Km², Il occupe une bonne partie du bassin versant du Sebou. Au nord, il est limité par le domaine rifain, au sud il y a le causse moyen atlasique .à l'ouest on trouve oued el kell et à l'est se cofonde avec les vallées d'oued Sebou. L'agriculture est l'activité principale dans le bassin et contribue à son développement socio-économique. On y trouve parmi les spéculations, l'arboriculture, les céréales, viticulture et l'élevage.



Fig. 1 - Localisation du bassin de Fès-Meknès

2) Contexte hydro climatologique

2-1) la climatologique

L'objectif de cette partie est de dégager la distribution des différentes composantes du cycle de l'eau à savoir : la pluviométrie, la température et l'évaporation en vue de déterminer le bilan pluvio-évaporométriques et celle de Fès. Les données sont recueillies à partir des deux stations du bassin : la station de Meknès et celle de Fès.

2-1-1) la pluviométrie

	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
P (mm)	14.2	45.9	48.7	63.7	50.3	58.6	57.1	62	37.6	11.7	1.4	3.7
T(°C)	22.6	17.9	13.6	10.6	9.3	10.7	12.5	13.9	17.2	21.5	25.7	25.5
ETP(mm)	113.3	75.1	44.4	30.3	25.2	30.1	46.6	57.8	87.6	123.1	162.8	153.4

Tableau 1 : Données de la station climatologique de Fès (Période 1973 : 2003)

	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
P (mm)	24.3	48.3	66.1	84	68.3	70.2	61.9	69	40.4	11.3	1.2	4.9
T (°C)	22.8	18.5	14.5	11.5	10.2	11.5	13.5	14.7	17.8	21.7	25.4	25.3
ETP(mm)	105.7	68.5	39.3	26	21.4	25.8	41.4	50.9	78.7	112.8	152.6	143.6

Tableau 2 : Données de la station climatologique de Meknès (Période 1973: 2003)

D'après les tableaux ci dessus, les précipitations importantes sont enregistrées durant la période allant du mois de novembre jusqu'au mois d'avril.

2-1-2) la température

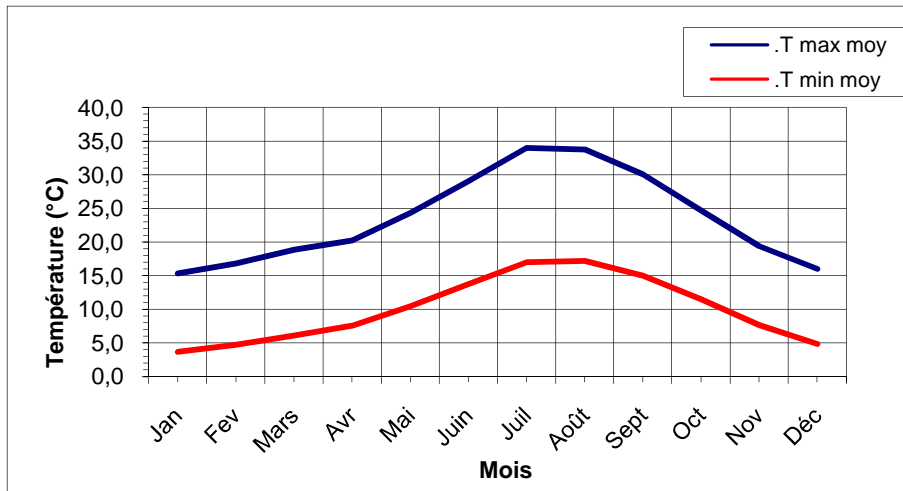


Fig 2: Evolution des moyennes des températures maximale et minimale à la station de Fès Saïs (1961 - 2003)

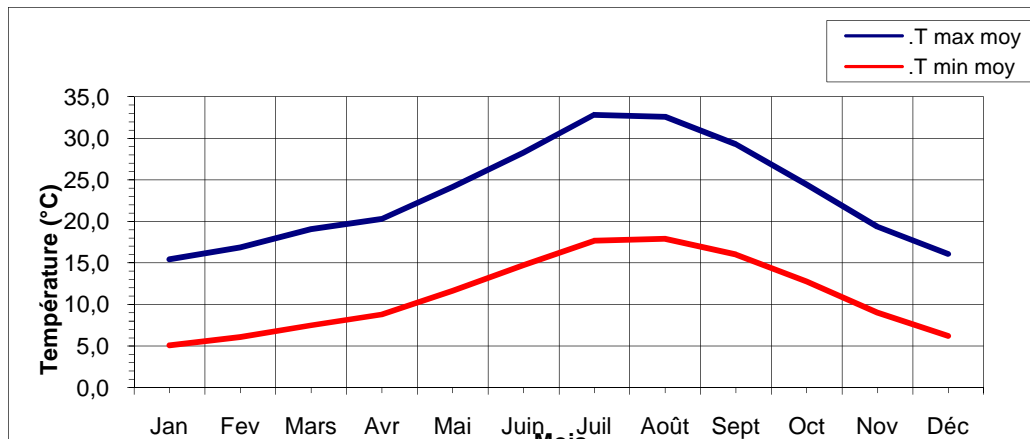
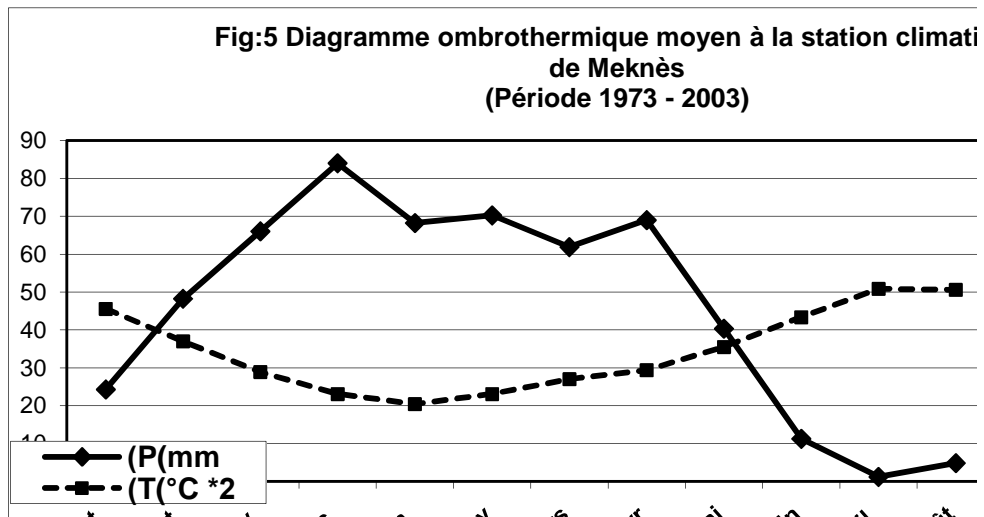
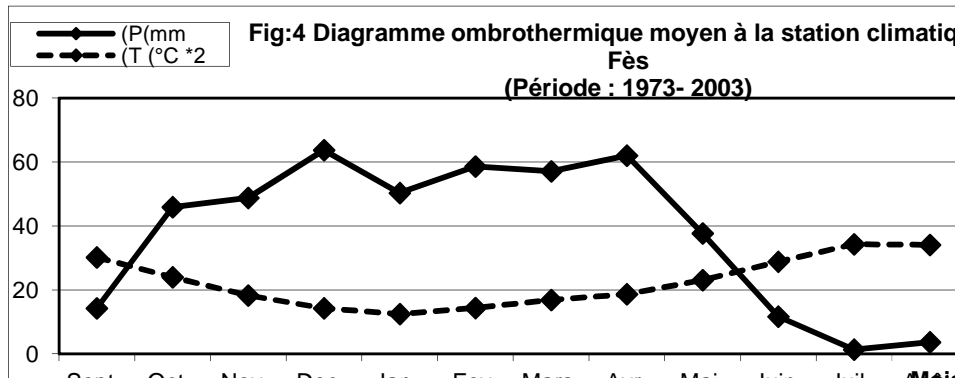


Fig. 3 : Evolution des moyennes de la température maximale et minimale à la station de Meknès (1961 - 2003)

D'après les courbes, la hausse des températures moyennes débutent à partir du mois de mai et se stabilisent durant juillet et Août et commencent à baisser au mois septembre.

2-1-3) Diagramme ombrothermique



Les diagrammes ombrothermiques montrent que la région du plateau du Fès-Meknès est modérément arides l'indice xérothermique c'est-à-dire les précipitations sont inférieures au double des températures enregistrées.

3) contexte géologique

Le bassin de Fès – Meknès est considéré dans l'ensemble comme un vaste synclinal subsidie de direction E-W qui s'enfoncé progressivement sous une couverture miocène et plio-villafranchienne pour se redresser rapidement au contact des rides pré rifaines.

La plaine de Fès – Meknès forme deux ensembles topographiquement distincts, séparés par une cassure géologique d'orientation E-W appelé flexure d'Ain Taoujdate. On distingue le plateau de Meknès à l'ouest et la plaine du Saïs à l'est.

Le plateau de Meknès est soulevé par rapport à la plaine de Saïss, il présente des altitudes de l'ordre de 1000 m dans sa partie méridionale. Ces altitudes décroissent avec une pente moyenne de 12‰ pour atteindre 500 m dans la partie septentrionale où le plateau se redresse brusquement au contact des rides pré rifaine.

Tout comme le plateau de Meknès, la plaine du Saïs (compartiment affaissé), présente des altitudes plus élevées au sud (700 m) au départ du causse moyen atlasique avec des pentes descendante plus fortes qui s'estompent progressivement pour amener la plaine à une altitude de l'ordre de 400 m avant qu'elle se redresse de manière assez raide au contact des rides pré rifaines.

Mis à part la flexure d'Ain Taoujdate, qui sépare nettement le bassin de Fès – Meknès en deux paliers différents, d'autres accidents ont aussi affecté le bassin. Les accidents du bassin se classent en deux origines différentes : ceux issu de la tectonique atlasiques et ceux provenant de la tectonique rifaines.

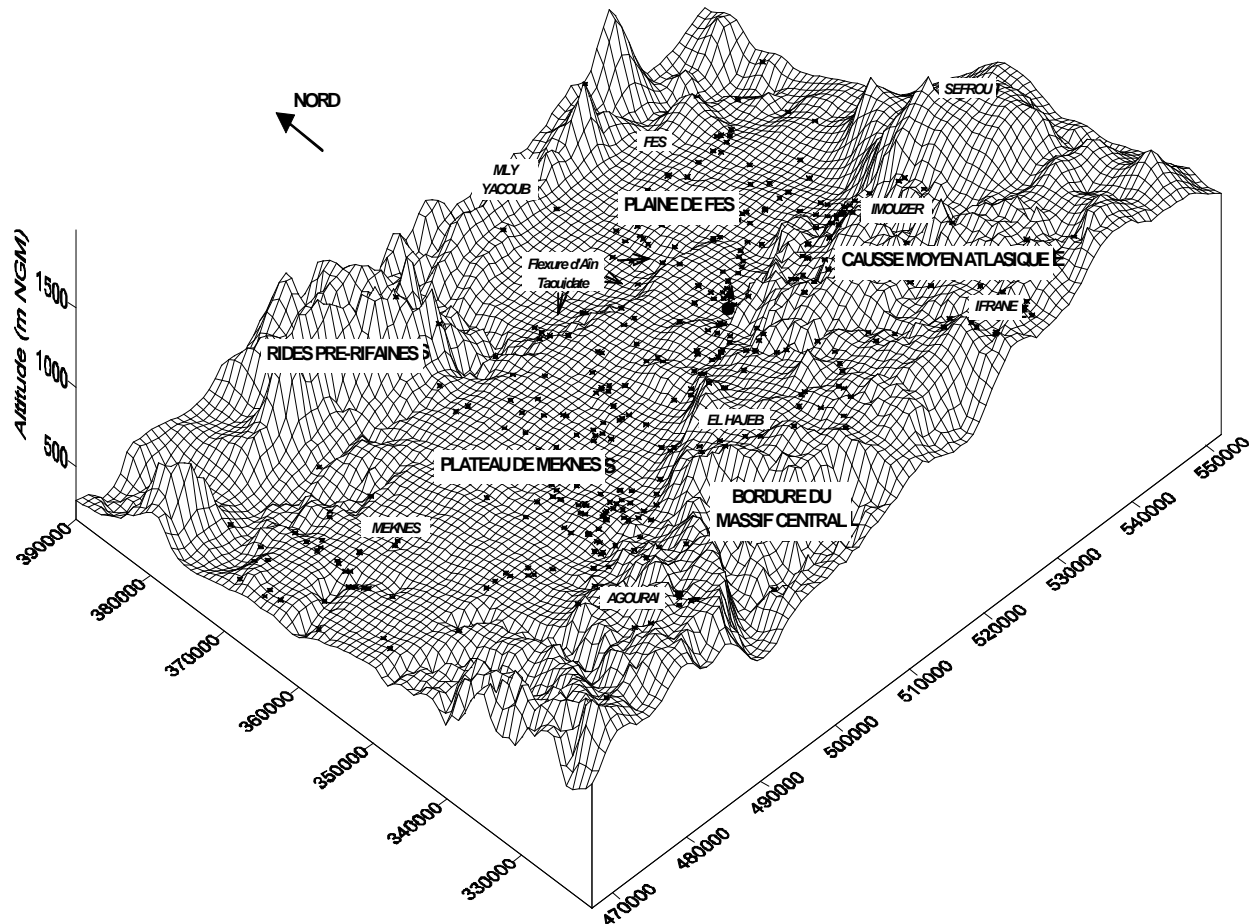


Figure 6 : Modelé topographique de la région étudiée

3-1) Formations géologiques dans le bassin de Fès - Meknès

Les formations géologiques rencontrées dans le bassin de Fès – Meknès s'étalent du primaire au quaternaire.

A) Le Primaire

Le primaire correspond aux terrains les plus anciens du bassin. Il est composé des schistes viséen, namurien et Westphalien intercalés de niveaux plus gréseux (quartzites), qui apparaissent sous l'aspect de rochers très caractéristiques au sud du plateau de Meknès dans la vallée de l'oued El Kell, au nord-est d'El Hajeb et au sud-est de la plaine du Saïs, dans la région de Bhalil.

B) Le Trias

Le Trias se présente sous son faciès habituel grésopélitique. Il affleure sur la bordure sud-ouest du bassin dans les régions d'Agourai et D'El Hajeb. Il est représenté dans l'ensemble par :

- ⇒ Une série détritico-argilocalcifère inférieure formée par une alternance de grès, conglomérat, pélites rouges passant à des argiles rouges salifères (sel gemme, sel de potasse, gypse et anhydrite) ;
- ⇒ Une série de basalte intermédiaire. Le basalte est concordant sur la série inférieure. Il s'agit de basaltes tholéitiques mis en place par épanchement sous aquatique ;
- ⇒ Une série argilocalcifère supérieure formée essentiellement par des pélites rouges au sommet, du sel pélitique dans sa partie médiane et des sel gemme à la base.

Les cartes géologiques et les sondages montrent que le Trias s'étend, en profondeur, sur des larges surfaces sous le Causse moyen atlasique et le sillon sud-rifain.

C) Le Lias

Le Lias qui repose en discordance sur le Trias est essentiellement dolomitique, calcaire et calcaire dolomitique. Il affleure largement au sud dans le Causse moyen atlasique où il est parsemé de failles et plis de directions principales NE-SW. Le Lias plonge progressivement vers le nord sous le bassin où il est interrompu par un certain nombre de flexures à grande échelle principalement orientées NE-SW. Certaines de ces flexures se sont transformées en failles avec des rejets ou déplacements verticaux considérables. Ceci a compartimenté le Lias en plusieurs panneaux et accentué d'avantage sa profondeur sous le sillon sud-rifain. Le Lias inférieur (Lotharigien) et le Lias moyen (Pliensbachien et Domérien) sont essentiellement dolomitiques alors que le Lias supérieur (Toarcien), qui n'est rencontré que sur les versants des rides pré-rifaines, est présenté à son sommet par une série schisteuse et marno-calcaire.

D) Le Miocène

Les formations miocènes post nappes présentes sous la plaine reposent en discordance sur toutes les formations antérieures. Elles sont rapportées au Tortonien et sont représentées à la base par des faciès transgressifs : molasses, calcaires gréseux et marneux jaunes du Burdigalien.

Le Tortonien moyen et supérieur est représenté par des marnes et marnes gréseuses grises et bleues dont l'épaisseur peut dépasser 1000 m au cœur du sillon et sur sa bordure Nord. Il se termine par des niveaux gréseux.

E) Le Plio-villafranchien

Il est en accordance avec le Tortonien et recouvre largement la plaine entre le méridien de Meknès à l'Ouest et celui de Fès à l'Est. Il est constitué à la base par de grès jaunes sables fauves et gris marins sur le plateau de Meknès, passant en direction Est à des calcaires lacustres au-delà de la flexure de Ain Taoujdate.

Le Plio-Villafranchien continental est formé de sables rouges, de calcaires et de conglomérats (bien développés dans la partie Est de la plaine).

F) Le Quaternaire

Ses formations sont diverses, composées de croûte calcaire tuffeuse, des travertins au pied des massifs du Causse moyen atlasique, des terrasses alluviales, éboulis et limons rouges. Des basaltes quaternaires occupent les plateaux et le fond de vallées anciennes qu'ils fossilisent.

4) Contexte hydrologique

4-1) réseau hydrographique

Le bassin de Fès –Meknès a un réseau hydrologique peu développé qui se limite essentiellement à quatre grands oueds principaux. D'Ouest à l'Est on trouve l'oued El Kell qui est un affluent de l'oued Beht, l'oued R'dom qui est un confluent de l'oued Boufekrane et de l'oued Ouislane, l'oued Mikkès et l'oued Fès.

Tous ces oueds, à l'exception de l'oued Fès, sont issus du causse moyen atlantique où ils perdent une bonne partie de leurs débits dans les calcaires karstifiés. Ces débits se reconstituent à l'intérieur du bassin à travers des émissions d'eau plus ou moins diffuses qui constituent des émergences des aquifères phréatiques et profond et les ruissellements d'eau de pluies collectées dans la plaine de Fès-Meknès. L'alimentation par émergences localisées est à l'origine de plusieurs oueds mineurs qui prennent naissance à l'intérieur du bassin.

L'oued El Kell, l'oued R'Dom et les affluents rives gauche de l'oued Mikkès drainent le plateau de Meknès, tandis que la plaine du Saïs est drainée par l'oued Fès et les affluents rives droite de l'oued Mikkès (N'ja, Atchane).

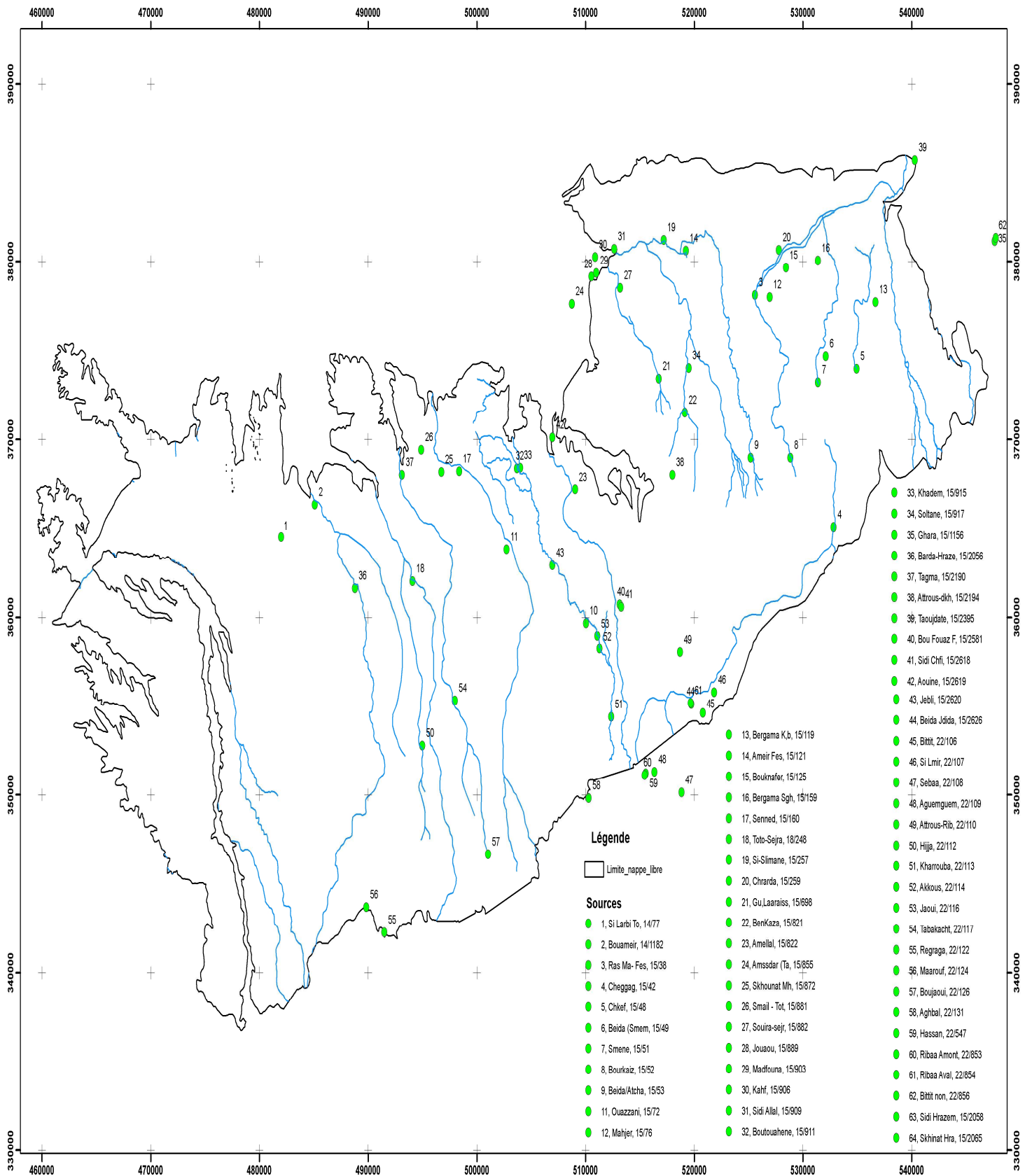


Fig. :7 – Réseau hydrographique et sources du bassin Fès-Meknès

4-2) Les sources

Toutes ces sources constituent les émissions d'eau naturelles des aquifères phréatiques (Plio-Quaternaire) et Profond (Lias).

Dans le bassin de Meknès-Fès, on distingue plusieurs types de sources :

- Les sources de débordement de la nappe libre liasique : complexe sourcier de Ribaa-Bittit , Ain Boujaoui, Ain Maarouf, Ain Cheggag, etc ;
- Les sources issues essentiellement des calcaires liasiques : Ain .Chkef, Ain. Bourkaiz, ainsi que les sources thermo-minérales Ain Skhounat (38°C), Ain Sidi Harazem (30 à 33°C) et Ain Moulay yacoub (54°C) (Zerouali, 1993).
- Les sources mixtes appelées ainsi car leur origine est mixte (nappe profonde et nappe phréatique). Parmi ces ressources, on peut citer Ain Ben Kazza, Ain Amellel, AïnGhara, Ain Smène, Ain Ras El Ma, etc ;
- Les sources d'émergences de la nappe phréatique : situées généralement en bordures des oueds peu encaissés (oued Ouislane, Oued Jdidah, et Oued Mahdouma).
- Les sources de déversement de la nappe phréatique : Ces sources au régime très variable, se déversent directement dans les talwegs des oueds (oued El Kell, Oued N'ja, etc)

L'ABH Sebou a mené une campagne de jaugeage en Mars-Avril 2005 qui a concerné **49 sources, totalisant un débit d'environ 1500 l/s (environ 47 Mm³/an)**. Un état de débit des principales des quelques sources est fourni en annexe avec des mesures de 1960 jusqu'a 2005

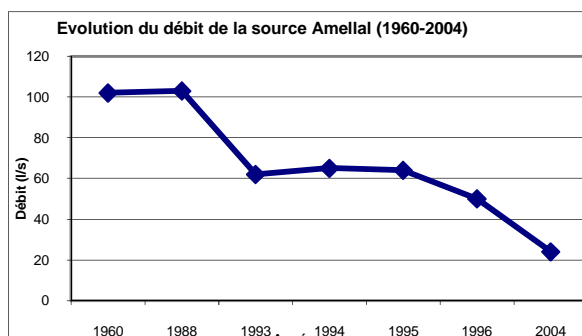


Fig. : 8 - Evolution des débits de quelques sources du bassin

5) Cadre hydrogéologique

Le bassin du Saïs renferme deux nappes d'intérêt inégal:

- la nappe phréatique qui circule dans des sables, conglomérats et par endroits dans les calcaires lacustres du Plio-Villafranchien ;
 - 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.

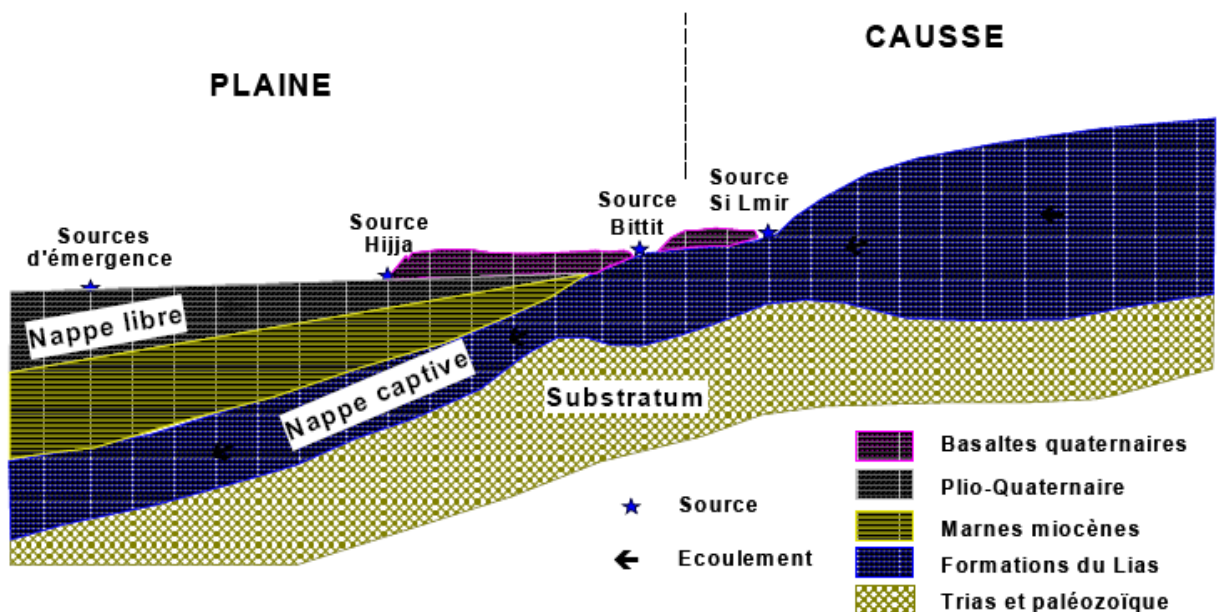


Fig.9 : : Coupe hydrogéologique schématique du système Bittit-Si Lmir

5-1) Nappe phréatique du bassin du saïss

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).

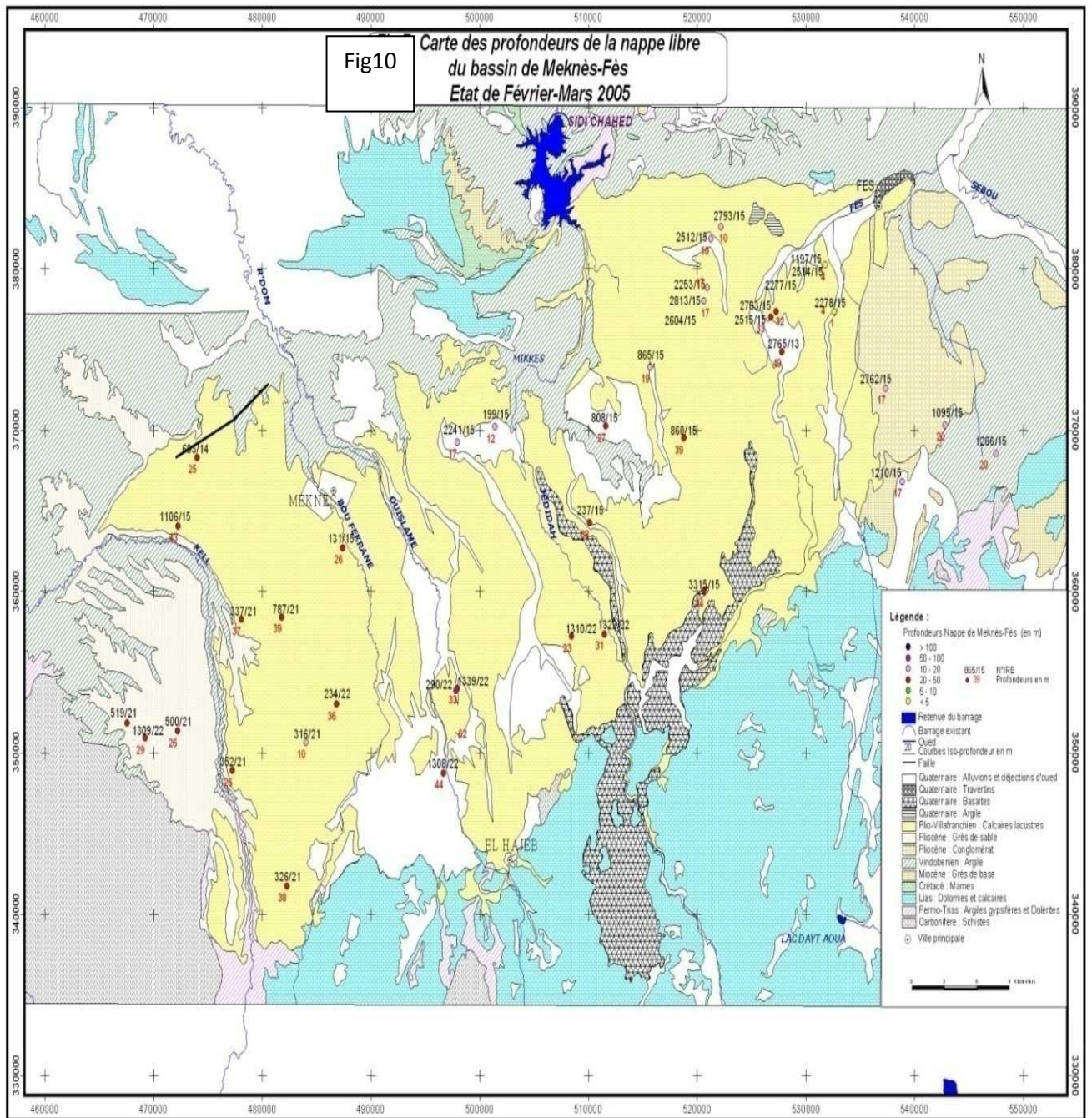
5-1-1) Lithologie de la nappe

La lithologie de la nappe phréatique varie énormément entre l'Ouest et l'Est du bassin. 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.

5-1-2) Profondeur de la nappe

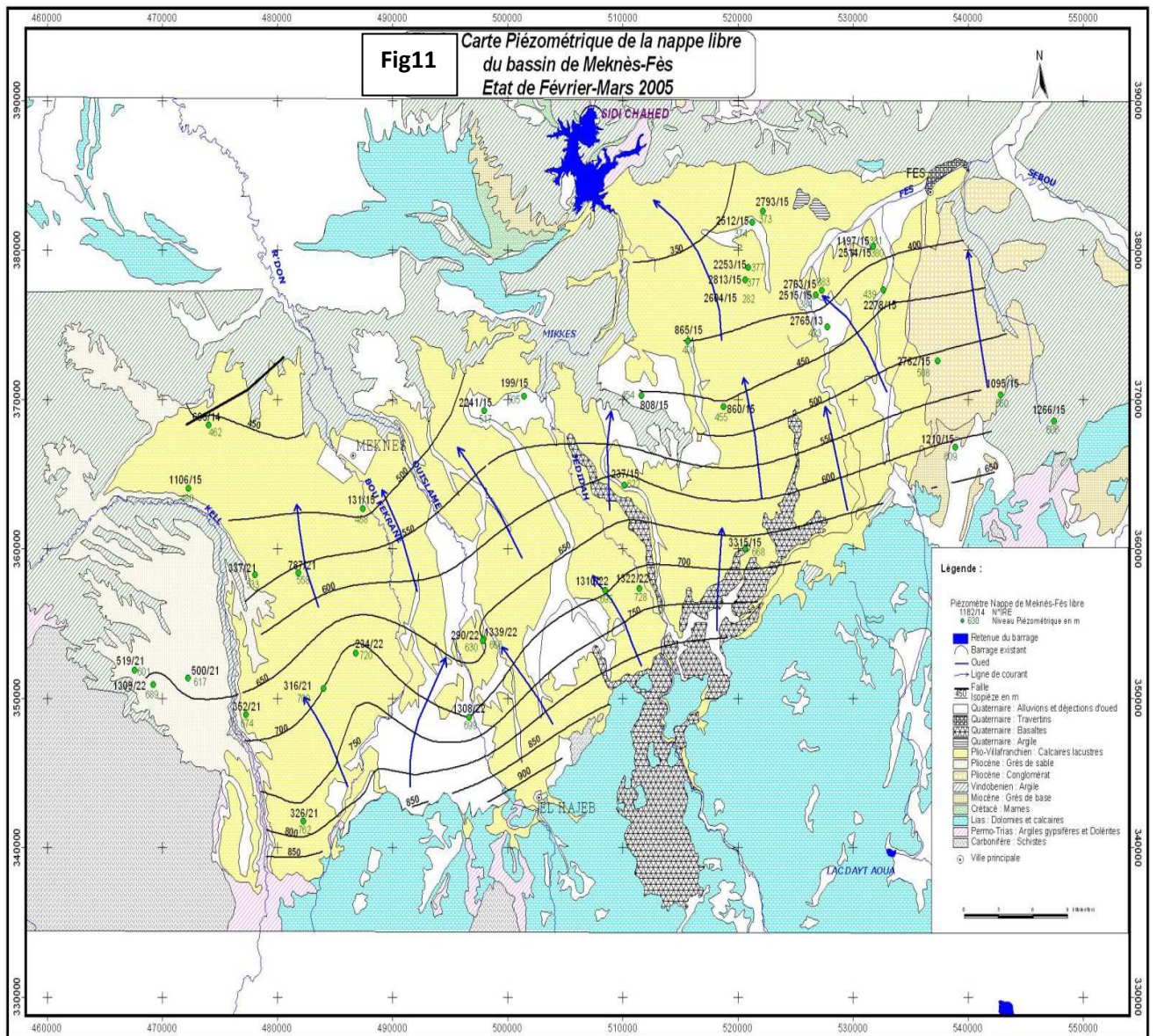
La surface de l'eau de la nappe phréatique (mesurée en février-mars 2005 par L'ABH Sebou) se situe généralement entre 10 et plus de 40 m de profondeur. Au Nord du bassin, les profondeurs sont faibles ; généralement inférieures à 20 m (Fig.7). Au Sud et à l'Ouest du bassin, la profondeur de l'eau est généralement supérieure à 30 m. Au centre, cette profondeur est comprise entre 25 et 35 m. La profondeur moyenne par rapport au sol de la surface de la nappe phréatique est de 25 m.



5-1-3) Piézométrie de la nappe

La carte de la Fig. 8 représente l'état piézométrique de la nappe, relative à la période de février-mars de 2005, élaborée à partir des données mesurées dans 47 puits et forages. Les niveaux piézométriques varient entre environ 300 m au Nord-Est de la nappe et plus de 900 m au niveau de la limite Sud-Ouest du bassin, de part et d'autre d'EL Hajeb.

L'écoulement général de la nappe se fait du SSE (piémont du causse atlasique) vers le NNE (rides pré-rifaines) dans le plateau de Meknès et du SSW vers le NNE dans la plaine de Fès. Le gradient hydraulique de la nappe varie dans l'espace, le secteur central est caractérisé par des gradients élevés, variant entre 1.6 et 2%. Les gradients hydrauliques amont varient entre 0.8 et 1.6 % et ceux de la limite nord (aval hydraulique) avoisinent 1%.



5-1-4) les paramètres hydrodynamiques de la nappe

Les débits des ouvrages varient généralement entre 1 et 20 l/s selon les secteurs.

Les perméabilités de la nappe varient généralement entre 1.10^{-5} m/s et 5.10^{-3} m/s, avec une valeur moyenne d'environ $6.6 10^{-3}$ m/s. La classe la plus représentée est comprise entre 10^{-4} et 10^{-3} m/s. Cette perméabilité varie selon le faciès lithologique de la nappe, ainsi elle est comprise entre 1 et $7 10^{-5}$ m/s au niveau de la limite Nord du plateau de Meknès et entre $2 10^{-7}$ et $3 10^{-5}$ m/s en bordure de la rive gauche amont de l'oued El Kell .

Les transmissivités de la nappe varient entre 1.10^{-4} et 4.10^{-1} m²/s, avec une valeur moyenne d'environ 2.10^{-2} m²/s. La classe la plus représentée est comprise entre 1.10^{-3} et 1.10^{-2} m²/s.

Les coefficients d'emmagasinement de la nappe varient entre 0.1 et 6.5 %, avec une valeur moyenne de 1.8 %.

5 1-5) Alimentations de la nappe

La nappe est alimentée par son impluvium et par abouchement ou par une drainance du Lias et par ré-infiltration des eaux d'irrigation. Le taux d'infiltration généralement admis est compris entre 20 et 30 % des précipitations.

La nappe phréatique dont la superficie totale est estimée à 2100 km, est inégalement alimentée. Le Saïs de Fès est par exemple mieux arrosé et par conséquent plus alimenté que le Douyet. Il l'est également par rapport au plateau de Meknès.

La ré-infiltration concerne le retour des eaux d'irrigation soustraites à la nappe elle même ou à la nappe profonde par drainance.

L'alimentation par les flexures est réelle mais non visible.

La carte de la recharge n'a pu être réalisée par manque de données suivies sur un cycle de saisons suffisamment long. Par contre celle de la décharge du plateau de Meknès a pu être faite pour l'année 2000 :

⇒ la décharge est plus importante entre Haj Kaddour et El Hajeb, plus faible aux alentours des Caves d' Aït Souala, autour de Mèknès et à Souk Jemaa El Gour.

⇒ Elle est en moyenne de 1,43 m/an.

Ce chiffre de 1,43 m/an a été étendu à l'ensemble du bassin et le volume d'eau déstocké, calculé sur cette base est de 300,3 Mm³/an à rapprocher de celles des sorties du bilan de la nappe.

5-1-6) sorties de la nappe

Les sorties de la nappe sont constituées par :

- Les prélèvements dans les puits et forages pour la satisfaction des besoins de l'irrigation. L'enquête des prélèvements effectuée en 2004 par l'ABHS n'indique pas l'origine de l'eau (nappe captée) prélevée dans les ouvrages inventoriés, nous faisons l'hypothèse que 80% des volumes prélevés proviennent de la nappe superficielle (en raison des profondeurs importantes de la nappe du Lias et de l'utilisation des eaux des sources et oueds en bordure des Causses), soit un débit prélevé d'environ 126 Mm³/an (soit, environ 4 m³/s) ;
- les prélèvements pour l'alimentation en eau potable du milieu rural. Ils sont faibles, estimés sur la base des besoins en eau de la population rurale à 0.2 Mm³/an ;
- le drainage des sources et des oueds. Les débits drainés par ces exutoires naturels de la nappe phréatique ne sont pas connus avec précision, en raison de l'incertitude sur l'origine de l'eau (nappe phréatique, nappe profonde ou mixte). Ces débits seront déduits du bilan global des ressources en eau du système aquifères de Fès-Meknès.

5-2) Nappe profonde du lias

La synthèse hydrogéologique des données relatives à la nappe profonde du bassin est entreprise à travers la description de l'aquifère dans ses dimensions lithologiques, structurales et géométriques, ses caractéristiques hydrodynamiques, sa piézométrie, ses caractéristiques physico-chimiques, et son bilan hydraulique.

5-2-1) lithologie de la nappe

La nappe profonde se trouve essentiellement dans les formations du Lias et secondairement dans les conglomérats et calcaires de la base du Tortonien (Miocène inférieur). Les formations carbonatées liasiques qui plongent, du Causse

moyen atlasique vers le nord, sous les formations puissantes du Miocène, offrent une nappe d'abord libre dans le Causse et en bordure sud du bassin, puis captif vers le nord sous les marnes puissantes du Miocène.

Le Lias est affecté par une série de failles d'origine atlasique qui ont compartimenté l'aquifère profond en plusieurs panneaux isolés mais intercommuniquants.

5-2-2) Piézométrie de la nappe

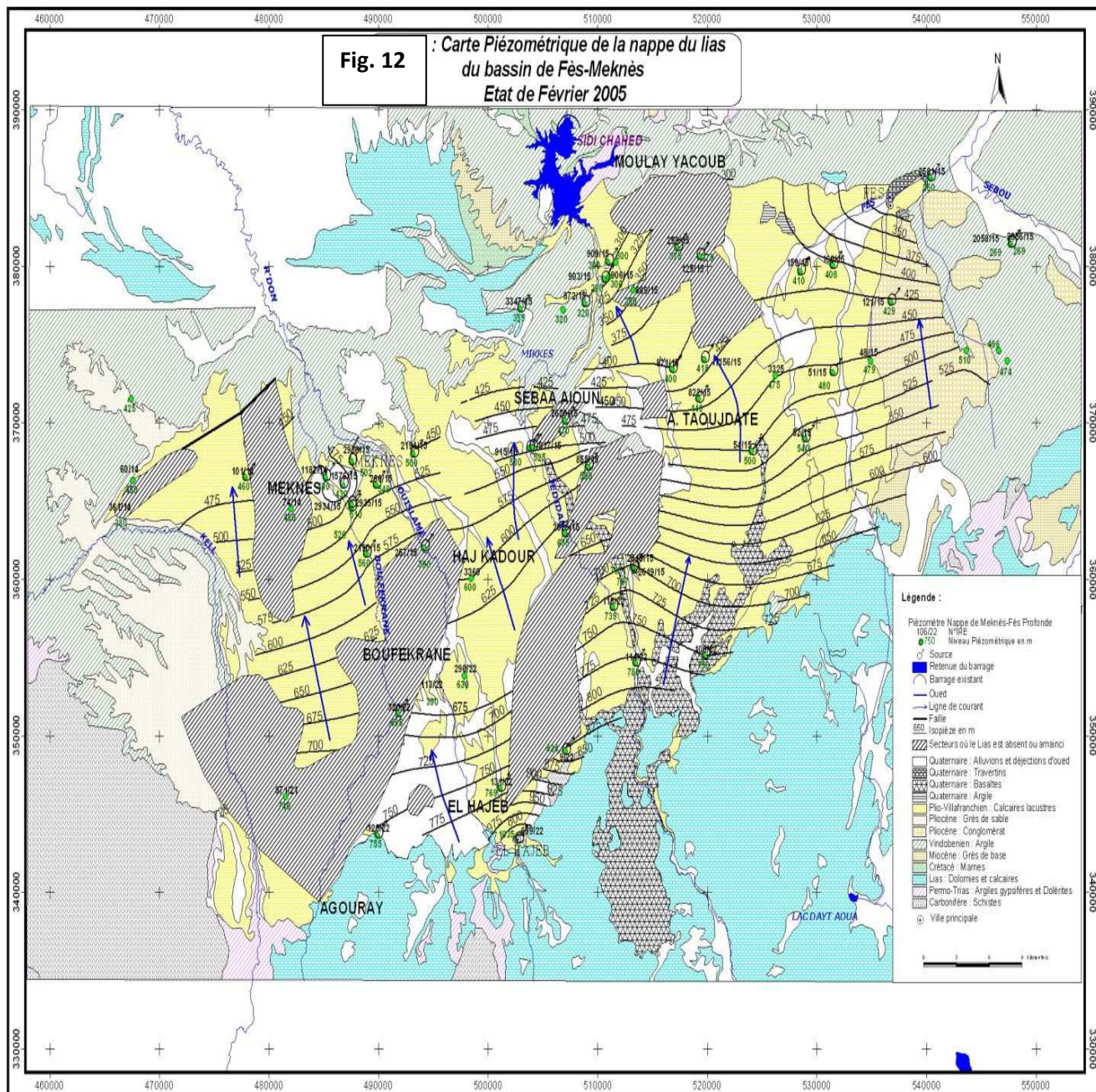
La carte piézométrique de la Fig. 21 a été élaborée à partir des mesures des niveaux d'eau effectuées par l'ABH Sebou en février 2005. 70 mesures ont été effectuées, au niveau de 3 forages et de 67 sources.

Les cotes de la surface piézométrique de la nappe varient entre 1000 m au sud (au voisinage d'EL Hajeb) et moins de 350 m au nord au niveau de la limite NO 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 dans le plateau de Meknès. Une ligne de partage des eaux souterraines se trouve dans la partie occidentale du bassin de Fès.

Le gradient hydraulique diminue globalement du sud (où il atteint une moyenne de 2.4 %) vers le Nord. Le gradient hydraulique moyen au niveau de l'ensemble de la nappe du Lias est d'environ 1.75 %.

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



5-2-3) Paramètres hydrodynamiques de la nappe

Les caractéristiques hydrodynamiques de cet aquifère ont été approchés à travers l'analyse des essais de pompages disponibles. Cette synthèse traite de la perméabilité, de la transmissivité et du coefficient d'emménagement

Les valeurs de la perméabilité de la nappe du Lias varient généralement entre 10^{-7} et 10^{-3} m/s. Les valeurs les plus représentées (environ 80 % des perméabilités) sont comprises entre 10^{-6} et 10^{-4} m/s

Les transmissivités de la nappe varient entre 10^{-5} et 10^{-1} m²/s. Environ 80 % des valeurs sont comprises entre 10^{-4} et 10^{-2} m²/s.

Les débits des ouvrages varient entre quelques l/s à plus de 290 l/s (forage 2370/15, situé à l'Ouest bassin de Fès).

Les plus fortes productivités (> 100 l/s) sont généralement localisées dans la plaine de Fès, dans le compartiment Est de la flexure d'Ain Taoujtate (forages généralement artésiens).

Les plus faibles productivités (< 10 l/s) sont généralement situées le long de la bordure sud du bassin, entre la flexure de Ain Taoujtate à l'Est et la limite occidentale de la nappe.

5-2-4) Alimentation de la nappe

Cette alimentation se fait au niveau de la limite sud du bassin, à partir de l'écoulement souterrain aval du Causse moyen atlasique.

Le débit de cette alimentation a été calculé à partir des sorties avales des différents causses constituant la bordure nord du Moyen Atlas tabulaire, à environ 100 Mm³/an. Ce débit est réparti en 25 Mm³/an pour le bassin d'Agouraï, 30 Mm³/an pour le bassin de Hajeb-Ifrane et 46 Mm³/an pour le bassin d'Immouzzet du Kandar.

5-2-5) les sorties de la nappe

Elles sont constituées par :

- ▲ le drainage des sources et des oueds.
- ▲ l'alimentation de la nappe superficielle au niveau des limites sud du bassin ; évaluée à environ 4 Mm³/an ;

▲ les prélèvements agricoles : supposés représentés environ 20% du volume total des prélèvements agricoles du bassin (étant donné les profondeurs importantes du toit du calcaire du Lias sous le bassin), soit environ 31.6 Mm³/an ;

▲ les prélèvements pour l'alimentation en eau potable des villes de Fès et de Meknès :

✓ AEP de Fès (2004) : 67.6 Mm³/an (49.8 Mm³/an par l'ONEP et 17.8 Mm³/an par la RADEEF) ;

✓ AEP de Meknès (2004) : 32.5 Mm³/an, à partir des sources Bittit (864 /22), Ribaa (854/22).

Le volume total des prélèvements alimentant en eau potable les villes de Fès et Meknès s'élève donc à environ 100 Mm³/an.

6) Bilan hydraulique global du système aquifère du bassin de Fès-Meknès

Entrées (Mm ³ /an)		sorties (Mm ³ /an)		Bilan (Mm ³ /an)
Infiltration de la pluie	104.5	Prélèvements agricoles (IP : 25 644 ha)	160	
Alimentation profonde à partir du Causse du Moyen-Atlas	101	Prélèvements AEP	100	
Retour des eaux d'irrigation	36	Drainage des sources	47	
		Drainage des oueds	34.5	
TOTAL	241.5	TOTAL	341.5	- 100

Le bilan global est négatif et les prélèvements actuels au niveau du complexe aquifère s'opèrent dans les réserves permanentes. Le déstockage global avoisine les 100 Mm³/an, ce qui rend l'avenir de cette richesse naturelle très hypothétique.

7) Evolution des ressources en eau dans le bassin de fes-meknes

7-1) Evolution du régime d'écoulement des cours d'eau et des sources

Dans le bassin de Fès-Meknès, les sources et les oueds sont deux systèmes hydrauliques intimement liés, les premiers soutenant les cours des seconds.

Tous les oueds à leur passage dans le bassin drainent les deux nappes (phréatique et profonde) à travers des résurgences des eaux souterraines ou des sources.

Ces oueds avaient autrefois un module d'écoulement assez soutenu grâce aux émergences provenant du trop-plein des nappes. Depuis la rupture du régime pluviométrique qui assurait l'équilibre du système hydraulique du bassin, les sources et les émergences se sont plus ou moins tarées, entraînant ainsi une baisse d'écoulement au niveau des oueds (figure 8.1). La diminution des apports en eau de surface a entraîné une augmentation des moyens d'exhaures qui accélèrent davantage le déficit hydrique de l'ensemble du système hydraulique du bassin

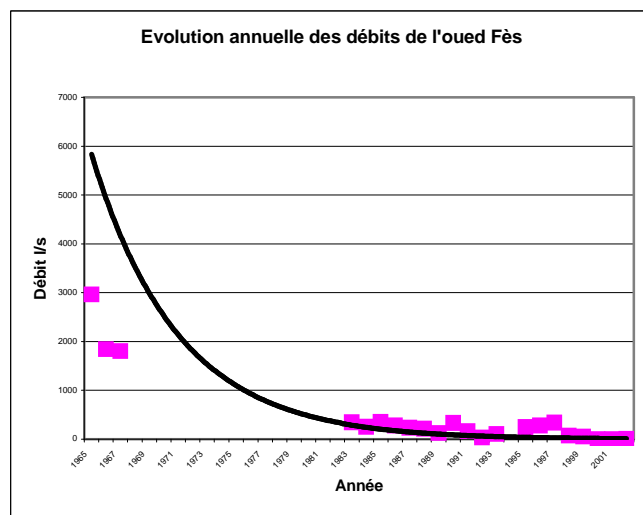
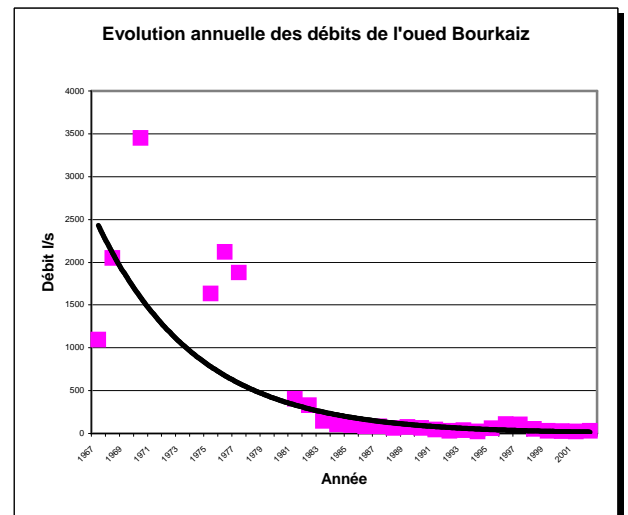
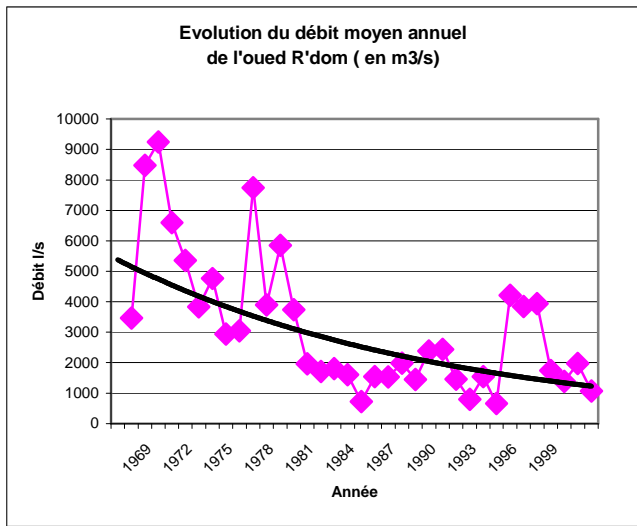
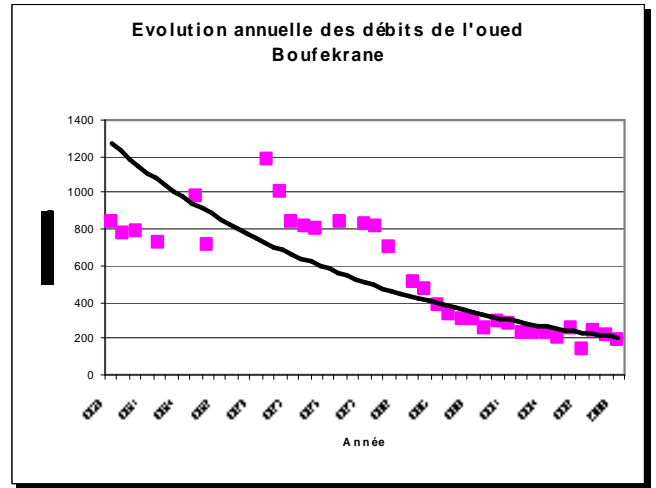
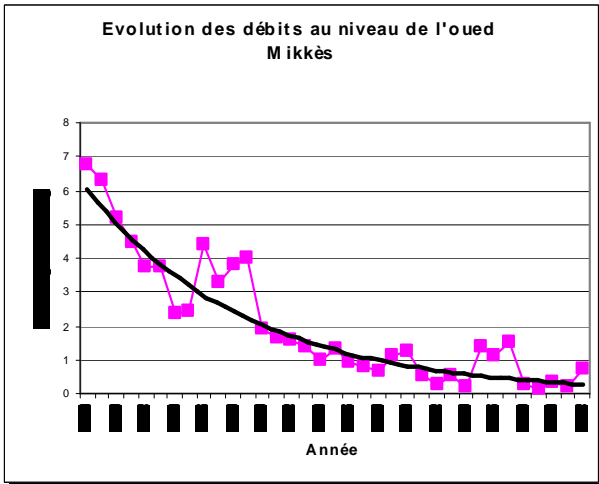


Fig : 13 Evolution des débits moyens annuels des oueds (L/S)

OUEDS	Module Moyen en régime d'équilibre (l/s)	Module Moyen actuel (l/s)	Déficit (%)
R'dom	5305	1897	64
Boufekrane	853	281	67
Mikkès	4000	800	80
Fès	2200	0	100

Tableau 4 : Déficit des apports des principaux oueds du bassin de Saïs

D'après le tableau ci-dessus, les déficits des apports des oueds varient de 60 à 100%, en général le déficit est plus marqué dans les oueds qui proviennent des résurgences des eaux souterraines alors que les oueds dont les apports proviennent des causes voient leur déficit moins important.

Le déficit d'écoulement est une conséquence directe de la chute du débit des sources qui est attribué lui aussi à la rupture du régime pluviométrique.

L'analyse de l'évolution du régime pluviométrique montre une baisse des apports pluviométriques de l'ordre de 25% dans le causse comme dans la plaine

La diminution des débits des sources du piémont est en grande partie attribuée à la diminution des apports alors que celle de la plaine est due à la surexploitation des ressources

La diminution des ressources en ressources en eau de surface est une conséquence du pompage excessif des eaux souterraines

Ce déficit affecte aussi les apports des bardages et le cas du barrage sidi chahed est un exemple frappant (baisse de 80% dosés apports)

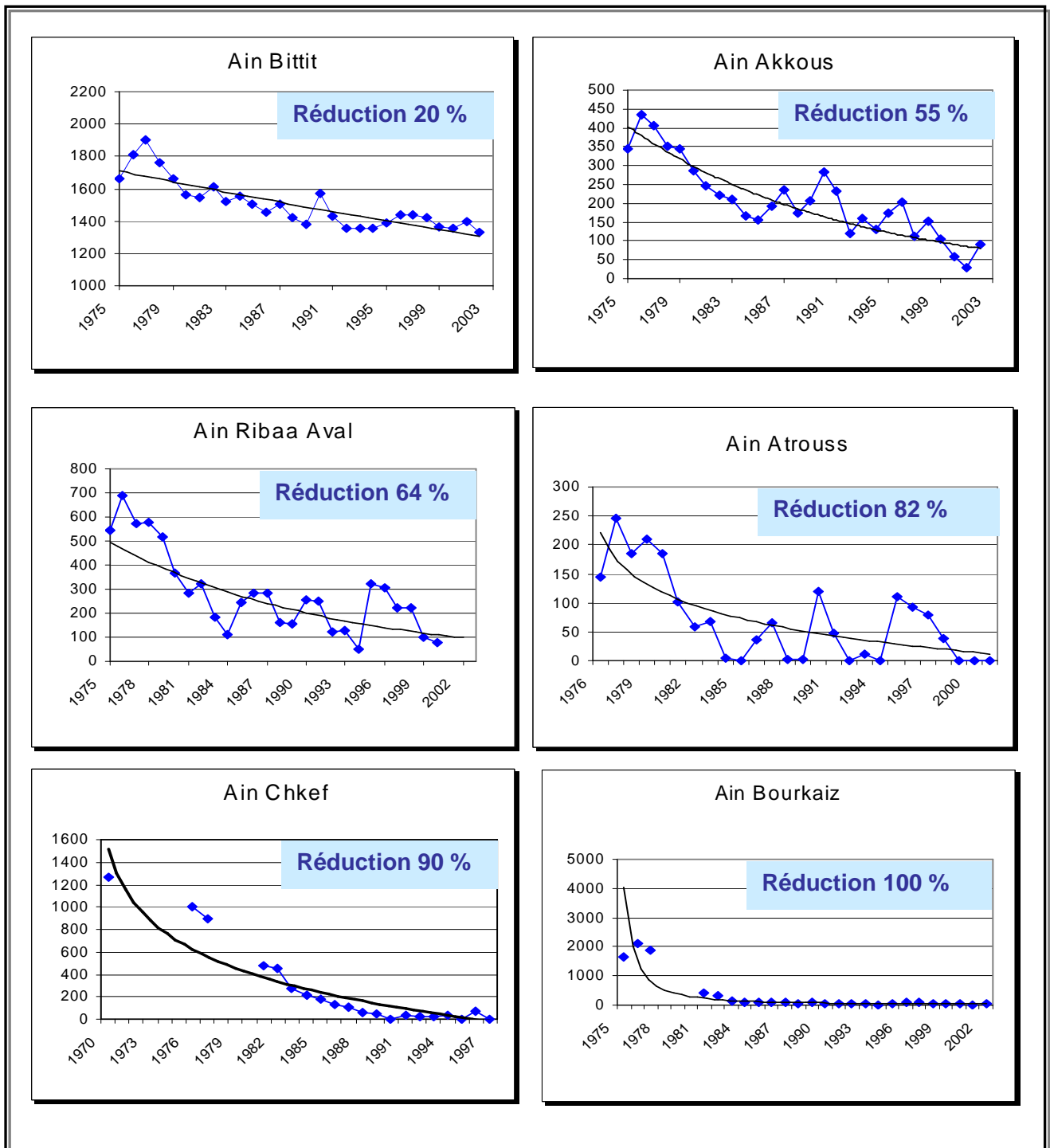


Figure n°14: Evolution du débit moyen annuel des Sources (l/s)

7-2) Baisse des niveaux piézométriques

L'analyse de l'historique des données issues du réseau de mesures de l'Agence, montre que le niveau piézométrique dans la nappe phréatique a tendance à baisser d'année en année depuis la période de la pluviométrie d'équilibre (en l'occurrence 1980).

Tout comme la nappe phréatique, la nappe profonde subit également une baisse de niveau piézométrique, les suivis piézométriques de la nappe profonde ont démarré au début des années 1980. Ces suivis montrent tous des fortes baisses annuelles du niveau de la nappe, conséquence de l'état de sécheresse, qui s'est accentué à partir des années 1980, et de la surexploitation indirecte.

Outre les prélèvements directs opérés à partir des forages captant la nappe profonde, on note que tout prélèvement opéré sur la nappe phréatique se répercute sur la nappe profonde du fait d'une drainance verticale compensatoire à partir des failles et flexures. C'est pourquoi la baisse du niveau de la nappe phréatique (0,2 à 0,4 m par an) est moins sensible que celle de la nappe profonde (1 à 3 m par an), alors que l'exploitation est plus concentrée sur la nappe phréatique. Ceci est à l'origine du retrait du champ d'artésianisme sur plus de 70% de l'étendu de la plaine. La carte piézométrique de la nappe profonde, établie dans le cadre de cette étude, montre que, dans le plateau de Meknès, l'artésianisme a pratiquement disparu, il persiste seulement dans une petite partie au nord avec des pressions au sol généralement inférieures à 3 bars. La plaine du Saïss aussi n'est pas à l'abri de ce retrait d'artésianisme qui n'existe maintenant que dans la moitié nord de la plaine.

7-3) conséquence de la surexploitation et son évolution dans le temps

La conséquence première de la baisse des niveaux d'eau et des débits des sources et oueds, est évidemment la dégradation quantitative des ressources en eau du bassin qui entraînera avec elle une décadence du tissu socio-économique de toute la région. La dégradation quantitative des ressources en eau du bassin de Fès-Meknès se manifeste déjà par la disparition du champ d'artésianisme sur plus de 70% de l'ensemble de l'étendu du bassin.

Toutes les données, recueillies dans le cadre de cette étude et des études précédentes, concordent vers la confirmation de la diminution des ressources en eau du bassin de Fès-Meknès. La question maintenant est de savoir comment cette dégradation évoluera dans le temps. En raison de la non continuité des mesures et la mauvaise répartition des ouvrages de captage des eaux de la nappe profonde, il n'est pas aisé de faire des projections de la diminution des ressources eau dans le bassin de Fès-Meknès. On peut cependant, d'ores et déjà décrire la manière dont

évoluera cette diminution des ressources. En effet le processus de dégradation quantitative des ressources en eau du bassin se fera en marquant les trois étapes suivantes :

⇒ Première étape : Disparition du champ d'artésianisme sur l'ensemble du bassin de Fès-Meknès. Cette étape déjà entamée, est à sa phase finale dans le plateau de Meknès où l'artésianisme a disparu sur plus de 90% de l'étendu du plateau. Dans la plaine du Saïs, le retrait du champ d'artésianisme concerne plus de 50% de l'étendu de la plaine.

La superposition de la carte du toit du Miocène et celle de la piézométrie de la nappe profonde, montre que dans les zones dépourvues d'artésianisme, il y a encore une possibilité de drainance du fait que le niveau d'eau de la nappe profonde se positionne au dessus du toit du Miocène. On remarque cependant que, dans ces zones, la charge maximale (différence de niveau entre le mur du Miocène et le niveau d'eau de la nappe profonde) permettant d'assurer une drainance verticale des eaux profondes est de l'ordre de 50 m. Au rythme de l'exploitation actuelle des ressources en eau du bassin, cette charge s'épuisera en moins de 25 ans et marquera ainsi le début de la deuxième étape dans le plateau de Meknès et dans plus de la moitié sud de la plaine du Saïss.

⇒ Deuxième étape : Arrêt de la drainance entre la nappe profonde et la nappe phréatique. Cette étape marquera le début du processus de disparition de la nappe phréatique. En effet, cette partie du complexe aquifère du bassin de Fès-Meknès, facilement accessible et surexploitée, trouve une compensation importante (plus de 40% des apports) à travers les remontées d'eaux profondes qui s'opèrent à la faveur des failles et cassures qui communiquent les deux parties du complexe aquifère du bassin. Si bien que, si la drainance s'estompe entre les deux parties du complexe aquifères, au rythme de l'exploitation actuelle de la nappe phréatique, les ouvrages captant celle-ci tariront en moins de 5 ans. En effet la carte en isohypse du mur de la nappe phréatique, montre que l'épaisseur maximale des formations géologiques abritant cette nappe ne dépasse pas 150 m. Elles seront donc assez vite traversées par les approfondissements des ouvrages de captage qui suivront la baisse rapide du niveau d'eau.

⇒ Troisième étape : Cette étape marquera l'accentuation des conséquences des deux premières étapes, par une baisse continue du niveau d'eau de la nappe profonde jusqu'à devenir économiquement inexploitable. Elle notifiera la fin des

ressources en eau du bassin de Fès-Meknès et de toute activité économique et sociale y afférente.

Ainsi la surexploitation dont fait objet les ressources en eau du bassin de Fès-Meknès, compromet sérieusement l'avenir de ces dernières. Il est impératif qu'une action de redressement de la situation soit entreprise. Cette action doit principalement viser à réduire les prélèvements issus de l'irrigation et de l'AEP et à développer des projets de transfert d'eau du haut Sebou vers la plaine.

8) conclusion

L'étude entreprise dans le cadre de cette mission a permis d'apporter une contribution à une meilleure connaissance de l'hydrogéologie de la plaine de Meknès-Fès sur plusieurs plans :

Au point de vue structurale la réinterprétation des données géophysiques couplée aux coupes des forages a permis de mieux définir la structure profonde du bassin. La plaine est découpée en panneaux et blocs allongés suivant les directions tectoniques atlasiques et rifaines. Les blocs juxtaposés communiquent néanmoins entre eux par l'intermédiaire des failles et flexures.

On distingue en général deux grands domaines opposés: le plateau de Meknès à l'Ouest et la plaine du Saïs à l'Est. L'opposition est :

- ↳ structurale : l'ouest constituant un panneau plus haut que le domaine oriental qui paraît plus effondré.
- ↳ Lithologique : sables fauves à l'Ouest et conglomérats à l'Est pour la nappe phréatique
- ↳ au point de vue puissance du réservoir : le Lias présente des épaisseurs plus faibles dans le plateau de Meknès que dans le Saïs de Fès. La conséquence étant que la partie occidentale paraît nettement plus pauvre en eau.

Au plan de la piézométrie, on remarque une baisse de plus en plus accusée des niveaux des nappes, se traduisant par un recul de plus en plus poussé de l'artésianisme de la nappe profonde du Lias : baisse de pression atteignant en certains endroits jusqu'à 6 bars. Ceci se traduit également par des baisses de débits exploités. Le bilan des deux nappes est caractéristique à cet égard. Il accuse pour

les deux systèmes aquifères des déficits de plus en plus importants. Les réserves régulatrices sont entièrement utilisées et les réserves permanentes sont entamées.

Au point de vue de la qualité l'eau de la nappe phréatique présente des signes de pollution provoquée par les nitrates utilisés intensivement dans l'exploitation agricole. Une pollution bactérienne est également perceptible en certains endroits proches des villes.

L'eau de la nappe profonde liasique est par contre d'excellente qualité chimique avec un résidu sec compris entre 0,2 et 0,3 g/l. De plus compte tenu de sa très grande profondeur et de l'épaisse couverture miocène elle paraît à l'abri de toute contamination bactérienne et chimique.

Les termes de bilan, évalués individuellement ou de manière globale, montrent que les réserves régulatrices du complexe aquifères de la plaine de Fès-Meknès sont épuisées et que les prélèvements actuels s'opèrent dans les réserves permanentes. Il est donc impératif que des mesures d'urgence visant à réguler les prélèvements de manière à restaurer les réserves permanentes soient prises.

A ce rythme d'exploitation des ressources en eau du Saïs, on peut, sans exagération, prévoir que le Saïs devienne comme le Souss dans une vingtaine d'années.

Références bibliographiques

- 1) Agence du bassin hydraulique de sebou : Note sur les ressources en eau du bassin du Sebou 2002-2003.
- 2) Bureaux études techniques (BET AQUASOFT (2004) Evolution des ressources en eau souterraines de la nappe de Fès Meknès.
- 3) Bureaux études techniques BRL ingénierie(2004) : Evolution des ressources en eau souterraines de la nappe de Fès Meknès.
- 4) La CACG (Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne) (2004) : Evolution des ressources en eau souterraines de la nappe de Fès Meknès.
- 5) Jean Chamayou, Michel Combe, Bernard Genetier & Claude Leclerc. Le bassin de Meknès-Fès et le couloir de Fès Taza.
- 6) Amraoui.F (2005) Contribution à la connaissance des aquifères karstiques cas du lias de la plaine de Saïs et du causse moyen atlasique tabulaire.