UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC

DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT

Année Universitaire : 2014-2015

Licence Sciences et Techniques

GRE

PROJET DE FIN D'ETUDE

Evolution de la qualité des eaux dans l'aquifère plio_quaternaire de maamora

Présenté par :

EL HAKKOUNY Abdenour

BOUNAOUR Jalal

Tuteur du Stage:

Mlle. MIZANE Leila

Professeur encadrant :

Mr. Saïd HINAJE

Remerciements

On tient à exprimer notre reconnaissance à **Madame ELHAOUAT Samira**, la Directrice générale de l'Agence du Bassin Hydraulique de Sebou, qui nous a accordé le grand privilège d'effectuer le stage au sein de l'agence.

Notre remerciement va également à **Mademoiselle MIZANE Leila** chef de division de développement et de Gestion des ressources en Eaux, pour son encadrement sa disponibilité et ses orientations.

Pour la même occasion, j'estime la gratitude à **Monsieur HINAJE SAID**, Professeur et Docteur d'Etat à la Faculté des Sciences et Techniques Fès qui nous a encadré durant ces deux mois de stage.

Sommaire

Introduction générale.....3

Partie I : Généralités sur le Bassin versant de Sebou.....4

I. Présentation.....5

II .Découpage administratif.....5

III. Contexte Géographique et Climatique.....7

1) Contexte géographique.....7

2) Contexte climatique.....7

a- Climat.....8

b- Pluviométrie.....8

c- Température.....8

d- Evaporation.....8

IV. Contexte Géologique et hydrogéologique Générale 8

1) Contexte Géologique.....8.

2) Contexte Hydrogéologique.....11

3) Contexte Hydrographique.....12

V. Géologie, stratigraphie et hydrogéologie de la nappe de maamora.....13

Partie II : Etude des eaux du bassin de Sebou.....16

I. Ressources en eau 17

1) Eau de surface.....17

2) Eaux souterraines.....17

III. Etat de la qualité des eaux du bassin de Sebou.....18

Conclusion.....31

Bibliographie.....32

Liste des figures.....32

Liste des tableaux.....33

Liste des diagrammes 33

Introduction

La Maamora est une vaste plate-forme quaternaire qui s'étale depuis l'Océan entre Rabat et Kenitra, jusqu'à 70km vers l'intérieur du pays ,limitée au Sud par la vallée du Bou Regreg et les contre forts du Plateau Central et au Nord par la plaine du Gharb .Cette plateforme présente des caractères très particuliers qui lui confèrent une véritable unité géologique, géomorphologique pédologique, botanique et finalement géographique.

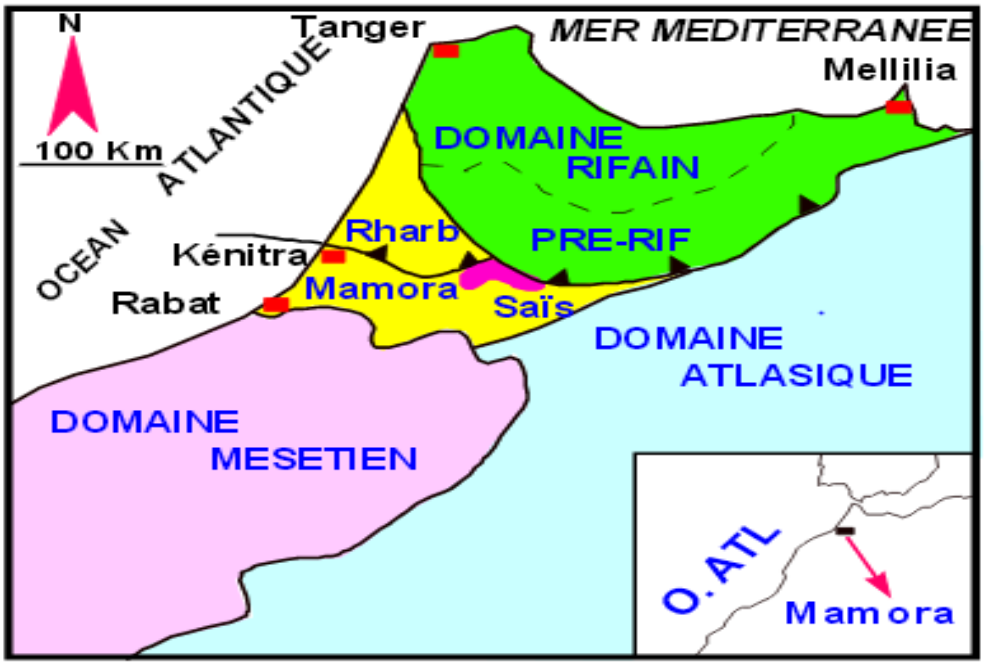


Fig. 1 les grands traits structuraux du Maroc (Zouhri L.1997)

Partie I : Données Générales sur le Bassin de Sebou

I. Présentation

Le bassin de Sebou forme Une cuvette entre le Rif au Nord, le moyen Atlas et la meseta au sud, le couloir Fès - Taza à l'Est et l'océan Atlantique à l'Ouest.

Fig. 2 : Situation Du Bassin De Sebou au Maroc (ABHS : Inventaire du degré de pollution dans le bassin de Sebou, Rapport de Synthèse 2007)

D'une superficie d'environ 38.380 km2, il est l'un des bassins les plus importants du royaume et renferme actuellement une population totale de près de 5.73 millions d'habitants, dont 49% en milieu urbain et

51% en milieu rural. Il dispose d'une économie agricole et industrielle qui contribue de façon importante à l'économie nationale.

II .Découpage administratif

Le bassin de sebou couvre en totalité ou en partie :

- ✓ 5 régions économiques : fès-boulemane, Al hoceima-taza-taounate,meknes-tafilalt,gharb-cherarda-beni hssen et rabat-zemmour-zair ;
- ✓ 3 Wilayas : Fès meknes et kenitra,

✓ 17 provinces et préfectures dont 10 en totalité(meknes elmanzah ,meknes ismailia,el hajeb fes el madina zouagha my yaacob fes jdid dar dbibagh sefrou taounat kenitra sidi kassem) et 7 en partie fes jdid dar dbibagh sefrou taounat kenitra sidi kassem) et 7 en partie fes jdid dar dbibagh sefrou taounat kenitra sidi kassem) et 7 en partie :

(ifrane boulemane taza chefchaouen khm : (ifrane boulemane taza chefchaouen khémisset, khénifra et al hoceima) .

La répartition des centres urbains, en fonction de leur taille est presente dans la carte suivante :

Fi 3.provinces du bassin de sebou (Inventaire du degre de pollution des ressources en eau dans le bassin de sebou 2009)

III. Contexte Géographique et Climatique

1) Contexte géographique

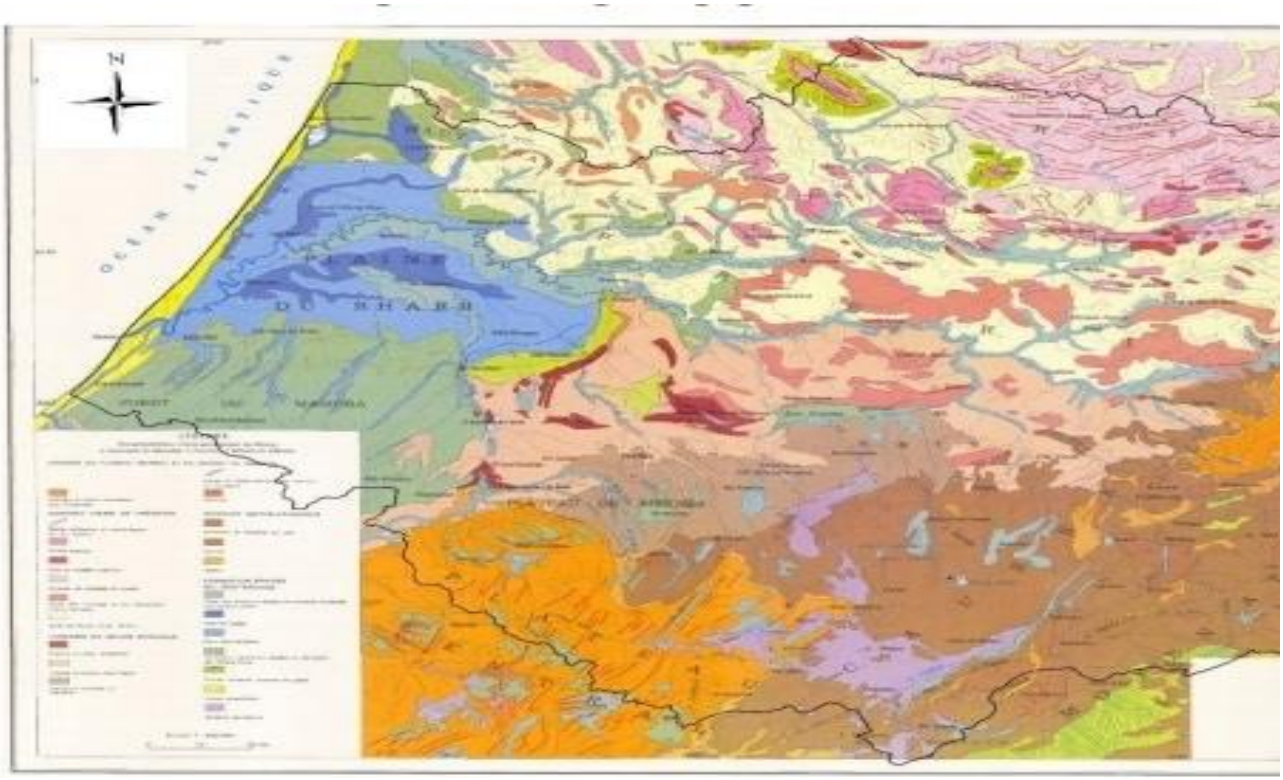


Fig.4 : Carte géologique du bassin de Sebou (ABHS : Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagements intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou PDAIRE 2011)

Le bassin du sebou est délimité par quatre domaines géographiques à savoir :

- Le rif au nord (10 000 Km2 environ)

- Le moyen atlas au Sud/Est (10 000 Km2)
- La meseta au sud (3000 Km² environ)
- Le bassin du gharb-maamoura à l'ouest (10 000 Km2 environ) .
- Le couloir fès-taza qui constitue le centre du bassin (4000 Km2 environ).

2) Contexte Climatique

a- Climat

Le climat régnant sur l'ensemble du bassin de sebou est de type méditerranéen à influence océanique. Cette influence se manifeste par des vents pluvieux du secteur ouest et des hauteurs de pluie qui décroissent en s'éloignant de la mer. A l'intérieur, Le climat devient plus continental. Les influences de l'altitude, de la latitude et de l'exposition se combinent pour identifier des microclimats locaux où le froid, le gel, la neige et les pluies d'hiver s'opposent aux chaleurs et orages de l'été.

b- Pluviométrie

La pluviométrie moyenne interannuelle est de 750 mm sur l'ensemble du sebou avec variation entre 400 mm sur le haut sebou et les vallées encaissées du beht et 1800 mm sur les hauteurs du Rif .

Les précipitations moyennes sont caractérisées par l'existence de deux saisons bien distinctes, sèche de mai à septembre et humide d'octobre à avril, ainsi que par une variabilité interannuelle très accusée.

c- Température

Les températures moyennes interannuelles varient suivant l'altitude et la continentalité entre 10 et 20 °C. elles sont maximales en juillet-aout et minimales en janvier.

L'amplitude de variation de la température est importante et oscille entre 40 et 50 °C.

d- Evaporation

L'évaporation moyenne annuelle est assez forte dans la zone. Elle varie entre 1600 mm sur la cote et 2000 mm vers l'intérieur . elle est maximale en juillet-aout, avec près de 300mm/mois, et minimale en décembre-janvier avec moins de 50 mm/mois.

La période allant de mai à septembre totalise 65% de l'évaporation annuelle environ.

IV. Contexte Géologique et hydrologique Général

1) Contexte Géologique

Le bassin de sebou peut être divisé en quatre zones structurale différentes :

- L'Ouergha en amont du barrage al wahda : constitué essentiellement par des terrains argilo-marneux impémeables du crétacé.

- Les bassins du Gharb et du Saiss et le couloir de fès-taza (contenus entre les chaines du rif et du moyen atlas) à remplissage essentiellement tertiaire et quaternaire perméable. Les deux dernières unités renferment également des formations dolomitiques et calcaires du lias.

- Le beht est constitué par des formations triasico-liasiques et primaires imperméables à semi-perméables.

- Le moyen atlas

Le Maroc est subdivisé en trois domaines structuraux (Michard,1976) :
Le domaine rifain au nord, le domaine meseto-atlasique au centre et le domaine anti-atlasique et saharien au sud (figure. 6a). Le Moyen Atlas qui appartient au domaine meseto-atlasique regroupe deux entités structurales différentes (figure 6b) : le Moyen Atlas plissé à l'Est et le Causse Moyen Atlasique à l'Ouest. Ces deux structures sont séparées par un accident majeur nommé « accidentnord moyen atlasique».
Le Moyen Atlas plissé, représenté par des massifs montagneux,est marqué par une déformation souple.Cette dernière a engendré d'Est en ouest une succession des rides anticlinales fracturées que séparent des zones synclinales. Cependant le Causse Moyen Atlasique,à matériel essentiellement carbonaté, constitue un vaste plateau à structure monoclinale matérialisée par une déformationà caractère essentiellement cassant. Dans ces deux domaines, les grandes lignes structurales ont une orientation générales NE-SW recoupée, par endroit, par des accidents NW-SE et E-W. Ces directions correspondent à des accidents du socle hercynien réactivés au cours de l'histoire alpine.

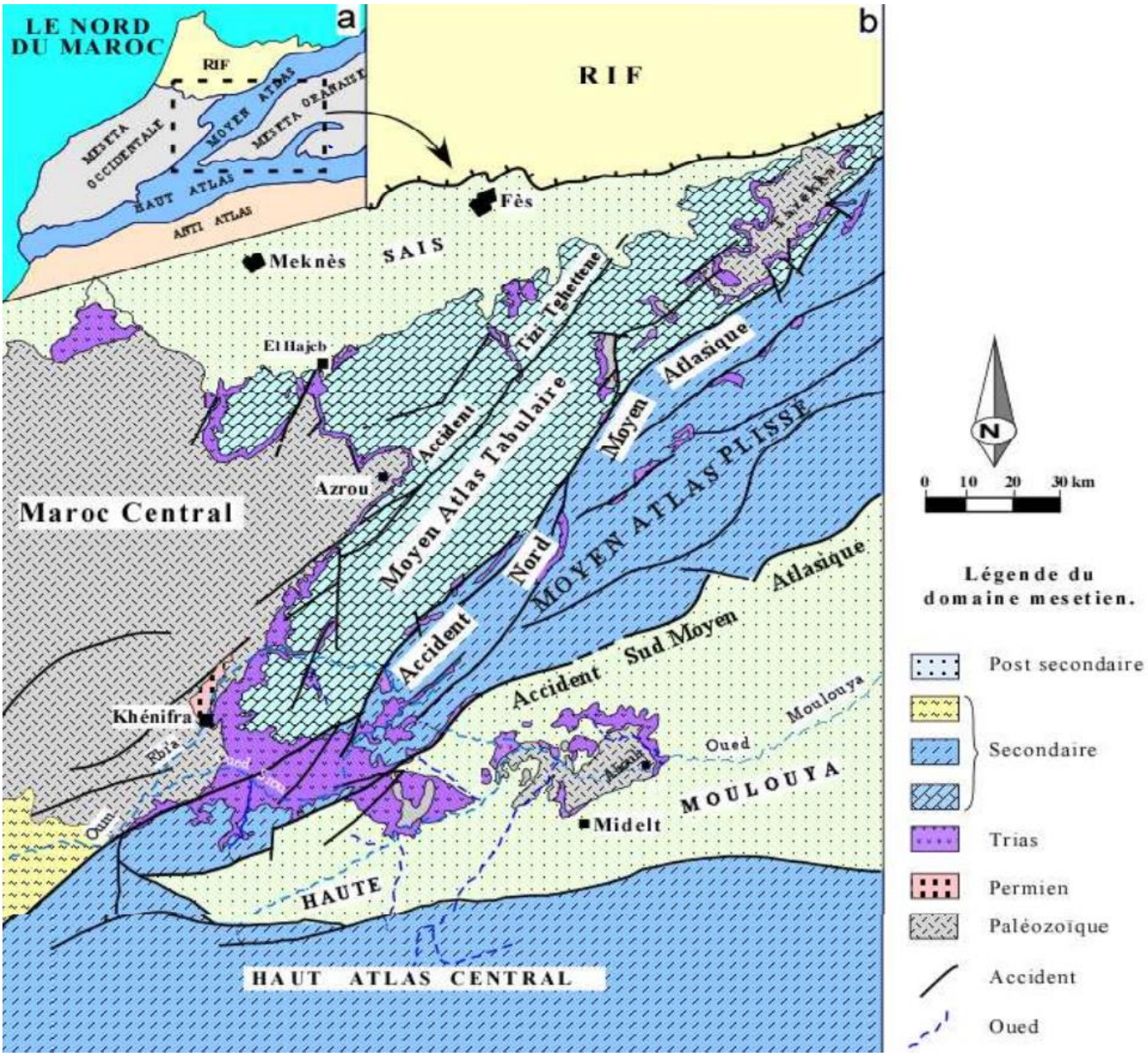


Fig5. Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas (Michard, 1976)

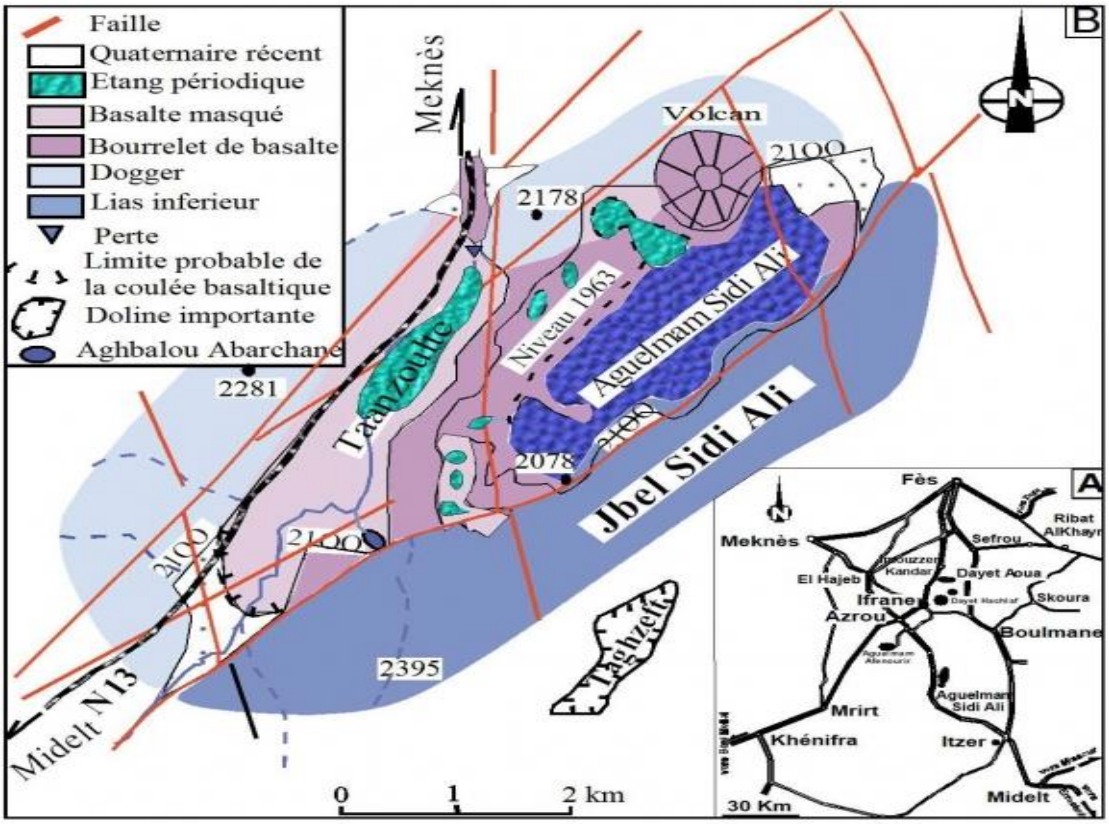


Fig6. Carte géologique simplifié montrant les différentes structures du moyen atlas

2) Contexte hydrogéologique

Le bassin du sebou fait partie des bassins les plus riches en eaux souterraines du Maroc. Ses ressources potentielles (800 Mm3) représentent environ 20% du potentiel mobilisable du Maroc.

Ces ressources en eaux souterraines sont contenues dans plusieurs nappes qui se présentent comme suit :

- La nappe de la maamora
- Les nappes du bassin du gharb
- La nappe de bou agba
- Les nappes du bassin du fès-meknès
- Les nappes du couloir de fès-taza
- La nappe des causses moyens atlasique
- La nappe du moyen atlas plissé

Fig7 : Les nappes d'eaux souterraines du bassin du Sebou (ABHS: Inventaire du degré de pollution dans le bassin de Sebou Rapport de Synthèse 2007).

Les ressources en eau souterrains du bassin de sebou contribue au developpement économique et social de la population, en assurant l'approvisionnement en eau potable (AEP) et industrielle d'une grande partie des centre urbains, l'AEP du milieu rural et la satisfaction des besoins en eau des périmètres irrigués (petite et moyenne hydraulique).

L'alimentation en eau potable et industrielle (AEPI) des principales agglomérations du bassin (fès, meknès, kénitra, taza, sidi slimane et sidi kacem) est assurée essentiellement à partir des eaux souterraines (forages et captages des sources).

3) Réseau hydrographique

L'Oued Sebou prend sa source sous l'appellation d'oued guigou dans le moyen atlas à 2030 m d'altitude . il sillonne une longueur d'environ 500 km avant d'atteindre son exutoire dans l'océan atlantique à mehdia (province de kenitra). Ce cours d'eau draine un important bassin versant d'une superficie de 40 000 Km2 environ. Le long de son parcours , l'oued sebou intersept plusieurs affluants les plus importants sont ouergha dans le rif , inaouene et lebene dans le couloir de taza au cantact rif et du moyen atlas ainsi que les oueds beht et rdom dans le plateau central.

V. Géologie, stratigraphie et hydrogéologie de maamora

Sur les formations marneuses miocènes qui constituent le substratum des nappes aquifères , sur des sables et grès pliocènes A l'W ou sur des cailloutis à l'EST est venu se superposer un dépôt continental de puissance variable mais pouvant atteindre une vingtaine de mètres, appelé argile sableuse rouge de Mamora .
On s'accorde aujourd'hui pour attribuer cette dernière formation à la période villafranchienne, et on admet que sa mise en place s'est effectuée sous climat tropical, au cours de la régression de la mer calabrienne. Cette régression n'a pas été continue, et faisant suite à un certain nombre de pulsations, un certain relief dunaire s'est imposé, constituant des unités topographiques parfaitement orientées du SW vers le NE. Les reliefs dunaires calcaires, qui ont pu être ennoyés par les argiles rouges, constituent les deux grands massifs forestiers les plus occidentaux à partir de Sidi Allal El Bahraoui jusqu'à Rabat et Kenitra. Ils sont séparés par la vallée de l'oued Fouarat et comportent eux-mêmes un certain nombre de rides parallèles régulièrement orientées. Les dunes correspondraient donc au faciès marin du Moghré- bien, tandis qu'il faut presque atteindre la zone littorale pour trouver un système de dunes plus récentes (Quaternaire moyen et récent). Le contact entre le faciès marin et le faciès continental est mal défini et, de ce fait, il pose le problème de la datation chronologicpe des dépôts en Maamora. En effet, d'une part, plus à l'Est la succession des reliefs orientés SW-NE se pour suit, mais, d'autre part, la couverture argileuse pliovillafranchienne reste pratiquement continue quelles que soient les dénivelées topographiques. il faut donc admettre que les dépôts continen- taux d'argile rouge de Mamora se sont faits sur une surface topographique ancienne plus plane que la surface actuelle.
on a constaté un basculement des blocs calmires consolidés constituant l'ossature du relief. C'est pour- quoi on a admis des mouvements tectoniques, datés du Régré- guien, donc fini-villafranchiens, qui ont eu pour conséquence une surélévation du relief et un compartimentage du massif de Maamora orientale en grandes unités orientées SW-NE, comme le souligne le réseau hydrographique.
Quoi qu'il en soit, à la suite de ces dépôts, des formations sableuses qui ont toutes des caractères fluviatiles, se sont répan- dues sur l'ensemble de la Mamora, trouvant leur origine dans la maamora le Plateau Central, dans l'altération de la formation rouge de Mamora riche en sable, ou dans la décalcarisation de la dune sous-jacente.il n'a pas encore été possible de dater ces formations sableuses avec précision, mais on peut affirmer qu'il en existe au moins deux :
- des sables rouges siliceux riches en oxyde de fer pouvant contenir de l'apatite et un peu d'argile,
- des sables roses à beiges dépourvus d'argile et essentiellement siliceux, plus récents et qui recouvrent donc les précédents. Ces formations constituent un revêtement sableux, généra- lisé sur tout le massif de la Mamora, mais qui est loin d'être uniforme sur toute son étendue, puisque son épaisseur varie de trente centimètres à plus de six mètres. En outre, sur la bordure orientale, le dépi3t est riche en galets. La difficulté de datation réside essentiellement dans le fait que les dépôts plus récents proviennent du remaniement de ceux qui les ont précédés, interdisant toute différenciation morphologique des sables. Néanmoins, on peut affirmer que la position des sables rouges est toujours reliée aux reliefs, occupant les parties les plus hautes de celui-ci, et voisinant souvent avec les affleurements de la dune calcaire moghrébienne. Cette liaison pourrait faire penser à une origine en place des sables rouges sommitaux.

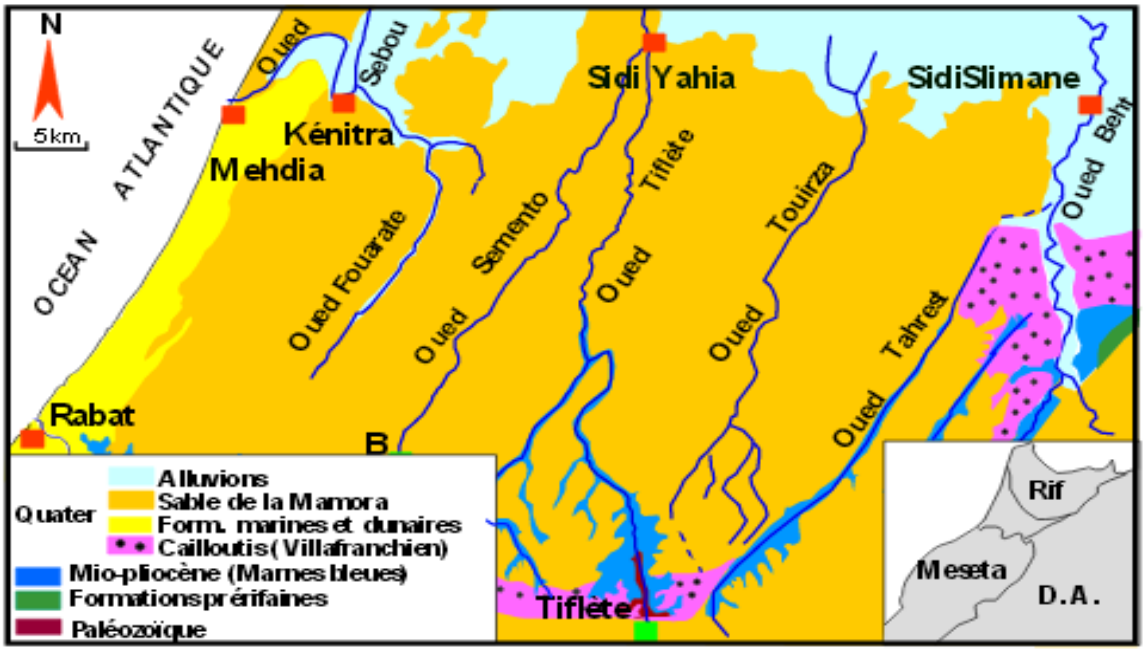


Fig 10. Géologie de la mamora (Jacobshagen V., Major fracture zones of Morocco : The South Atlas and the Transalboran faults systems, Stuttgart, 81/1 (1992) 185-197)

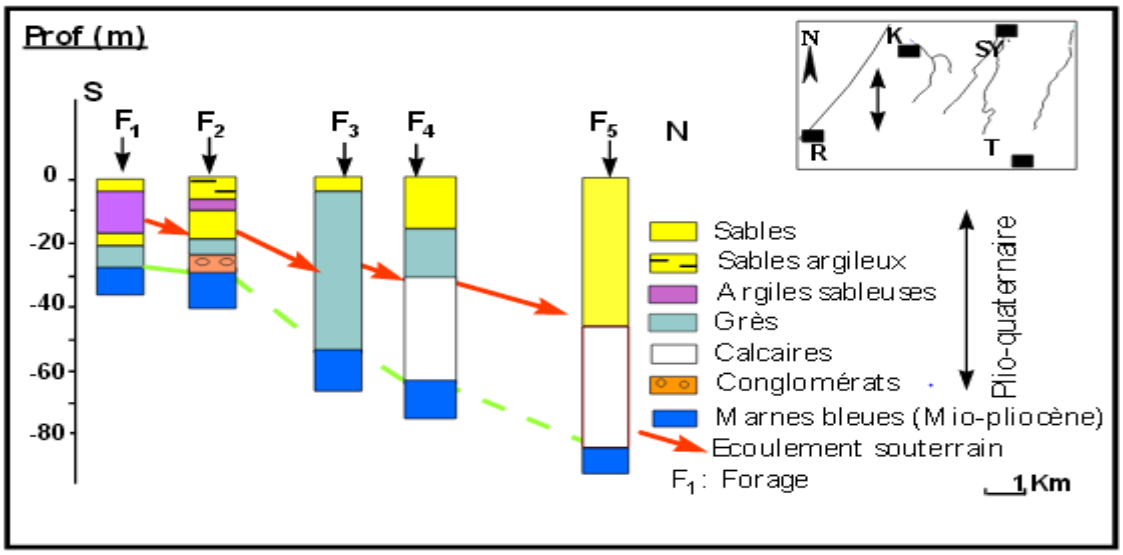


Fig 11 .Substratum hydrogéologique de la maamora (Zouhri L., Modélisation structurale et hydrodynamique de l'aquifère de la Mamora (Maroc), Mém. DEA, Univ. Sci. Tech. Lille I (1997)109 p.)

Evolution piézomètrique de Maâmora

Selon l'analyse de la chronique piézométrique, il y a une tendance globale à la baisse entre 1980 et 2003 qui varie de 0.5 m dans la zone côtière à 6.5 m au centre de la plaine. La baisse modérée observée au niveau de la zone côtière est expliquée par l'intrusion des eaux

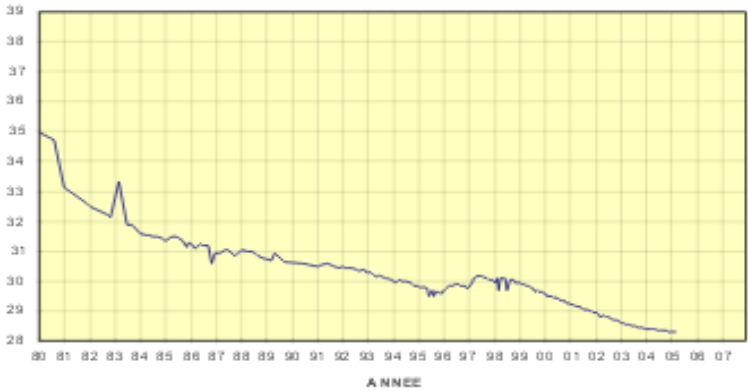


Fig 12. Evolution piézomètrique de Maâmora (ABHS

ainsi d'amortir les baisses causées par les pompages. Cette situation est la conséquence directe de la surexploitation et de la sécheresse.

Selon l'analyse de la chronique piézométrique bilan hydraulique de la nappe de la Maâmora, montre l'importance des sorties (184Mm3/an) par apport aux entrées constituées principalement par les infiltrations de pluies. Le déficit est de 9 Mm3/an. Il est également important de noter que la baisse continue de la nappe en zone littorale a engendré l'intrusion de 5 Mm3 d'eau salée dans l'aquifère. Certes, si aucune mesure n'est prise pour optimiser les pompages d'eau souterraine, le volume d'intrusion marine augmentera davantage compromettant ainsi, à terme la qualité des eaux de la nappe.

La baisse modérée observée au niveau de la zone côtière est expliquée par l'intrusion des eaux salées dans l'aquifère, permettant ainsi d'amortir les baisses causées par les pompages. Cette situation est la conséquence directe de la surexploitation et de la sécheresse .

Entrées (Mm^3)			**Sorties (Mm^3)**		
Apports naturels, recharge pluviale	:	175	Prélèvements d'AEPI	:	70
Retour d'irrigation	:	5	Prélèvements d'irrigation	:	55
			Déversement vers l'océan	:	10
			Déversement vers la nappe du Gharb et Beht	:	35
			Sorties par les Oueds	:	25
Total entrées	:	**180**	**Total sorties**		**195**

Tableau 1 Bilan hydraulique de la nappe de Maâmora (ABHS)

Partie II : Etude des eaux du bassin de Sebou

I. Ressources en eau

1) Les eaux de surface

Le bassin renferme près du tiers des eaux de surface du pays et peut être subdivisé de point de vu hydrologique en quatre ensembles :
* le Sebou issu du moyen Atlas et constitué par les bassins du haut Sebou (5875 km2), de l'Inaouène (5015 km2) et du moyen Sebou (5200 km2);
* l'Ouergha qui a une superficie de l'ordre de 7040km2;
* le Beht qui a une superficie de l'ordre de 8680 km², reçoit l'oued R'dom avant de rejoindre le Sebou dansla plaine du Gharb ;le bas Sebou, dont la superficie couvre environ 5785km2, et qui constitue un chenalinstable et insuffisant pour supporter les débits de crues.Les apports en eau du bassin s'élèvent à 5600 millions de m3par an (moyenne sur la période 1939-2002), dont :
•3210 Mm3/an (57%) sont drainés par le bassinde l'Ouergha
•720 Mm3/an (13%) sont drainés par le haut Sebou
•420 Mm3/an (8%) sont drainés par le Beht.

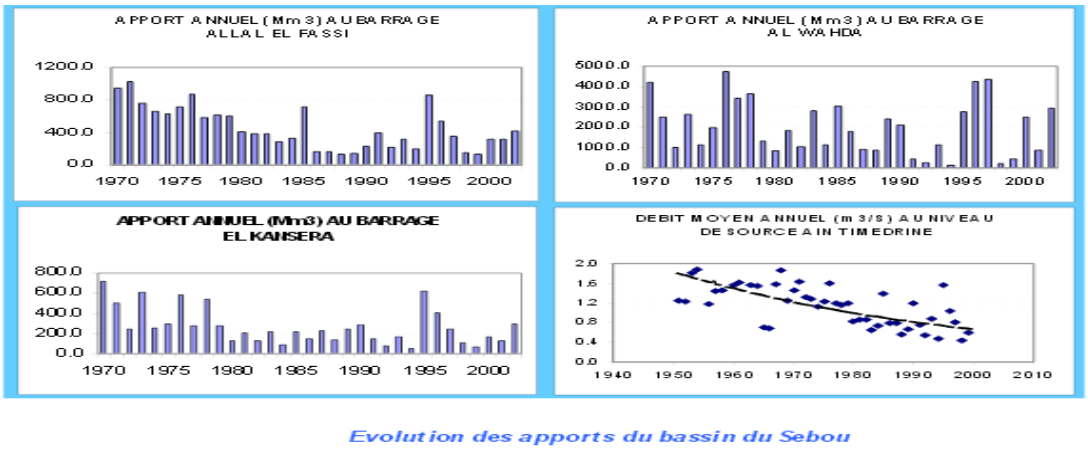


Fig8. Evolution des apports du bassin de sebou (les bassins hydrauliques de sebou)

Ces apports présentent une irrégularité dans l'espace et dans le temps. Le haut Sebou en amont du barrage Allal El Fassi se distingue par un écoulement pérenne grâce notamment aux apports de sources telles que : Ain Sebou, Ain Timedrine et Ain Ouender. Les autres affluents de l'oued Sebou, notamment l'Ouergha et l'Inaouène, ont un régime pluvial avec des crues très importantes pendant les saison pluvieuses.

2)Eau souterraines

Nappe du gharb :

D'une superficie de 4000 Km2, le bassin du gharb est situé entre les limites suivantes :

• La plaine de la maamoura au sud, et Le bassin de drader-souiere au nord

- L'océan atlantique à l'ouest ,et Les affleurements des conglomérats à l'est,

Ce bassin renferme deux unités aquifère : une nappe superficielle libre et une nappe profonde captive.

Nappes du bassin du fès-meknès (sais) .

Le bassin de fès-meknès s'étend sur environ 100 km d'ouest en est et de 30 km du nord au sud , totalisant une superficie d'environ 2200 km2 . ce bassin renferme deux nappes d'interet inégal :

- La nappe phreatique qui circule dans des sables, conglomérats et par endroits dans les calcaires lacustres du plio-villfranchien , et La nappe profonde du lias qui circule dans les calcaires dolomitiques du lias .

Nappe du couloir de fès-taza

Le couloir de fès taza couvre une superficie d'environ 1200 Km2 il renferme deux niveaux aquiéfères d'importance inégale.

- Le premier est representé par les grès du miocène de faible potentiel mobilisable .
- Le second est représenté par les carbonates liasiques constituants l'aquiéfère prinipal de la zone . sa ressource mobilisable est estimée à 267 Mm3/an.

Nappe des causses moyens atlasiques :

D'une superficie d'environ 4600 Km2. cette nappe donne naissance aux source de l'Oum ERbia . Elle est constituée par des formations carbonatées plus ou moins tabulaires du lias . sa ressource mobilisable est estimée à environ 300 Mm3/an.

Nappe du moyen atlas plissé :

Cette nappe assure l'écoulement d'importantes sources du haut sebou (principalement la source de sebou , dont le débit est de l'ordre de 2 m3/s). Elle est exploitée pour l'AEP des centres de la province de boulemane et pour l'irrigation.

Les ressources en eau mobilisables sont estimées à environ 215 Mm3/an.

Nappe de la Maâmora

III. Etat de la qualité des eaux du bassin de Sebou

Les paramètres retenus pour l'appréciation de la qualité globale des eaux souterraines sont des paramètres spécifiques à une pollution physico-chimique , organique et bactériologique . Ces paramètres sont indiqués dans la grille simplifiée ci-dessous

Paramètre de qualité	Cond (µs/cm)	Cl- (mg/l)	NO3- (mg/l)	NH4+ ($mgNH_4^+/l$)	MO (mgO_2/l))	CF (UFC/100ml)
Excellente	<400	<200	<5	≤0,1	<3	≤20
Bonne	400-1300	200-300	mai-25	0,1-0,5	03-mai	20-2000
Moyenne	1300-2700	300-750	25-50	0,5-2	05-août	2000- 20000
Mauvaise	2700-	750-1000	50-100	02-août	>8	>20000
Très mauvaise	>3000	>1000	>100	>8	-	-

Tableau 2 : paramètres retenus pour l'appréciation de la qualité globale des eaux souterraines.

Excellent	Tous les usages sont possibles
Bonne	Production d'eau potable par traitement simple et désinfection Eaux satisfaisant tous les usages
Moyenne	Production d'eau potable par des traitements poussés et désinfection Irrigation possible
Mauvaise	Eaux inaptes à la production d'eau potable Eaux pouvant servir à l'irrigation de certaines cultures Eaux pouvant servir au refroidissement
Très Mauvaise	Eaux inaptes à la plupart des usages

Tableau 3 : Objectifs de qualité et usage de l'eau PDAIR 2011

L'appréciation de la qualité des eaux souterraines du bassin de sebou a été faite au niveau des six nappes mais on a travaillé sur la nappe de maamora :

Tableau 4 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 1999

N° IRE	Conductivité	Cl mg/l	NO3 mg/l	NH4 mg/l	MO mg/l	CF mg/l	Qualité gl
1102/13	831	67,15	11,72	0,002	0,52	32	
1103/13	966	181,5	104,98	0,017	1,3	0	
1150/13	893	70,33	29,6	0,019	1,4	3600	
1190/13	624	52,18	23,32	0,121	1,11	530	
1270/13	980	131,6	45,21	0,003	0,65	0	
1283/13	727	58,99	35,71	0,008	1,43	460	
1292/13	588	49,9	45,21	0,269	2,12	54	
1293/13	918	104,4	34,65	0,069	3,5	300	
1294/13	607	283,6	0,858	0,002	0,45	4	
1294/13	1337	220	101,716	0,002	2,25	480	
1757/14	1193	143,4	37,77	0,002	2,3	250	
1775/14	789	52,2	16,35	0,012	0,64	0	
2603/14	1142	208,7	34,61	0,006	1,7	460	
2626/14	759	77,14	37,23	0,006	0,78	5	
2628/14	643	70,8	48,56	0,07	1,03	0	
2659/14	942	117,9	306,33	0,018	1,55	4	
2660/14	840	163,3	0,045	0,025	4,45	20	
2713/14	1557	164,2	77,43	0,011	3,3	4900	
3249/14	1288	199,6	59,05	0,113	0,78	41	
3265/14	970	69,88	231,68	0,036	1,8	220	
3340/14	3210	767	6,26	0,096	2,8	0	

D'après les résultats obtenus , nous constatons que :

0 % soit aucune station ne présente une excellente qualité ;22.7 % soit 5 stations présentent une bonne

Diagramme 1 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 1999-

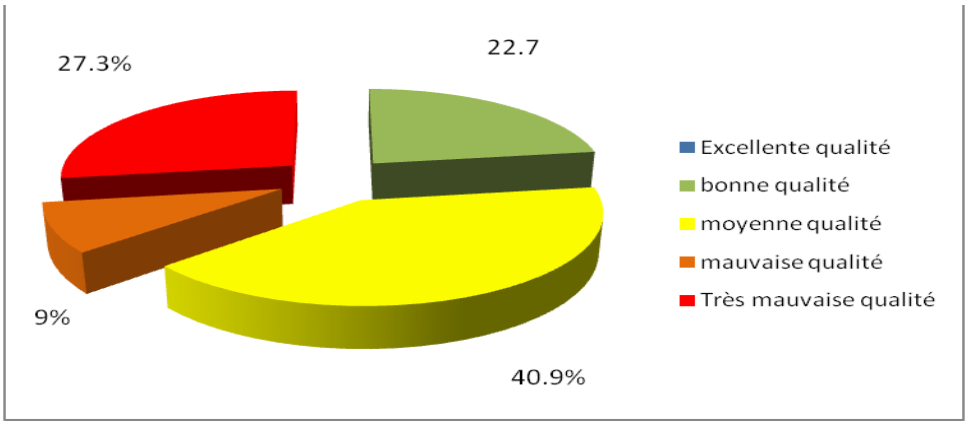


Tableau 5 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2000

N° IRE	Conductivité	CL mg/l	NO3 mg/l	NH4 mg/l	MO mg/l	CF UFC/100ml	Qualité gl
1102/13	735	84	32	0,053	2,4	0	
1103/13	703	93	63	0,066	1,2	0	
1190/13	740	94	24,3	0,017	0,51	0	
1270/13	4438	1333	50,44	0,044	3,2	0	
1283/13	658	60	0,95	0,128	1,23	0	
1292/13	722	85	24,5	0,007	3,54	550	
1293/13	500	94	39,38	0,004	1,64	0	
1294/13	1416	286	108	0,058	1,77	6	
1474/14	728	111	244,25	0,051	3,1	1	
1757/14	1190	143	1,05	0,073	1,03	170	
1775/14	693	53,2	11	0,034	0,75	0	
2601/14	520	59	36,4	0,029	2	3	
2603/14	1037	238,22	32,59	0,02	3,11	1300	
2660/14	766	196	0,55	0,076	4,1	8	
2713/14	1426	113	47	0,005	3,42	300	
3249/14	1587	348,83	0,47	0,089	3,7	0	
3265/14	911	85	214,5	0,013	0,95	0	
3340/14	3482	1038	6,7	0,165	3,9	0	
390/13	1300	196	189	0,108	2,91	2	

D'après les résultats obtenus , nous constatons que :

- 0 % soit aucune station ne présente une excellente qualité ;
- 36.8 % soit 7 stations présentent une bonne qualité ;
- 31.6 % soit 6 stations présentent une moyenne qualité ;
- 10.5 % soit 2 stations présentent une mauvaise qualité ;
- 21 % soit 4 stations présentent une très mauvaise qualité ;

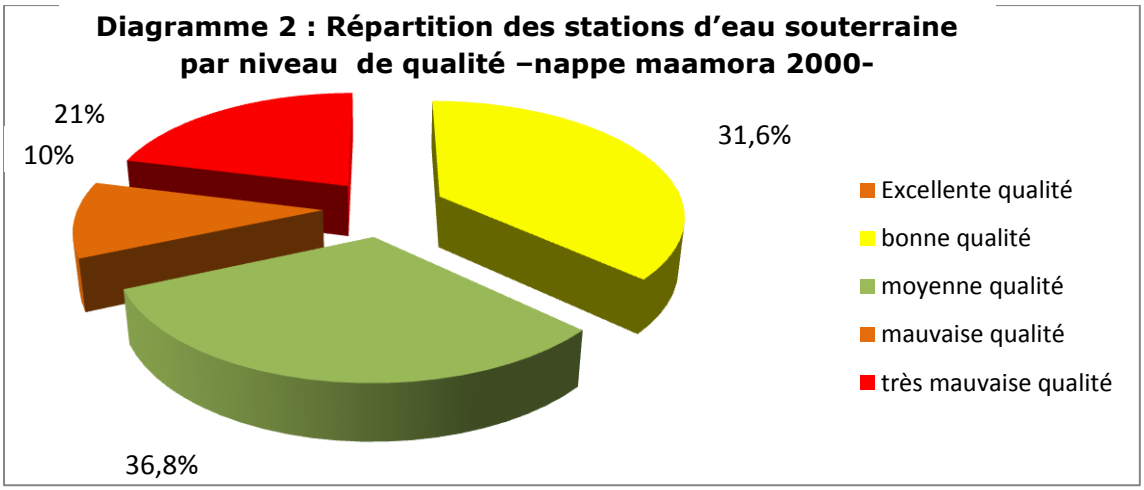


Tableau 6 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2001

N° IRE	Conductivité	CL mg/l	NO3 mg/l	NH4 mg/l	MO mg/l	CFUFC/100ml	Qualité glo
1150/13	810	75,5	81	0,021	0,4	380	
1190/13	760	89,3	63	0,124	1,7	0	
1270/13	1170	186	87,5	0,047	1	0	
1283/13	485	40,3	28	0,138	0,3	160	
1292/13	810	121	2,5	0,471	3	160	
1293/13	525	46	53	0,337	1,7	0	
1294/13	970	166	84	0,038	0,2	2400	
1294/13	555	61	0,38	0,024	1	680	
1474/14	635	98,4	71	0,034	0,7	0	
1757/14	875	111,7	16,25	0,054	0,5	24	
1775/14	685	34,6	71,25	0,261	2,8	58	
2601/14	515	80	28,5	0,041	0,3	0	
2603/14	535	66,4	25,5	0,081	0,2	0	
2660/14	785	186,2	2	0,42	2	150	
2713/14	1280	192	35	0,067	0,5	20	
3249/14	1615	244	56,25	0,103	0,7	668	
3265/14	865	89,4	97,5	0,008	0,3	100	

D'après les résultats obtenus , nous constatons que :

- 0 % soit aucune station ne présente une excellente qualité ;10.5 % soit 2 stations présentent une bonne qualité ;

21 % soit 4 stations présentent une moyenne qualité ;63.2 % soit 12 stations présentent une mauvaise qualité ; 5.3 % soit une station présentent une très mauvaise qualité ;

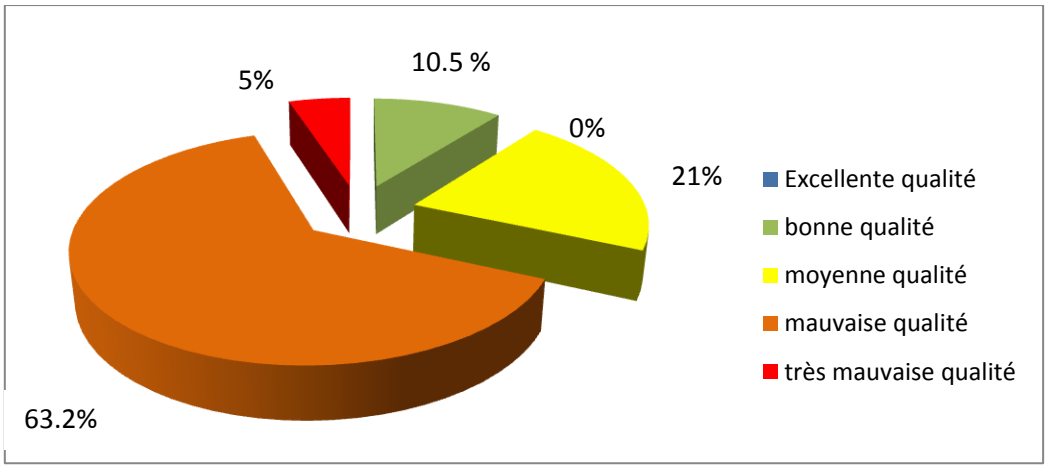


Diagramme 3 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2001-

Tableau 7 : Etat de qualité des eaux de mamora dans l'année 2004

N° IRE	Cond	Cl mg/l	NO3 mg/l	NH4 mg/l	MO mg/l	CF	Qualité gl
1102/13	680	50,6	17,74	0,042	0,7	15	
1103/13	682	52,2	32,75	0,012	0,38	0	
1150/13	910	76	31,82	0,029	0,23	0	
1190/13	640	52,6	118,6	0,024	1,58	550	
1270/13	857	174	107,6	0,038	0,7	0	
1283/13	583	57	54,81	0,028	1,06	0	
1292/13	1020	127	164,1	0,046	1,02	20	
1293/13	557	52,6	56,7	0,012	0,23	0	
1294/13	755	99,5	2,89	0,016	1,66	20	
1474/14	1002	154,9	208,5	0,017	1,66	1500	
1757/14	1912	457	21,55	0,124	2,6	0	
1775/14	600	57	25,46	0,021	1,87	0	
2601/14	451	65,2	24,8	0,029	1,34	110	
2603/14	416	40,77	77,99	0,021	2,72	700	
2628/14	567	40,4	49,7	0,037	1,04	4	
2713/14	990	146,8	82,85	0,011	2,68	180	
3249/14	912	167	30,47	0,04	0,99	0	
3265/14	1486	241	184,9	0,005	1,66	40	
3340/14	3350	1011	11,03	0,053	1,66	60	
390/13	1206	200	196	0,017	0,79	700	

D'après les résultats obtenus , nous constatons que :

• 0 % soit aucune station ne présente une excellente qualité ;15 % soit 3 stations présentent une bonne qualité ; 30 % soit 6 stations présentent une moyenne qualité ;20 % soit 4 stations présentent une mauvaise qualité ; 35 % soit 7 une station présentent une très mauvaise qualité .

Tableau 8 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2007

N°IRE	Nature du point de de prélèvement	Cond µs/cm	cl- mg/l	NO3 mg/l	NH4 mg/l	CF UFC/100ml	Qualité gl
1270/13	Piézomètre	905	92.2	62.5	0.057	0	
1292/13	Piézomètre	840	108	125	0.048	130	
1293/13	Piézomètre	540	46.8	55.8	0.006	6	
3265/14	Forage	710	94.3	162	0.032	0	
2867/14	Piézomètre	1185	256	31.8	0.019	90	
3665/14	Forage	550	61	9.1	<0.005	0	
1150/13	Puits à captage cuvelé	750	81.54	88.5	0.029	0	
1283/13	Forage	650	66.65	47	0.012	50	
2601/14	puits	560	79.4	20.5	0.05	20	
2603/14	Puits à captage cuvelé	530	53.9	84.8	0.007	75	
2660/14	Piézomètre	885	189	0.604	0.645	12000	
1474/14	puits	845	128	293	0.022	50	
2713/14	Piézomètre	930	134	29.11	0.08	1000	
390/13	Piézomètre	1560	262	217	0.15	1100	
3340/14	Forage	1605	458	27.4	0.122	116	

D'après les résultats obtenus , nous constatons que :

• 0 % soit aucune station ne présente une excellente qualité et 50 % soit 8 stations présentent une moyenne qualité ; 37.5 % soit 6 stations présentent une mauvaise qualité et 12.5 % soit 2 stations présentent une très m

Diagramme 5 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2007-

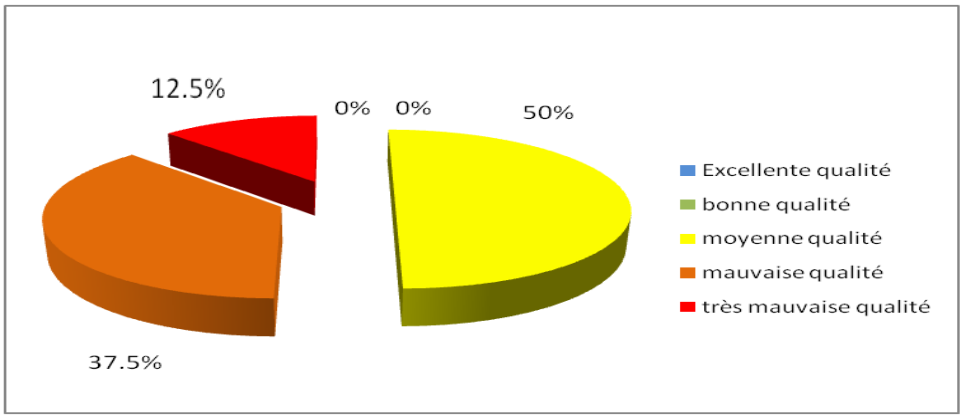


Tableau 9 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2009

N°IRE	Conductivité à 20°C µs/cm	Cl- mg/L	NO3- mg/L	NH4+ mg/L	MO mg/L	CF UFC/100ml	Qualité gl
2601/14	508	57.1	25.9	0.007	0.66	25	
1474/14	952	149	317	0.006	0.86	0	
-	605	63.5	77.9	0.070	1.12	0	
-	820	104	135	0.073	1.89	700	
-	720	64.9	69.6	0.069	3.11	10	
-	2450	787	5.7	0.035	4.60	12	
3265/14	900	156	36	0.016	2.79	200	
3340/14	4050	1267	2.98	1.420	3.53	400	
1283/13	650	58.5	33.5	0.121	1.11	300	
1102/13	685	47.7	6.3	0.032	0.84	0	
3249/14	1546	344	2.2	0.451	2.73	0	
2713/14	964	128	7	0.016	3.66	800	
2660/14	730	171	25.8	0.073	2.39	20	
2867/14	1260	230	33.3	0.024	1.63	0	
1775/14	713	62	45.1	0.064	3.13	0	
1292/13	1075	140	134	0.028	0.39	500	
1294/13	1081	203	118	0.018	0.26	85	
1190/13	745	91.7	7.15	0.666	1.43	1000	
1103/13	829	106	124	0.096	2.35	0	
390/13	1410	231	177	0.037	0.65	450	
1293/13	620	48.4	60.4	0.019	0.45	0	
1270/13	875	117	66	0.066	2.79	0	
2603/14	1098	218	14.8	0.043	2.70	170	
1757/14	1624	262	21	0.006	1.17	240	
1150/13	950	98.7	157	0.081	0.58	150	

La qualité des eaux souterraines au niveau de la nappe de maamora a été jugée bonne au niveau de 12 % des stations prospectées , moyenne sur 36 % , et dégradée sur 25 % des stations.

Diagramme 6 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2009-

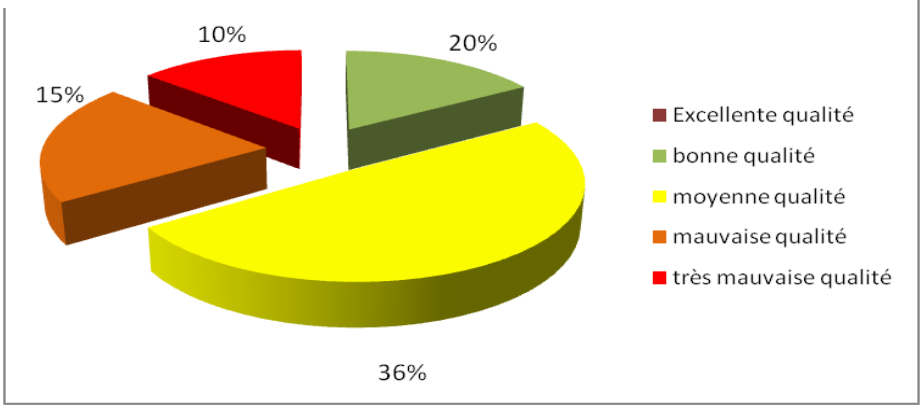


Tableau 10 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2013

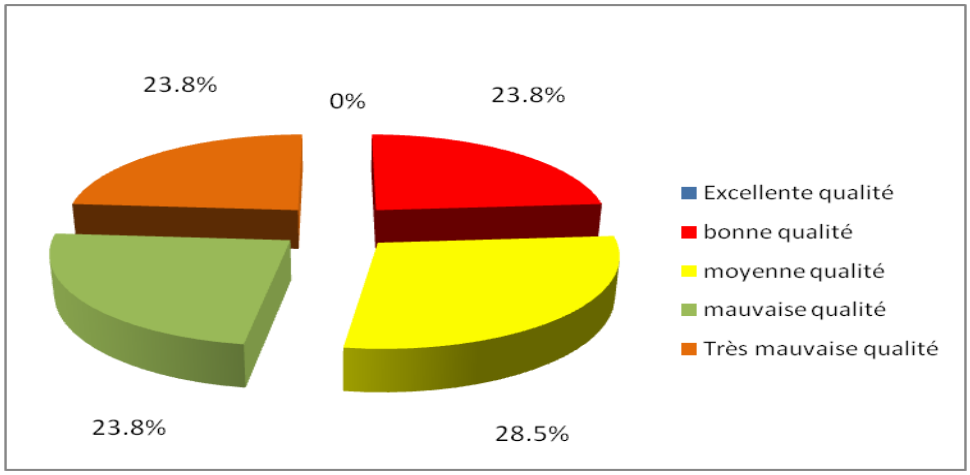
N° IRE	Conductivité	CL mg/l	NO3 mg/l	NH4 mg/l	MO mg/l	CF	Qualité gl
2713/14	1100	154	23.0	0.044	1.33	120	
2660/14	930	189	5.31	0.085	6.02	68	
2867/14	1520	247	39.0	<0.007	0.91	8	
3265/14	960	118	142	0.123	1.85	40	
3340/14	940	105	34.0	0.017	0.33	2300	
3249/14	1390	197	8.80	0.033	0.72	10	
1775/14	975	135	4.65	0.012	0.85	0	
2601/14	690	69	21.0	0.062	1.33	12	
2603/14	1025	139	28.0	0.024	0.73	0	
1474/14	875	83	254	0.067	1.27	190	
1757/14	1680	204	20.4	<0.007	0.85	186	
1150/13	875	74.0	8.96	<0.007	0.39	160	
1190/13	925	77.3	91.6	0.031	<0.22	0	
1292/13	1000	88	96.0	0.013	<0.22	34	
1294/13	1400	233	186	0.112	0.53	0	
390/13	1535	248	197	0.054	0.33	42	
1293/13	665	49.4	85	0.030	<0.22	2	
1103/13	1260	137	218	0.122	0.53	40	
1102/13	895	68	11.2	0.010	<0.22	0	
1283/13	800	71.0	64	0.013	0.46	0	
1270/13	1355	240	59.7	0.019	0.85	0	

D'après les résultats obtenus , nous constatons que :

- 0 % soit aucune station ne présente une excellente qualité ;

23.8 % soit 3 stations présentent une bonne qualité ;28.5 % soit 6 stations présentent une moyenne qualité ; 23.8 % soit 4 stations présentent une mauvaise qualité ; 23.8 % soit 7 une station présentent une très mauvaise qualité .

Diagramme 7 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2013-



Evolution de la qualité des eaux :

	1999	2000	2001	2004	2007	2009	2013
1270/13	131,6	133,3	186	174	92,2	117	240
1292/13	49,9	85	121	127	108	140	88
1293/13	104,4	94	46	52,6	46,8	48,4	49,4
3265/14	69,88	85	89,4	241	94,3	156	118
1757/14	143,4	147	111,7	457	220	262	204
1283/13	58,99	60	40,3	57	66,65	58,5	71
2603/14	208,7	238,22	66,4	40,77	53,9	218	139
390/13	203	196	221,2	200	262	231	248

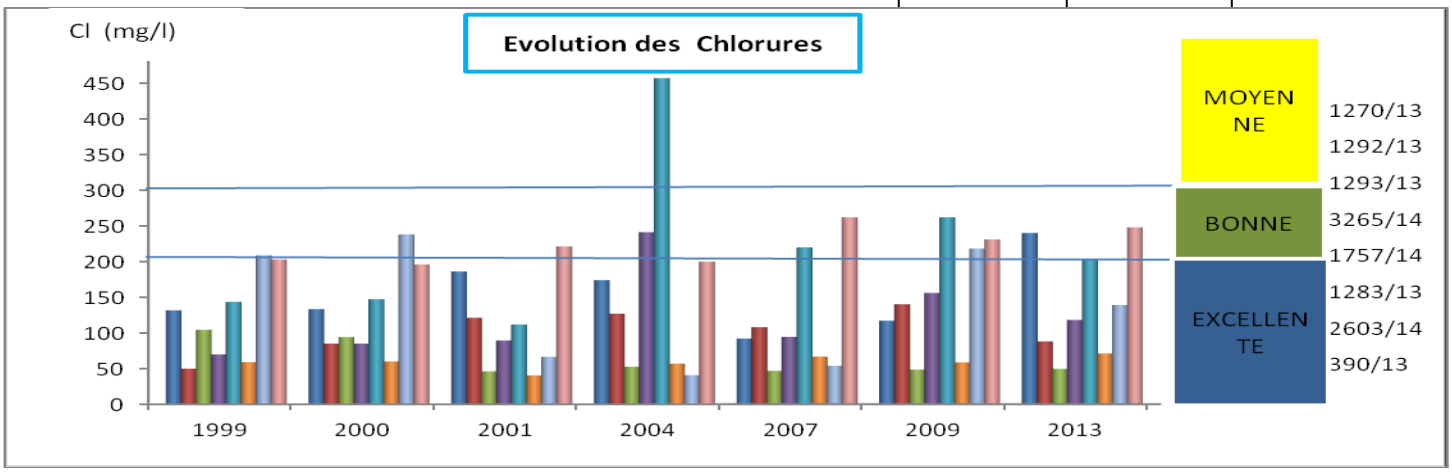


Diagramme 8 : Evolution des chlorures

D'après les résultats obtenues et représentés dans le diagramme on a remarqué que la qualité des chlorures reste stable et varie entre excellente et bonne presque dans tous les puits qu'on a étudié sauf le puits 5 dont la qualité de l'eau diminue à la moyenne dans l'année 2004 suite à une inondation qui entraine des eaux de mer salées riche en NaCl et en chlorures .

Conductivité :

	1999	2000	2001	2004	2007	2009	2013
1270/13	980	4438	1170	857	905	875	1355
1292/13	588	722	810	1020	840	1075	1000
1293/13	918	500	525	557	540	620	665
3265/14	970	911	865	1486	910	900	960
1757/14	1193	1190	875	1912	1315	1624	1680
1283/13	727	658	485	583	650	650	800
2603/14	1142	1037	535	416	530	1098	1025
390/13	1532	1300	1355	1206	1560	1410	1535

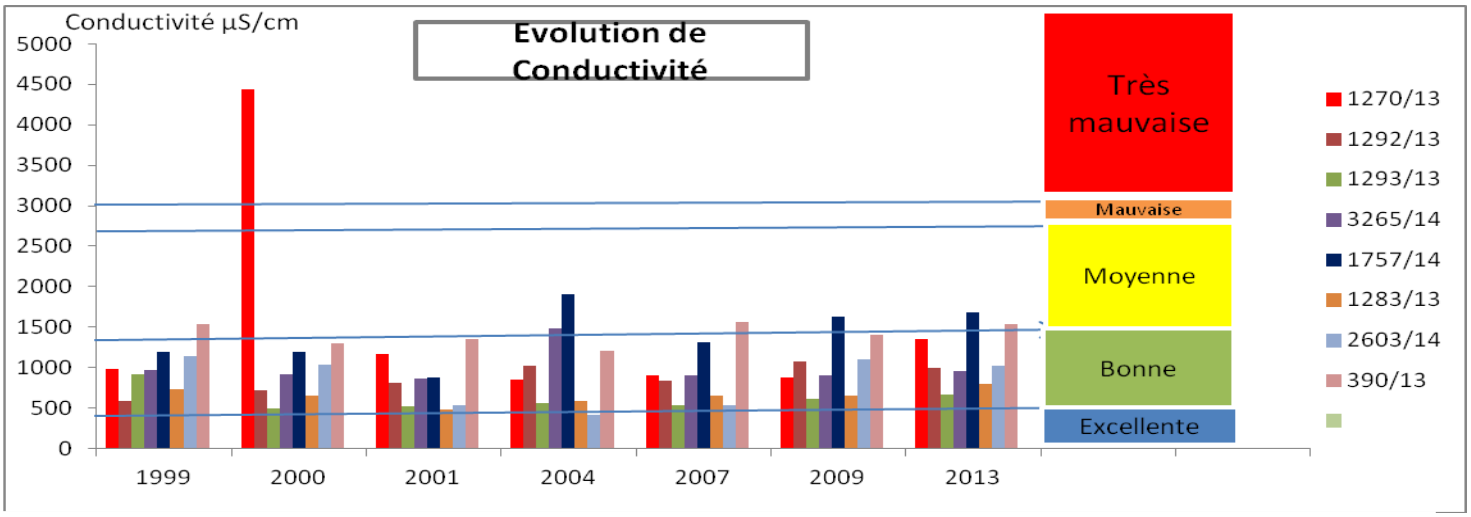


Diagramme 9 : Evolution de la conductivité

On remarque que la conductivité de l'eau dans tous les puits est inférieure à 1500 µS/Cm est donc bonne sauf le premier puits qui est marqué par la coulour rouge dont la conductivité dans l'année 2000 dépasse 3000 µS/Cm et classé d'une très mauvaise qualité

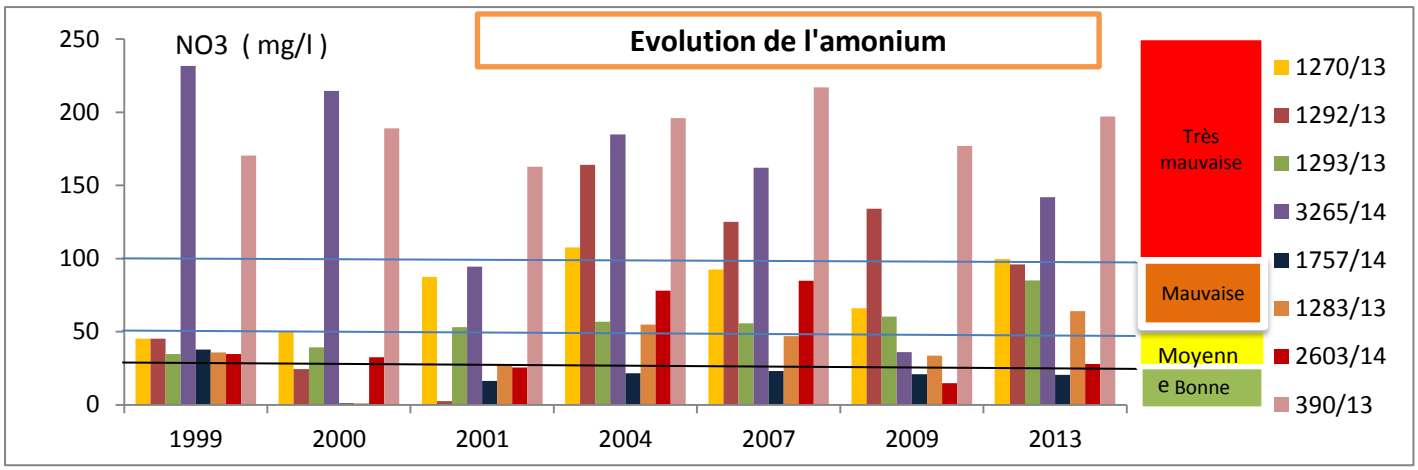


Diagramme 10 : Evolution de NO3

Les qualités de l'amonium cette fois stables dans des puits depuis 1999 jusqu' à 2013 et variables dans les autres tel que le 1er puits la quantité de NO3 aumante depuis 1999 jusqu'à 2004 quand la qualité devient très mauvaise puis devenir mauvaise jusqu'à 2013 . et dans la puits 4 on remarque une diminution de quatité de NO3 dans l'eau depuis 1999 jusqu'à 2013 mais la qualité reste très mauvaise .

	1999	2000	2001	2004	2007	2009	2013
1270/13	0,003	0,044	0,047	0,038	0,057	0,066	0,019
1292/13	0,269	0,007	0,471	0,046	0,048	0,028	0,013
1293/13	0,069	0,004	0,377	0,012	0,006	0,019	0,03
3265/14	0,036	0,013	0,008	0,005	0,032	0,016	0,123
1757/14	0,002	0,073	0,054	0,124	0,008	0,005	0,006
1283/13	0,008	0,128	0,138	0,028	0,012	0,121	0,013
2603/14	0,006	0,02	0,081	0,021	0,007	0,043	0,024
390/13	0,002	0,108	0,012	0,017	0,15	0,037	0,054

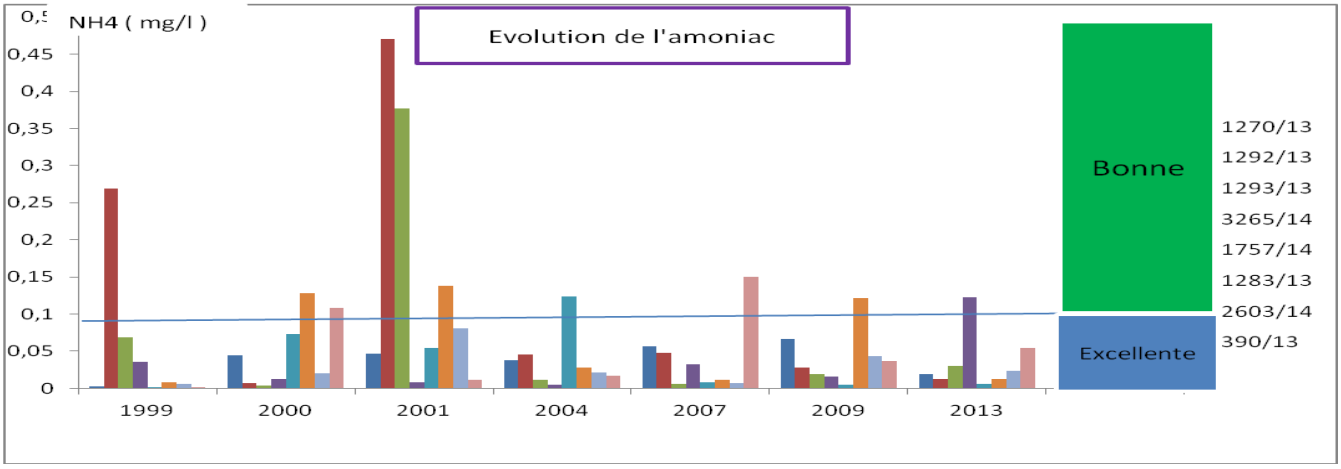


Diagramme 11 : Evolution de NH4

La majorité des puits présentent une excellente qualité de NH4 au cours des années du 1999 à 2013 sauf le 2ème et et le 3ème puits qui à partir de l'année 2001 passent d'une qualité bonne à la qualité excellente.

CF

	1999	2000	2001	2004	2007	2009	2013
1270/13	0	0	0	0	0	0	0
1292/13	54	550	160	120	130	500	34
1293/13	300	0	0	0	6	0	2
3265/14	220	0	100	40	0	200	40
1757/14	250	170	24	0	160	240	186
1283/13	460	0	160	0	50	300	0
2603/14	460	1300	0	700	75	170	0
390/13	4900	2	160	700	1100	450	42

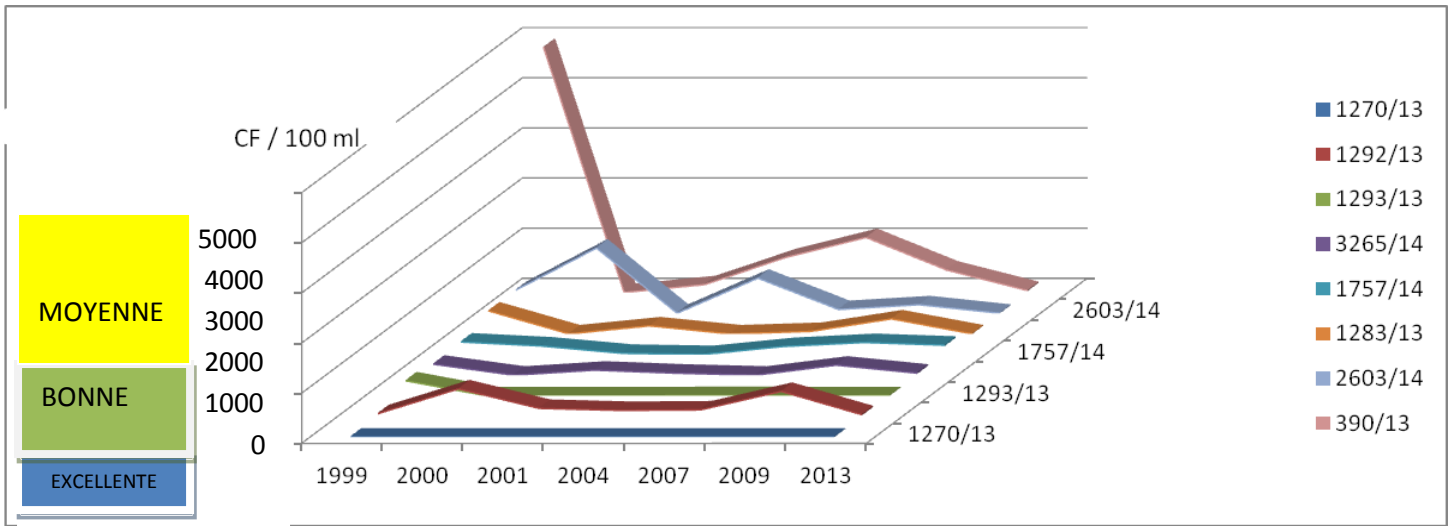


Diagramme 12: Evolution de CF

Les puits ayant les numéro IRE suivants : 1270/13 , 1292/13 , 1293/13 , 3265/14 , 1757/14 , 1283/13 Leur qualité en CF est stable depuis l' année 1999 jusqu'à 2013 dans la qualité excellente alors que les autres puits ayant le N°IRE 2603/14 , 390/13 ils ont la qualité bonne et moyenne et à partir de l'année 2007 passent à la qualité excellente

Conclusion

Des centaines d'agriculteurs dépendent des nappes d'eau souterraines pour répondre à leurs besoins en eau potable et en eau d'irrigation mais, de toute évidence, la multiplication des puits exerce une pression insoutenable sur ces réservoirs naturels souterrains.

Ce qui pose le problème de sa recharge naturelle et par conséquent la disponibilité de la ressource à moyen et long terme, le problème est d'autant plus grave qu'il mérite une réflexion profonde.

Il faut donc :

- Préservation des ressources en eau souterraines et restauration de leur équilibre naturel pour constituer des réserves stratégiques
- Economie dans l'usage de l'eau à toute échelle
- Protection de la qualité des ressources en eau et dépollution des rejets

Bibliographie

Zouhri L., Modélisation structurale et hydrodynamique de l'aquifère de la Mamora (Maroc), Mém. DEA, Univ. Sci. Tech. Lille I (1997)109 p.
Jacobshagen V., Major fracture zones of Morocco : The South Atlas and the Transalboran faults systems, Geologische Rundschau, Stuttgart, 81/1 (1992) 185-197 .
Harmand, C. et Moukadiri, A. (1986).- Synchronisme entre tectonique compressive et volcanisme alcalin: exemple de la province quaternaire du Moyen Atlas (Maroc).- B.S.G.F., 8, t.II: 595-603
BEAUCORPS (DE),G., J. MARION, CH. SAUVAGE - 1956. Essai mono- graphique sur une parcelle d'expériences dans la forêt de Chêne-liège de la Mamora (Ann. Rech. For. Maroc, t. 4, fasc, 2, pp. 1-273 .
Michard A. (1976) – Elément de géologie marocaine. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 252, 420 p.

Liste des figures

Fig. 1 les grands traits structuraux du Maroc (Zouhri L., Modélisation structurale et hydrodynamique de l'aquifère de la Mamora (Maroc), Mém. DEA, Univ. Sci. Tech. Lille I (1997)109 p).

Fig. 2 : Situation Du Bassin De Sebou au Maroc (ABHS : Inventaire du degré de pollution dans le bassin de Sebou

Fi 3.provinces du bassin de sebou (Inventaire du degre de pollution des ressources en eau dans le bassin de sebou

Fig.4 : Carte géologique du bassin de Sebou (ABHS : Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagements intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou PDAIRE 2011)

Fig5. Localisation du moyen atlas

Fig6. Carte géologique simplifié montrant les différentes structures du moyen atlas

Fig7 : Les nappes d'eaux souterraines du bassin du Sebou (ABHS: Inventaire du degré de pollution dans le bassin de Sebou Rapport de Synthèse 2007).

Fig8. Evolution des apports du bassin de Sebou (les bassins hydrauliques de sebou)

Fig.9 Coupe Géoloique de la maamora (ABHS)

Fig 10. Géologie de la mamora (Jacobshagen V., Major fracture zones of Morocco : The South Atlas and the Transalboran faults systems, Geologische Rundschau, Stuttgart, 81/1 (1992) 185-197)

Fig 11 .Substratum hydrogéologique de la maamora (Zouhri L., Modélisation structurale et hydrodynamique de l'aquifère de la Mamora (Maroc), Mém. DEA, Univ. Sci. Tech. Lille I (1997)109 p.)

Fig 12. Evolution piézomètrique de Maâmora (ABHS)

Liste des tableaux

Tableau 1 Bilan hydraulique de la nappe de Maâmora (ABHS)

Tableau 2 : paramètres retenus pour l'appréciation de la qualité globale des eaux souterraines.

Tableau 3 : Objectifs de qualité et usage de l'eau PDAIR 2011

Tableau 4 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 1999

Tableau 5 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2000

Tableau 6 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2001

Tableau 7 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2004

Tableau 8 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2007

Tableau 9 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2009

Tableau 10 : Etat de qualité des eaux de mamora de l'année 2013

Liste des diagrammes

Diagramme 1: Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 1999-

Diagramme 2 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2000-

Diagramme 3 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2001-

Diagramme 4 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2OO4-

Diagramme 5 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2007-

Diagramme 6 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2009-

Diagramme 7 : Répartition des stations d'eau souterraine par niveau de qualité –nappe maamora 2013-

Diagramme 8 : Evolution de Cl

Diagramme 9 : Evolution de Conductivité

Diagramme 10 : Evolution de NO3

Diagramme 11: Evolution de NH4

Diagramme 12: Evolution de CF