

Caractérisation des émergences du piémont de jbel Ayachi : contrôle structural et impact du changement climatique

EL Houssine EL GASMI^{1*}, Bouaabid EL MANSSOURI¹, Abdelaziz MERIDEKH², Mohamed TAMMAL¹ et Yahia ALWATHAF¹

¹*University Ibn Tofail, Faculty of Sciences, Labo. Géosciences des Géoressources, BP 133, 14 000
Kénitra, Morocco*

²*University Moulay Ismail, Faculty of Sciences and Technology, BP 509 Boutalamine, Rachidia, Morocco*

* Correspondance, courriel : elgasmi.houssine@gmail.com

Résumé

Le massif calcaire de jbel Ayachi (Haute Atlas de Midelt), montre une structure complexe liée aux calcaires karstiques du Lias. Les nombreuses sources du relief indiquent l'existence d'importantes réserves d'eau. Dans le but de caractériser cet aquifère et de préciser les relations hydrodynamiques entre les zones de recharges et les sources de l'aquifères, une méthodologie a été utilisée. Elle comporte la synthèse des données géologiques, l'utilisation des techniques d'analyse structurale couplées aux études des débits et des chroniques de pluies. Les résultats de cette étude ont permis d'établir une comparaison des conditions d'émergence des deux sources (Ain Tatiouine, Ain Anzar Oufounès) et de l'évolution de leurs paramètres hydrodynamiques. Et une bonne corrélation entre les zones de recharges et les zones d'émergences. Elles permettront, à terme d'établir l'influence des changements climatiques sur les comportements hydrodynamiques de ces émergences.

Mots-clés : *sources, jbel Ayachi, Haute Atlas, lias, calcaire, karstique, débit, pluie, hydrodynamique, recharge, fissuration, fluctuations, émergence.*

Abstract

Characterization of emergences piedmont of Jbel Ayachi. Structural control, and impact of climate change

The calcareous solid mass of jbel Ayachi (High atlas of Midelt), shows a structure complex related to karstic limestones of Lias. The many sources of the relief indicate the existence of important water reserves. In order to characterize the aquifer and to clarify the relationship between hydrodynamic areas and springs of recharge of the aquifers, a methodology was used. It involves the synthesis of geological data, the use of structural analysis techniques coupled with studies of flow and chronic rain. The results of this study were used to compare the conditions of emergence of the two springs (Ain Tatiouine, Ain Anzar Oufounès) and changes in their hydrodynamic parameters. And good correlations between areas of recharge areas and emergences. They will eventually establish the influence of climate change on the hydrodynamic behavior of these emergences

Keywords : *spring, Jbel Ayachi, High Atlas, lias, limestone, karst, flow, rain, hydrodynamics, recharge, cracking, fluctuations, emergence.*

1. Introduction

La zone de contact entre le Haut Atlas de Midelt et le bassin de la Moulouya est caractérisée par l'association entre les unités orogéniques du haut Atlas central et la plaine de la Haute Moulouya (Dubar G1934, 1943, Brechbuhler F 1994, Fedan B 1993, Sadki D.1992, Igmoullan B.2001, Saidi Z.1996) (*Figure 1*). Cette zone est caractérisée de point de vue géologique par la jonction entre deux domaines séparés par l'accident nord-haut-atlasique. De point de vue géomorphologique, la zone est marquée par une topographie très accidentée au Sud et légèrement plane au Nord; Le climat du bassin est du type semi aride, subissant les effets de l'altitude, la pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 345 mm au poste d'Anzar Oufounes, et 198 mm au poste de Midlet. La région se caractérise par deux périodes pluvieuses s'étendant de septembre à novembre et mars à mai, pendant laquelle la quasi totalité des épisodes pluvieux sont observées et qui produisent une pluviométrie cumulée de l'ordre de 70% de la pluviométrie annuelle. La saison sèche s'étend du mois de Juin à Aout et se distingue par une diminution des pluies qui ne dépassent guère 30 % de la pluie annuelle. L'épisode du janvier et février est caractérisée par le froid et la gelé.

Il ressort donc que la zone de la Haute Moulouya fait face aux problèmes des irrégularités des précipitations, Le recours à de nouvelles ressources pour l'alimentation en Eau potable s'avère indispensable. L'étude des sources constitue une alternative envisageable pour l'approvisionnement en Eau potable et l'irrigation. Le suivi des émergences constituerait aussi un moyen efficace pour le suivi des rythmes des changements climatiques. Dans ce travail, il sera question d'établir dans un première temps une synthèse des informations concernant les deux principales émergences de l'aquifère de Jbel Ayachi. Nous procéderons ensuite à une caractérisation hydrodynamique, nous mettrons en évidence la relation débit des sources-pluie et enfin nous identifions les conditions d'émergences de ces deux sources.

2. Cadre géologique, hydrogéologique et hydrologique de la zone d'étude

Dans le Haut Atlas de Midelt la tectonique est caractérisée par l'influence des bordures atlasiques formées d'anticlinaux faillés d'axe WSW-ENE et chevauchant vers le N, les études géophysique (1966). Ont mis en évidence une faille majeure de direction E-W au pied du Haut Atlas et effondrant le Lias. Le toit du Lias forme ensuite un vaste synclinal dissymétrique sous la plaine du haute moulouya, de même direction que l'accident atlasique, et qui s'interrompt au N sur le parallèle de Midelt [1]. Le Jurassique constitue la quasi-totalité de la chaîne atlasique, le Lias inférieur calcaire-dolomitique est perméable et constitue le niveau présentant la plus grande continuité, il donne à la chaîne l'originalité de ses formes structurales en arêtes redressées de calcaires dolomitiques massifs. Vient ensuite la série marneuse imperméable du Toarcien-Aalénien sur laquelle s'établissent les vallées, puis une nouvelle série de calcaires, calcaires marneux et marnes comportant généralement deux niveaux calcaires principaux : Aalénien supérieur et Dogger. Le Jurassique se termine par une série surtout gréseuse, continentale, de faciès rouge (Jurassique supérieur), passant au Crétacé inférieur de faciès identique [2]. Hydrogéologiquement, le calcaire et Dolomie du Lias alimentent la plupart des grosses sources de la bordure nord du Haut Atlas (Anzar-ou-Founès dont le débit est voisin de 1 m³/s) et de la bordure orientale du Moyen Atlas sur le sillon d'Itzer (Aïn-Laraïs - 250 L/s) [2].

Les calcaires du Dogger affleurent sur la bordure du sillon d'Itzer dans sa partie nord (Enjil). Un niveau aquifère s'y manifeste par une trentaine de sources de déversement à débit très variable mais faible dans l'ensemble (0,1 à 5 L/s). La minéralisation des eaux est faible (500 mg/L) et la température est basse (14°C) [3]. Une dizaine de sources sont localisées le long des fractures et contact entre les séries géologiques des

carbonates (**Figure 1**). Le Haute Atlas de Midelt constitue le secteur de recharge du système karstique, qui est vidangé par un ensemble de source (**Tableau 1**).

Tableau 1 : les grandes sources de l'unité jbel Ayachi [4]

Dénomination	X	Y	Réservoir	Commune
Ain Anzar Oufounes	522850	204000	Lias Ayachi	Tounfite
Aoukazid	519300	213000	Lias Ayachi	Tounfit
Tattiouine	559223	220848	Lias Ayachi	Ait Izdeg
Ain Bou Adam	551100	220300	Dogger Midelt	Ait Ayach
Ain Teffah	553600	223400	Dogger Midelt	Ait Izdeg
Tirhboula N' Bou Tsoufa	554100	222100	Dogger Midelt	Ait Izdeg
Ain Bouyzer Moumouyn	513805	205119	Dogger Tounfit	Tounfit
Ain tawal	513724	208281	Dogger Tounfit	Tounfite
Ait oukhlif	513875	207968	Dogger Tounfit	Tounfit
Almou N lahana	513998	207844	Dogger Tounfit	Tounfit
Tafza N'oromi	508210	209020	Turonien	Tounfite

Hydrologiquement, les principales rivières du Haut Atlas calcaire alimentant la Moulouya sont d'W en E: l'oued Oudhres, puis l'Ansegmir et l'oued Outat; ce sont les seules qui soient pérennes. Ces principaux affluents de la Moulouya originaires du haut atlas présentent des débits soutenus grâce aux sources issues des puissantes formations carbonatées.

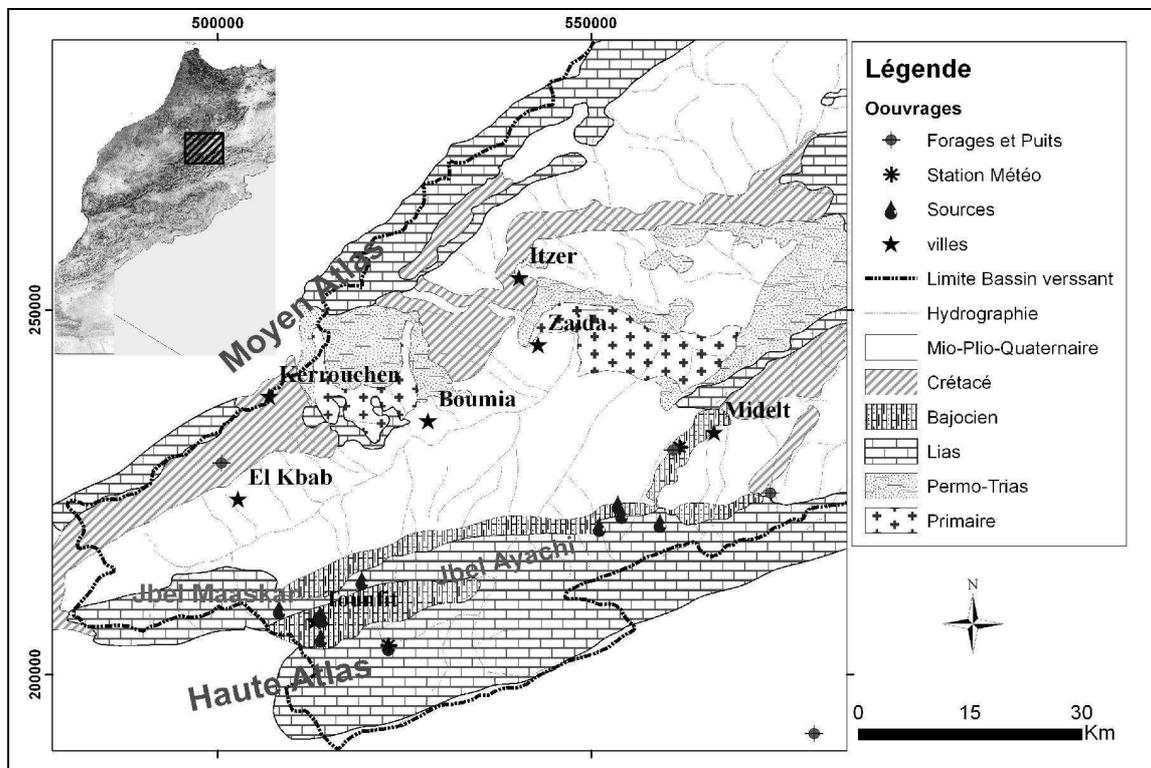


Figure 1 : Unités hydrogéologiques de haute Moulouya [5]

Dans ce travail, nous considérons deux émergences de débordement de la nappe du Lias (**Figure 1**):

- Ain Tatiouine n°IRE 659/38 avec un débit moyen de 609 l/s ($Q_{\text{moy}} \text{ annuel} = 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$) [5]. (Période 82/2010) à faible minéralisation (220 mg/L). - Ain Anzar Oufounès n°IRE 8/38 ayant un débit moyen de 297 L/s ($Q_{\text{moy}} \text{ annuel} = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$) [5]. (Période 90-2010) et résidu sec de 500 mg/L.

3. Outils et méthodes

3-1. Outils

Nous disposons d'un suivi régulier d'au moins 330 mois (29 ans) sur les deux sources, durant cette période d'observation (1982/2011), les mesures ont été effectuées de façon homogène avec quelques interruptions. Seule cette période du suivi sera prise en compte pour la description fonctionnement hydrologique de ces sources, puisque les mesures sont comparables entre elles et décrivent mieux la nouvelle situation de ces émergences fortement touchées par l'irrégularité climatique.

Tableau 2 : Caractéristiques des sources du Lias de l'unité jbel Ayachi [5].

Nom	N°IRE	X	Y	Z	Q moy annuel (L/s)	minéralisation (mg/L).
Ain Tatiouine	659/38	559.200	220.950	1690	609	220
Ain Anzar Oufounès	8/38	522.850	204.000	1855	297	500

3-2. Méthodes

Dans un premier temps, un ensemble de représentations graphiques et cartographiques ont été utilisé pour visualiser l'alternance des périodes sèches et humides dans la zone d'étude. Ensuite, "l'écart à la moyenne" a été utilisé pour les deux postes pluviométriques en vue d'identifier la corrélation des séries de la pluviométrie et le débit des sources Dans un deuxième temps, établir les coupes géologiques et les cartes d'affleurement des aquifères pour déterminer les zones de recharges potentielles.

3-3. Caractéristiques hydrologiques des sources

Nous ne disposons pas de données journalières de ces sources, nous allons limiter à la description de leur fonctionnement hydrologique au pas de temps mensuel et annuel.

3-4. Echelle mensuelle

Les **Figures 2A et 2B et le Tableau 3** montrent la présentation du débit moyen mensuel des deux sources durant les 29 années de suivi.

Tableau 3 : Caractéristiques hydrologiques mensuelles des deux sources (1982/2011)

Nom	Q_{min}	Q_{moy}	Q_{max}	Ecart type	C.V (%)	I.V
Ain Tatiouine	472	604	879	134	22,2	0.96
Ain Anzar Oufounès	150	279	530	120	42,9	0.95

C.V : Coefficient de Variation,

I.V : Indice de Variabilité

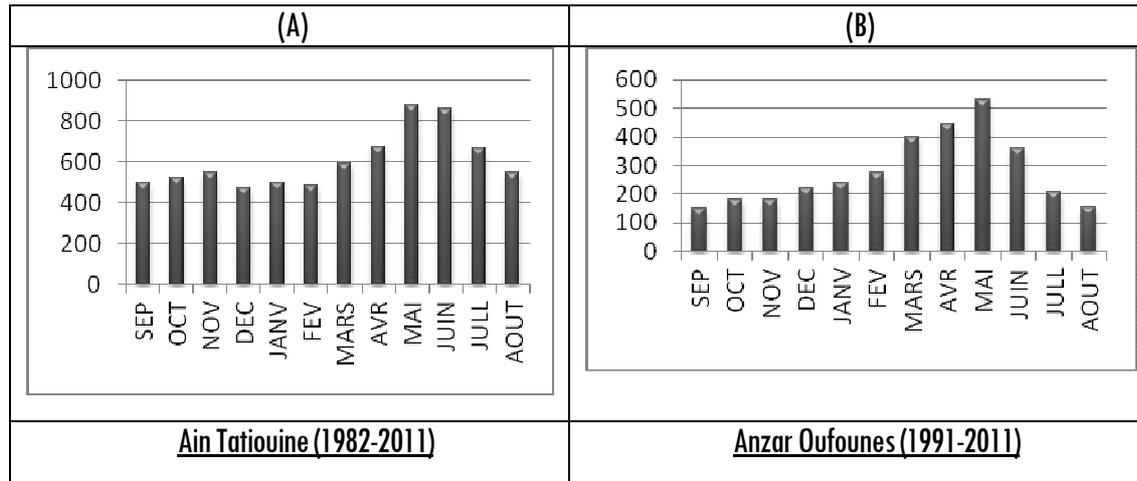


Figure 2 : Evolution du débit mensuel moyen des Sources

Cette présentation montre une importante variation saisonnières de débit, le débit max est constaté au niveau du mois de Mai pour les deux sources, la min est pour le mois septembre. Le débit moyen mensuel de la source Ain Tatiouine a varié (de 1982 à 2011) entre 879 et 472 L/s autour d'une valeur moyenne de 604 L/s. L'indice de variabilité (I.V) est de 0,96 et le coefficient de variation(C.V) de 22,2 %. Le débit de la source Anzar oufounes a varié (de 1982 à 2011) entre 530 et 150 L/s autour d'une valeur moyenne de 279 L/s. L'indice de variabilité est de 0,95 et le coefficient de variation est de 42,9 %. Les figures 3A et 3B montrent les variations saisonnières moyennes des précipitations et des débits des deux sources durant les années de suivi. La courbe d'évolution du rythme de précipitation passe par 2 maximum (mois Septembre et Mai) et une minimum en juillet, par contre la variation du débit reste faible pendant une longue période avant d'atteindre un max au cours du mois de Mai. Au cours d'une année hydrologique moyenne, on distingue une période de recharge significative allant du mois de septembre au mois de Mai, et une période de décrue allant du mois de Mai au mois Aout.

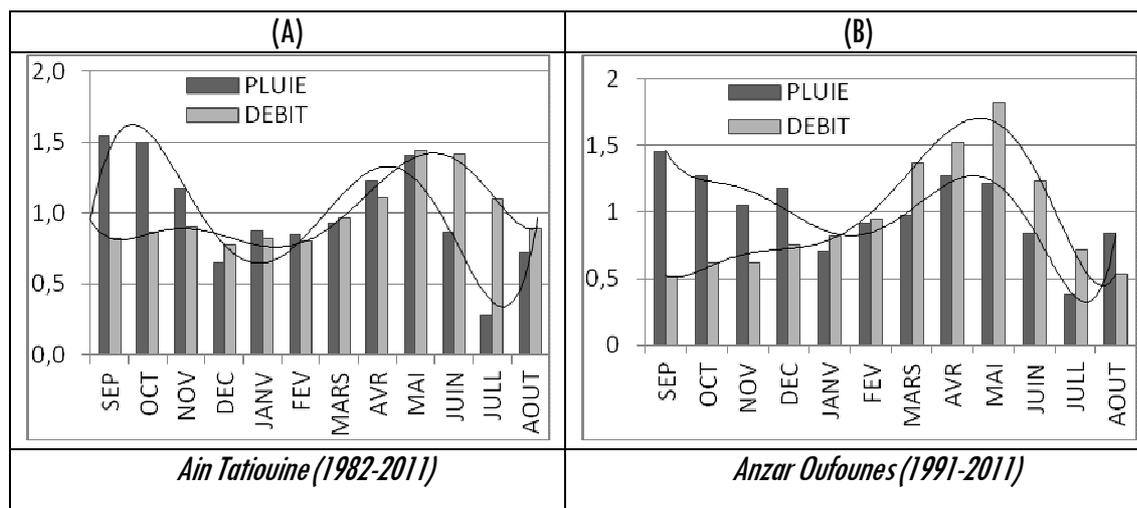


Figure 3 : Variations saisonnières des débits

La source d'Ain Tatiouine présente une faible fluctuation du débit mensuel inter-saisonnière entre la période des hautes eaux et la période des basses eaux; cet état de phase entre les impulsions pluviométriques et la

réponse de l'aquifère à une infiltration indique la présence d'un aquifères continus de grande taille permette le stockage et la régulation des écoulements souterraines dans la zone de recharge. La source d'Ain Anzar Oufounes présente une forte fluctuation du débit entre la période des hautes eaux et la période des basses eaux; cet état de fait de la réponse de l'aquifère à une infiltration indique la présence d'un aquifères discontinus de petite taille qui ne permet pas le stockage et la régulation des écoulements souterraines dans la zone de recharge. Dans l'ensemble, le retard de phase entre les impulsions pluviométriques et la réponse de l'aquifère est dû a une infiltration retardée et différée, et a la présence d'aquifères continus dans la zone d'infiltration. Les fortes précipitations en Septembre et Octobre mettent en crue l'aquifère, le stockage des réserves est au max. La récession des débits est entre Avril et Juin. Toute fois, des mesures journalières du débit des sources tout au long d'un cycle auraient permis d'obtenir une appréciation plus précise sur le fonctionnement de l'aquifère liasique.

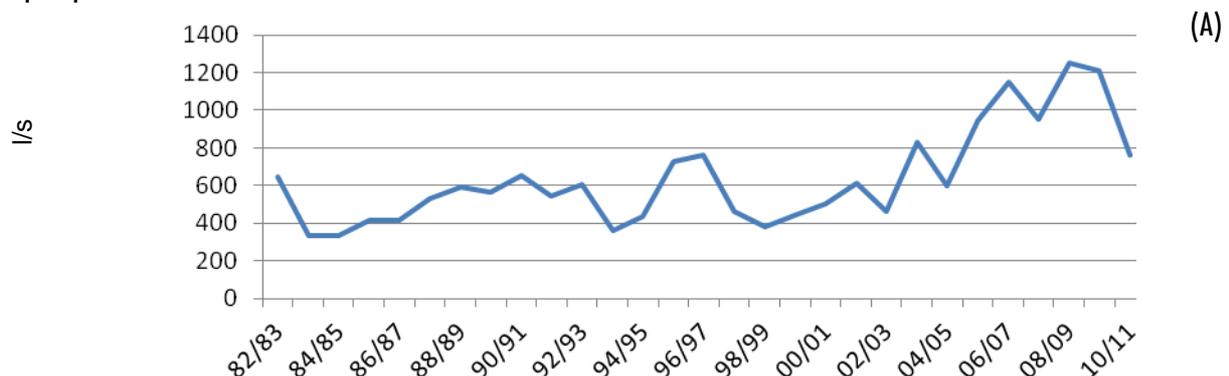
3-5. Echelle annuelle

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques hydrologiques tirées des données d'observation annuelle:

Tableau 4 : *Caractéristiques hydrologiques annuelles des sources du lias de l'unité jbel Ayachi*

Nom	Q _{min}	Q _{moy}	Q _{max}	Ecart type	C.V (%)	I.V
Ain Tatiouine	332	637	1253	253	40%	1
Ain Anzar Oufounès	165	283	562	98	35%	1,01

Durant cette période d'observation, le module annuel pour la source d'Ain Tatiouine a varié entre 332 et 1253 L/s autour d'une valeur moyenne de 637 L/s, représentant un apport moyen annuel de l'ordre de 20.1 Mm³. L'indice de variabilité étant de 1.01 et le coefficient de variation est de 40 %, témoignent d'un régime général régulier et d'une régulation interannuelle moyenne par un système aquifère karstique continu et de grande taille. La figure 4A montre l'évolution du débit moyen annuel de la source d'Ain Tatiouine. On note en générale deux phases une phase à tendance à la stabilisation du débit entre 1982 et 1999, et une deuxième phase avec une tendance à la hausse des débits entre 1999 et 2011. Pour le module annuel de la source d'Ain Anzar oufounes, il varié entre 165 et 562 L/s autour d'une valeur moyenne de 283 L/s, représentant un apport moyen annuel de l'ordre de 8.93 Mm³. L'indice de variabilité étant de 1.01 et le coefficient de variation est de 35 %, témoignent d'un régime général régulier avec des fluctuations interannuelle liée au système aquifère karstique discontinu de petite taille. La figure 4B montre l'évolution du débit moyen annuel de la source. On note en générale deux phases une phase à tendance à la stabilisation du débit entre 1982 et 1999, et une deuxième phase avec une tendance à la hausse des apports entre 1999 et 2011. Les fluctuations peuvent être expliquées par l'absence de mesures sur quelques mois.



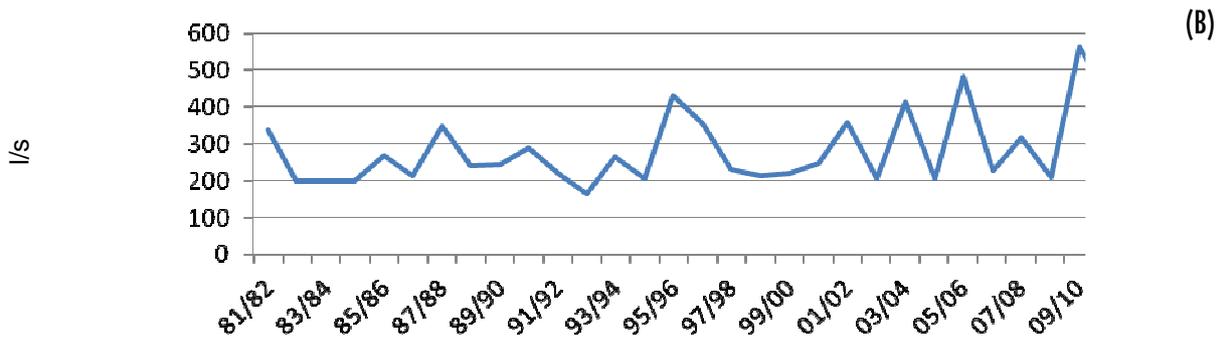


Figure 4 : Evolution du débit annuel moyen de la source (A: Ain Tatiouine, B: Ain Anzar oufounes)

Les graphiques représentant les débits annuels des sources durant la période 1982/2011 (**Figure. 4A et 4B**) montrent tous les deux la même tendance. Les deux sources ont un comportement très proche avec des fluctuations annuelles modérées, preuve de leur appartenance à un même système aquifère. Afin de caractériser la variation de la pluviosité ainsi que le débit propre à chaque année, il convient de tenir compte de "l'écart à la moyenne" correspondant à l'excédent ou au déficit des précipitations des années considérées rapporté à la moyenne de 20 ans, Ce qui permet d'identifier les années sèches et les années humides. L'alternance de ces derniers avec leur amplitude saurait caractériser la tendance du climat de la période de l'étude.

La formule donnant cette variation est:

$$Em = \left(\frac{Pi - Pm}{Pm} \right) * 100 \tag{1}$$

Avec :

Em : écart à la moyenne en %

Pi : précipitation totale de l'année considérée (en mm)

Pm : précipitation moyenne annuelle (en mm)

Les **Figures 5A et 5B** montrent une variabilité pluviométrique au niveau de la région du haute Moulouya durant la période considérée, Cette variabilité montre un certain nombre de séquences sèches ou humides avec une tendance à la cyclicités des précipitations durant la période d'observation, et dont l'amplitude varié d'un cycle à l'autre. Les valeurs annuelles se trouvent en dessous de la moyenne ($Em=0\%$) ont une tendance excédentaire, les autres sont déficitaires.

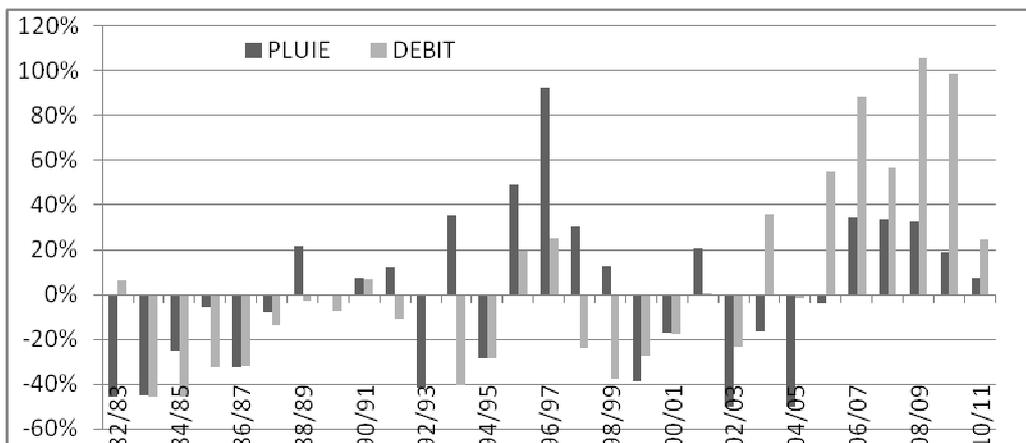


Figure 5A : Débits annuels moyens de la source Ain Tatiouine et pluie de la station Midelt

La source d'Ain Tatiouine présente une certaine irrégularité de débit annuel, l'étude de la périodicité des précipitations permet de distinguer entre quatre cycles, deux cycles déficitaires 1982-1988 et 2000-2006 et deux excédentaires 1989-1999 et 2007-2011, chaque cycle comporte des années particulières.

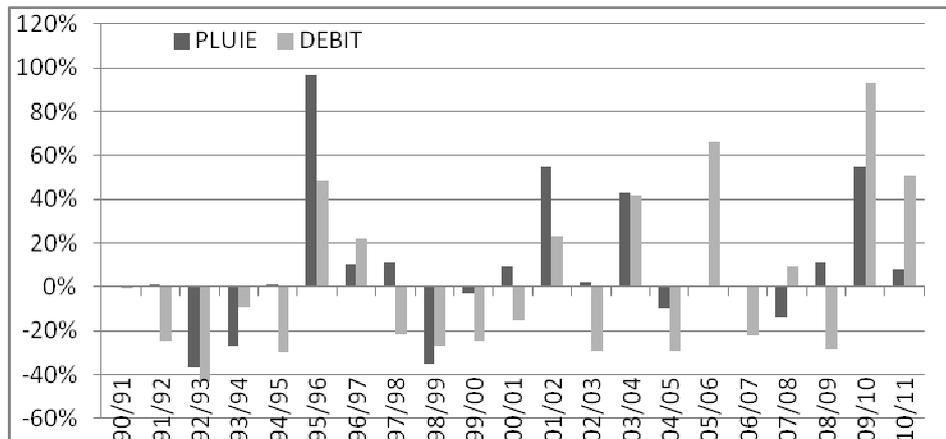


Figure 5B : Débits annuels moyens de la source Ain Anzar Oufounes et pluie de la station Anzar Oufounes

La source d'Ain Anzar Oufounes présente une irrégularité de débit annuel, d'où l'absence de toute périodicité des précipitations, les années excédentaires sont réparti aléatoirement, mais on remarque que la majorité des années sont déficitaires. Il faut remarquer également que le déficit ou l'excès pluviométrique engendre le même effet sur le débit.

4. Conditions d'émergences des sources et estimation des zones de recharges

4-1. Conditions d'émergence Sources d'Ain Tatiouine

Il s'agit de deux sources distantes d'une dizaine de mètres, mais appartenant à la même émergence dans le lit de oued Ikis avec un débit moyen de 610 l/s (période 82/2011), à faible minéralisation (220mg/l). La source est suivi depuis 1982, son débit d'étiage varie de 214 à 2340 l/s, liées aux variations de la pluviométrie annuelle, le minimum annuelle à remonté de 250 l/s dans les années 1980 à 300 l/s depuis 2001 [6].

La source d'Ain Tatiouine jaillit de la flexure nord Atlas de Midlet au pied de jbel Tamajjout, les eaux issues de la nappe du Lias émergent au sein du calcaire du Lias inférieur-moyen qui est représenté par des dolomies et des calcaires. Cette sédimentation carbonatée, de plate-forme interne peu profonde, et relativement homogène, les carbonates liasiques sont contournés et affectés par des failles normales et des fractures ouvertes à remplissage synsédimentaire [8]. Ce type de formation lithologique favorise la karstification.

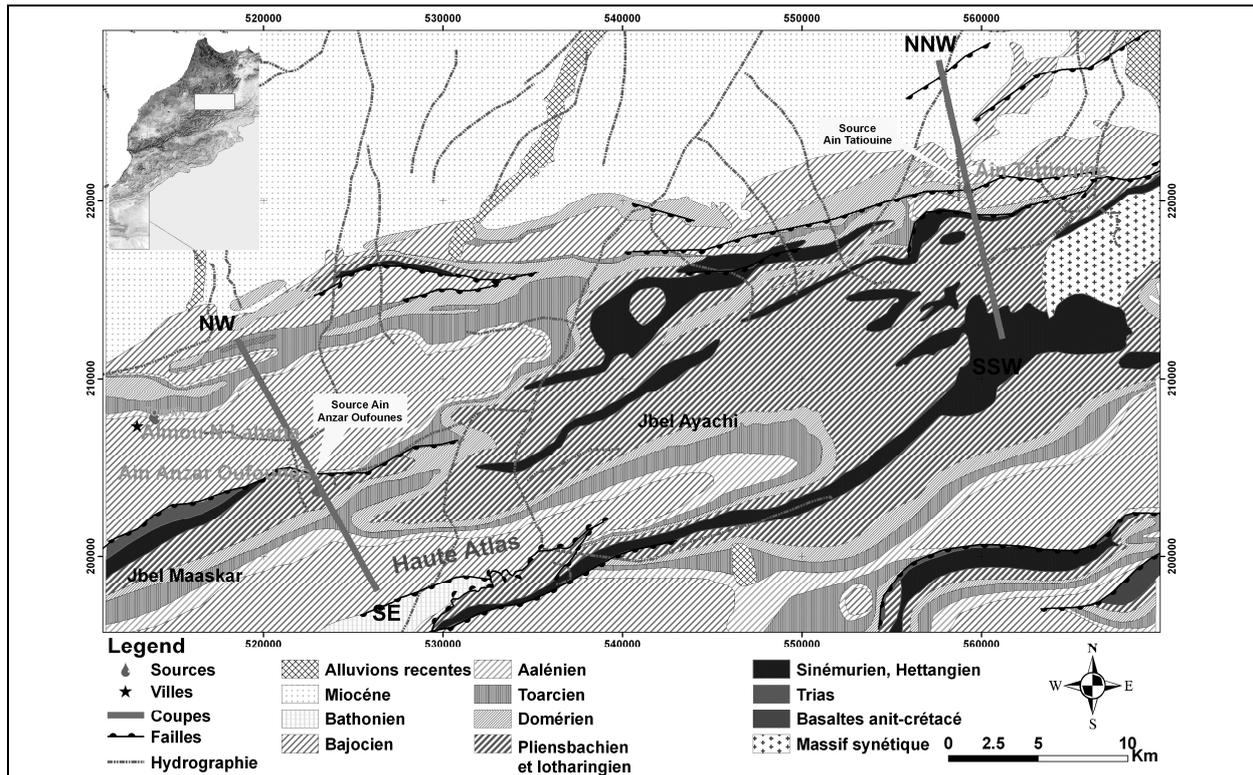


Figure 6 : Unités géologiques de haute Moulouya [7].

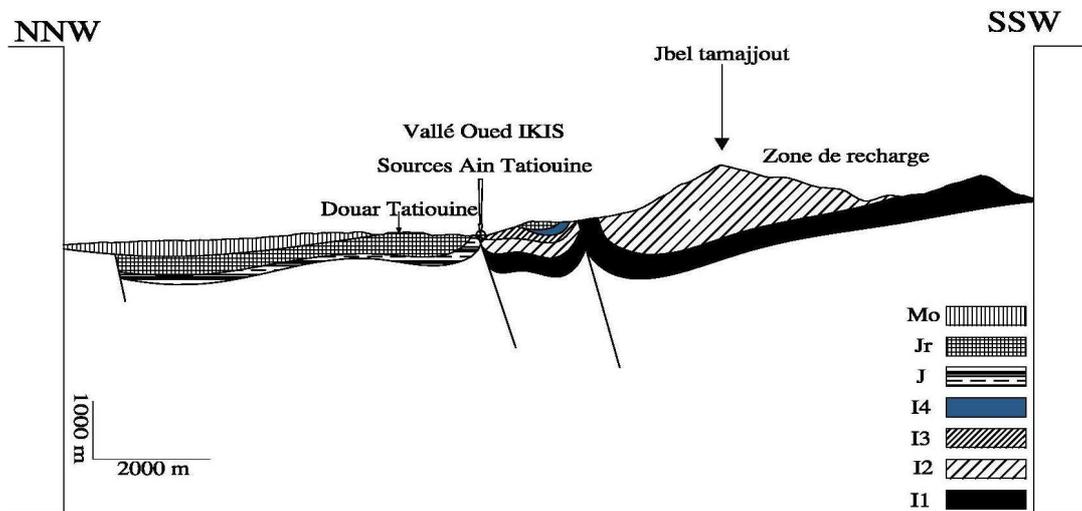


Figure 7 : Coupe hydrogéologique schématique passant par la source Ain Tatiouine.

(Mo: Miocène, J: Bajocien, I5: Aalénien, I4: Toarcien, I3: Domérien, I2: Pliensbachien et lotharingien, I1: Sinémurien, Hettangien)

4-2. Conditions d'émergence Sources s Ain Anzar Oufounes

La source d'Ain Anzar Oufounès émerge dans les gorges de l'oued Tourha (commune Agoudim, douar Anzar), qui est un des affluents de l'Ansegmir. Avec un débit moyen est de 278 L/s (période 1981-2011), un pH de

7,3 et une faible conductivité électrique $110 \mu\text{S}/\text{cm}^2$, Cette source captée sur place, est gérée par la population locale à des fins d'irrigation gravitaire des périmètres privés [6]. La source jaillit sur la faille Nord Atlas de Midlet entre jbel Maasker et jbel Tagount, dans les calcaires marneux du Lias moyen (Pliensbachien lotharingien). Le lias inférieur-moyen est représenté par des dolimies et des calcaires (Studer, 1980). La coupe établie montre que la zone de recharge est située dans l'Est sur les hauteurs de Jbel Maaske, et l'Oust de jbel Ayachi, sur les affleurements du Lias dans le mega synclinale de Jbel Ayachi.

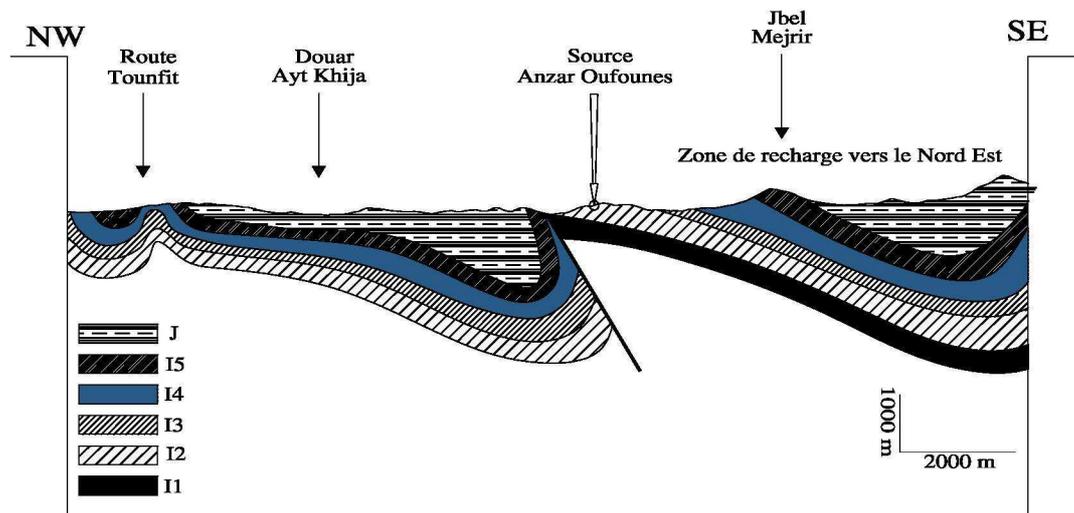


Figure 8 : Coupe hydrogéologique schématique passant par la source Anzar Oufounes..

(J : Bajocien, I5 : Aalénien, I4 : Toarcién, I3 : Domérien, I2 : Pliensbachien et lotharingien, I1 : Sinémurien, Hettangien)

5. Discussion

L'unité de Jbel Ayachi est constituée essentiellement de formations calcaires dolomitiques d'âge Liasique, qui reposent sur le Trias argileux et basaltique. En raison de leur surface d'affleurement on anticlinaux dans les chaînes plissées du Haut Atlas (3757 m à Jbel Ayachi) et dans les zones les plus humides bien arrosées, avec leur épaisseur et de leur fissuration, les calcaires et dolomies du Lias constituent une formation aquifère. La large fissuration des formations liasiques réduisant le ruissellement, d'où un coefficient d'infiltration élevé, les eaux infiltrées dans les calcaires du Lias ont trois destinées principales; la constitution de nappes profondes, l'alimentation latérale de nappes phréatiques et des underflows d'oueds, ou bien des sources. Ces émergences sont soit à la faveur d'une coupure d'oued ou des flexures ou des variations de perméabilités, elles sont parfois des exurgences. Elles sont situées dans le pourtour des massifs calcaires (trop plein, déversement, exurgence) ou au centre de ces massifs à la faveur de structures tectoniques ou sédimentologiques favorables.

Ces sources des calcaires du Lias sont caractérisées par leurs gros débits et leur variabilité, Un coefficient de variabilité élevé caractérise le régime karstique de circulation des eaux. Il semble d'autant plus grand d'ailleurs que les sources sont plus petites.

Elles donnent aux oueds d'où elles sont issues, un caractère de pérennité plus grande que ne le ferait prévoir le climat de la région.

6. Conclusion

Le débit et le temps de réponse à une impulsion de recharge pluviométrique (averse) pour de telles sources karstiques peuvent varier considérablement. Ainsi, deux sources voisines en surface et provenant en principe d'un même aquifère, peuvent avoir des réactions analogues mais déphasées dans le temps, ou des réactions différentes et parfois contradictoires qui illustrent bien la complexité du système. Cette différence de comportement peut être liée à la structure géologique, aux aires d'alimentation plus ou moins proches, à la vitesse d'infiltration plus ou moins rapide et à la position par rapport aux drains principaux du système karstique. Le Système hydrogéologique de Jbel Ayachi jouit d'une capacité de stockage très importante, permettant d'emmagasiner une recharge importante provenant des pluies et de; fontes de neige, sans provoquer de crues brutales. Le débit des sources est, en effet, bien soutenu durant toute l'année. La présence de dolomies sableuses à la base de l'aquifère liasique plaide en faveur de l'existence d'un aquifère à porosité d'interstices et à écoulement relativement lent. On aurait donc, dans l'ensemble, un système ayant un pouvoir de régulation qui permet d'amortir les pics de recharge et de restituer l'eau avec modération.

Références

- [1] - Y.A. Brechbühler 1984. Etude structurale et géologique du Haut-Atlas calcaire entre le jebel Ayachi et Rich (Maroc). Thèse Sci., Univ. Neuchâtel, p128.
- [2] - M. Combe, *Resource en eau du Maroc Tome III Le Domaine Atlasique, Haute atlas calcaire*, p117.
- [3] - M. Combe & M. Simonot, *Resource en eau du Maroc Tome I Domaines du Rif et du Maroc oriental, La haute moulouya , le sillon d'itzer-enjil et la massif de Boumia Ahouli*, p197.
- [4] - (ABHM), *Elaboration d'un atlas des sources du bassin de la moulouya, MISSION I «Inventaire des résurgences d'eau souterraine et élaboration d'une base de données sous SIG (Atlas digital des sources)»*, 2011.
- [5] - Agence du Bassin Hydraulique de la Moulouya (ABHM), *mesures de débit*.
- [6] - (ABHM), *Etude du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin de la Moulouya (PDAIRE), MISSION I «évaluation des ressources en eau et état de leur utilisation» SOUS MISSION I.2a*.
- [7] - G. Dubar *La carte géologique provisoire du Haut-Atlas de Midelt au 1/200.000e. Notes Mém. Serv. Géol. Maroc*, 1943.
- [8] - B. Igmoullan, D. Sadki, B. Fedan & H. Chellai, *Evolution géodynamique du Haut-Atlas de Midelt (Maroc) pendant le Jurassique : un exemple d'interaction entre la tectonique et l'eustatisme. Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*, 2001, n°23, 47-54.