



APPORT DE LA STATISTIQUE A L'ETUDE DES INTERACTIONS ENTRE LA NAPPE JURASSIQUE ET LE BARRAGE HASSAN ADDAKHIL (ERRACHIDIA)

APPORT DE LA STATISTIQUE A L'ETUDE DES INTERACTIONS ENTRE LA NAPPE JURASSIQUE ET LE BARRAGE HASSAN ADDAKHIL (ERRACHIDIA)

| Elhassan Ben-said ^{1*} | Ahmed Boukdir ¹ | Abderahman Mahboub ² | Abdelkader Younsi ³ | Kamal El Moquaddam ² | Lahcen Alili ¹ | et | Abdelhamid Zitouni ¹ |

¹ Faculté des Sciences Techniques | Université Sultane Moulay Slimane | Béni Mellal | Maroc |

² Faculté des Sciences | Université Chouaib Doukkali | El Jadida | Maroc |

³ Agence du Bassin Hydraulique Guir-Ziz-Rhéis | Errachidia | Maroc |

| Received | 12 November 2017 |

| Accepted | 30 November 2017 |

| Published 30 December 2017 |

RESUME

Introduction : Le barrage d'Hassan Addakhil, situé au piémont sud du Haut Atlas centro-oriental, au centre du bassin de Ziz, draine le bassin versant d'Errachidia de superficie d'environ 4414.92 km². Il est construit en 1971 pour remplir deux principaux objectifs. **Objectifs** : Le premier se rapporte à la protection contre les inondations qui ont causé, à plusieurs reprises, des dommages dans la plaine de Tafilalet. Le deuxième objectif concerne la satisfaction des besoins en eau surtout d'irrigation des populations environnantes dans un contexte semi-aride. **Méthodes** : La méthode adoptée se base sur le traitement des données, calcul et étude des coefficients du corrélation en utilisant le logiciel Xlstat à vocation statistique. **Résultats** : Compte tenant de la sécheresse observée durant ces dernières années au niveau du bassin versant du Ziz, la réserve du barrage Hassan Addakhil diminue d'une année à l'autre à cause des faibles apports en eau dudit barrage. Du fait que l'alimentation en eau potable de la ville d'Errachidia et la plaine de Tafilalet est assurée par les eaux souterraines à travers des forages F.1227/48 F.1238/48 F.1503/48 et F.2008/48, qui sont situés en aval proche dudit barrage. Ainsi, à chaque diminution du niveau de la retenue des barrages, les usagers de l'eau constatent une diminution proportionnelle des débits de ces forages. Pour cette raison, nous avons recouru à une corrélation statistique pour étudier localement, l'influence de la retenue du barrage sur la nappe d'eau du jurassique. **Conclusion** : D'après cette étude on a tiré les conclusions suivantes : Une relation directe entre la variation de la côte du Barrage Hassan Addakhil et les trois forages F.2008/48, F.1238/48 et F.1503/48, résultat prouvé statistiquement par des coefficients de corrélation de Spearman avec des valeurs élevées en perspective de $r = 0,88$ pour F.2008/48, $r = 0,79$ pour F.1238/48 et $r = 0,61$ pour F.1503/48. La relation directe entre la cote de la retenue du Barrage Hassan Addakhil et la productivité de la nappe, est due à la lithologie filtrante d'âge Aalénien et Domérien représentée par les calcaires qui constituent la majorité des faciès des trois forages F.2008/48, F.1238/48 et F.1503/48. En effet, on peut dire que le barrage Hassan Addakhil assure un troisième rôle qui reflète dans sa contribution à recharge de la partie Sud de la nappe jurassique du Haut Atlas.

Mots clés : Barrage Hassan Addakhil ; Bassin de Ziz ; Errachidia, Eau potable ; Plaine de Tafilalet ; corrélation.

ABSTRACT

Background: The dam of Hassan Addakhil, located in the southern Piedmont of the Western-central High Atlas, at the center of the basin of Ziz, drains the watershed of Errachidia area approximately 4414.92 km². It is built in 1971 to fill two main objectives. **Objectives**: The first relates to the protection against the floods, which have caused, on several occasions, the damage in the plain of Tafilalet. The second objective relates to the satisfaction of the water needs especially for the irrigation of the surrounding populations in a context semi-arid. **Methods**: The method adopted is based on the data processing, calculation and study of correlation coefficients using Xlstat software for statistical purposes. **Results**: Taking account of the drought observed during these last years at the level of the watershed of the ZIZ, the reserve of the dam Hassan Addakhil decreases from one year to the other because of the low intakes of water of the dam. The fact that the drinking water supply in the city of Errachidia and the plain of Tafilalet is ensured by the groundwater through drilling F.1227/48 F.1238/48 F.1503/48 and F.2008/48, which are located downstream near the said dam. As well, to each decrease in the level of the withholding of dams, the users of water find a proportionate decrease in flow rates of these drilling. For this reason, we have resorted to a statistical correlation to study locally, the influence of the restraint of the dam on the water table of the Jurassic. **Conclusion**: According to this study There has drawn the following conclusions: a direct relationship between the variation of the coast of the dam Hassan Addakhil and three wells F.2008/48, F.1238/48 and F.1503/48, result proved statistically by Spearman correlation coefficients with high values in perspective of $R = 0.88$ for F.2008/48, $r = 0.79$ for F.1238/48 and $r = 0.61$ for F.1503/48. The direct relationship between the rating of the withholding of the dam Hassan Addakhil and the productivity of the tablecloth, is due to the lithology filter Aalenien age and Domérien represented by the limestones which constitute the majority of the facies of three boreholes F.2008/48, F.1238/48 and F.1503/48. Indeed, we can say that the dam Hassan Addakhil ensures a third role, which reflects in its contribution to recharge of the southern part of the Jurassic pad of the High Atlas.

Key words: dam Hassan Addakhil; basin of Ziz; Errachidia, drinking water; Plain of Tafilalet; correlation.

1. INTRODUCTION

Le barrage d'Hassan Addakhil, situé au piémont sud du Haut Atlas centro-oriental, à 15 Km au Nord de la ville d'Errachidia, est construit en 1971 suite à catastrophe des inondations dévastatrices qui a laissé 25.000 personnes sans abri vers l'année 1965, Il draine la partie amont du bassin versant de l'oued Ziz sur une superficie d'environ 4414.92 km² dite bassin versant d'Errachidia. Ce barrage a été construit pour remplir deux principaux objectifs. Le premier se rapporte à la protection contre les inondations qui ont causé, à plusieurs reprises, des dommages dans la plaine de Tafilalet. Le deuxième objectif concerne la satisfaction des besoins en eaux surtout d'irrigation des populations environnantes dans un contexte semi-aride.

Considérant la sécheresse observée durant ces dernières années au niveau du bassin versant du Ziz manifesté par un déficit pluviométrique, la réserve du barrage Hassan Addakhil diminue d'une année à l'autre (Figure 1) à cause des faibles apports en eau dudit barrage. Du fait que l'alimentation en eau potable de la ville d'Errachidia et la plaine de Tafilalet est assurée par les eaux souterraines à travers des forages F.1227/48, F.1503/48, F.1238/48 et F.2008/48, qui sont situés auprès de la retenue du barrage Hassan Addakhil (figure 2). La présente étude consiste à faire une corrélation statistique en vu de mettre en évidence la présence ou l'absence du lien entre le niveau d'eau contenu dans la retenue du barrage et la productivité des forages avoisinants. D'où, avoir une idée si on a une recharge des aquifères jurassiques à travers des eaux de la retenue de ce barrage.



Figure 1 : Evolution du barrage Hassan Addakhil entre les années 1984 et 2016.

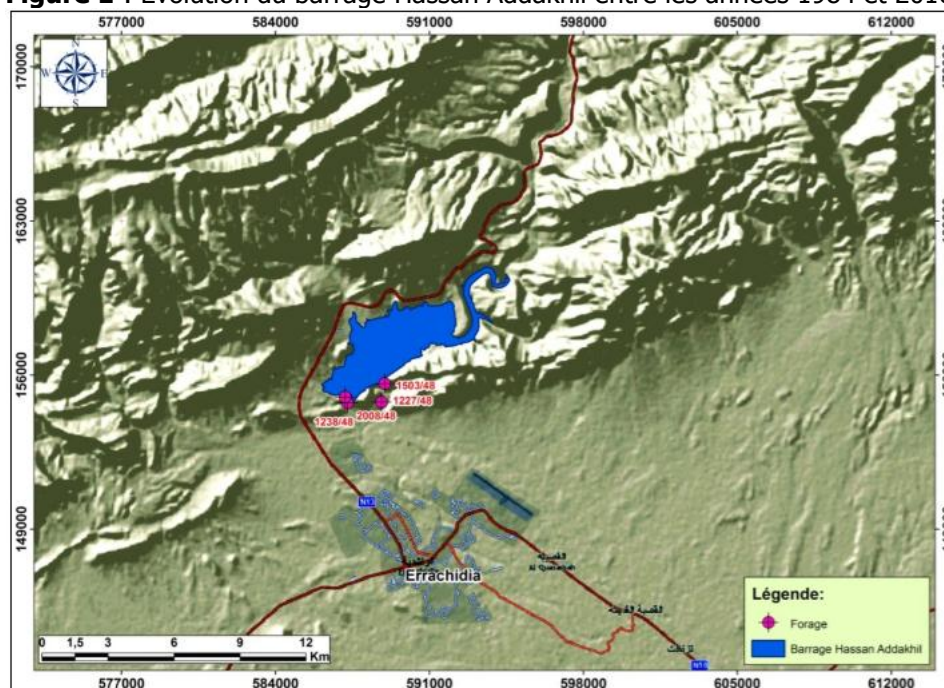


Figure 2 : Situation des forages étudiés par rapport au barrage Hassan Addakhil.

La géologie du bassin versant d'Errachidia drainé par le barrage Hassan Addakhil regroupe des domaines structuraux distincts qui s'échelonnent du Mésozoïque au Quaternaire caractérisés essentiellement par des formations calcaires, dolomites, marnes et argiles (Michard, 1976).

Le Trias comprenant des basaltes doléritiques, des marnes et argiles à niveau salifères joue un rôle important comme substratum imperméable de la série jurassique et est à l'origine de la plupart des eaux salifères de la région.

Le jurassique constitue la quasi-totalité du haut atlas et affleure sur la bordure nord du bassin d'Errachidia. La Lias inférieur calcaréo-dolomitique est perméable en grande partie et constitue le niveau présentant la plus grande continuité ; il donne à la chaîne atlasique (Haut Atlas), l'originalité de ses formes structurales en arêtes redressées de calcaires dolomitiques massifs (Michard, 1976).

L'affleurement du Toarcien est formé principalement de marnes vertes avec des inter-lits marno-calcaires. L'Aalénien calcaréo-dolomitique à la base, devient de plus en plus marneux vers le haut. Le Bajocien est essentiellement marneux et argileux avec des intercalations calcaires. Le Bathonien commence par de gros bancs de calcaire dolomitique appelé « calcaire corniche » (Bajocien-bathonien).

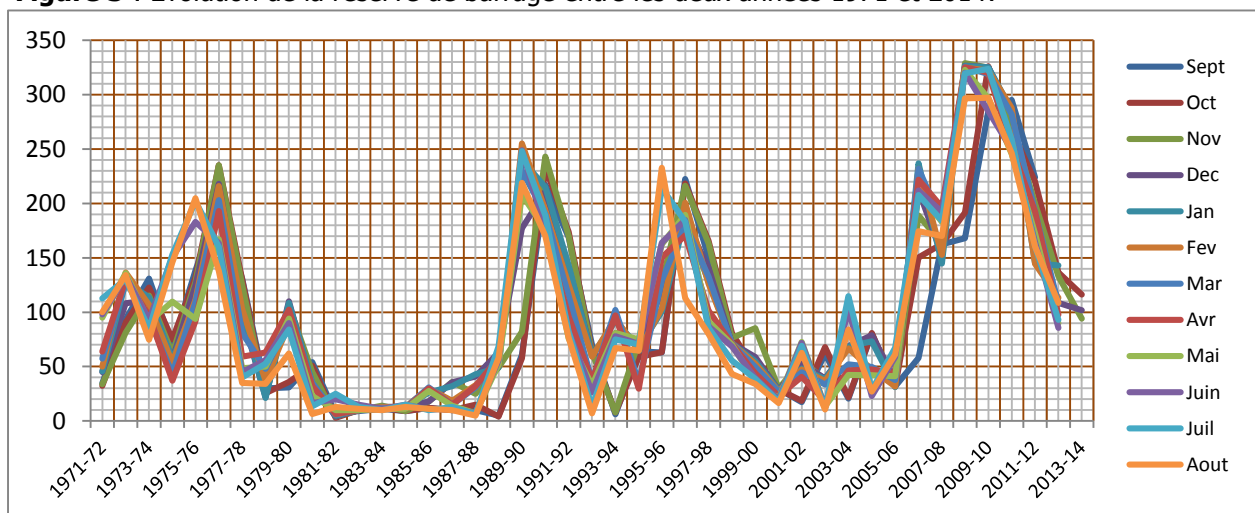
Au cours du Crétacé, la transgression domine l'actuel sillon sud atlasique et arrive à Tafilalet. La sédimentation présente des variations importantes d'épaisseur et de faciès. Le Crétacé offre une série à trois termes à savoir les grès et marnes rouges du Crétacé inférieur, les marnes du Cénomanien et les calcaires du Turonien et s'achève par des formations continentales rouges du Crétacé supérieur.

Le Quaternaire présente une grande hétérogénéité lithologique ; les dépôts sont constitués principalement de conglomérats, graviers, galets, limons, d'éléments fluvo-lacustres et gréseux, parfois marneux. Leur épaisseur ne dépasse pas 50m. Le substratum des dépôts quaternaires varie énormément dans l'espace ; il est constitué par des horizons jurassiques des régions du Rich (Haut Atlas du bassin du Ziz) (Hilali et al.2013).

1.1. Bilan du barrage Hassan Addakhil :

La réserve en eau dans le barrage (Figure 3), proportionnelle aux apports (Figure 4), atteint une valeur minimale de 3Mm³ enregistrée en Octobre 1981 lors d'une sécheresse marquante qu'a connu la zone. La valeur maximale enregistrée est de 328.9Mm³ en Novembre 2008, où le taux de remplissage a atteint 100% quand le barrage Hassan Addakhil a déversé pour la première fois depuis sa mise en service à cause des crues exceptionnelles observées en amont du Barrage. Suite aux événements exceptionnels enregistrés en 2008-2009, le barrage Hassan Addakhil a joué un rôle important dans la protection contre les inondations de la vallée et la plaine de Tafilalet, ainsi que la mise en place d'une réserve des eaux superficielles assurant le développement agricole de la région.

Figure 3 : Evolution de la réserve de barrage entre les deux années 1971 et 2014.



Les apports du barrage Hassan Addakhil viennent essentiellement du Haut Ziz, caractérisés par l'abondance des précipitations, ainsi que malgré la fonte des neiges jouant un rôle régulateur garantissant la pérennité du Oued Ziz , On distingue cinq périodes de sécheresse qu'a connu le bassin de Ziz :

- Période de 1977-1979 : s'étendant sur 3 ans, avec un écart allant de -29,04% à - 55,64%
- Période de 1980-1987 : s'étend sur 6 ans avec un déficit maximum de -112,74% depuis la construction du barrage.

- Période de 1991-1993 : a duré 3 ans, avec des déficits allant jusqu'aux -98,14%,
- Période de 1996-2005 : avec des écarts allant de -11,52% à -99.26%, à l'exception de l'année 2003 ayant un excès de 39.33%
- Période d'après l'année 2010 : a connu un remplissage total du barrage jusqu'à plus de 100% en 2009. cette période est marquée par des déficits soudains allant de -6% en 2010 à -36% en 2013.

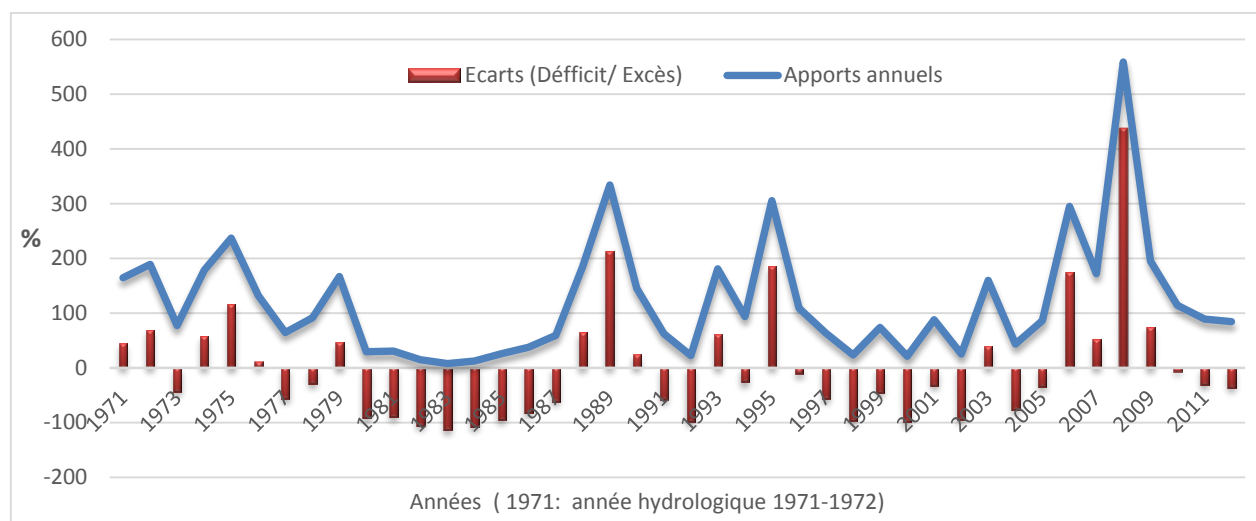


Figure 4 : Evolution des apports et leurs écarts par rapport à la moyenne dans le barrage entre l'année 1971 et 2013.

1.2. Contexte hydrogéologique et ressources en eau :

Les aquifères jurassiques du Haut Atlas : Selon la DRH GRZ (2009) et Hilali (2009), les grands ensembles aquifères du Haut Atlas sont constitués par : Les réseaux aquifères du Lias inférieur et du Domérien calcaire formant un système relativement continu. Alors que l'aquifère de l'Aalénien et celle du Dogger forment des ensembles aquifères, organisés en bassins séparés dans chaque cuvette synclinale et généralement sans communication, et comprenant parfois plusieurs niveaux aquifères. La série imperméable du Toarcien-Aalénien inférieur sépare les ensembles aquifères du Lias inférieur-Domérien et ceux de l'Aalénien-Dogger. Des communications entre aquifères sont possibles cependant à la faveur de failles (Nouayti et al. 2014). A ces grands ensembles aquifères, se superposent des systèmes de nappes phréatiques du Quaternaire et de sous-écoulement se relayant mutuellement, répartis suivant chaque vallée.

L'alimentation en eau potable de la ville d'Errachidia et la plaine de Tafilalet est assurée à travers les eaux souterraines de la nappe jurassique du Haut Atlas à travers des forages d'eau situés en aval du barrage Hassan Addakhil. Ces forages satisfont les besoins en eau potable pour la totalité des abonnés de la ville d'Errachidia et la plaine de Tafilalet en permettant des productions en eau potable différentes d'un forage à l'autre.

Le forage F.1227/48 est caractérisé par des débits exploités ne dépassant pas le débit d'exploitation (figure 5-A). La valeur de Mars 2000 atteignant 135.8 L/s reste exceptionnelle pour ce forage. Les débits minimums enregistrés sont de 62.6 L/s pendant le mois d'Août 2011.

Le forage F.1503/48 Présentant des débits exploités avoisinant le débit d'exploitation (figure 5-B) à l'exception de la période s'étendant d'Avril 2005 à Septembre 2006 où les débits exploités sont inférieurs au débit d'exploitation. La valeur maximum enregistrée est de 237 L/s à Mai 2008 suivi de débit min de 58.1 L/s pendant Juillet de la même année.

Le forage F.1238/48 caractérisé par des valeurs dépassants pour les 23 ans le débit d'exploitation (120 L/s) (figure 5-C) avec un débit max de 214 L/s durant Mars 2013. Les valeurs enregistrées pour le mois de Mars 2000 avec un débit exploité de 77.6 L/s et le mois de Juillet 2003 avec 109 L/s sont des exceptions.

Le forage F.2008/48 permet de distinguer deux périodes : la première, s'étendant depuis la mise en service du forage à novembre 2006, caractérisée par des débits ne dépassant pas le débit d'exploitation, sauf pour la tranche de Décembre 2001 à Octobre 2002 où les débits exploités dépassent le débit d'exploitation (figure 5-D). La deuxième période s'étendant de Décembre 2006 à Mai 2013, où le débit exploité dépasse le débit d'exploitation, suivie d'une période où le débit exploité diminue progressivement.

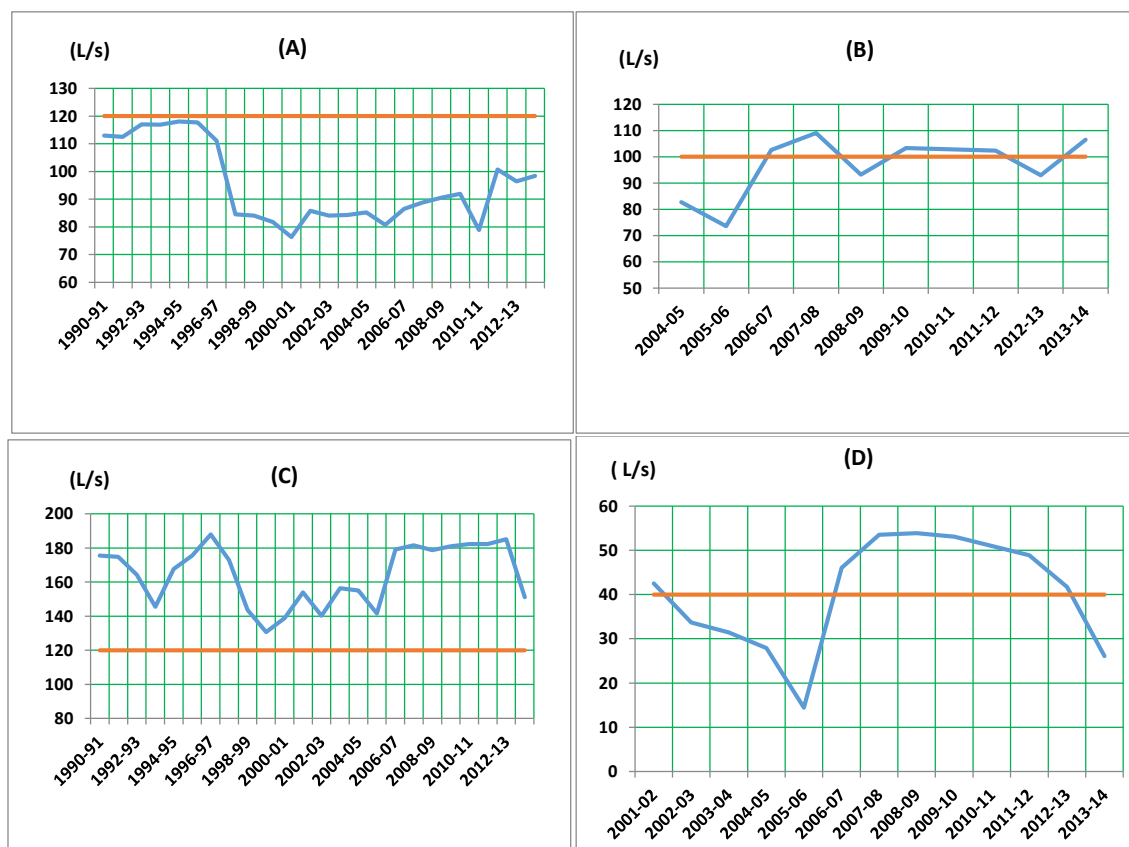


Figure 5 : Evolution de débit exploité par rapport au débit d'exploitation (A) : F.1227/48 (1990-2013) ; (B) : F. 1503/48 (2004-2014); (C) : F. 1238/48 (1990-2013); (D) : F. 2008/48 (2001-2014).

L'AEP de la plaine de Tafilalet (fig 6) assurée par les deux forages F.1227/48 et F.1238/48, est assurée essentiellement par le forage F.1238/48 surexploité. Le forage F.1227/48 assure le renforcement d'AEP ce qui explique les faibles débits exploités.

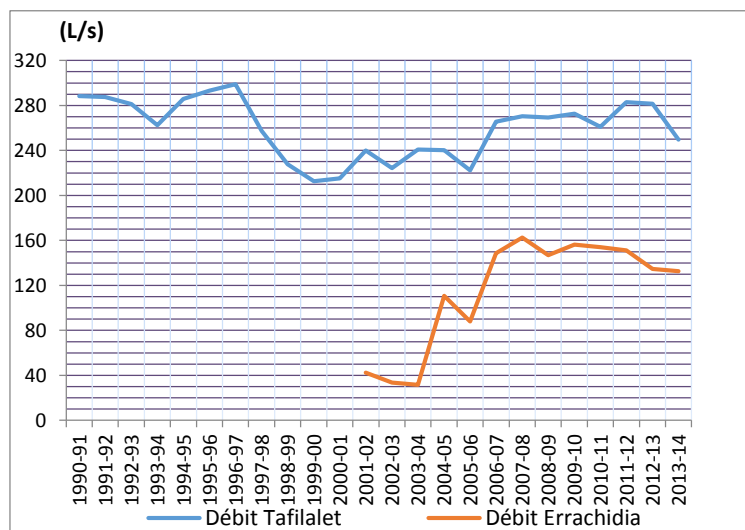


Figure 6 : Evolution des débits exploités pour l'alimentation de la ville d'Errachidia et la plaine de Tafilalet.

1.2. Cadre socio-économique :

Dans la région de Tafilalet, l'agriculture et l'élevage constituent des principaux pôles de l'économie. Les activités agricoles sont toutefois, liées directement à la disponibilité des oueds, des sources, et des khetaras qui ont été utilisées depuis l'antiquité par la population de cette région pour exploiter parcimonieusement l'eau (Boudad et Kabiri, 2002 ; Kabiri et al, 2001 ; Kabiri, 2001 et 2004). Le système de production est de type oasien ; les palmeraies sont localisées autour de sources ou khetaras, et le long des cours d'eau, sous forme de vallées étroites. Ces zones sont irriguées par les eaux des sources, des Khetaras, des puits, des oueds, auxquelles s'ajoutent les lâchers du barrage pour le cas de la vallée du Ziz. Les palmeraies constituent un milieu spécifique dont l'équilibre, soumis aux fluctuations des ressources en eau, demeure fragile.

La superficie irriguée (figure 7) dans la plaine de Tafilalet est calculée à environ 26.000Ha, irriguées en partie à partir du barrage Hassan Addakhil sur l'Oued Ziz.

L'activité minière reste secondaire et se limite à quelques mines où on exploite le Plomb, le Zinc, le Cuivre, la Barytine, le Manganèse et le Talc. La mine d'argent d'Imiter représente la principale unité avec une production de 1T d'argent/jour. L'activité industrielle est quasi inexistante et l'activité touristique demeure très limitée en delà des potentialités existantes (DRH GZR, 2008).

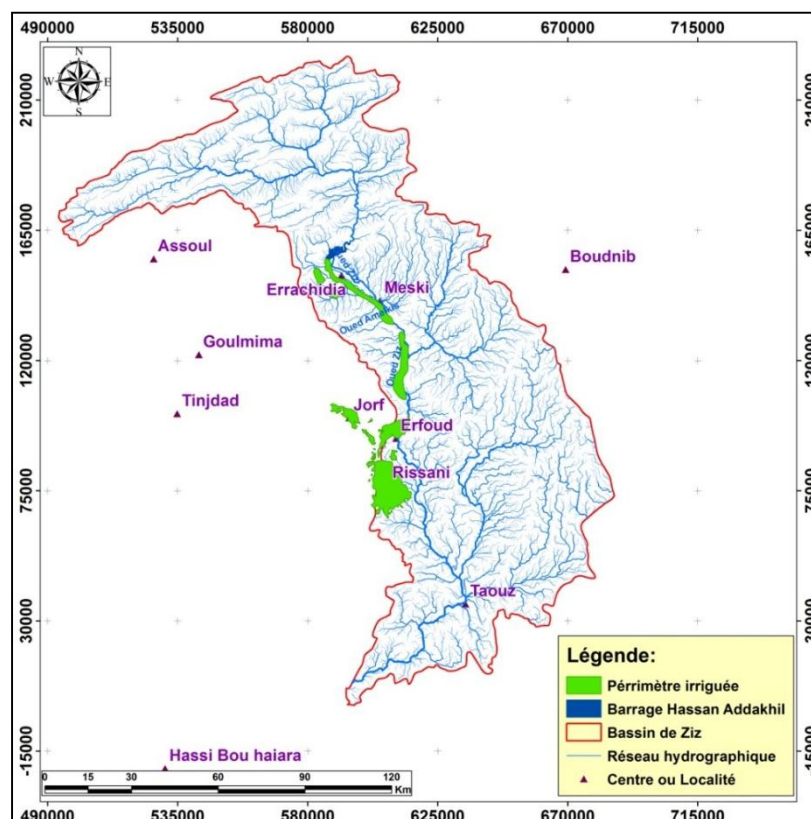


Figure 7 : Périmètre irrigué de la plaine de Tafilalet.

2. METHODES

2.1. Données :

Les données du barrage Hassan Addakhil ont été mises à notre disposition par la direction de l'Agence du bassin hydraulique de Guir Ziz Rhéris. Elles concernent d'une part les mesures mensuelles de niveaux d'eau dans la retenue de ce barrage depuis sa construction jusqu'à l'année 2014, et d'autre part les caractéristiques physiques du barrage (Cote, Apports...). En ce qui concerne les données de forages objet de corrélation avec ledit barrage, l'Office National de l'Eau et l'Electricité d'Errachidia (Branche Eau) a mis à notre disposition une banque des données contenant l'historique de 10 à 22 ans des débits mensuelles.

La méthodologie adoptée se base sur le traitement des données historiques de la retenue des barrage du B.H.A (la cote du barrage) et celles relatives aux débits forages d'alimentation en eau potable de la région d'Errachidia et Tafilalet, il s'agit notamment des forages F.1227/48 F.1503/48, F.1238/48 et F.2008/48 dont les caractéristiques sont montrées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Caractéristiques des forages d'alimentation en eau potable de la ville d'Errachidia et la plaine de Tafilalet

N° Forage	Coordonnées Lambert			Date de mise en service	oQ d'exploitation (L/s)	But des travaux
	X (m)	Y (m)	Z (NGM)			
1227/48	588 890	154 880	1 065	22/09/1980	120	Alimentation en eau potable de la plaine de Tafilalet
1238/48	587 180	154 780	1 080	07/07/1981	120	
2008/48	587 050	155 020	1 083	10/05/2001	40	Alimentation en eau potable de la ville Errachidia
1503/48	589 000	155 700	1 064	26/04/2005	100	

2.1. Equations et méthodes:

- Le diagramme de dispersion

Pour savoir s'il existe une relation entre deux caractères, on a établi un diagramme de corrélation, c'est à dire un diagramme croisant les modalités de X et de Y. Chaque élément i est représenté par le point de coordonnées (X_i, Y_i) . L'ensemble des points forme un nuage de points dont la forme permet de caractériser la relation à l'aide de trois critères : l'intensité de la relation, la forme de la relation et le sens de la relation.

Ce coefficient numérique est compris entre $-1 < r < 1$, on parle d'une :

- $r = 0$: Absence de liaison
- $r = 1$: Liaison parfaite
- $0 < r < 1$: Existence d'une relation proportionnelle
- $-1 < r < 0$: Existence d'une relation inversement Proportionnelle.

Par convention, on dit que la relation entre X et Y est :

- Parfaite si : $r = 1$
- Très forte si : $r > 0,8$
- Forte si : $0,5 < r < 0,8$
- D'intensité moyenne si $0,2 < r < 0,5$
- Faible si : $0 < r < 0,2$
- Nul si : $r = 0$

▪ Coefficient de corrélation

Nous avons adopté l'étude des coefficients de corrélation les plus adaptés en statistique à savoir :

- Coefficient de Pearson

Utilisé dans le cas de deux variables quantitatives X et Y, suivant toutes les deux une loi normale. C'est un coefficient paramétrique, utilisant les différents paramètres de position (moyenne) et de dispersion (variance, écart type, covariance), et se calcule par la formule suivante :

$$r = \frac{\text{cor}(s,y)}{\text{oxoy}}$$

Le calcul du r nécessite de passer d'abord par le calcul de la covariance et de la variance, avec les formules respectives suivantes :

$$\text{Cov}(x, y) = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

$$V(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

- Coefficient de Spearman

Le principe du test de Spearman consiste à remplacer les valeurs x et y par leurs rangs x' et y' : On attribue un rang entre 1 et n à chaque valeur de x correspondant au classement de cette valeur par ordre croissant : rang 1 pour la plus petite valeur $x'_1 = 1$, rang 2 pour la suivante ... rang n pour la plus grande valeur. Dans le cas des ex-æquo (valeurs doivent avoir le même rang), on leur attribue la moyenne des rangs associés.

On procède de même pour les y' valeurs des rangs de y séparément des valeurs de x .

On obtient ainsi n couples de valeurs (x', y') correspondant aux couples de valeurs (x, y) et on établit les n différences $d_i = x'_i - y'_i$ entre les valeurs des rangs pour chaque couple x_i, y_i , puis on calcule les n carrés des différences $d_i^2 = (x'_i - y'_i)^2$!

Le coefficient de corrélation des rangs de Spearman est donné par la formule :

$$r = 1 - \frac{6 \sum (x'_i - y'_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

Et pour le cas des ex-æquo par la formule :

$$r = \frac{\left(\frac{n^3 - n}{6} - 2 \sum d_i^2 \right) - \sum t_x - \sum t_y}{\sqrt{\left(\frac{n^3 - n}{6} - 2 \sum t_x \right) \left(\frac{n^3 - n}{6} - 2 \sum t_y \right)}}$$

Avec :

t_x et t_y : nombre des ex-æquo $t_s = \sum (t_g^3 - t_g)$ avec t_g nombre d'apparition du rangs ex-æquo et n : nombre des individus

- Coefficient de Kendall :

Dans le cas où l'on relève beaucoup d'ex-æquo, le coefficient de Kendall semble moins performant que son confère de Spearman. Il exprime la relation entre deux variables quelconques. Il consiste d'abord à remplacer chaque valeur de x et y par son rang, puis classer les n observations en ordre croissant selon la variable x , ensuite compter le nombre de pair de rangs qui sont également en ordre pour la variable y .

on a $\frac{n(n-1)}{2}$ comparaison à faire.

$$\tau = \frac{S}{S_{\max}} = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}} = \frac{2S}{n(n-1)}$$

Pour faire une correction des données ex-æquo :

- on assigne des rangs médians aux observations ex-æquo
- on assigne une valeur de 0 aux intersections d'observation ayant des rangs égaux en x.
- on assigne une valeur de 0 aux intersections ayant des rangs égaux en y.

$$\tau = \frac{2S}{\sqrt{[n(n-1) - \sum t_s(t_s-1)] - [n(n-1) - \sum t(t-1)]}}$$

Avec k et l : nombre de séries d'ex æquo en x et y

tx et ty : nombre d'ex æquo dans une série donnée.

Pour vérifier sa significativité, le coefficient adopté est subit un calcul d'un test de signification.

- Logiciel utilise

Pour simplifier l'analyse et les calculs statistiques des formules précitées, nous avons recours à l'utilisation de logiciel XLSTAT à vocation statistique.

Le logiciel XLSTAT possède la particularité d'être parfaitement intégré à l'interface Excel, et permet d'utiliser les techniques de statistique d'analyse de données et de modélisation.

2. RESULTATS AND DISCUSSION

Calcul de coefficient de corrélation par XLSTAT :

Nous avons établi et visualisé les diagrammes de dispersion (Figure 6), qui permettent de conclure une liaison monotone croissante pour le cas des forages F.2008/48 et F.1238/48 et F.1503/48, et l'absence de liaison dans le cas du forage F.1227/48. Par la suite, nous avons effectué un test de normalité des variables objet de corrélation (figure 7). En effet, le coefficient de Spearman reste le plus adapté pour cette étude du fait que les variables présentent beaucoup d'ex-æquo, ce qui exclut le coefficient de Pearson et celui de Kandall.

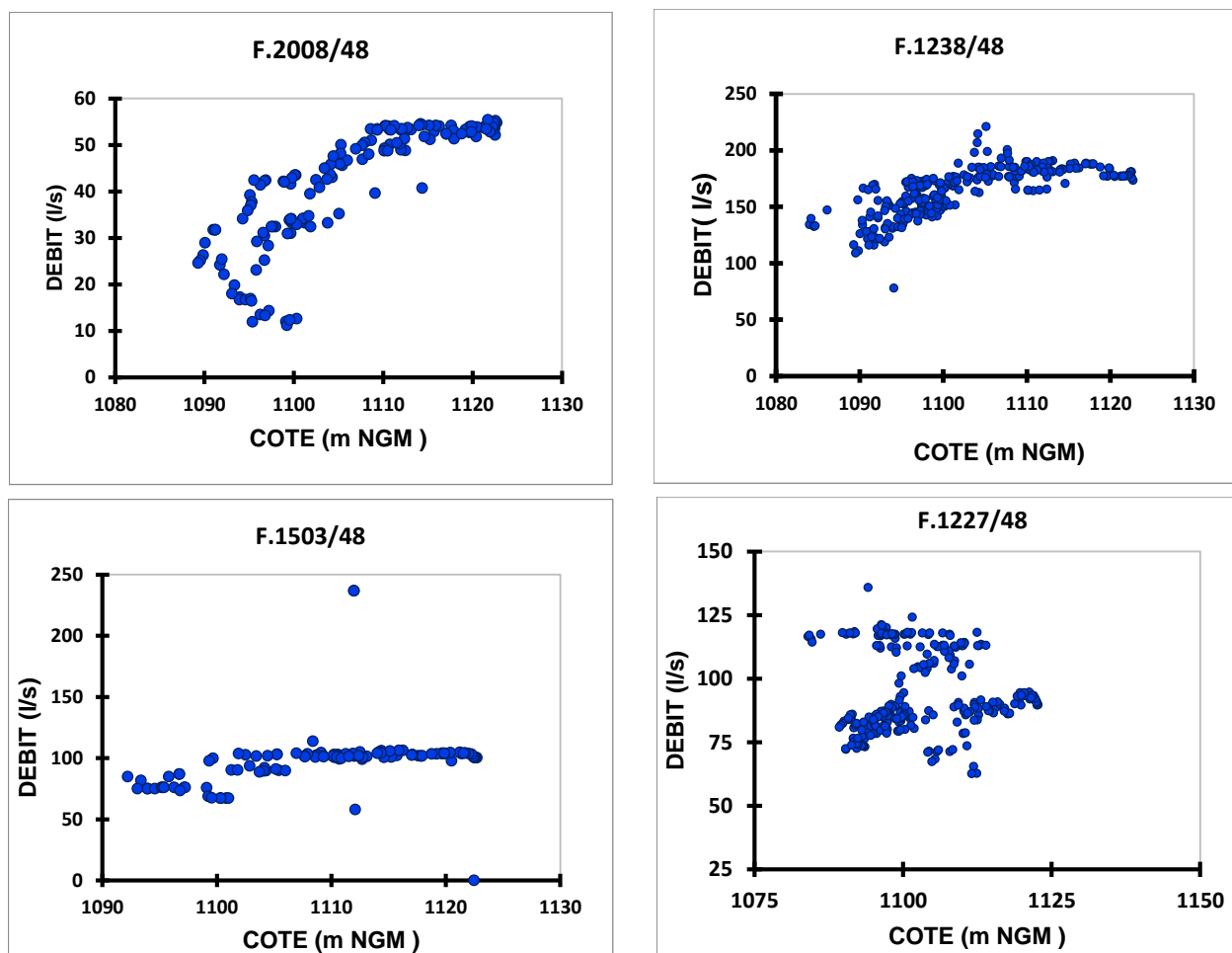


Figure 8 : La figure montre les diagrammes de dispersion des différentes variables

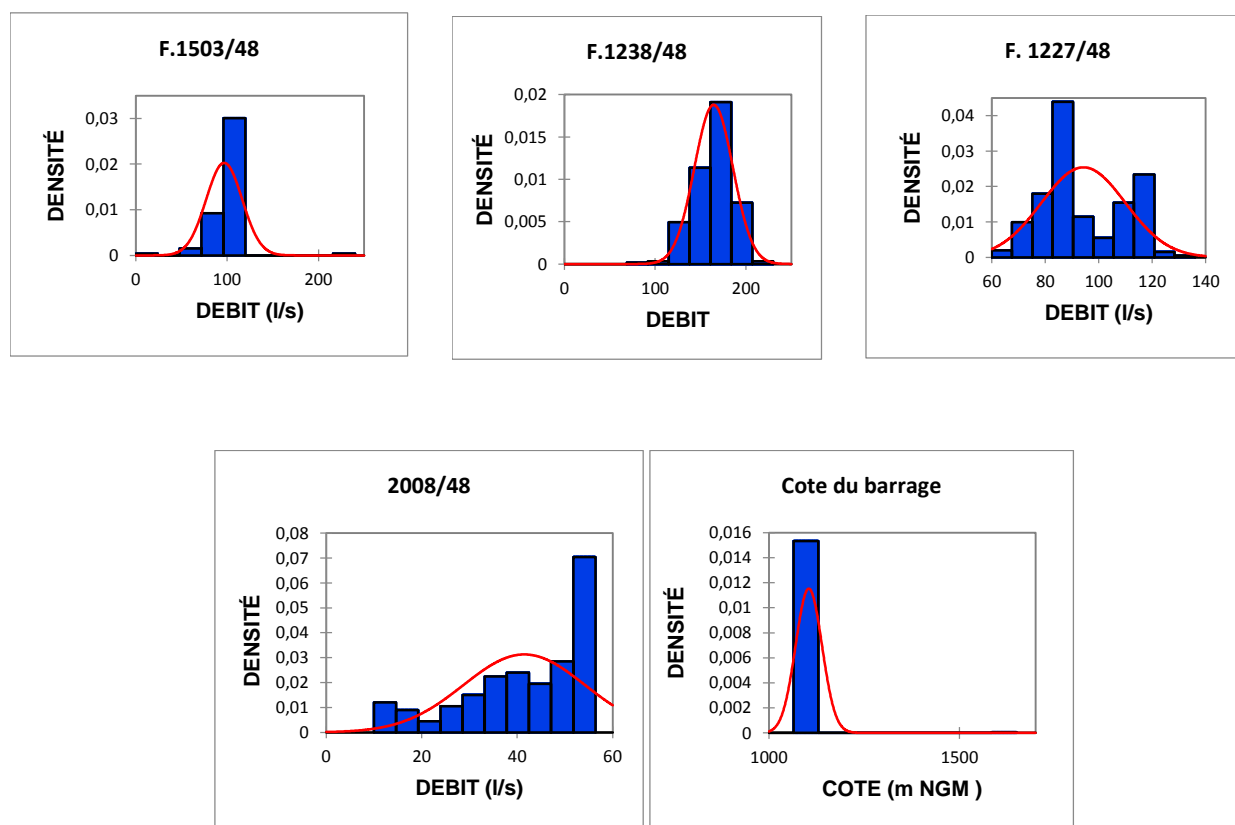


Figure 9 : La figure montre les histogrammes des différents variables.

Le tableau suivant (tableau 2) résume les résultats obtenus pour les coefficients de Spearman et d'autres paramètres de la statistique descriptive de chaque variable étudié.

Tableau 2 : Statistique descriptive et coefficients de corrélations obtenues pour les différents variables

	Nombre	Min	Max	Moyenne	Ecart type	r Spermean
F.1227	264	62.60	135.80	94.28	15,727	0,18
F.1238	264	77.80	221.10	164.50	21.269	0,79
F.2008	144	11,20	55,40	41,219	12,889	0,88
F.1503	108	0	237.00	96,88	24.583	0,61
Côte en m	264	1084,03	1646,05	1104,74	34,665	1

Pour les coefficients de Spearman calculés, les valeurs obtenues sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$.

5. CONCLUSION

Au terme de ce travail, une corrélation statistique a été effectuée pour étudier la relation entre la nappe à travers les débits des forages d'approvisionnement en eau potable d'une part, et la cote du barrage Hassan Addakhil d'autre part.

L'étude a mis en évidence, d'après les coefficients de Spearman calculés, la présence d'une corrélation positive entre la cote du barrage Hassan Addakhil et les débits exploités de chaque forage. Cette corrélation par rapport à la cote du barrage est :

- Faible pour F.1227/48 ($r = 0.18$)
- Forte pour F.1503/48 ($r = 0,61$)
- Forte pour F.1238/48 ($r = 0,79$)
- Très forte pour F.2008/48 ($r = 0,88$)

Etant donné que la validation des résultats obtenus est nécessaire, nous avons recours à un aperçu sur la nature lithologique pour chacun des forages étudiés (Figure 8). En effet, celui-ci nous permet de conclure que les forages F.2008/48, F.1238/48 et F.1503/48 présentent une relation directe grâce à la structure filtrante des calcaires dominants dans les formations aalénienne et domérienne. En outre, pendant que le forage F.1227/48 qui correspond à la formation toarcienne, l'influence

sur le barrage est négligeable puisque elle présente des imperméables composés des argiles, des marnes et des calcaires marneux.

Considérant les résultats obtenus pour ces forages surtout les deux forages F.2008/48 et F.1238/48, il est devenu possible de prédire les niveaux mensuels de la cote du barrage, ce qui facilite la gestion de l'eau potable pour les usagers du domaine. D'où une sécurisation de l'alimentation en eau potable de l'unité du Tafilalet.

En plus des deux rôles assurés par le barrage Hassan Addakhil, on parle d'un troisième rôle qui se reflète dans la recharge de la nappe jurassique du haut atlas.

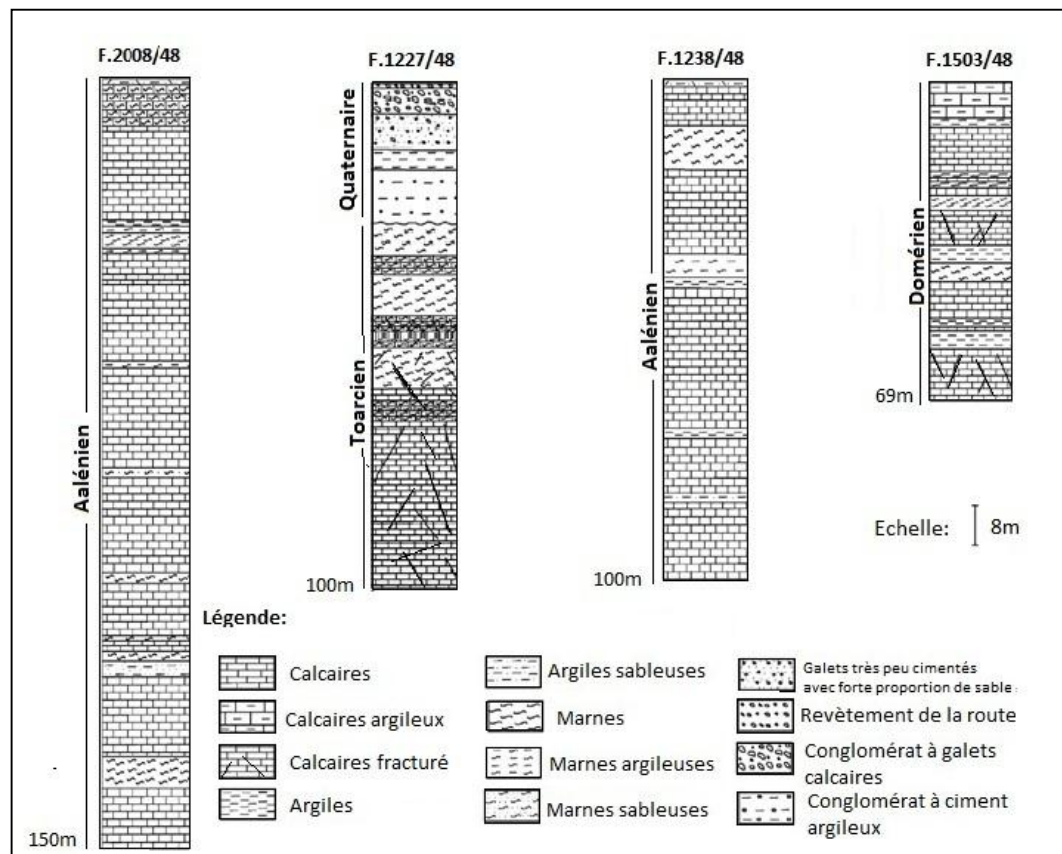


Figure 10 : le tableau présente les coupes géologiques des forages étudiés.

Reconnaitances

Nous remercions la direction et le personnel de l'agence du bassin Hydraulique Guir-Ziz-Rhérès d'Errachidia et L'ONEE (Service d'Errachidia : Branche eau) d'avoir mis à notre disposition les données utilisées dans cet article ainsi pour leur aide et leurs suggestions constructives. Nous remercions aussi tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

6. REFERENCES

1. Michard A. Eléments de géologie Marocaine, Notes & Mém. Serv.Géo Mar. 1976 ; 252 : 408p. Disponible sur le lien : https://www.researchgate.net/profile/Andre_Michard/publication/258521777_Elements_de_Geologie_Marocaine/links/0c960528ca8e9dbdb0000000/Elements-de-Geologie-Marocaine.pdf
2. Hilali M., Kacimi I., Bahaj T., Kassou N. 2013. Hydrogéochimie et qualité des eaux dans les bassins subdésertiques Marocains Ziz et Rhérès. 19ème journées techniques du Comité Français d'Hydrogéologie de l'Association Internationale des Hydrogéologues. « Les eaux souterraines : hydrologie dynamique et chimique, recherche, exploitation et évaluation des ressources. Quoi de neuf ? » 30mai-2 juin 2013, Bordeaux, pp : 255-262.
3. Direction Régionale de l'Hydraulique du Guir-Rheris-Ziz (DRH GRZ) 2009. Etude de synthèse hydrogéologique du Haut Atlas faisant partie des bassins du Guir, Rhérès et Ziz (provinces d'Errachidia, Ouarzazate et Figuig). Rapport de la mission 2, 129 p.
4. Hilali M., Larabi A., Sahbi H. et al. 2009. Apport de la géophysique à l'identification des réservoirs aquifères situés dans les zones de haute altitude : cas de la région de Gourrama (Haut Atlas du Maroc). Communication orale. 4ème congrès maghrébin de Géophysique appliquée, Bizerte-Tunisie, 150-151. Disponible sur le lien d'article: <http://www.israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2017/05/BAKI%20et%20al%202017.pdf>
5. Nouayti N., Khattach D., et Hilali M. 2014. Contribution de la géophysique à l'étude de la structure du Haut Bassin de Ziz (Maroc): Implications hydrogéologiques. Communication orale, 41st International Congress Groundwater: Challenges and strategies, 15-17 Septembre, Marrakech, Maroc, 15-19.
6. Boudad L., et Kabiri L. Désertification et crise de quelque oasis dans les basins versants du Ziz et du Rhérès. Revue Géographie du Maroc, Vol. 20, Nouvelle série. 2002; N° 1 et 2 : 97-106.
7. Kabiri L., Boudad A., Krimou A., et Faure H. 2001. Sécheresse climatique et comportement humain dans l'oasis de Ferkla (Tinjdad, Errachidia, Maroc). Colloque international sur la sécheresse au Maroc, Nov, 12-14, Fès, Maroc, 14 p. disponible le lien de thèse: http://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/1768/THESE_AMMARY.?sequence=1

8. Kabiri, L., 2001. Cadre géologique et structural de quelques "Khettarats" de Tafilalet et de Ferkla. Colloque sur les "Khettarats" et le développement agricole, présent et futur, 16-17 Avril, Erfoud, Maroc.
9. Kabiri L. Contribution à la connaissance, la préservation et la valorisation des Oasis du sud Marocain: cas de Tafilalet. Thèse d'habilitation universitaire, Faculté des Sciences et Techniques, Université My Ismail, Errachidia, Maroc, 262p.2004.
10. Direction Régionale de l'Hydraulique du Guir-Rheris-Ziz (DRH GRZ). Les bassins hydrauliques au Maroc. Rapport interne ; 2008 : 317-326.

Citer cet article: **Elhassan Ben-said, Ahmed Boukdir, Abderahman Mahboub, Abdelkader Younsi, Kamal El Moquaddam, Lahcen Alili et Abdelhamid Zitouni.** Apport de la statistique a l'étude des interactions entre la nappe jurassique et le barrage hassan. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2017; 5(6): 476-486.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>