



## State of the quality of waters in the quaternary water table of Tafilalet (Morocco).

**E. Ben-said<sup>\*1</sup>, A.Boukdir<sup>1</sup>, A.Mahboub<sup>2</sup>, K. El Mouqaddam<sup>2</sup>, A.Zitouni<sup>1</sup>, Z.Echakraoui<sup>1</sup>, H.Ikhmerdi<sup>1</sup>.**

<sup>[1]</sup> *Faculté des Sciences et Techniques /Université Sultane Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc.*

<sup>[2]</sup> *Agence du Bassin Hydraulique Guir-Ziz-Rhéis, Errachidia, Maroc.*

<sup>\*</sup> *Corresponding Author: Tel.: +212664734270; e-mail: hbensaid40@gmail.com*

Being one of the main quaternary tablecloths in the in southeastern Morocco, the water table of Tafilalet is considered a vital resource of the riparian population in water.

The objective of this work was to evaluate the water quality of the water table of Tafilalet. In effect, after having carried out a bibliographical study and realization of an inventory on the anthropogenic activities and on the main hotbeds of pollution, it has exploited the results of the physicochemical measurements performed on a network of points of water that covers the whole of the area studied.

In this study, we have drawn the following conclusions:

- A significant degradation of the water quality of the water table of Tafilalet due to the infiltration of mineral salts and other elements mobilized by the irrigation waters, This degradation is aggravated in the locations where there are domestic discharges and other pollution areas (downstream areas of the Rissani and Erfoud centers).
- Some higher levels that are saved to the shelter of the areas of pollution e (case of the upstream of Jorf) can be explained by the decline of the water which minimizes the process of dilution that often plays a very important role in the waters Auto-purification.

Although the groundwater in the region are characterized by a high mineralization and the role of the climate factor in the deterioration of the quality, the examination of the documents developed as well the analysis of the data of the occupation of the ground, appears clearly that the poor quality of the waters of the water table is caused in large part by the anthropogenic factors (urban and agricultural pollution).

Received: 09 August 2017

Accepted: 18 October 2017

Available online: 18 December 2017

### **Keywords:**

Water table;  
Plain of Tafilalet;  
Pollution;  
Mater quality;  
Minerals,  
Irrigation;  
Physicochemical;  
Infiltration ;  
Autopurification.

## Introduction

La région d'Errachidia-Tafilalet située dans la zone sud atlasique du Maroc, est confrontée à d'énormes difficultés alliant rareté de l'eau suite, aux longues périodes de sécheresse sévère qui l'ont affectée durant ces dernières décennies, et dont les conséquences écologiques sont considérables, comme l'atteste le recul du domaine irrigué sous l'action de la désertification et l'accentuations des besoins de la population en eau. Mais la détérioration de la qualité des eaux constituées également un enjeu pas moins important que l'enjeu quantitatif.

Etant une nappe alluvionnaire, la nappe de Tafilalet objet de l'étude, exposée au changement climatique, en effet le niveau de l'eau augmente et diminue avec les saisons et les années; la tendance générale est à la réduction du niveau d'eau. Cependant, l'intense évaporation dans la région et l'exploitation intense des ressources en eau à travers toutes les vallées alluviales dans ces zones arides permettent la précipitation des sels sur et à l'intérieur de la structure du sol [1]. Pour toutes ces raisons, on a recouru à la description générale de la nappe de Tafilalet ainsi l'évaluation de la qualité de ses eaux.

## Présentation de la zone d'étude

### 1. Présentation géographique

La plaine de Tafilalet (figure 1) est située au Sud-est Marocain, entre 4°11 et 4°24 W et 31°00 et 31°42 N. Elle est traversée par deux oueds: Ziz et Rhéris. C'est une région aride où la pluviométrie est très faible. Cela est dû essentiellement d'une part au fait que la chaîne Atlasique empêche toute influence océanique, et d'autre part aux flux de masses d'air chaudes provenant du Sahara [2].

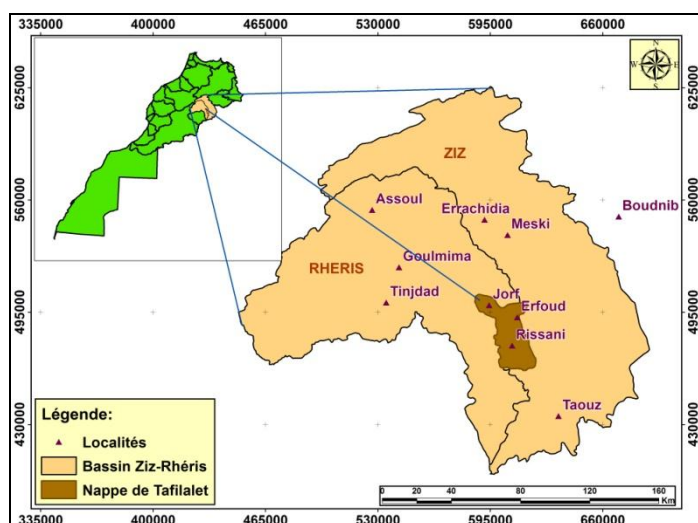


Fig.1 : Situation de Tafilalet à l'échelle des bassins du Maroc.

### 2. Cadre socio-économique.

Selon le recensement officiel de 2014, la population légale de la province d'Errachidia s'élève à 418451 habitants, contre 395 259 habitants selon le recensement de 2004 basé sur le découpage administratif de 2009. Avec un taux d'accroissement annuel moyen de 0,58%, Plus de 60% de la population active pratique l'agriculture.

L'agriculture et l'élevage constituent des principales sources de revenus et fait travaillé la majeure partie de la population active de la plaine de Tafilalet, principaux pôles de l'économie de la région. Cette activité agricole est toutefois, liée 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 [3, 4, 5, 6].

Le système de production est de type oasisien ; 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 2) dans la plaine de Tafilalet est calculée à environ 26.000Ha, irriguées en partie à partir du barrage Hassan Addakhil sur l'Oued Ziz.

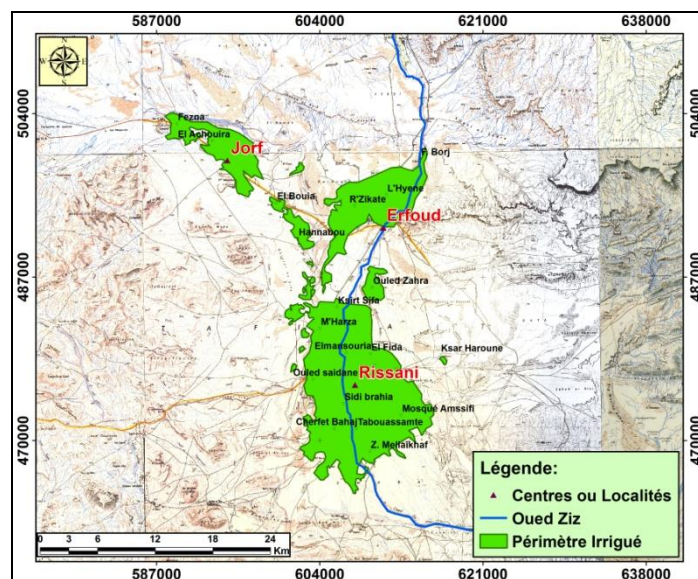


Fig. 2 : Périmètre irrigué de la plaine de Tafilalet

### 3. Cadre hydrogéologique.

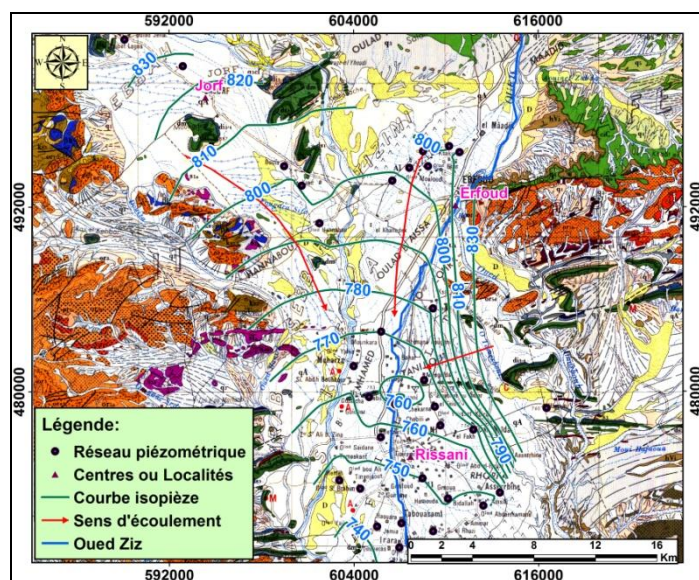
La totalité de la zone d'étude, renferme un aquifère Paléozoïque discontinu constitué notamment par grès quartzitiques fracturés, ou parfois dans des schistes altérés [7].

En plus de l'aquifère Paléozoïque, la plaine de Tafilalet renferme une des principales nappes quaternaires dans le Sud Est Marocain, qui est considérée la nappe la plus étendue dans l'unité du Ziz Rhéris.

L'aquifère quaternaire objet de l'étude (nappe de Tafilalet), est constitué à la base de, conglomérats plus ou moins cimentés et de calcaires gréseux lacustres, qui contiennent la réserve essentielle de la nappe [8]. La transmissivité moyenne de la nappe varie entre 1 et  $2.10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s [9].

Afin de mieux comprendre le fonctionnement hydrogéologique de la nappe Tafilalet, nous avons établi une carte piézométrique sur la base des relevées de 2015 (figure 3).

L'examen de la carte piézométrique montre que l'écoulement général dans la nappe se fait grossièrement du Nord vers le Sud dans la rive droite d'Oued Ziz et de l'Est Vers l'Ouest à la rive gauche ; en suivant l'axe principal d'oued Ziz dans l'unité d'Erfoud et Rissani qui explique le drainage de la nappe par ce dernier.



**Fig.3 :** Carte piézométrique de la nappe de Tafilalet (Fond de carte géologique du Maroc. Feuille de Tafilalt-Taouz 1/200 00000).

#### 4. Etat de la pollution dans le Tafilalet.

Selon L'OMS la pollution de l'eau peut être définie comme une dénaturation qui résulte d'une activité humaine et rend l'eau non propre à l'usage auquel elle convenait dans son état naturel.

Pour la zone d'étude, on peut définir trois types de pollutions qui influencent la qualité des eaux souterraines.

La figure 4 mise en évidence un certain nombre des foyers de pollution dans la région du Tafilalet.

- Pollution urbaine.

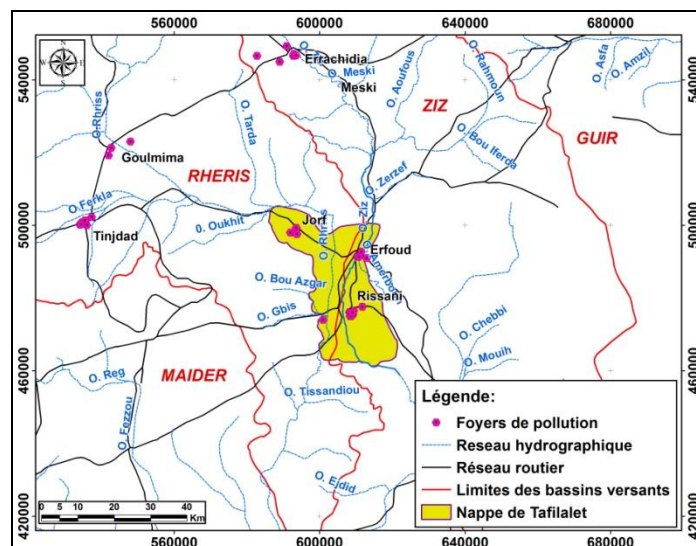
La plus importante dégradation des eaux de la nappe de Tafilalet, est essentiellement d'origine urbaine. Cette pollution urbaine est formée en grande partie par les eaux usées émanant des habitations, les rejets des unités industrielles généralement faibles et par les activités agricoles.

- Pollution agricole :

La plaine de Tafilalet a connu une utilisation intensive des engrais qui peuvent générer de taux élevés de nitrates. Ces derniers sont extrêmement mobiles et facilement entraînés par les eaux d'irrigation causant ainsi la contamination locale de la nappe et entraînant une augmentation de la salinité.

- Pollution industrielle :

Bien que l'activité industrielle soit très restreinte dans la région, quelques huileries, l'abattoir et la coopération laitière, elle est consommatrice de beaucoup d'eau et engendre ainsi des quantités de polluants qui ne nous dispensent de les considérer.



**Fig.4 :** Principaux foyers de pollution dans le Tafilalet.

#### Données et méthodes

La méthodologie s'articule sur la collecte, le traitement et l'analyse des données spatiales de la nappe de Tafilalet. L'acquisition des données constitue l'étape principale dans la réalisation de l'étude. Une partie des données utilisées ont été acquises à partir des campagnes des mesures physicochimiques et les fiches de nombreux points d'eau dans la zone d'étude, ceci dans le cadre de partenariat avec l'agence du bassin hydraulique Guir-Ziz-Rhéris.

Après avoir récupéré les éléments nécessaires de l'occupation du sol, et la réalisation d'un inventaire des foyers de pollution, on a procédé à une interpolation des paramètres de qualité des eaux par la méthode de Krigeage.



Une observation de la répartition de ces paramètres dans la nappe nous permet d'évaluer la qualité de la nappe, et une combinaison de ces éléments avec les critères de la pollution permet une analyse multicritère afin de conclure la nature des pollutions qui influencent la qualité de la nappe objet de l'étude.

## Résultats et discussions

Plusieurs paramètres physico-chimiques ont été mesurés dans chaque point d'eau appartient du réseau de mesure montré dans la figure 5 tels que : pH, conductivité électrique,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , matière organique et coliformes fécaux.

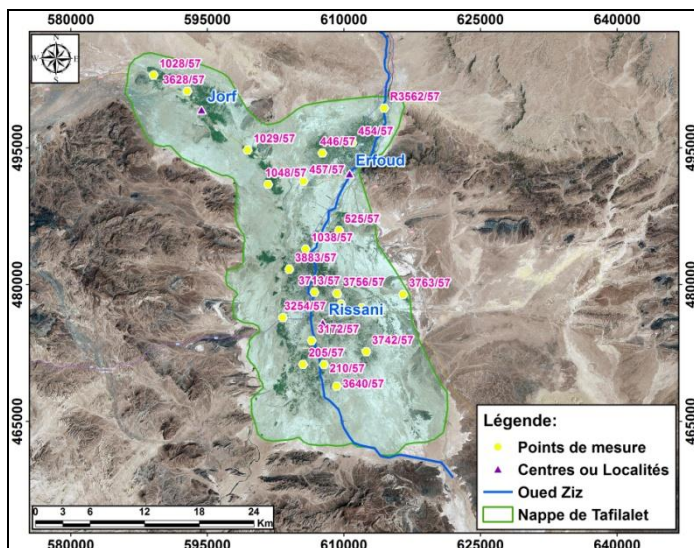


Fig.5 : Carte de situation des points d'eau contrôlés au niveau de la nappe de Tafilalet (Erfoud, Jorf-Fezna et Rissani)

### • La conductivité

La conductivité électrique est l'inverse de la résistivité électrique, elle augmente avec la teneur en sels dissous (minéralisation). La carte de conductivité électrique des eaux souterraines de la nappe de Tafilalet (figure 6).

Au Nord Ouest et au Sud Est de la nappe, la conductivité électrique varie de  $3000 \mu\text{S}/\text{cm}$  à  $5000 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces zones sont marquées par l'absence des surfaces irriguées.

Par contre, la majeure partie des zones qui font partie du périmètre irrigué, la minéralisation de ces eaux souterraines est très médiocre, comprise entre  $5000 \mu\text{S}/\text{cm}$  et  $13500 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette augmentation de la conductivité électrique résulte de l'infiltration des eaux d'irrigation de barrage Hassan Addakhil principalement salées et de l'impact de différents types des eaux usées au niveau de la plaine de Tafilalet.

### • Teneur en chlore.

La carte de teneur en chlore (figure 7), montre clairement que, la répartition de chlore garde même comportement par rapport à la conductivité. La teneur faible en chlore en dehors du périmètre irrigué est un signe fort que les eaux d'irrigation est sa principale source. Ceci nous permet de conclure que le chlore a pour origine de la dissolution des principaux minéraux qui favorisent la salinité de la nappe.

### • Teneur en nitrates.

La présence d'une concentration élevée de nitrates dissous dans l'eau de la nappe Tafilalet est un indice de pollution d'origine agricole due à l'utilisation intensive des engrais qui peuvent générer de taux élevés de nitrates. Ces derniers sont extrêmement mobiles et facilement entraînés par les eaux d'irrigation causant ainsi la contamination locale de la nappe et entraînant une augmentation de la salinité (Figure 8).

On aval du centre d'Erfoud, on constate une augmentation de teneur en nitrates, ainsi une allure vers l'augmentation en aval de Rissani, ce qui explique évidemment une contribution de la pollution urbaine dans la nitrification de la nappe. Par contre, on peut expliquer l'augmentation remarquée Nord Ouest par une baisse au niveau de la nappe ce qui engendre une forte concentration de ce polluant.

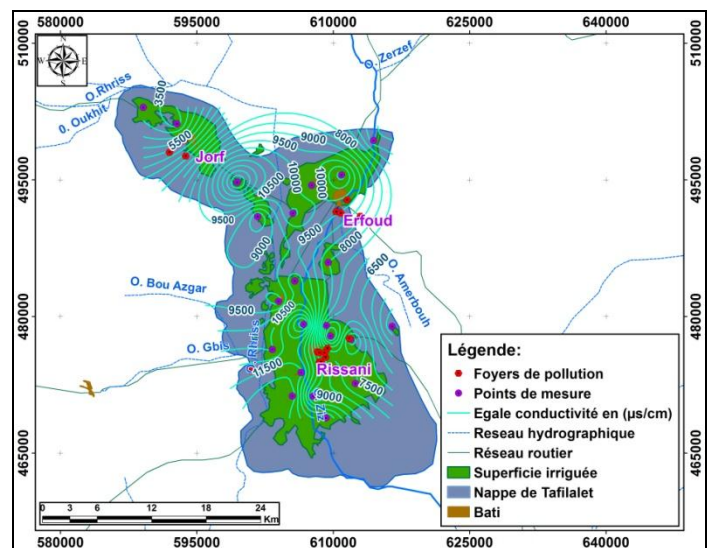
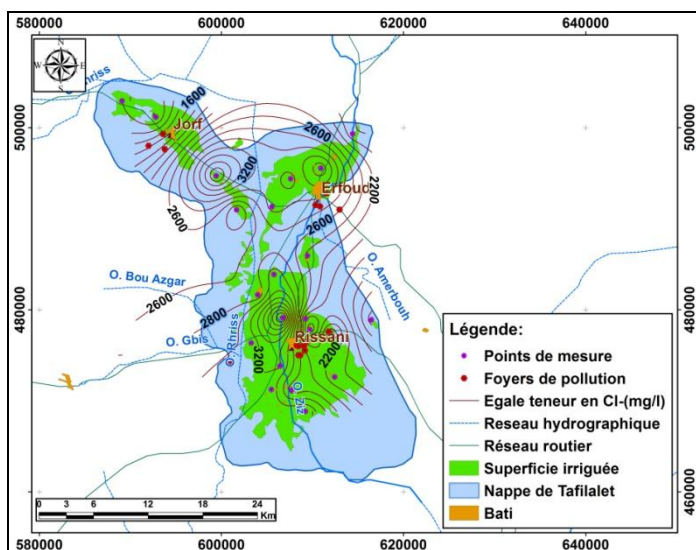
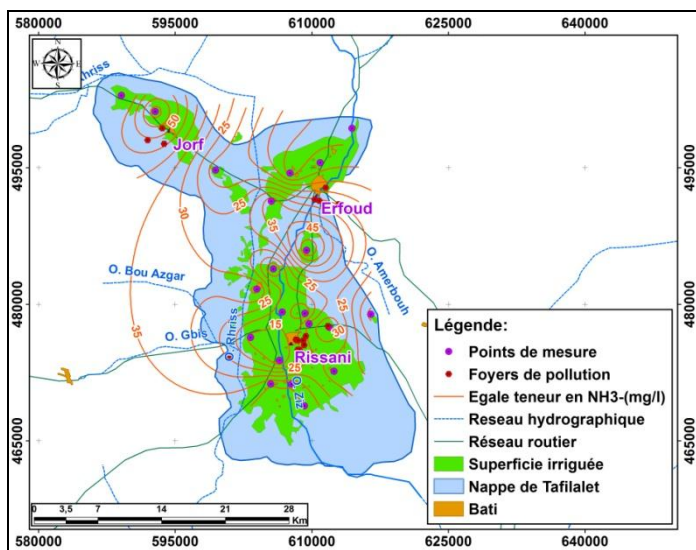


Fig.6 : Carte de la conductivité des eaux de la nappe de Tafilalet.



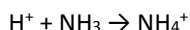
**Fig.7 :** Répartition des teneurs en chlore ( $\text{Cl}^-$ ) dans les eaux de la nappe de Tafilalet.



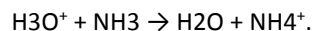
**Figure 8 :** Répartition des teneurs en Nitrates ( $\text{NH}_3^-$ ) dans les eaux de la nappe de Tafilalet.

• **Teneur en ammoniacque.**

L'ion ammonium est généré par la réaction de l'ammoniaque (une base faible) avec un acide de Bronsted (donneurs de protons) :



Lorsque l'ammoniac est dissous dans de l'eau, une quantité importante de celui-ci réagit avec l'ion hydronium de l'eau pour donner des ions ammonium :



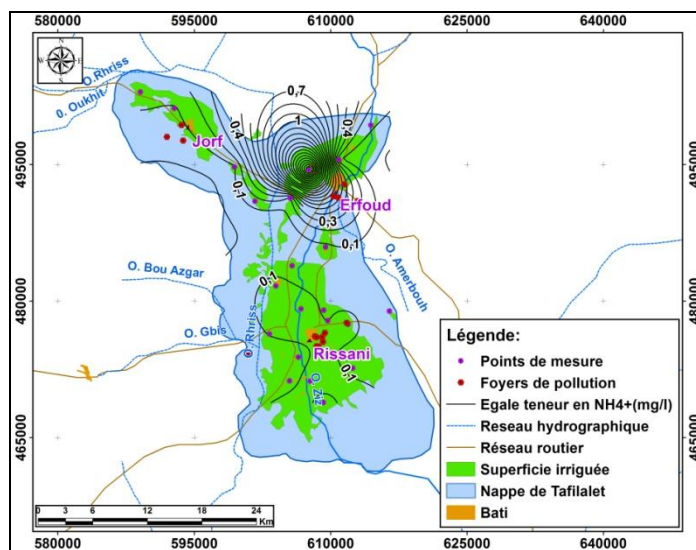
L'examen de la carte des teneurs en Ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les eaux de la nappe de Tafilalet (la figure 9) a montré une augmentation aux alentours du centre d'Erfooud, cette concentration élevée est provoquée par les quantités d'azote générées par les déchets fécaux ainsi l'usage des fertilisants dans l'agriculture.

• **Teneur en matière organique.**

Les matières organiques constituent les principaux polluants des eaux de la nappe de Tafilalet. Les mesures effectuées montrent clairement une forte concentration de la matière organique surtout à la région de Rissani comme illustre la figure 10.

Les fortes teneurs en matières organiques enregistrées dans la nappe de Tafilalet peuvent s'expliquer par différents facteurs :

- Les sols de Tafilalet sont en majorité perméables et la nappe de Tafilalet peu profonde présente un critère alluvionnaire ce qui favorise l'infiltration de la matière organique produite en surface.
- L'agriculture intensive contribue à l'accroissement des déplacements de matières organiques des sols vers les eaux à travers l'apport d'amendements organiques.



**Fig. 9 :** Répartition des teneurs en Ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les eaux de la nappe de Tafilalet.

