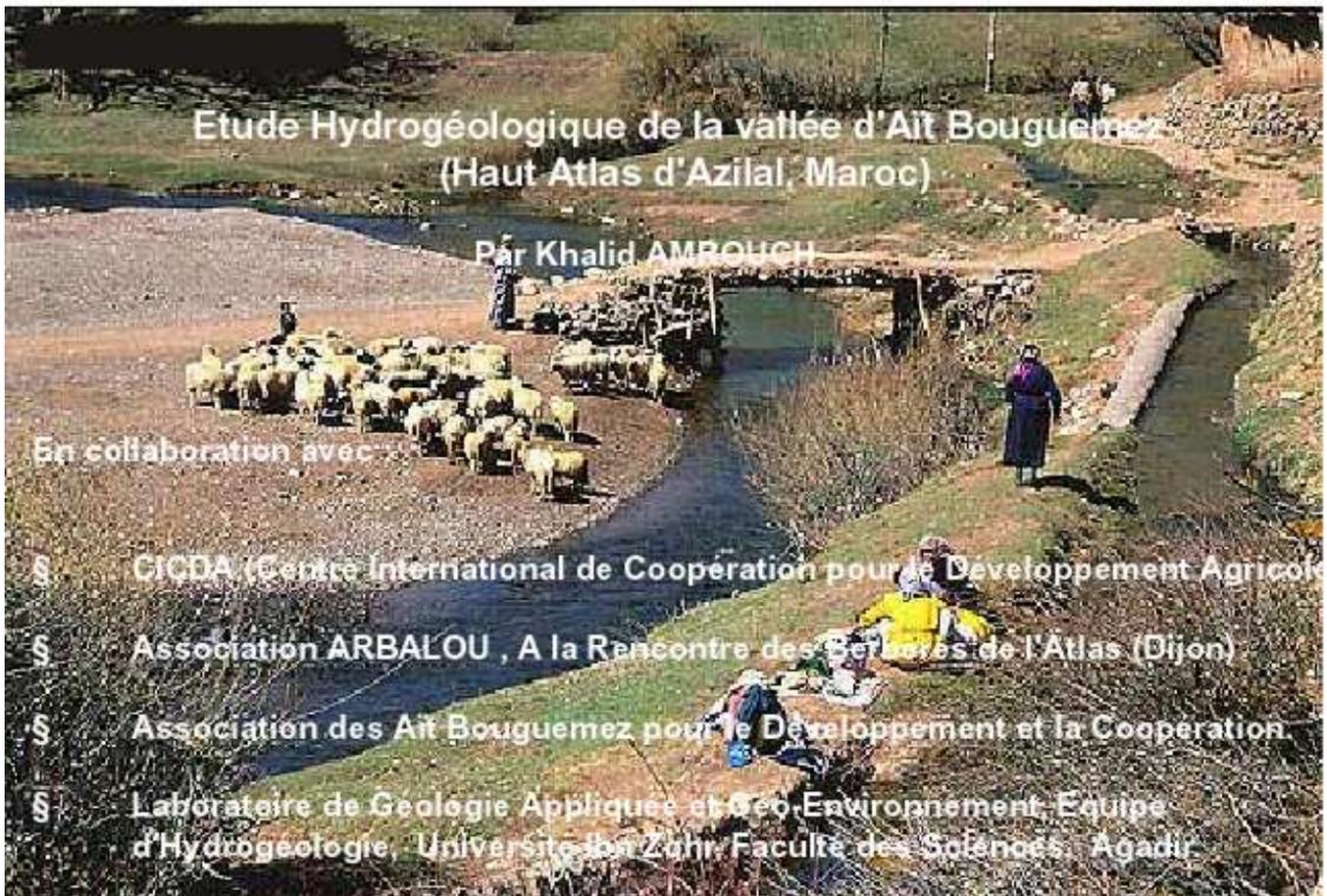


## Rapport de stage



Encadré par :  
L. Bouchaou  
Y. Hsissou

Mai 2003

# **Rapport de stage**

## **Etude Hydrogéologique de la vallée d'Aït Bouguemez (Haut Atlas d'Azilal, Maroc)**

**Par Khalid AMROUCH**

**En collaboration avec :**

§ **Association ARBALOU , A la Rencontre des Berbères de l'Atlas (Dijon)**

§ **CICDA (Centre International de Coopération pour le Développement Agricole)**

§ **Association des Aït Bouguemez pour le Développement et la Coopération.**

§ **Laboratoire de Géologie Appliquée et Géo-Environnement, Equipe d'Hydrogéologie, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir.**

**Encadré par :**

**L. Bouchaou**

**Y. Hsissou**

**Mai 2003**

# Sommaire

## Introduction

1. Problématiques
2. Objectif de l'étude

## Cadres géographique et climatique

1. Cadre géographique
2. Caractéristiques spécifiques du climat dans la Vallée

## Cadre géologique

1. Stratigraphie
  - ❖ Les formations mésozoïques
  - ❖ Les dépôts quaternaires
2. Esquisses structurale et paléogéographique
3. Conclusion

## Cadre hydrologique

1. Réseau hydrographique
2. Inventaire des points d'eau
  - 2.1. Les sources
  - 2.2. Les puits
3. Conclusion

## Interprétations hydrogéologiques

1. Analyse hydrologique
2. Analyse géologique et structurale
  - ⇒ Remplissage Quaternaire
  - ⇒ Aquifères de bordures
3. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau
  - a. Introduction
  - b. Acquisition des données
  - c. Paramètres mesurés
    - ⇒ Mesures sur le terrain
    - ⇒ Mesures au laboratoire
  - d. Critique des données
  - e. Résultats obtenus
  - f. Potabilité des eaux :

## Conclusion et Recommandations

### Autres problèmes qui touchent la vallée

1. Déboisement
2. Une condition féminine difficile

## Introduction

Plusieurs études essentiellement anthropologiques ont été effectuées sur la vallée des Aït Bouguemez ces dix dernières années. Cependant, aucune de ces études ne s'est intéressée au côté géologique ou hydrologique de la vallée.

Pour répondre aux attentes de l'Association ARBALOU, de l'association CICDA et l'Association d'Aït Bouguemez, nous entreprenons donc pour la première fois, une étude géologique qui s'attache essentiellement aux problèmes hydriques de la vallée. Cette étude est réalisée au Laboratoire de Géologie Appliquée et Géo-environnement de l'Université Ibn Zohr d'Agadir, en collaboration avec l'Association ARBALOU (association dijonnaise composée de passionnés de l'Atlas marocain) , l'Association des Aït Bouguemez pour le Développement et la Coopération et le CICDA (ONG spécialisée dans le développement agricole),.

Cette étude s'articule en cinq parties :

- Dans un premier temps on donne un bref exposé sur l'objectif de l'étude et les problèmes hydriques que connaît la vallée ;
- Le deuxième point est dédié aux cadres géographique et climatologique de la vallée ;
- Le troisième point expose le cadre géologique et structural de la vallée ;
- Le quatrième point qui constitue la principale partie du rapport, est consacré à l'étude hydrogéologique axée sur l'inventaire des points d'eau, l'identification des aquifères potentiels, l'analyse de la qualité et les risques éventuels de pollution de l'eau ;
- En fin, la dernière partie est sous forme d'une conclusion et de recommandations.

## **1. Problématiques :**

En plus de l'alimentation en eau potable des habitants de la vallée, les nouvelles activités agricoles nécessitent des besoins supplémentaires en eau. La satisfaction de ces besoins croissants se trouve compliquée davantage à cause de l'effet de sécheresse qu'a connue la région ces dernières années d'une part et de la mauvaise gestion de la ressource disponible d'autre part. En plus de l'aspect quantitatif de l'eau, un aspect qualitatif n'est pas à exclure de la problématique de l'eau dans cette région. Pour répondre à ce type de problématique, nous nous sommes intéressés à décrire l'état des lieux en hydrogéologie en faisant appel à une description géologique et hydrogéologique. Etant donné qu'aucune étude hydrogéologique n'a été faite au préalable sur la vallée et que la bibliographie sur le site est très limitée, l'étude s'est basée sur les observations et les enquêtes sur le terrain et sur les informations tirées des analyses hydrologiques et physico-chimiques des différents points d'eau inventoriés.

## **2. Objectif de l'étude :**

Les ressources de la région sont basées sur une activité agricole traditionnelle et sur l'élevage. Grâce aux efforts déployés par les Associations ARBALOU, CICDA et Aït Bouguemez pour le développement et la coopération, les habitants de la vallée commencent à développer une activité agricole variée et adaptée à la région. Cette activité agricole montre un besoin en eau d'irrigation en plus de l'alimentation en eau potable. Le contexte géographique et géologique (présence de sources importantes) laisse entendre des ressources en eau potentielles, mais une étude hydrogéologique de la région est nécessaire pour se rendre compte de l'état réel de ces ressources. Cette étude complétera les études à vocation agricole et sociale réalisées ou en cours dans la vallée (Lecestre Rollier, 1989 et Martin, 2002).

# Cadres géographique et climatique

## 1 – Cadre géographique :

La vallée des Aït Bouguemez située dans la province d'Azilal est l'une des régions montagneuses typiques du Maroc berbère. Cette enclave du Haut Atlas central est enserrée entre de puissantes chaînes de montagne, elle est limitée au Nord par Jbel Azourki (3682 m), au Sud par Jbel Waougoulzat (3763 m) et à l'Est par Jbel Anzig. La vallée s'étend sur une vingtaine de kilomètres entre 1800 et 2200 m d'altitude, elle coule dans une gouttière synclinale alimentant l'oued Lakhdar qui constitue l'un des principaux affluents de l'Oum Er Rbia (Figure 1).

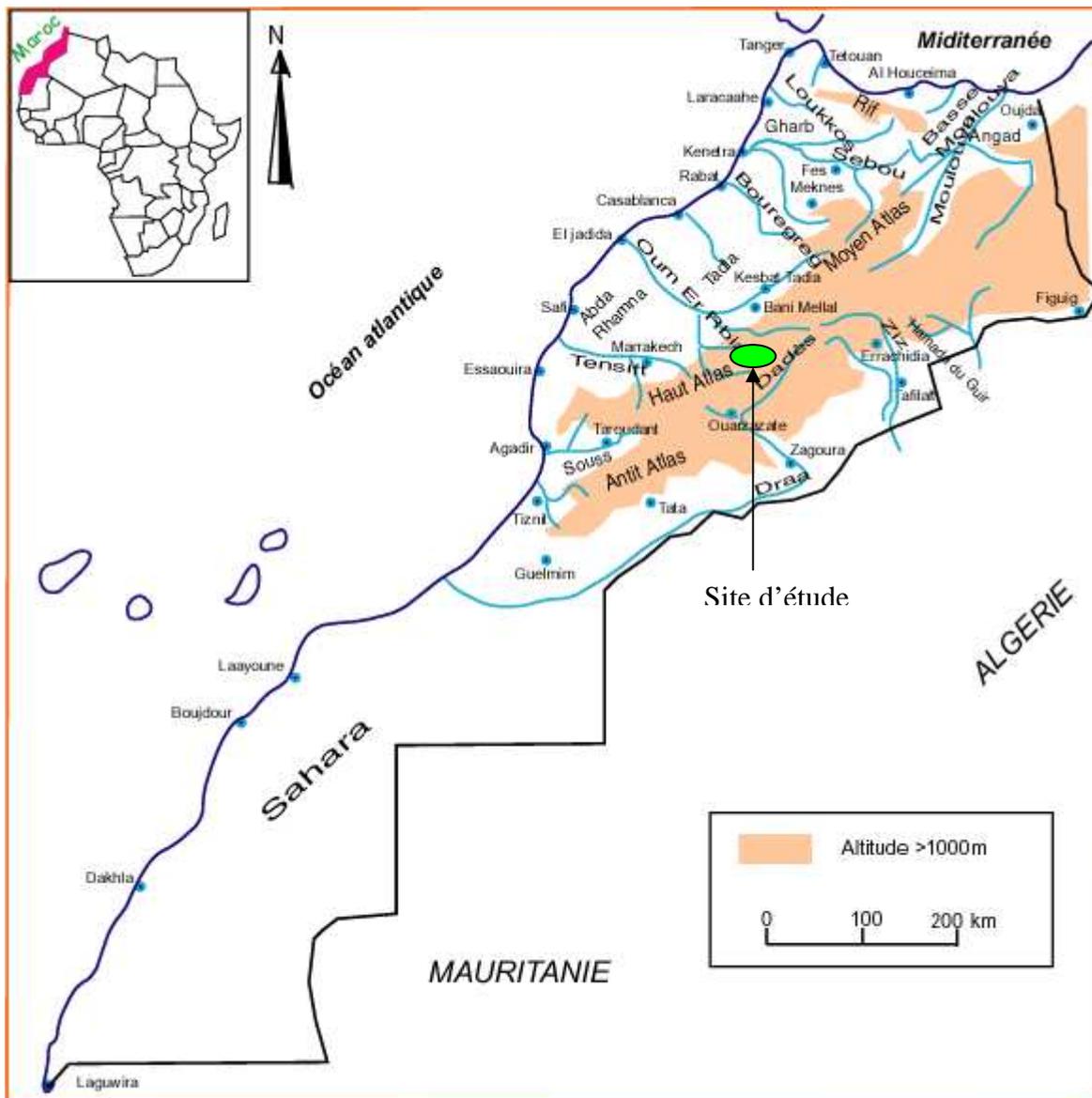


Figure 1: Géographie du Maroc et la situation de la zone d'étude

Le pays des Aït Bouguemez compte près de 10 000 habitants pour une densité de 35 habitants au kilomètre carré, densité importante pour une région de haute montagne. Cette population est répartie en une trentaine de villages bâtis en pierre et en pisé, en bordure du terroir cultivé.

Le chef-lieu communal, Tabant, situé au centre de gravité de la vallée, concentre les activités commerciales, artisanales et administratives.

L'activité économique repose ici principalement sur l'agriculture et l'élevage ; la diversification des activités (artisanat, commerce et services) atteint un faible degré. Notons toutefois le développement récent du tourisme de montagne qui présente une composante non négligeable. L'émigration apporte en outre un complément de revenu non négligeable bien qu'il n'existe pas, comme souvent, de filières organisées et suivies par les candidats migrants.

Trois étages écologiques se superposent le long du gradient d'altitude :

L'étage cultivé de fond de vallée représente environ 10 % de la superficie communale. Il comprend les terres irriguées de la plaine alluviale et les terres *bour* (cultivées en sec) sur les bas des versants les moins escarpés. Plus en altitude, forêts claires de chênes verts et genévriers représentent environ le tiers de la superficie communale. Le haut du terroir est occupé par les parcours d'altitude, qui couvrent près de la moitié de l'espace : steppes à xérophytes en coussinets (*Bupleurum spinosum*, *Cytisus balancae*...), formations à *Omenis scariosa* et pelouses des dépressions humides.

Les systèmes de production reposent sur l'exploitation combinée de ces trois étages écologiques. A l'agriculture vivrière de fond de vallée succède, au fur et à mesure que l'on prend de la hauteur sur les versants, l'espace forestier parcouru par le bétail, producteur de bois et de fourrage foliaire, puis les parcours d'altitude, lieux d'estive des troupeaux ovins-caprins. La combinaison de l'agriculture intensive et de l'élevage extensif est la clé de voûte des systèmes de production. Les champs irrigués sont soumis à des cycles culturaux intenses (deux récoltes par an) que permet la fumure animale des troupeaux qui, de ce point de vue, jouent le rôle de collecteurs d'éléments fertilisants, transférés des versants et concentrés vers les cultures du fond de vallée.

Forêts plus ou moins denses et dégradées couvrent les versants, jusqu'à la limite supérieure de développement des arbres, entre 2 400 et 2 700 m d'altitude. Le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.) est abondant sur le bas des versants et les adrets. Plus en altitude, le chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lamk) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus* L.) couvrent la plus

vaste superficie forestière. Le buis (*BZUUS sempervirens L.*) colonise les éboulis rocheux et les substrats mobiles. Enfin, le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera L.*), en formations très ouvertes, représente la limite supérieure de la végétation arborée.

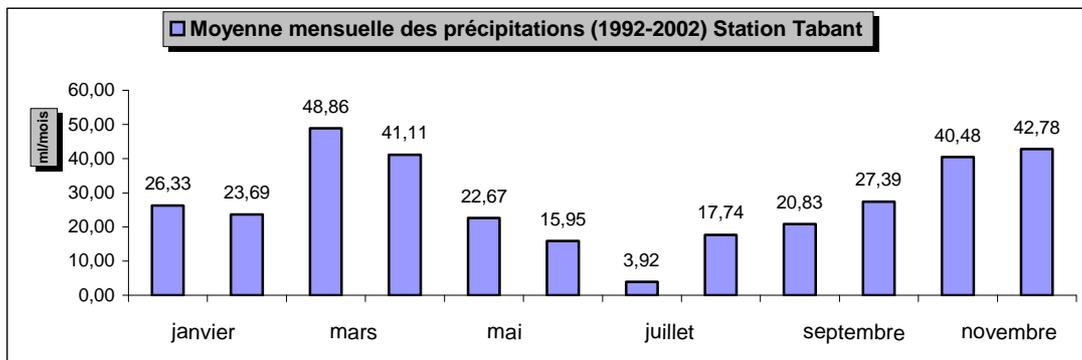
La forêt communale présente la répartition par essence suivante : genévrier thurifère, 2 020 ha (20 %) ; chêne vert, 6 000 ha (60 %) ; genévrier de Phénicie, 700 ha (7 %) ; divers, 1 468 ha (13 %). Soit au total 10 188 ha (100 %). Bien que peu productive et dégradée, la forêt procure aux villageois un ensemble de produits de première importance, dans le cadre d'une économie orientée largement vers la subsistance. La plupart des essences sont multi-usages. Le bois de chauffe est utilisé pour la cuisson du pain dans les fours familiaux, la cuisine et le chauffage hivernal. La consommation moyenne d'un foyer dépasse 6 tonnes de bois par an. La coupe de combustible dans les forêts est pratiquée par l'ensemble des familles, quelles que soient l'accessibilité des ressources en bois et les caractéristiques socio-économiques des foyers. Les femmes consacrent à cette activité une part importante de leur travail pendant la période hivernale (AUCLAIR, 1991). Les combustibles les plus appréciés sont les bois de chêne vert, de buis et de genévrier. Le bois d'œuvre, utilisé pour charpenter les terrasses des maisons et des abris de berger, est fourni principalement par le genévrier thurifère, dont les montagnards apprécient la robustesse et la résistance aux intempéries, de préférence au chêne vert. Mais, signe de la régression de ces essences, de nombreux villages recourent désormais au peuplier planté dans les zones marécageuses de fond de vallée. Le genévrier oxycèdre fournit poutres de chaînage, piliers et linteaux. Par distillation du bois, les montagnards extraient un goudron végétal utilisé en usage vétérinaire, en médecine populaire et pour étanchéifier les outres. Quant au genévrier de Phénicie, il procure les perchettes qui, tressées, forment l'armature des terrasses.

La plupart des essences forestières donnent du fourrage foliaire ; en particulier le chêne vert dont la feuille et le gland nourrissent le bétail, mais aussi le genévrier thurifère et le frêne dimorphe (*Fraxinus xantoxylodes*), régulièrement écimés, émondés pour qu'ils régénèrent des rameaux courts et drus, faciles à récolter pour l'alimentation des animaux. Les arbres forestiers constituent une réserve fourragère sur pied, vitale à certaines périodes (neige, sécheresse).

## **2. Caractéristiques spécifiques du climat dans la Vallée :**

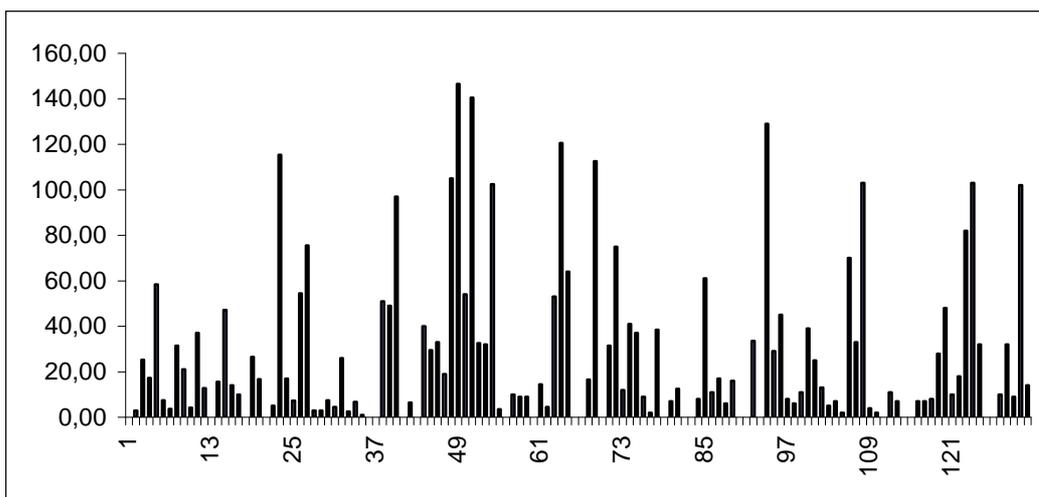
Le climat de la Vallée des Aït Bouguemez (semi-aride supérieur dans le fond de vallée à sub-humide sur les versants les plus arrosés) est caractérisé par un déficit hydrique estival et des

précipitations relativement abondantes en hiver et au printemps (Figure 2). Une partie importante des précipitations tombe sous forme de neige sur les sommets. Le froid hivernal exerce une contrainte importante sur le développement de la végétation.



**Figure 2 : Pluies mensuelles inter-annuelles (1992-2002), station de Tabant**

La région connaît depuis quelques années une irrégularité dans le régime pluviométrique (Figure 3). Les problèmes de sécheresse font que les périodes annuelles chaudes croissent au dépend de celles froides. Cette situation est marquée d’une part, par une diminution des tombées de neige et d’autre part, par une augmentation de la vitesse de sa fonte. Vu la grande perméabilité des terrains de la vallée et leur grande pente dans la moitié amont par rapport à la moitié aval, l’eau est beaucoup plus abondante dans la partie aval qu’à la partie amont. Il faut signaler aussi que pour bien maîtriser le signal d’entrée (pluie et neige), il faut tenir compte de la quantité des neiges qui tombent au cours de l’année.



**Figure 3 : Pluies mensuelles à la station de Tabant (1992-2002)**

# Cadre géologique

## 1. Stratigraphie :

L'information géologique est tirée essentiellement à partir de la feuille géologique de Zawyat Ahançal, 1990, des travaux réalisés dans les régions voisines (Fadile, 1987 ; Laville, 1978, 1981 ; Jossen, 1987, Le Couvreur, 1977, Monbaron, 1982, Schaer, 1966, Studer et Dudresnay, 1980) et des observations de terrain (Figure 4). Les formations géologiques s'échelonnent généralement du Trias au quaternaire dans le Haut Atlas d'Azilal. Dans le secteur étudié, la géologie est représentée par une succession de couches essentiellement carbonatées (Calcaires et dolomies) d'âge mésozoïque, d'origine marine et continentale.

### ❖ Les formations mésozoïques :

Elles sont composées des formations suivantes :

- AG ; F. *des Aït Bouguemez* : Marnes versicolores. Calcaires en plaquettes à faune naine de lamellibranches et brachiopodes (Bajocien).
- TA ; F. *de Tabant* : Calcaires, dolomies et marnes. Au sommet, slumps et méga brèches intraformationnelles (Bajocien/Aalénien).
- W ; F. *de Wazzant* : Conglomérats à éléments locaux -calcaires et dolomies du Lias inférieur et moyen- (Aalénien/Toarcién)
- AB ; F. *Aït Bazzi* : Dolomies et marnes versicolores, avec des niveaux gypseux. Méga-brèches intraformationnelles (Domérien/Carixien).
- A ; F. *d'Aganane* : Calcaires à oncolites, foraminifères benthiques abondants. Calcaires et dolomies à « bird's eyes » et laminites algaires. Très rares Ammonites. a: Biostromes à grands Lamellibranches (Domérien/Carixien)
- JR ; F. *du Jbel Rat* : Dolomies en bancs massifs, structures en « teepee » (Sinémurien)
- II ; F. *d'Imi-n-Ifri* : Calcaires à oncolites (Sinémurien).
- AO ; F. *des Aït bou Oulli* : Calcaires oolitiques en bancs massifs. m : Calcaires bioturbés à Spiriférines. Niveaux à cherts. i : Calcaires et dolomies à « bird's eyes » et laminites algaires. Seul le membre supérieur est localement individualisé sur la carte (Sinémurien).
- Bêta ts ; *basaltes des Aït Aadel* : Coulées de basaltes altérés (Trias sup).
- AR ; *Argiles roses*. Argiles à paillettes de gypse (Trias sup).

### ❖ **Les dépôts quaternaires :**

Ils sont particulièrement de nature continentale. On rencontre dans ces formations des dépôts conglomératiques et alluviaux, bordant particulièrement le réseau hydrographique et caractérisés par leur grande perméabilité.

Les dépôts conglomératiques se rencontrent essentiellement dans la base des talus de l'Assif-n-R'bat, de l'Assif-n-Aït Hkim et celui de l'Assif-n-Aït Imi, ils forment les cônes de déjection en direction de l'axe de la vallée. Ces dépôts sont le siège des sous-écoulements provenant des versants et des plateaux supérieurs en direction de la vallée.

Les dépôts alluviaux sont rattachés au Quaternaire récent. Ils ont une texture grossière en relation avec les dépôts du mésozoïque (calcaires et dolomies). Ils sont notamment bien répandus dans la vallée des Aït Bouguemez, où ils conditionnent la vie de la région, puisqu'ils constituent presque la totalité des sols cultivables. De même ces dépôts renferment une circulation souterraine non négligeable exprimée au niveau des puits creusés ou par certaines résurgences dans l'axe de la vallée.

## **2- Esquisses structurale et paléogéographique :**

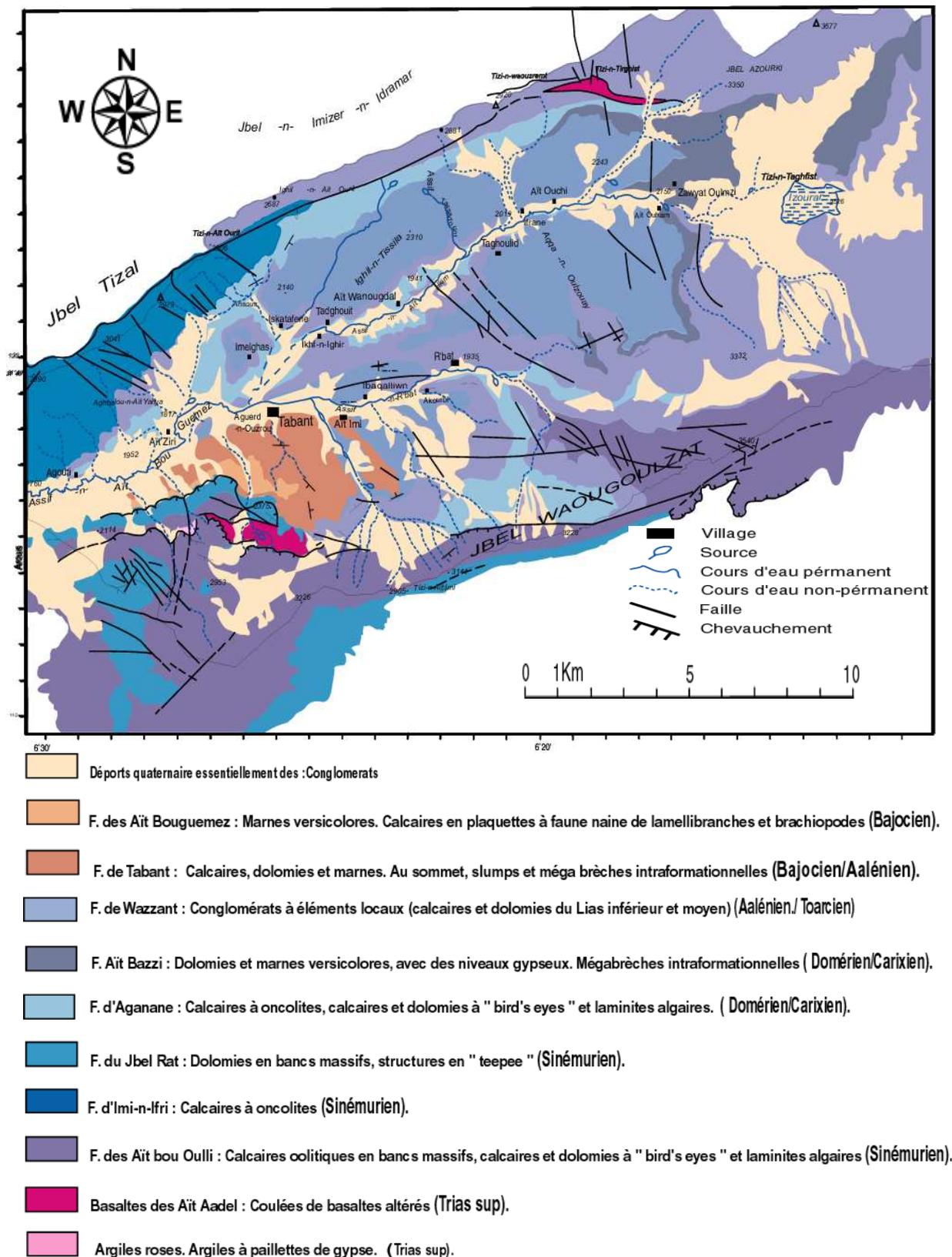
Géologiquement, la Vallée des Aït Bouguemez fait partie intégrante du Haut Atlas Central. Son histoire est donc intimement liée à celle de cette chaîne. Deux grands cycles orogéniques sont à l'origine de l'édification de la chaîne du Haut Atlas.

La structure géologique montre une succession d'anticlinaux et de synclinaux avec une tectonique cassante illustrée par de nombreuses failles de directions variables. Sur le terrain, l'observation des calcaires et dolomies, montre bien un réseau de fracturation important. De même une manifestation karstique est bien évidente au sein de ces faciès. Ainsi plusieurs formes de dissolution sont mises en évidence (grottes, avens, gouffres,..), ce qui témoigne d'une circulation d'eau plus ou moins importante dans ces massifs calcaires.

## **3- Conclusion :**

La dominance des faciès calcaires et dolomitiques, fissurés et karstifiés, sur les versants de la vallée et des dépôts alluviaux dans cette dernière, montre la possibilité d'avoir des aquifères potentiels dans la région. Ces observations ainsi que l'émergence de la plupart des sources au contact de ces calcaires et dolomies soit au niveau des fractures et des failles soit au niveau du contact roches perméables et roches imperméables sont comparables aux résultats obtenus par des études

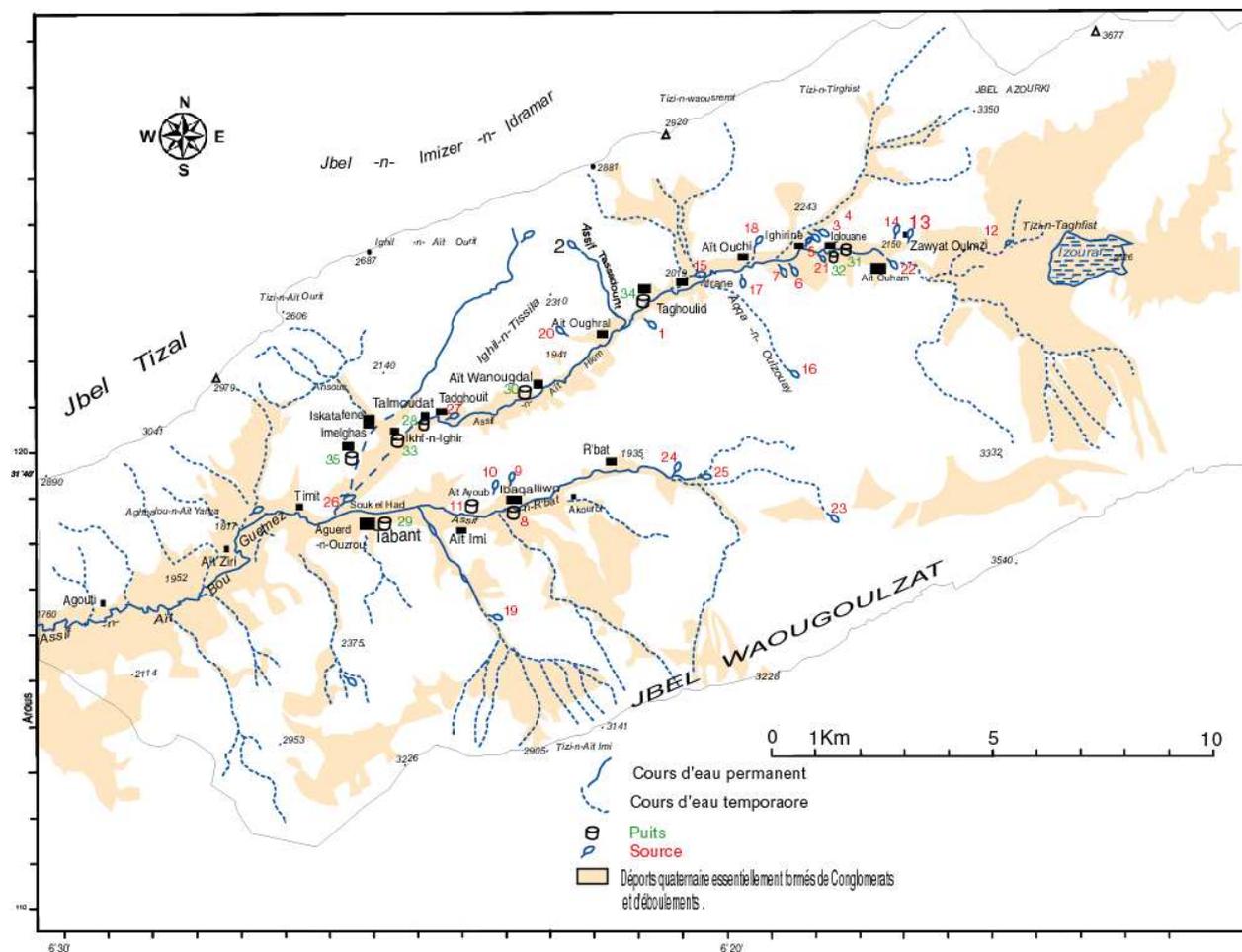
réalisées sur des formations similaires (Lias et Dogger) dans l'Atlas de Beni Mellal (Hakim, 1982 ; Bouchaou, 1988 et 1995). Ceci conforte donc l'hypothèse de l'existence de ressources en eau non négligeables dans la région.



# Cadre hydrologique

## 1. Réseau hydrographique :

Il est formé essentiellement de trois Assifs (*Assif= rivière en berbère*) (Figure 5):



**Figure 5 : Réseau Hydrographique de la vallée des Aït Bouguemez**

1. Aghbalou-n-Taghoulit. 2. Aghbalou-n-Tifrouine. 3. Aghbalou-n-Ikkis Eltehtani. 4. Aghbalou-n-Ikkis Elfougani. 5. Aghbalou-n-Aït KhouAli. 6. Aghbalou-n-Aït Asri (Est). 7. Aghbalou-n-Aït Asri (West). 8. Puits Ibaqalliwen. 9. Aghbalou-n-Ibaqalliwen (Libre). 10. Aghbalou-n-Ibaqalliwen (Captée). 11. Puits Aït Ayoub. 12. Aghbalou-n-Taghfist. 13. Aghbalou-n-Talat. 14. Aghbalou-n-Itkhchi. 15. Aghbalou-n-Aït Megdoul. 16. Aghbalou-n-Ifrane (Captée). 17. Aghbalou-n-Aït Ouchi. 18. Aghbalou-n-Wejja. 19. Aghbalou-n-Aït Imi. 20. Aghbalou-n-Aït Oughral. 21. Aghbalou-n-Aït Aâmer. 22. Aghbalou-n-Aït Ouham. 23. Aghbalou-n-Amekirkes. 24. Aghbalou-n-R'bat. 25. Tawaya. 26. Aghbalou-n-Aït Ouakhoum. 27. Aghbalou-n-Tadrout. 28. Puits Talmoudat. 29. Puits Tabant-bourg. 30. Puits Aït Wanougdal. 31. Puits Iglouane1. 32. Puits Iglouane2. 33. Puits Ikhf-n-Ighir. 34. Puits Taghoulit. 35. Puits Imelghas.

- **Assif(\*)-n-Aït Hkim (Figure 6):** Le plus important des trois assifs coulant dans la vallée des Aït Bouguemez tant par sa longueur (plus de 12 km) que par son débit. C'est dans cet Assif où déversent la plus grande partie des sources de la vallée, d'origine alluviale ou karstique, les plus importantes sont ; Aghbalou -n-Aït Ouham, Aghbalou-n-Aït Ouchi et Aghbalou-n-Ikkis (*Aghbalou = Source*)



Chaque point d'eau est décrit selon la présentation ci-dessous :

**A. Village de Zawyat Oulmzi :**

Population en mars-2002, 59 familles, 458 habitants ( + 25,3 % en 15 ans). Nombre de points d'eau: 3 sources.

**1)- Aghbalou-n-Taghbalout-n-Talat :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42,909' et W 06° 17,520'
- ◆ Village le plus proche : Zawyat Oulmzi.
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des dalles de calcaires.
- ◆ Altitude de la source : 2201 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Aquifère Calcaire karstique d'âge Domérien, la source apparaît au niveau des talwegs dans les grés et marnes rouges du toarcien.

**Remarques :**

La source est captée grâce à un aménagement bétonné fait par les habitants du village et elle est destinée à l'alimentation de trois robinets dont deux sont déjà en exploitation par les villageois.

**2)- Source Aghbalou-n-Taghfist :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42, 432' et W 06° 16, 764'
- ◆ Village plus proche : Aït Ouham et Zawyat Oulmzi
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des éboulis quaternaires essentiellement conglomératiques.
- ◆ Altitude de la source : 2431 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Alluvions

**Remarques :**

- L'eau est acheminée jusqu'au village par un canal bétonné sur plus de 3 km.
- Cette eau est normalement destinée à l'irrigation mais dans les périodes où l'eau manque les gens puisent dans le canal pour s'alimenter en eau potable.

**3)- Source Taghbalout-n-Itkhchi :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42, 968' et W 06° 17, 891'
- ◆ Village plus proche : Zawyat Oulmzi
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des calcaires à quelques dizaines de mètres au Nord Ouest du village.
- ◆ Altitude de la source : 2322 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : calcaire fracturé et karstifié d'âge Domérien, apparaît au niveau des talwegs dans les grés et marnes rouges du toarcien.

**Remarques:**

- La source est destinée à l'alimentation du château d'eau qui va être construit par le programme du développement de la vallée.
- Il y a eu des travaux de creusement effectués par les villageois afin d'obtenir un plus grand débit.

**B. Village Aït Ouham :**

Population en mars-2002 79 familles, 632 habitants (+ 29 % en 15 ans) Nombre de points d'eau: une source.

**1. Aghbalou-n-Aït Ouham :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42,245' et W 06° 18,184'
- ◆ Altitude : 2142m
- ◆ Village plus proche : Aït Ouham (au Nord du village)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des Alluvions à quelque dizaines de mètres du village.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Alluvions



**Arbalou-n-Ait Ouham**

**Remarques :**

- C'est la plus importante source de la vallée d'Aït Hkim par son grand débit qui dépasse 400 l/s lors des périodes de fonte neige.
- Son eau est utilisée pour l'eau potable du village Aït Ouham et pour l'irrigation pour tous les village d'Aït Hkim, jusqu'au village Aït Wanougdal.

**C. Village Iglouane :**

Population en mars-2002 49 familles, 397 habitants (+ 40, 6 % en 15 ans) Nombre de points d'eau: une source et 2 puits.

**1. Aghbalou-n-Aït Aâmer :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42,429' et W 06° 18,949'
- ◆ Altitude : 2101 m
- ◆ Village plus proche : Iglouane (au Sud)
- ◆ Situation géologique de la source : La source se situe tout dans les parcelles, près du lit de l'Assif-n-Aït Hkim(rive gauche) à quelque dizaines de mètres au Sud du village.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Alluvions

**Remarques :**

- La source est exploitée pour l'Irrigation et l'eau potable.

#### **D. Village Ighirine :**

Population en mars-2002 68 familles, 543 habitants ( + 48,4 % en 15 ans) Nombre de points d'eau: 4 sources.

##### **1)- Aghbalou-n-Ikkis Eltehtani (celui du Bas) :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42, 626' et W 06° 19, 461'
- ◆ Village plus proche : Ighirine
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau de conglomérats juste à quelques dizaines de mètres à l'Ouest du village Ighirine.
- ◆ Altitude de la source : 2056 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source :Alluviale

##### **Remarques :**

- Eau claire est assez bien protégée par les villageois,.
- Le captage de la source est possible par canalisation, car la source sort dans des conglomérats qui sont très perméables.
- L'eau est utilisée pour l'alimentation des villageois d'Ighirine et pour l'irrigation dans le village Aït Ouchi (en aval)

##### **2)- Aghbalou-n-Ikkis Elfouganii (Haut Ikkis) :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42, 629' et W 06° 19, 460'
- ◆ Village plus proche : Ighirine
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau de conglomérats juste à quelques dizaines de mètres à l'Ouest du village Ighirine.
- ◆ Altitude de la source : 2057 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Alluvions

##### **Remarques :**

- Eau claire est assez bien protégée.
- la source peut être captée, car elle sort dans des conglomérats qui sont très perméable.
- L'eau est utilisée pour l'irrigation par le village d'Ighirine et celui d'Aït Ouchi.

##### **3)- Aghbalou-n-Aït Khouali:**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42, 723' et W 06° 18, 933'
- ◆ Village plus proche : Ighirine
- ◆ Situation géologique de la source :L'eau sort au niveau de plusieurs cassures d'une dalle de calcaire et de calcaire schisteux, et elle est située à l'extrémité nord du village.
- ◆ Altitude de la source : 2139 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine dolomitique et marneux, d'âge Domérien et Canixien, sort au niveau des conglomérats ,des grés et des marnes rouges d'âge Toarcien.

**Remarques :**

- Utilisée par les villageois pour l'alimentation en eau potable.
- Le captage de la source est possible par un système similaire à celui utilisé pour la source Ansouss.
- Les villageois ont effectué des travaux de creusement pendant l'année 2002 pour avoir un débit plus important.
- L'eau de la source est trouble à cause de la faible vitesse d'écoulement d'eau (stagnation de l'eau).

**4)- Aghbalou-n-Aït Asri(Est):**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42, 460' et W 06° 19, 163'
- ◆ Village plus proche : Ighirine
- ◆ Situation géologique de la source :Elle sort au Sud du village directement dans le lit de l'assif-n-Aït Hkim.
- ◆ Altitude de la source : 2096 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Alluvions

**Remarques :**

- Utilisée plus pour l'irrigation que pour l'eau potable.
- Le captage de la source est difficile car elle sort dans le lit de l'assif dans des conglomérats.

**5)- Aghbalou-n-Aït Asri(Ouest):**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42, 451' et W 06° 19, 191'
- ◆ Village plus proche : Ighirine
- ◆ Situation géologique de la source :Elle sort au Sud du village directement dans le lit de l'assif d'Aït Hkim.
- ◆ Altitude de la source : 2095 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Alluvions

**Remarques :**

- Utilisée plus pour l'irrigation que pour l'eau potable.
- En plus du village Ighirine elle est aussi exploitée par le village Aït Aïssa Ouali.
- Le captage de la source est difficile car elle sort dans le lit de l'assif dans des conglomérats.

**E. Village Aït Ouchi :**

Population en mars-2002 125 familles, 1039 habitants (+ 40, 6 % en 15 ans) Nombre de points d'eau :deux sources.

### 1. Aghbalou-n-Aït Ouchi :

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42,286' et W 06° 20,027'
- ◆ Altitude : 2105m
- ◆ Village plus proche : Aït Ouchi (à l'West du village)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau d'une dalle de calcaire entourée des niveaux d'argile rose.(photo 1)
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine calcaire et dolomitique d'âge Domérien, sort au niveau des conglomérats d'âge Toarcien.

#### Remarques :

- Cette source sort de plusieurs cassures alignées horizontalement sur la dalle de calcaire.
- Elle alimente le village Aït Ouchi et Ifrane en eau d'irrigation.

### 2. Aghbalou-n-Owejja :

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42,666' et W 06° 20,194'
- ◆ Altitude : 2115 m
- ◆ Village plus proche : Aït Ouchi (au Nord du village)
- ◆ Situation géologique de la source : La source se situe au fond d'un petit talweg à quelque dizaines de mètres au Nord du village.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine calcaire et dolomitique d'âge Domérien, sort au niveau des conglomérats d'âge Toarcien.

#### Remarques :

- L'eau jaillit de plusieurs cassures dans une dalle de calcaire.
- À l'aide d'un tuyau l'eau est conduite jusqu'au village, et sort par des robinets qui déversent dans des abreuvoirs.

### F. Village Ifrane :

Population en mars-2002 : 86 familles, 559 habitants  
( + 25, 4 % en 15 ans) Nombre de points d'eau: 2 sources.

#### - Aghbalou-n-Aït Megdoul :

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42,132' et W 06° 20,779'
- ◆ Altitude : 2022m
- ◆ Village plus proche : Ifrane (au Sud du village)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des parcelles dans le lit de l'Oued.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source :



Arbalou-n-Aït Megdoul

## Alluvions

### Remarques :

- Cette source alimente, en plus du village d'Ifrane, le village de Tagoulit en eau d'irrigation.

### 1. Aghbalou-n-Ifrane :

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 41,820' et W 06° 20,654'
- ◆ Altitude : 2032m
- ◆ Village plus proche : Ifrane (au Sud du village)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des calcaires d'Aqqa-n-Oulzway à 2 km au sud du village.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine calcaire et dolomitique d'âge Domérien, sort au niveau d'Aqqa-n-Oulzway.

### Remarques :

- Source captée et l'eau est acheminée jusqu'au village par un tuyau qui alimente deux robinets l'un au centre du village et l'autre à l'Est du village, chacun des robinets verse dans un abreuvoir.
- L'eau est destinée entièrement à la boisson.

### G. Village Tagoulit :

Population en mars-2002 : 40 familles, 345 habitants ( + 32, 8 % en 15 ans). Nombre de points d'eau: 2 sources et un puits.

#### 1) – Aghbalou-n-Taghoulit :

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 41, 602' et W 06° 21, 760'
- ◆ Village plus proche : Taghoulit
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des fractures dans des calcaires à quelques dizaines de mètres à l'Ouest du village, sous forme de petites sources non permanentes car elles tarissent pendant les périodes de sécheresse.
- ◆ Altitude de la source : 2099 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine calcaire et dolomitique d'âge Domérien, sort au niveau de l'Assif-n-Aït Hkim.

### Remarques :

- Les sources se situent sur la rive gauche de l'Assif-n-Aït Hkim où elle se déverse directement.
- Comme la source sort au niveau des calcaires, son captage est possible en utilisant le même système que celui déjà utilisé pour la source Ansouss d'Iskattafen.

#### 2)- Aghbalou-n-Tifrouine :

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42, 452' et W 06° 22, 163'
- ◆ Village plus proche : Taghoulit
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau de fractures dans des calcaires à plus de deux kilomètres au Nord Ouest du village, elle se situe dans le grand Talweg dit l'Aqqa-n-Tasdount c'est une très petite source à faible débit mais a écoulement permanent pendant les périodes de sécheresse.
- ◆ Altitude de la source : 2165 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine dolomitique d'âge Sinémurien, Canixien et Domérien.

**Remarques :**

- Eau un peu trouble malgré la protection faite par les villageois en pierre et en branches de bois.
- Comme la source sort au niveau des calcaires, son captage est possible en utilisant le même système que celui déjà utilisé pour la source Ansouss d'Iskattafen.

**H. Village Aït Oughral :**

Population en mars-2002 : 21 familles, 192 habitants ( + 33,9 % en 15 ans).Nombre de points d'eau:une source.

**1. Aghbalou-n-Aït oughral :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 41,651' et W 06° 22,692'
- ◆ Altitude : 2044 m
- ◆ Village plus proche : Aït Oughral (au Nord du village)
- ◆ Situation géologique de la source : La source se situe au fond d'un talweg à 2 km au Nord West du village, jaillit de cassures dans des couches calcaires.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine dolomitique d'âge Sinémurien, Canixien et Domérien.

**Remarques :**

- La source est partiellement captée, parce que l'eau jaillit de plusieurs cassures.
- L'eau est conduite jusqu'au village par un tuyau qui déverse dans un château d'eau, ce dernier alimente deux robinets dans le village.

**I. Village Tadrouit :**

Population en mars-2002 : 36 familles, 236 habitants (+ 38,1 % en 15 ans).Nombre de points d'eau: une source.

**1. Aghbalou-n-Tadrouit :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 40,532' et W 06° 23,898'
- ◆ Altitude : 1915m
- ◆ Village plus proche : Tadrouit (au Sud du village)



**Arbalou-n-Tadrouit**

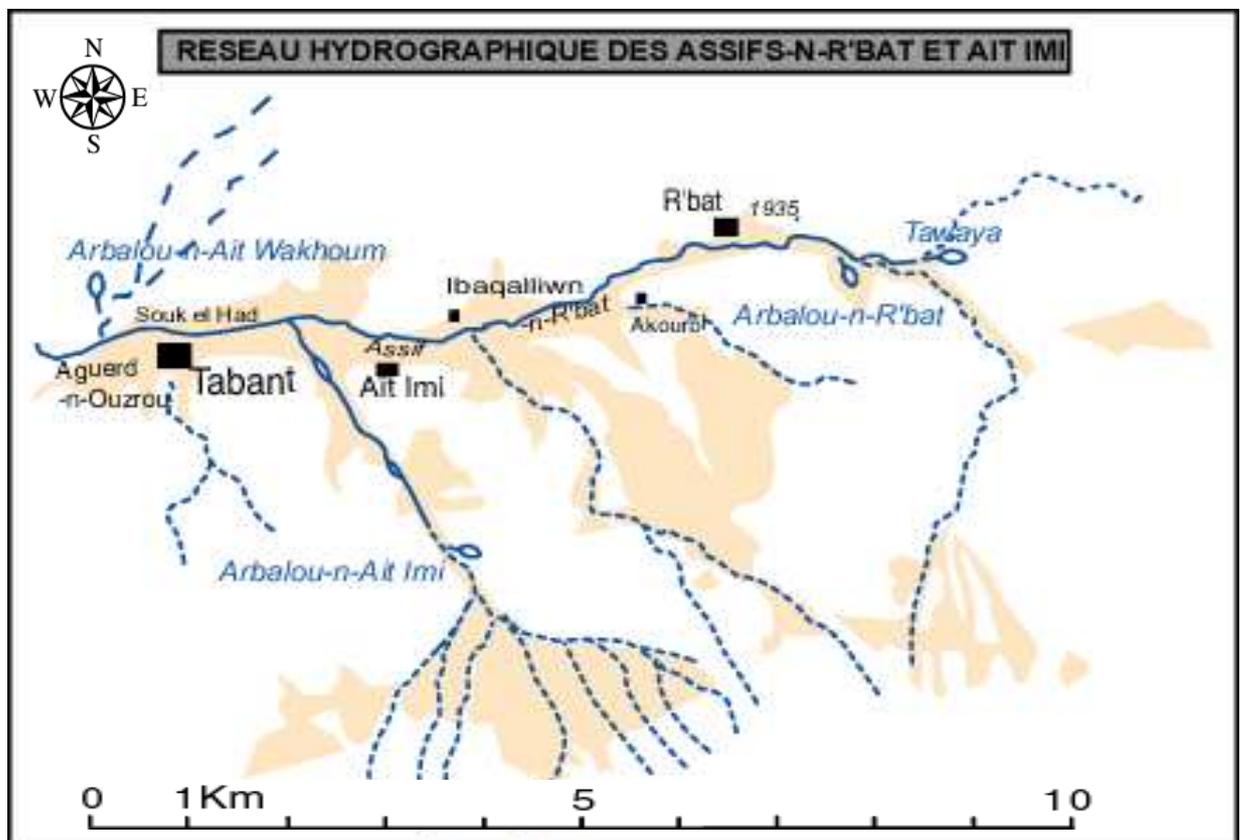


- ◆ Coordonnées:  
N 31° 41' et W 06° 26'
- ◆ Village plus proche : Iskattafene.

**Remarques :**

- le prélèvement c'est fait au niveau du canal provenant de la source.
- L'eau est destinée à l'alimentation du village d'Iskattafene en eau potable et d'irrigation.
- L'irrigation des parcelles se fait par la technique des barrage de déviation au niveau de la Saguia et ceci à tour de rôle parcelle/parcelle.

- ❖ **Assif-n-R'bat et Aït Imi** (Figure.5 et 7): les sources qui alimentent ces deux assifs sont deux grandes sources qui portent d'ailleurs les mêmes noms que les assifs qu'elles alimentent.



**Figure 7 : Assif Rbat et Aït Imi**

**A. Village R'Bat :**

Population en mars-2002 :94 familles, 618 habitants (+ 38,2 % en 15 ans).Nombre de points d'eau: 3 sources.

**(1) Aghbalou-n-R'bat :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39,536' et W 06° 21,798'

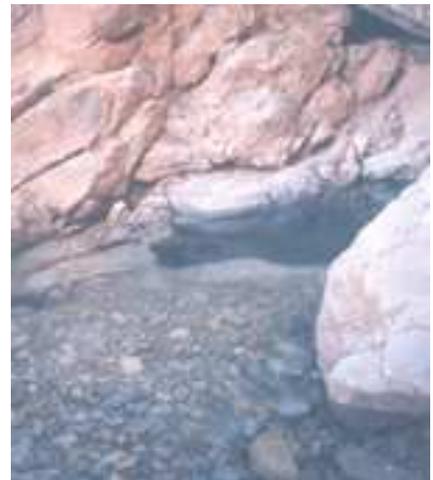
- ◆ Altitude : 1947m
- ◆ Village plus proche : R'bat (à l'Est du village)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des conglomérats et des éboulements quaternaires à 2 km vers l'Est.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Alluvions couvrant les formations calcaires d'âge Domérien au niveau du versant.

**Remarques :**

- L'eau est destinée à l'alimentation des villages de toute la sous-vallée en commençant par le village de R'bat jusqu'au village d'Aït Ayoub, (à tour de rôle).
- Le court d'eau venant de cette source est joint par celui venant de la source d'Aït Imi, le croisement se fait à quelques centaines de mètres à l'Est de Tabant

**(2) Gouffre « Tawaya »**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39,569' et W 06° 21,658'
- ◆ Altitude : 1953 m
- ◆ Village plus proche : R'bat (à l'Est du village)
- ◆ Situation géologique de la source : l'eau sort d'une grotte karstique à près de 3 km à l'Est.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine dolomitique d'âge Carixien, Domérien.



**Remarques :**

**Tawaya**

- C'est une source d'eau non permanente, l'eau jaillit seulement lors des fontes de neige (fin avril, début juin). Le gouffre fonctionne en trop plein en période de hautes eaux.
- Son débit est très important dépassant même celui de la source de R'bat.
- D'après les gens qui ont déjà visité l'intérieur du gouffre, ils affirment l'existence d'une rivière souterraine, ce qui témoigne de la présence de ressources en eaux dans la formation donnant naissance à ce gouffre.

**(3) Aghbalou-n-Amkirkes :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39,462' et W 06° 20,953'
- ◆ Altitude : 2180m
- ◆ Village plus proche : R'bat (à l'Est du village)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des calcaires oolitiques à l'Est au village, cette eau sort d'une grotte karstique.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine calcaire d'âge Hettargien et Sinémurien.

**Remarques :**

- Cette grotte a été déjà visitée par les bergers de la vallée ils y pénètrent pour s'approvisionner en eau. L'eau jaillit de cette source seulement pendant le mois d'avril et mai.

## **B. Village Ibaqalliwen :**

Population en mars-2002 : 73 familles, 434 habitants ( + 44, 5% en 15 ans).Nombre de points d'eau: 2 sources et 2 puits.

### **(1) Source non captée à Ibaqalliwen :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39, 834' et W 06° 23, 105'
- ◆ Village plus proche : Ibaqalliwen.
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau de conglomérats à une centaine de mètres au Nord du village d'Ibaqalliwen.
- ◆ Altitude de la source : 1994 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Conglomérats

### **Remarques :**

- Un très faible débit qui n'arrive même pas à arrivée à ruisseler jusqu'au village, car elle se perd par infiltration.
- Beaucoup de moisissure entourent la source.
- Des creusements ont été fait par les habitants du village dans l'espoir d'obtenir un plus grand débit.

### **(2) Source captée à Ibaqalliwen :**

- ◆ Coordonnées de l'abreuvoir:  
N 31° 39, 613' et W 06° 23, 479'
- ◆ Village plus proche : Ibaqalliwen
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau de calcaires au Nord Ouest du village.
- ◆ Altitude de la source : 1933 m
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : Karstique d'origine calcaire d'âge Domérien.

### **Remarques :**

- L'eau se verse directement dans un abreuvoir par un tuyau duquel s'approvisionnent les villageois sans aucun captage ni robinet et l'eau coule même sur la piste qui traverse le village.

## **C. Village Aït Imi :**

Population en mars-2002 : 110 familles, 801 habitants ( + 44,3 % en 15 ans) – 3 hameaux.Nombre de points d'eau: 2 sources.

### **(1) Aghbalou-n-Aït Imi :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 38,095' et W 06° 23,701'

- ◆ Altitude : 2050m
- ◆ Village plus proche : Aït Imi (au Sud du village d'Aït Imi)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des alluvions à plus de deux kilomètres au Sud du village dans le versant Nord du Jbel Waougoulzat.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : alluvions couvrant les formations calcaires d'âge Domérien au niveau du versant.

**Remarques :**

- Cette source est très importante pour la région avec un débit qui n'a jamais été au dessous de 50 l/s même lors des années de sécheresse qu'a connue la vallée.
- Son eau est utilisée surtout pour l'Irrigation.
- L'eau est utilisée aussi pour la production électrique pour le village de Tabant avant l'arrivée du réseau dans la vallée.

**(2) Petite source à Aït Imi :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39,204' et W 06° 24,356'
- ◆ Altitude : 1931m
- ◆ Village plus proche : Aït Imi (au centre du village d'Aït Imi)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort au niveau des dépôts conglomératiques et marneuses à 2 km au Nord du village vers l'Aqqa-n-Aït Imi.
- ◆ Nature de la nappe originaire de la source : alluvions

**Remarques :**

- L'eau est captée dans une source qui se situe entre le village d'Aït Imi et celui de Tabant-bourg, au niveau des alluvions au Nord de Jbel Waougoulzat.
- L'eau est acheminée par deux tuyaux, l'un alimente le village de Tabant et l'autre est destiné au village Aït Imi.

Lors des périodes de sécheresse cette alimentation se limite à des heures définies durant la journée pour chaque village.

**(3) Seguia venant d'Aghbalou-n-Aït Imi :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 38' et W 06° 24'
- ◆ Village plus proche : Aït Imi (à quelques centaines de mètres au Nord du village)
- ◆ Situation géologique : La seguia descend de la source d'Aït Imi suivant un lit conglomératique pour rejoindre l'Assif-n-R'bat à l'Est de Tabant-souk.

**Remarques :**

- L'eau de cette seguia est destinée surtout à l'irrigation des parcelles du village d'Aït Imi.

#### **D. Village Tabant-bourg :**

Population en mars-2002 : 118 (231 ?) familles, 425 (1000 ?) habitants ( + 37,4 % en 15 ans). Nombre de points d'eau: 3 puits.

##### **(1) Aghbalou-n-Aït Ouakhoum :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39,556' et W 06° 25,729'
- ◆ Altitude : 1882m
- ◆ Village plus proche : Tabant-souk (à quelques centaines de mètres à l'West du village)
- ◆ Situation géologique de la source : elle sort dans les parcelles au niveau des dépôts quaternaires conglomératiques près de l'intersection entre l'Assif-n-R'bat et celui d'Aït Hkim.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

##### **Remarques :**

- Vue son emplacement et l'importance de son débit il est fort probable que cette source soit le surgissement des sous-écoulements d'eaux venant de l'Assif-n-Aït Hkim et/ou de l'Assif n'Aït Rbat.

##### **(2) Château d'eau de Tabant-Bourg :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39,0250 et W 06° 25,450'
- ◆ Village plus proche : Tabant (au sud-Est du village).

##### **Remarques :**

- L'eau est acheminée depuis une source partagée avec le village d'Aït Imi à tour de rôle.
- Lors de ma visite (30/04/2003) les habitants de Tabant-bourg avaient le droit d'une heure et 30 mn par jour, et cette période peut diminuer jusqu'à seulement 30 mn par jour pendant la sécheresse.

## **2. Les puits :**

Vu leur emplacement qui borde presque toujours les assifs, l'étude des puits va nous permettre d'avoir une idée sur l'état hydrologique de la nappe alluviale. La grande perméabilité des matériaux formant le remplissage de la vallée peut favoriser une circulation d'eau souterraine dans cette partie de la vallée. La présence des résurgences dans le lit des assifs et la variation saisonnière des niveaux des puits montrent bien qu'il existe des échanges hydrauliques entre les écoulements superficiels et la nappe. L'assif draine la nappe quand la surface d'eau de ce dernier est inférieur à celle des puits qui l'entourent (cas de hauts eaux), par contre c'est la nappe qui draine l'assif quand dans le cas inverse (pendant

les périodes de sécheresse). Dans ce dernier cas de figure, l'eau diminue dans l'assif jusqu'à tarissement de certaines résurgences alluviales.

#### **A. Puits dans Tabant-souk :**

Population en mars-2002 : 118 (231 ?) familles, 425 (1000 ?) habitants ( + 37,4 % en 15 ans). Nombre de points d'eau: 2 puits.

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39' et W 06° 25'
- ◆ Village plus proche : Tabant-souk (près de la mosquée)
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux au sud du souk.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

#### **Remarques :**

- Puits non couvert, et les enfants du village y jettent beaucoup de saleté.

#### **B. Puits à l'Est de Tabant-souk :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39' et W 06° 26'
- ◆ Village plus proche : Tabant à quelques dizaines de mètres à l'Est du village.
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux à l'Est de Tabant.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

#### **C. Puits dans le village d'Ibaqalliwen :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39' et W 06° 23'
- ◆ Village plus proche : Ibaqalliwen (au centre du village)
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux .
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions et éboulis

#### **Remarques :**

- Puits surtout utilisé pour l'eau potable et pour la lessive.
- Le puit n'est pas couvert.

#### **D. Puits dans le village d'Ibaqalliwen :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39' 540'' et W 06° 23' 350''
- ◆ Village plus proche : Ibaqalliwen (à l'West du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux à quelques centaines de mètres vers l'West du village.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions et éboulis

**Remarques :**

- Puits surtout utilisé pour l'eau potable .
- non protégé.

**E. Puits du collège de la vallée :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39' et W 06° 24'
- ◆ Village plus proche : Tabant (1 km à l'Est de Tabant)
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux .
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

**F. Puits dans le village d'Akourbi :**

Population en mars-2002 : 56 familles, 361 habitants ( + 22,2 % en 15 ans). Nombre de points d'eau: une source et un puits .

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39,123' et W 06° 22,581'
- ◆ Village plus proche : Akourbi (au centre du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux .
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : alluvions

**Remarques :**

- L'eau du puit peut être contaminé vue les déchets des habitants et des animaux jetés sur place.

**G. Puits dans le village d'Aït Iyoub :**

Population en mars-2002 : 12 familles, 45 habitants. Nombre de points d'eau: un puits.

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 38,986'  
W 06° 23,864'
- ◆ Village plus proche : Aït Iyoub (à l'extrémité West du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux près du lit de l'Assif.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

**Remarques :**

- Puits utilisé à la fois pour l'eau potable et l'irrigation.
- Présence d'un moto-pompe, utilisé régulièrement pour l'Irrigation des parcelles près du puits.

**H. 1<sup>er</sup> Puits dans le village d'Iglouane :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42,499' et W 06° 18,783'
- ◆ Altitude : 2105 m
- ◆ Village plus proche : Iglouane (au centre du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux près du lit de l'Assif-n-Aït Hkim.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

**Remarques :**

- Puits représente dans ce cas un orifice de la nappe alluviale, car l'eau déborde du puits.
- Creusé d'après la date gravée sur le ciment en 10/2001, lors de la sécheresse qu'à connue la vallée.
- On note aussi une grande présence d'algues autour et dans le Puits(Photo 3)

**I. 2<sup>ème</sup> Puits dans le village d'Iglouane :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 42,512' et W 06° 18,791'
- ◆ Altitude : 2106 m
- ◆ Village plus proche : Iglouane (dans la mosquée du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

**Remarques :**

- Creusé d'après les habitants du village en 2002.
- Plus propre que le précédant puits, il est bétonné et gardé par le responsable du mosquée.

**J. Puits dans le village de Taghoulit :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 41,854' et W 06° 21,598'
- ◆ Altitude : 2018 m
- ◆ Village plus proche : Taghoulit(au centre du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux près dans le village.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

**Remarques :**

- Puits est creusé par les Japonais en 02/1998.
- Elargit au fond pour atteindre 2 m de diamètre.

**K. Puits dans le village d'Aït Wanougdal :**

Population en mars-2002 : 74 familles, 529 habitants (+ 29, 3 % en 15 ans). Nombre de points d'eau :2 puits.

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 41,901' et W 06° 22,914'

- ◆ Altitude : 1945 m
- ◆ Village plus proche : Aït Wanougdal (Au Sud du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux entre le village et l'assif n'Aït Hkim.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

**Remarques :**

- Creusé par les habitants du village lors des périodes de sécheresse.

**L. Puits dans le village de Talmoudat :**

Population en mars-2002 : 20 familles, 137 habitants (+ 38 % en 15 ans). Nombre de points d'eau: un puits.

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 40,596' et W 06° 24,341'
- ◆ Altitude : 1914 m
- ◆ Village plus proche : Talmoudat(entre les habitation et les parcelles).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux près des parcelles.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions



**Puits à Talmoudat**

**Remarques :**

- Creusé par les Japonais en 1998.
- Il n'est plus utilisé actuellement, sauf lors de la sécheresse, quand il n'y a plus d'eau dans les canaux d'irrigation.

**M. Puits dans le village d'Ikhf-n-Ighir :**

Population en mars-2002 : 67 familles, 487 habitants (+ 22,2 % en 15 ans). Nombre de points d'eau: un puits.

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 40,370' et W 06° 24,903'
- ◆ Altitude : 1905 m
- ◆ Village plus proche : Ikhf-n-Ighir (Au Sud du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux près des parcelles.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluviale

**Remarques :**

- Creusé par les habitants du village.
- Eau trouble, utilisé seulement en période de sécheresse.

**N. Puits dans le village d'Imelghas :**

Population en mars-2002 : 66 familles, 418 habitants (+22,2 % en 15 ans). Nombre de points d'eau: deux puits.

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 40,043' et W 06° 25,397'
- ◆ Altitude : 1890 m
- ◆ Village plus proche : Imelghas (au centre du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les couches de calcaires et de dolomies
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Karstique

**Remarques :**

- Creusé d'après les habitants du village en 1997.
- Lors des périodes de sécheresse les habitants vont jusqu'au village Aguerd-n-Ouzro (prés du village Timit) 2 heures de marche aller/retour.
- Creusement c'est fait par compression dès le 16ème mètre, après qu'ils aient rencontré les dalles calcaires.

**O. Puits dans le village de Tabant-bourg :**

- ◆ Coordonnées:  
N 31° 39,290' et W 06° 25,330'
- ◆ Altitude : 1971 m
- ◆ Village plus proche : Tabant-bourg(au centre du village).
- ◆ Situation géologique du puits : creusé dans les dépôts alluviaux.
- ◆ Nature de la nappe alimentant le puits : Alluvions

**Remarques :**

- Creusé par les habitants du village en 1985.
- D'après les gens du village(M.Tawâalat Mohammed) le puits n'a jamais tarit.

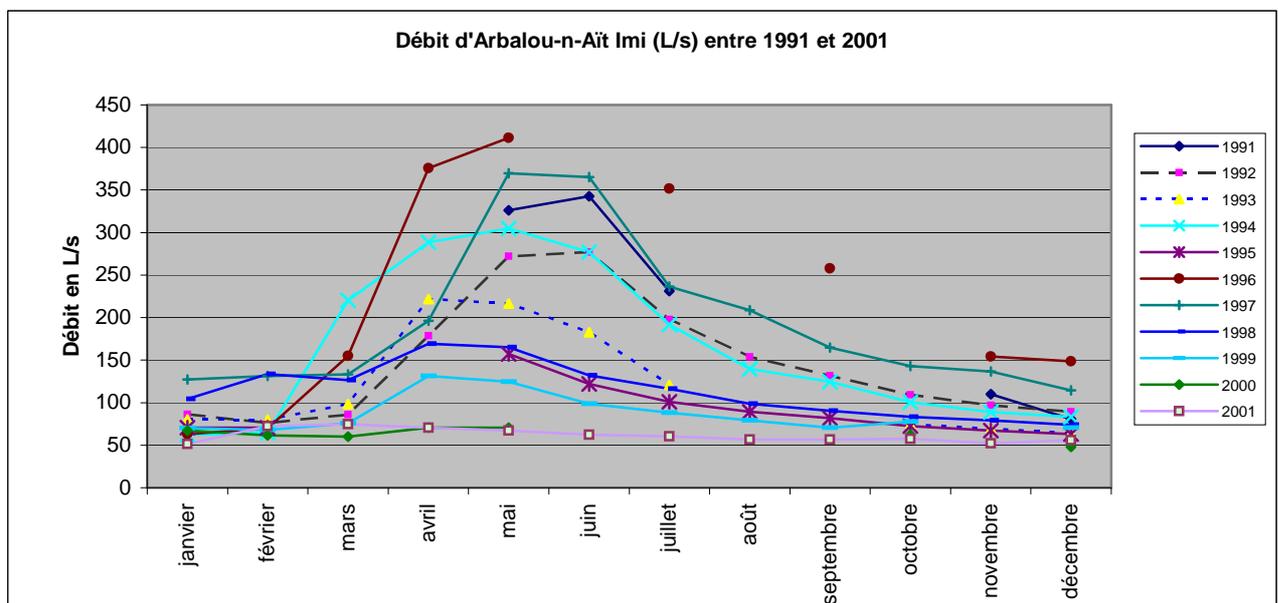
**4- Conclusion :**

D'après cette description des différents points d'eau, on note bien leur nombre important. Deux aquifères potentiels peuvent être cités : (i) l'aquifère contenu dans les calcaires et dolomies d'âge secondaire qui donne naissance à la majorité des sources sortant directement de ceux-ci ou indirectement par un sous-écoulement dans les éboulis dérivant de ces formations et (ii) l'aquifère contenu dans les formations alluviales de la vallée, où certaines résurgences émergent et où la totalité des puits sont creusés. On constate aussi que tous les points sont à usage mixte (AEP et irrigation).

## Interprétations hydrogéologiques :

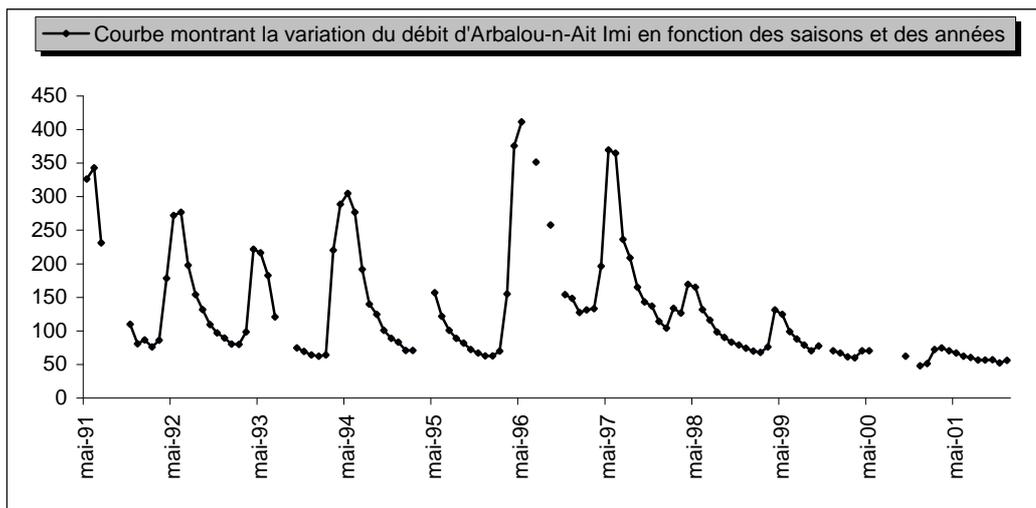
### 1. Analyse hydrologique :

Malgré l'absence d'un suivi systématique des débits des sources et de la piézométrie des puits dans le temps, l'utilisation des quelques données disponibles sur la source-n-Aït Imi indique une évolution saisonnière des débits qui se traduit par une augmentation en hautes eaux (pluie et fonte de neige) et une diminution en basses eaux (Figure 8 et 9).



**Figure 8 : Evolution saisonnière des débits mensuels interannuels d'Aghbalou-n-Aït Imi (1991-2001).**

L'évolution annuelle montre bien l'effet de la sécheresse observée dans la région et qui est déjà observée dans les pluies. On constate bien la chute des débits à partir de l'année 96-97 ; de 400 l/s pour atteindre 50 l/s en 2001 (Figure 9). Malgré cette diminution de débits, il paraît que la source se stabilise à un débit de base autour de 50 l/s indiquant la présence de réserves soutenant l'écoulement de la source en période de déficit hydrique.



**Figure 9 : Variation annuelle des débits d'Arbalou-n-Aït Imi (1991-2001)**

## 2. Analyse géologique et structurale :

L'analyse des données géologiques, structurales et des conditions géologiques des différents points d'eau cités ci-dessus montre deux types d'aquifères :

- ⇒ **Le remplissage Quaternaire** : à perméabilité continue formé essentiellement de conglomérats qui longent les lits des principaux assifs de la vallée et d'alluvions à brèches grossières d'origine calcaire et dolomitique.
- ⇒ **Les aquifères de bordures** : principalement de nature calcaires fracturés et karstifiés, ces aquifères constituent une ressource en eau importante de la vallée. En plus des assifs, ils alimentent aussi les nappes alluviales ( Figure 10).

De même l'examen des coupes géologiques ci-dessous, relevées au niveau de la vallée, indique une géométrie favorable aux écoulements superficiels et souterrains à partir des zones de recharge situées en altitude. L'alternance des niveaux perméables et imperméables permettent la localisation de l'eau à des niveaux différents qui peuvent communiquer à des degrés variables. La disposition géométrique des formations en forme de synclinale est une condition favorable au piégeage des réserves d'eau. Ces dernières peuvent être exploitées à partir des sorties naturelles (sources) et par puits ou forages profonds après une étude approfondie pour le choix du site d'implantation de l'ouvrage de captage. La présence de failles indiquent aussi la possibilité d'une communication hydraulique verticale entre les différents niveaux perméables.

La position des différents points d'eaux, les conditions géologiques et la structure des versants nous a permis de schématiser les écoulements probables sur la figure 11 ci-dessous.

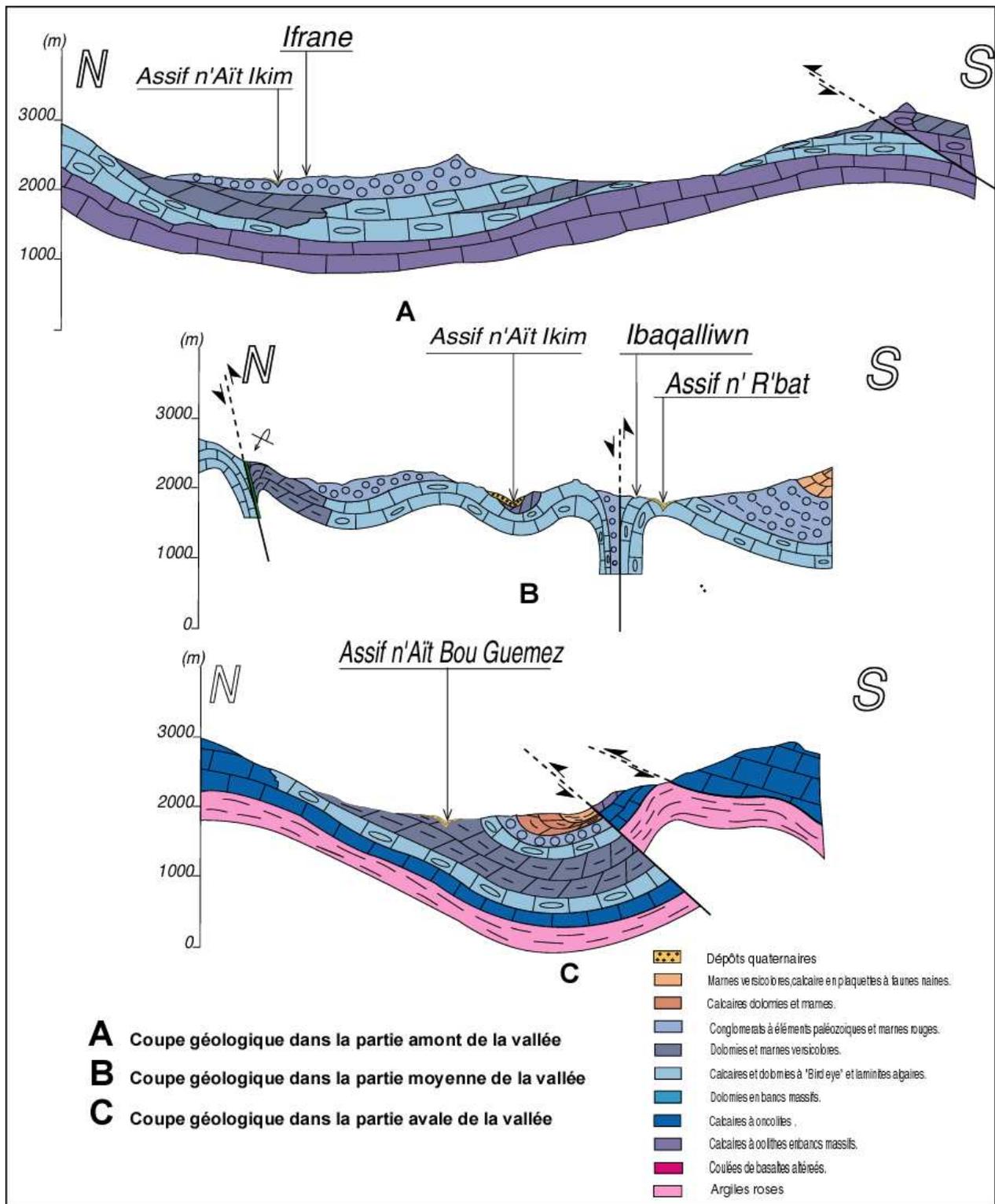
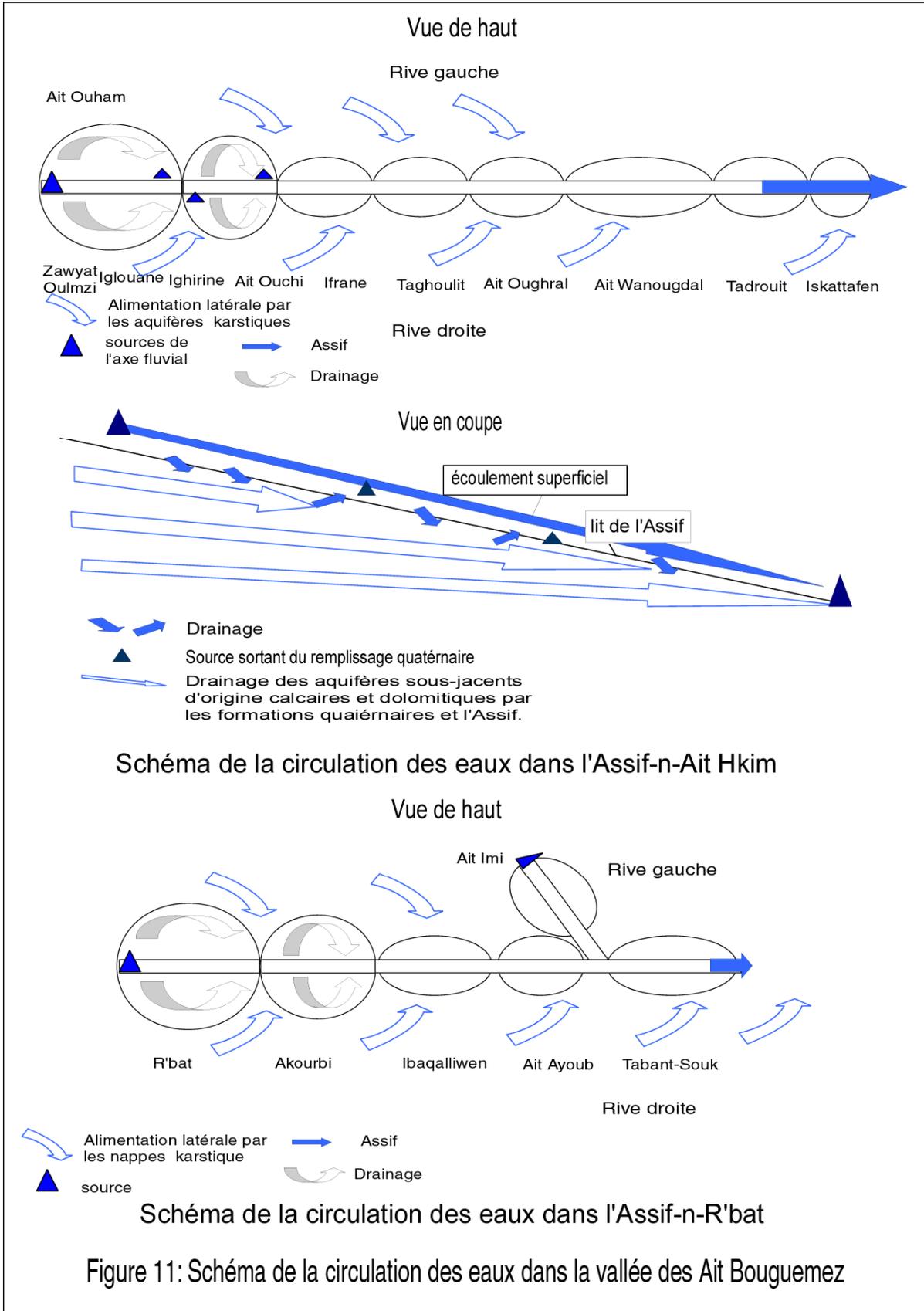


Figure 10 : Coupes géologiques montrant la géométrie des formations dans la vallée.



### **3. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau :**

#### **a. Introduction :**

L'hydrogéochimie constitue un outil essentiel à l'étude du milieu aquifère tant par la diversité de ses informations concernant le magasin que par la possibilité de rendre compte des modalités de circulation des eaux souterraines. En effet, on peut attribuer deux rôles à l'eau ; elle est à la fois créatrice et vecteur d'informations(A.AMINOT, 1974, M.BAKALOWICZ, 1979).

- ❖ L'eau créatrice d'information : lors de son transit dans un aquifère, l'eau dissout la roche. Ainsi la qualité des substances dissoutes renseigne sur les minéraux composants la roche magasin. Ce rôle permet d'acquérir une bonne connaissance de la nature des terrains traversés, des limites du système et des conditions de séjour dans l'aquifère.
- ❖ L'eau vecteur d'information : La composition chimique de l'eau peut évoluer durant son transit. Ainsi l'information recueillie au niveau du point de prélèvement (source, puit...) est fonction de la nature du réservoir, mais également du temps de transit. Ce deuxième rôle est complémentaire du premier, il renseigne sur le fonctionnement du système : vitesse de transit et modalités de circulation.

#### **b. Acquisition des données :**

Trois campagnes de prélèvement d'échantillons d'eau souterraine et de surface ont été réalisées :

- ❖ La première, effectuée entre le 26 et le 29/10/2002, a intéressé 15 points d'eau dont 2 représentent l'eau de surface (canaux d'irrigation : l'un provenant de la source n-Aït Imi et l'autre de celle d'An Souss)
- ❖ La seconde campagne, du 09/03/2003 jusqu'au 13/04/2003 a intéressé 30 points d'eau.
- ❖ La troisième campagne, du 28/04/2003 jusqu'au 02/05/2003 a porté sur 9 points d'eau ( 8 puits et un château d'eau)

#### **c. Paramètres mesurés :**

⇒ **Mesures sur le terrain**

Les paramètres physico-chimiques non conservés doivent être mesurés immédiatement sur le terrain car les eaux, une fois prélevées, sont isolées de leur milieu mère et peuvent

subir des transformations. Ces paramètres sont la température, le pH et la conductivité électrique à 25 °C.

Au cours des trois campagnes de prélèvement effectuées pour cette étude, ces paramètres ont été mesurés en utilisant les mêmes protocoles de mesures et le même appareillage.

Le débit des sources est défini soit par la technique du flotteur ou avec un récipient à volume connu.

#### ⇒ **Mesures au laboratoire :**

Le dosage des éléments majeurs a été effectué au laboratoire de Géologie Appliquée et Géo-Environnement (Equipe d'Hydrogéologie) de l'Université d'Agadir.

Les anions et les cations ont été dosés comme suit:

- Les bicarbonates, les chlorures, le calcium ainsi que le TH sont obtenus par volumétrie; le magnésium est déduit à partir de la relation (TH=[Ca] +[Mg]) ;
- Les cations Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> sont dosés à l'aide d'un spectrophotomètre de flamme ;

#### **d. Critique des données**

La balance ionique (Tableaux 1, 2, 3, 4) :

La balance ionique est l'outil de base de contrôle de la fiabilité des analyses. Les substances dissoutes dans l'eau sont sous forme ionique. Chaque échantillon doit répondre à la règle d'électroneutralité, c'est à dire que la somme des cations doit être égale à celle des anions.

L'expression du pourcentage d'erreur sur la balance ionique (SCHOELLER, 1962) est la suivante :

$$B.I = \frac{\sum (\text{cations}) - \sum (\text{anions})}{\sum (\text{cations}) + \sum (\text{anions})} \times 100$$

Deux causes d'erreur sont à signaler :

- Une erreur systématique de mesure : elle peut être due à la méthode appliquée et à l'observation.
- Certains éléments mineurs n'ont pas été dosés, mais ceux-ci sont souvent représentés en quantité négligeable par rapport aux ions principaux.

En conclusion l'erreur globale commise sur les analyses varient de 0 à 4 % pour la quasi-totalité des échantillons : Cette précision reste suffisante pour les besoins de l'étude.

### e. Résultats obtenus :

Les résultats des analyses physico-chimiques sont représentés dans les tableaux : 1, 2, 3 et 4.

- **La température** : les températures des eaux mesurées sur le terrain varient entre 9.7 et 17.3°C (octobre 2002), et entre 8.4 et 16.1 °C (mars/avril 2002).

- **Le pH** : les pH mesurés sur le terrain, à la température de prélèvement, sont un peu basiques et varient dans l'intervalle compris entre 7.11 et 8.56 unités pH.

- **La conductivité électrique (CE)** : Elle permet d'apprécier la qualité des eaux et la qualité hydraulique du réservoir. En effet, la CE d'une eau est directement proportionnelle à sa minéralisation globale.

Pour les eaux étudiées, les CE enregistrées oscillent entre 210 et 474  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (novembre-2002) et entre 201 et 591  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (avril/mai-2003). L'eau de robinet de Tabant montre une CE de l'ordre de 539  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

- **Le degré hydrotimétrique (T.H)** : dans la plupart des cas le T.H ou la dureté de l'eau est due essentiellement aux ions calcium et magnésium (Rodier, 1984).

Le T.H des eaux souterraines est situé entre 3.36 et 6.4 méq/l (novembre 2002) et entre 8.64 et 3.2 méq/l (avril/mars-2003).

- **Le Calcium et le Magnésium** : la concentration des ions calcium est liée surtout à la nature géologique des terrains traversés par les eaux. Ces ions résultent de l'attaque des roches carbonatées par l'eau riche en CO<sub>2</sub> (Castany, 1982).

La teneur en calcium des eaux souterraines est comprise entre 57.6 et 112 mg/l (novembre 2002), et entre 32 et 102.4 mg/l (avril/mai-2003).

Les teneurs en magnésium des eaux souterraines varient entre 2.94 et 35.25 mg/l (novembre 2002) et entre 7.83 et 68.54 mg/l (avril/mai 2003)

A partir de la description des résultats, on constate que l'ensemble des points d'eau présente une faible minéralisation. L'illustration des cations et des anions sur la figure 12 montre bien la dominance des ions originaires des roches calcaires et dolomitiques. De même le report des échantillons sur le diagramme de Piper (Figure 13 ) indique un faciès bicarbonaté-calcique à magnésien, ce qui concorde bien avec la dominance des roches carbonatées dans le bassin. Ceci montre aussi que la majorité des eaux proviennent des aquifères calcaires et karstifiés mis en évidence dans la vallée. Certains points d'eau montrent une teneur en sulfates relativement élevée qui peut s'expliquer par le lessivage des roches évaporitiques contenues dans les formations jurassiques de la région.

Dénomination	C E $\mu$ s/cm à 25 °C	Temp. °C	pH	Débit de la source l/s	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	B.I
Canal de la source An Souss	335	8,56	8,56	5	237,9	14,2	34,86	0,89	74,4	10,28	1,2	0	-4,67
Puit dans le souk Elhad	474	13,6	7,5		262,3	7,1	115,09	9,66	112	2,94	9	8	-4,71
Robinet au Souk	539	16	7,6		237,9	7,1	115,09	10,23	104	11,75	5,6	10	0,56
Puit à l'E du souk Elhad	465	14,6	7,7		281,82	3,55	93,69	12,45	89,6	13,71	8,9	10	-4,64
Source R'bat	210	9,7	7,9	20	137,86	3,55	72,30	2,79	60	5,39	1,2	4	-3,53
Puits centre Ibaqalliwen	341	12,6	7,9		201,3	7,1	72,30	5,70	68,8	11,75	1,9	3	-5,36
Puits à l'W Ibaqalliwen	373	14,6	7,9		211,06	5,33	88,35	10,10	69,6	13,22	5	9	-4,99
Puits au collège	439	17,3	7,6		247,66	14,2	66,95	17,20	76	14,69	3,6	18	-2,14
Saguia venant d'ait lmi	246	11,2	8,5	40	118,34	7,1	88,35	7,13	57,6	5,88	1,2	6	-5,73
An souss Captée				360 l/h	361,12	7,1	34,86	11,27	70,4	35,25	1,7	2	-3,67
Puits Akourbi	380	12,5		8	206,18	7,1	88,35	5,23	59,2	18,60	1,9	7	-6,50
Puits à Ait lmi	370	14,5			218,38	3,55	115,09	6,08	64	24,48	2,8	4	-6,28
Source Tadrouit	390	12,6			237,9	3,55	61,60	18,75	70,4	13,22	1,7	4	-7,39
Source Ikkis	357	12,5	60		240,34	7,1	18,82	2,69	72	9,79	3,8	9	3,31
An Souss (vraie)	354	12,5		<10	296,46	7,1	29,51	5,51	60	27,91	1,5	0	-4,02

**Tableau.1 Résultats des analyses physico-chimiques de la 1<sup>ère</sup> compagnie**

N° d'échantillon	Dénomination	C.E µs/cm à 25 °C	Temp. °C	pH	Débit de la source l/s	Profondeur du puits (m)	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	B.I
1	Source Taghoulit (Taghoulit)	387,0	11,9	7,4	2		274,5	7,1	32,2	7,3	64,0	20,6	9	1,0	-3,1
2	Source -n-Tifrouine (Taghoulit)	369,0					491,7	14,2	67,0	8,5	60,8	68,5	11	1,0	-5,4
3	Source-n-Ikkis du bas (Ighirine)	381,0	12,4	7,6	20		279,4	7,1	13,5	18,6	62,4	16,6	11	2,0	-5,0
4	Source-n-Ikkis du haut (Ighirine)	378,0	12,7	7,6	10		213,5	7,1	21,5	19,5	64,0	16,6	10	3,0	5,1
5	Source-n-Aït khouAli (Ighirine)	335,0	14,9	7,7	3		233,0	7,1	24,2	15,1	56,0	16,6	3	2,0	-4,9
6	Tiflit-n-Aït Asri Est (Ighirine)	325,0	10,8	7,3	10		223,3	21,3	13,5	13,2	52,8	17,6	9	0,0	-4,9
7	Tiflit-n-Aït Asri West (Ighirine)	275,0	9,8	7,5	20		207,4	17,8	13,5	12,7	51,2	16,6	5	0,0	-4,0
8	Puits Ibaqalliwen	380,0	12,8	7,4		26,0	237,9	7,1	61,6	10,3	49,6	27,4	11	0,0	-5,2
9	Source Ibaqalliwen non captée	557,0	14,9	7,4	<1		369,7	21,3	61,6	5,1	48,0	52,9	11	8,0	-4,4
10	Source Ibaqalliwen captée	570,0	16,1	7,7	<1		364,8	14,2	50,9	3,4	43,2	49,0	28	14,0	-0,1
11	Puits Aït Ayoub	418,0	12,4	7,5		27,0	240,3	10,7	88,3	7,7	52,8	36,2	11	0,0	-2,7
12	Source-n-Taghfist (Zawyat oulmzi)	239,0	9,8	7,9	12		179,3	7,1	18,8	12,4	32,0	19,6	7	0,0	-4,2
13	Source-n-Talat (captée) (Zawyat oulmzi)	309,0	10,6	7,7	1		240,3	7,1	24,2	12,6	44,8	21,5	7	2,0	-5,5
14	Source-n-Itkhchi (Zawyat oulmzi)	394,0	13,2	7,5	3		289,1	10,7	29,5	12,0	44,8	33,3	8	1,0	-5,8

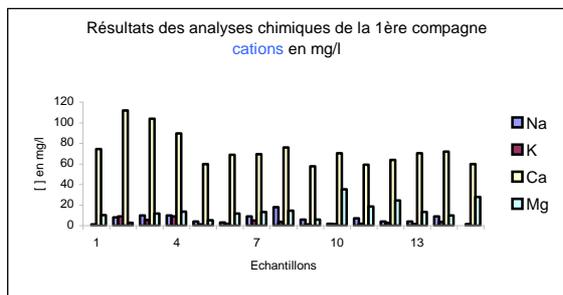
**Tableau.2 : Résultats des analyses physico-chimiques des points d'eau des villages de 1<sup>ère</sup> priorité**

N° d'échantillon	Dénomination	C.E µs/cm à 25 °C	Temp. °C	pH	Débit de la source l/s	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	B.I
1	Aghbalou-n- Aït megdoul(Ifrane)	376,0	11,3	7,5	20	279,4	14,2	13,9	9,7	70,4	16,6	9	2	-4,1
2	Tirboula-n-Ifrane captée (Ifrane)	394,0	13,1	7,9		281,8	14,2	15,6	5,1	64,0	17,1	11	5	-5,7
3	Aghbalou-n-Aït Ouchi(Aït Ouchi)	282,0	10,8	8,2	10	194,0	21,3	12,2	15,1	59,2	7,8	11	0	-5,0
4	Taghbalout-n-Owejja (Aït Ouchi)	412,0	14,9	7,5	6	286,7	14,2	13,9	9,8	72,0	14,7	10	5	-4,8
5	Robinet Châteeau d'eau(Aït Imi)	229,0	10,6	8,2	#	169,6	28,4	13,9	11,7	24,0	18,6	3	12	-4,9
6	Aghbalou-n-Aït Imi(Aït Imi)	214,0	8,5	8,0	175	135,4	10,7	34,2	14,9	36,0	16,2	9	1	-4,5
7	Taghbalout-n-Aït Oughral(Aït Oughral)	507,0	15,2	7,5	5	320,9	14,2	54,4	7,2	62,4	30,4	5	12	-5,6
8	Aghbalou-n-Aït Aâmer	271,0	9,3	7,4	50	194,0	14,2	13,9	7,9	51,2	12,7	11	0	-5,3
9	Aghbalou-n- Aït Ouham(Aït Ouham)	208,0	8,7	7,8	180	159,8	21,3	13,9	12,4	43,2	14,7	11	0	-4,7
10	Aghbalou-n-Amkerkes (R'bat)	253,0	9,4	8,4	1	196,4	7,1	18,9	9,3	52,8	11,8	28	0	-4,7
11	Aghbalou-n-R'bat (R'bat)	208,0	8,6	7,8	120	157,4	21,3	13,9	14,6	40,0	22,5	11	0	4,3
12	Tawayya (R'bat)	201,0	8,4	7,9	80	157,4	10,7	17,2	12,9	40,0	23,5	7	0	5,1
13	Aghbalou-n-Aït Ouakhoum(Tabant)	468,0	12,3	7,2	100	306,2	21,3	51,1	7,3	72,0	28,9	7	2	-5,6
14	Aghbalou-n-Tadrout (Tadrout)	384,0	12,4	7,6	200	208,6	21,3	61,2	7,5	59,2	22,0	8	1	-5,8

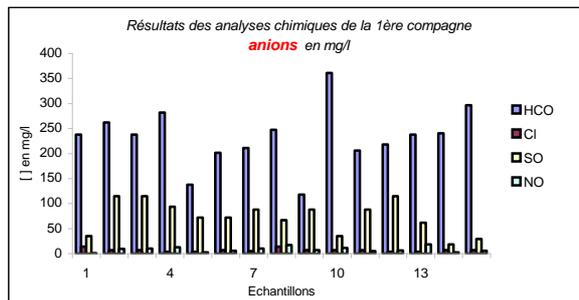
**Tableau.3 : Résultats des analyses physico-chimiques des points d'eau des villages de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> priorité (mg/l)**

Echantillons	Déomination	C.E µs/cm à 25 °C	Temp. °C	pH	Profondeur du puits(m)	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	B.I
1	P, Talmoudat	462,0	12,9	7,6	20	330,6	14,2	40,9	5,8	78,4	24,5	1,6	1	-6,0
2	P, Tabant	570,0	13,2	7,5	12	362,3	28,4	27,4	11,4	102,4	23,5	2,9	3	-2,2
3	P, Aït Wanougdal	402,0	12,0	7,5	25	308,7	14,2	44,3	6,9	80,0	21,5	1,1	1	-5,4
4	P1, Iglouane	267,0	9,5	7,2	8	267,2	17,8	18,9	9,4	72,0	14,7	0,8	1	-5,9
5	P2, Iglouane	259,0	9,6	7,1	8	184,2	14,2	20,6	7,3	49,6	12,7	0,5	2	-5,3
6	P, Ikhf-n-Ighir	464,0	13,1	7,6	26	328,2	17,8	27,4	4,5	76,8	23,5	1,4	1	-5,2
7	P, Taghoulit	408,0	12,5	7,3	16	257,4	21,3	57,8	9,4	67,2	27,4	1,2	1	-5,5
8	P, Imelghas	591,0	13,5	7,7	26	394,1	17,8	34,2	8,8	76,8	36,2	7,7	2	-4,2
9	C E, Tabant	378,0	19,4	7,8		189,1	7,1	44,3	9,9	57,6	11,8	0,6	2	-4,9

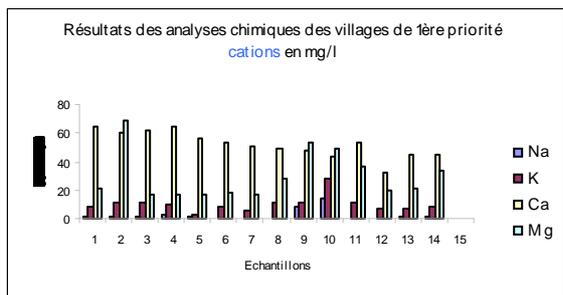
**Tableau.4 : Résultats des analyses physico-chimiques des puits (mg/l).**



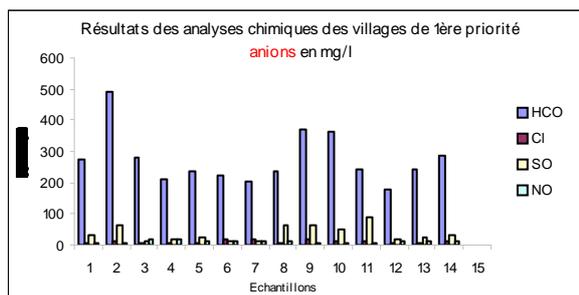
A



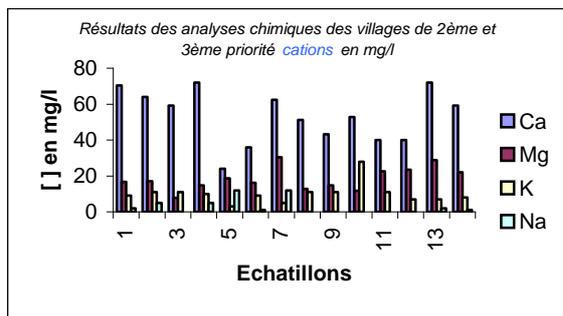
B



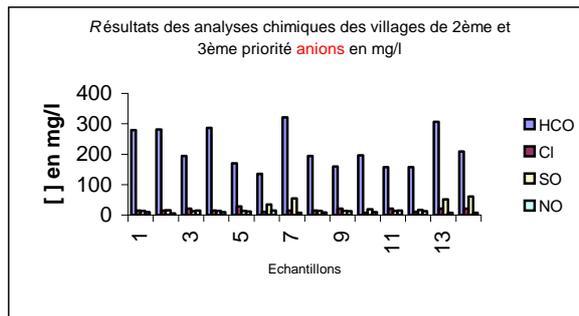
C



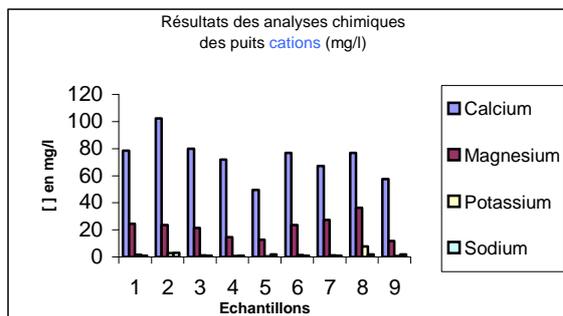
D



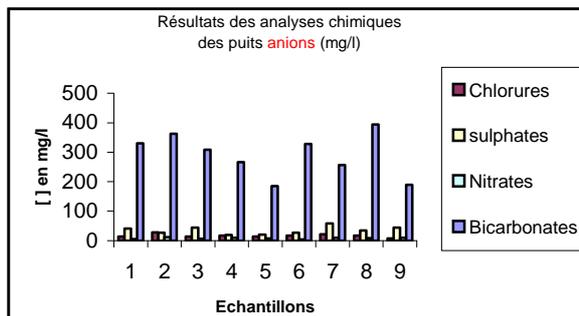
E



F



G



H

Figure 12 : Teneurs en éléments chimiques dans les eaux de la vallée.

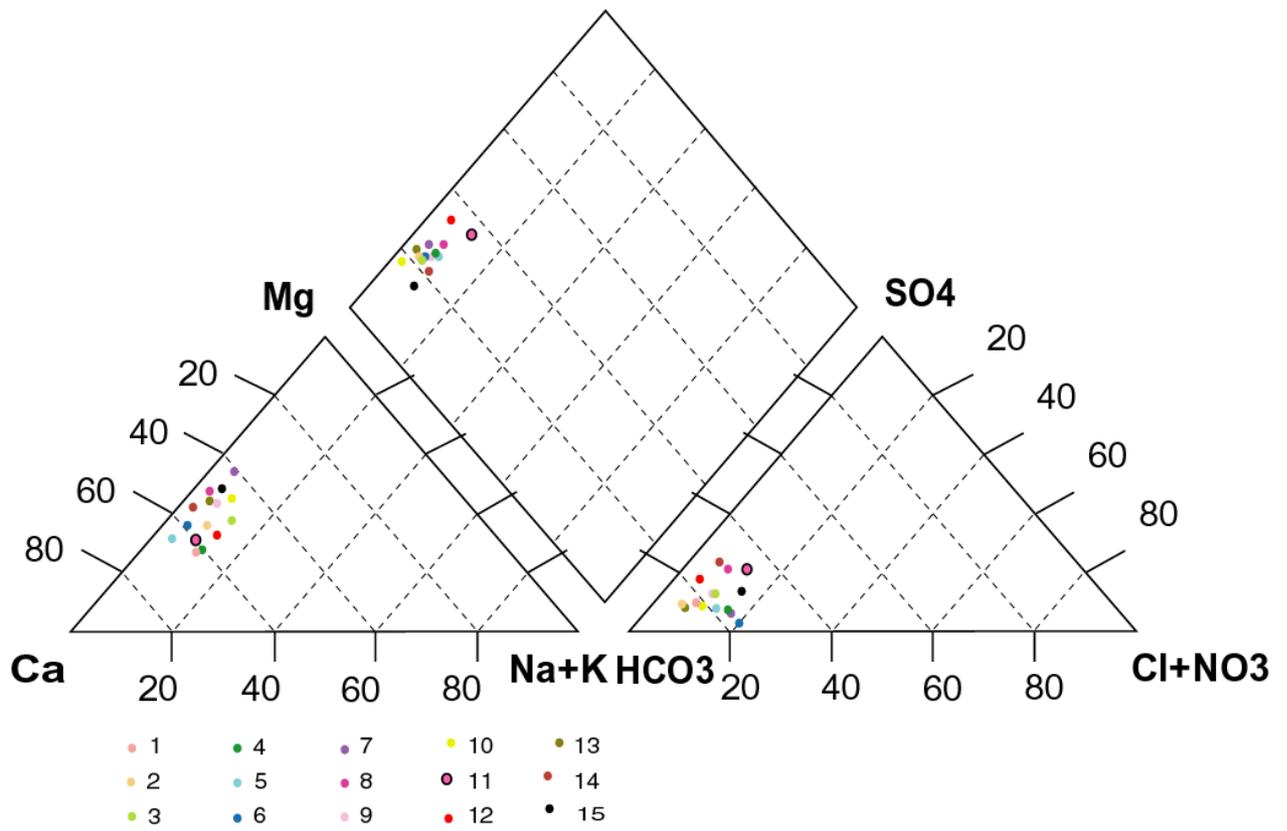


Diagramme A (1<sup>ère</sup> campagne)

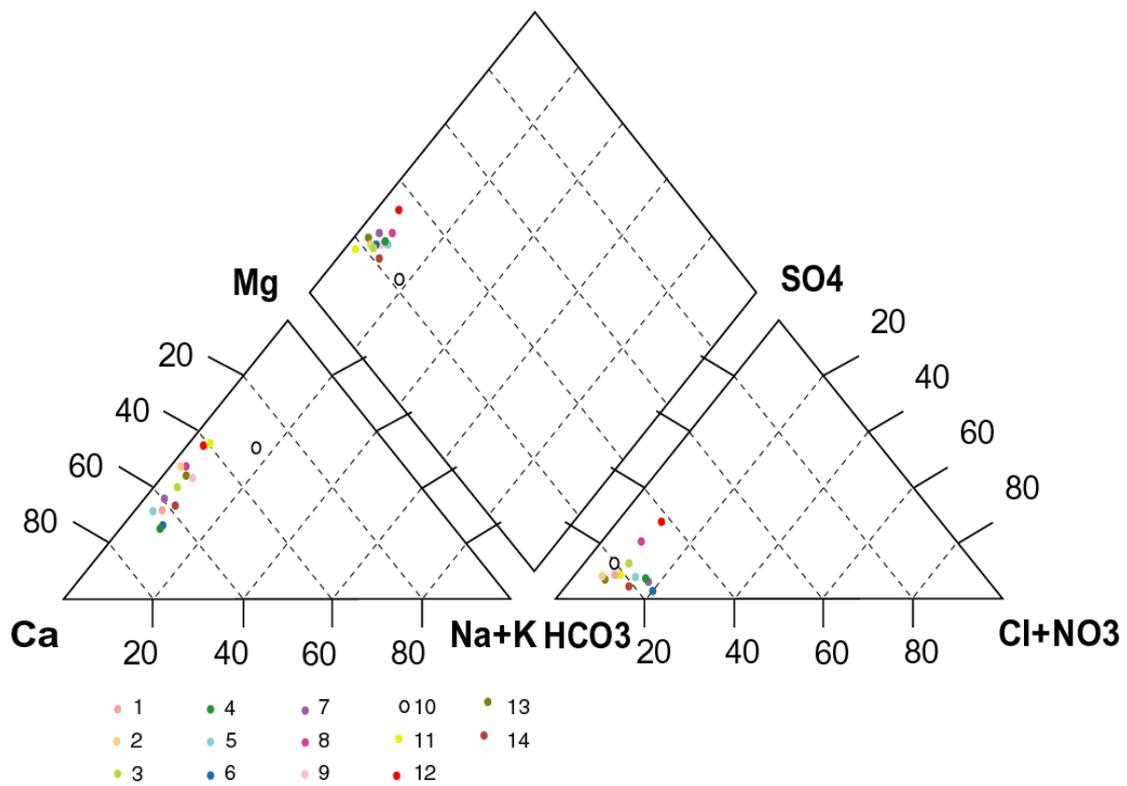
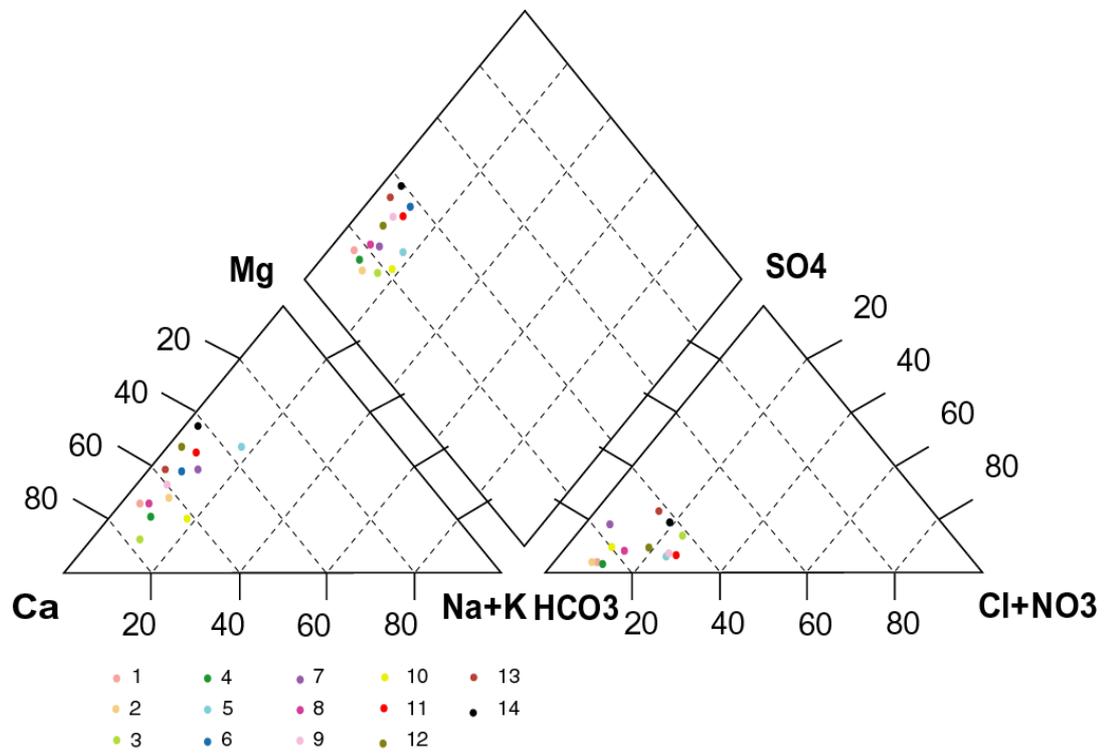
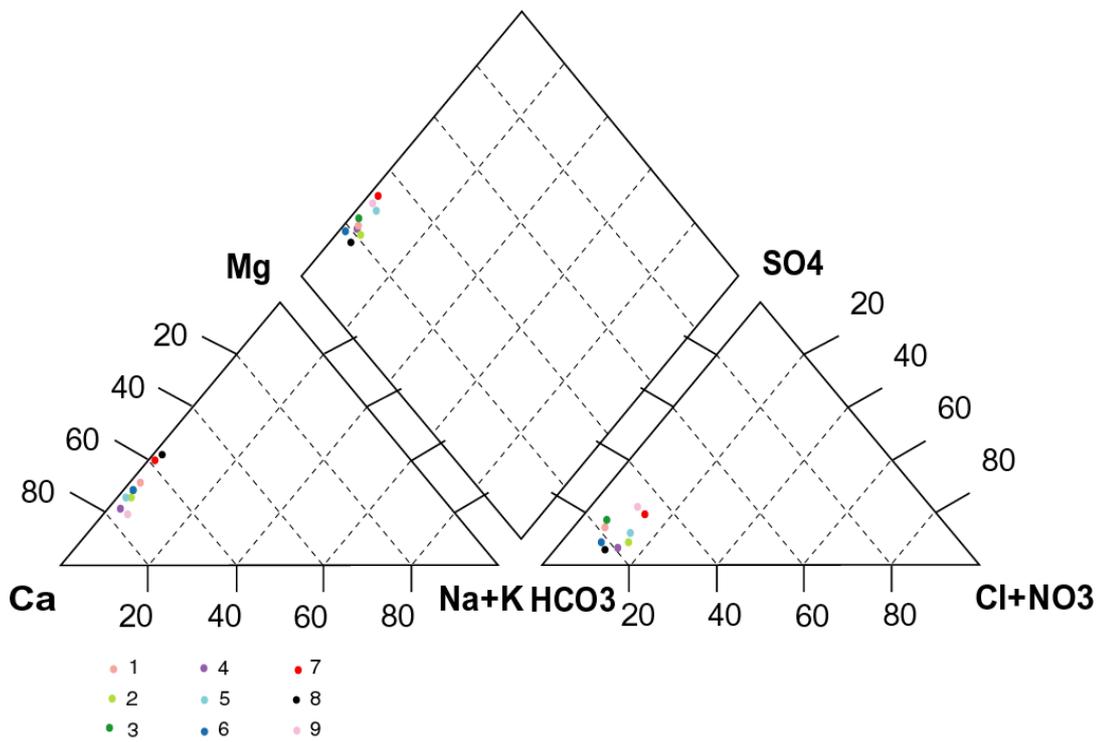


Diagramme B (villages de 1<sup>ère</sup> priorité).



**Diagramme C (villages de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> priorité).**



**Diagramme D (puits).**

**Figure 13 : Diagrammes de Piper (faciès chimiques des eaux)**

#### f. Potabilité des eaux :

Les eaux de la vallée présentent une qualité acceptable par rapport aux normes marocaines des eaux d'alimentation humaine (Tableau 5). Cependant leur contamination par les sels et les nitrates diminue leur qualité ce qui nous incite à tirer la sonnette d'alarme, et essayer de contrer le problème de contamination des eaux dans la région avant que cela ne devienne critique. La totalité des eaux analysées dans la vallée montre des teneurs en Nitrates de 1 à 20 mg/l . Cet élément d'origine anthropique indique bien l'impact que peut avoir les épandages agricoles dans la vallée et les rejets d'eaux usées dans les fosses septiques traditionnelles. Ces dernières sont généralement creusées dans les alluvions de l'oued ou sur les éboulis des talus. La grande perméabilité des formations alluvionnaires et la situation des maisons sur des pentes peuvent favoriser la circulation de ces eaux usées pour atteindre et contaminer les eaux dans la vallée.

Paramètres	Valeur Requise (VMR)	Valeur Maximale Admissible (VMA)	Valeur Minimale Recommandée (VmR)
pH(unité pH)	6,5<ph<8,5	9,2	6
CE(µs/cm)	1300	2700	110
T.H(méq/l)	6		2
Magnésium (mg/l)	100		
Chlorures (mg/l)	300	750	
Sulfates (mg/l)	200		
Nitrates (mg/l)		50	

**Tableau 5 : Normes marocaines relatives à la qualité des eaux d'alimentation humaine (O.N.E.P, 1989)**

L'application de ces normes sur les résultats obtenus au niveau des différents points d'eau, permet de dire que la totalité des eaux récoltées lors des campagnes effectuées présente une qualité admissible du point de vue physico-chimique, mais il reste à voir le côté bactériologique.

Du point de vue bactériologique, quelques points ont fait l'objet d'un contrôle le 02/10/2002 par le Laboratoire Elyo à Casablanca, d'après Philippe Ballet (Tableau. 6) :

Paramètres Analysés		ibqlliwen	Taghoulit	Talmoudat	Ighirine	Zawyat Oulmzi
Coliformes fécaux	/100ml	0	0	0	15	0
Coliformes totaux	/100ml	13	20	150	265	100
Spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices	/100ml	2	0	2	3	0
Streptocoques fécaux	/100ml	2	0	30	130	1
Pseudomonas aeruginosa	/100ml	0	0	0	0	0
Germes aérobies anaérobies facultatifs à 22°C	/1ml	14	33	390	1400	140

**Tableau.6 : Analyses bactériologiques dans les eaux de cinq sources de La vallée.**

les paramètres bactériologiques analysés ont relevé une contamination d'origine fécale, ce qui confirme bien l'impact du rejet des eaux usées sur la qualité de l'eau des sources. Cette eau peut, après une désinfection adéquate à l'eau de javel, servir à une consommation humaine.

Pour désinfecter cette eau, ajouter au niveau de la bache de stockage 75 à 100 ml d'eau de javel du commerce à 12° Chlorométrique par m<sup>3</sup> d'eau traitée.

Il convient de souligner désinfection bien menée doit se faire en permanence et doit respecter un temps de contact de 30 minutes entre l'eau et le désinfectant.

### **Conclusion :**

L'impact de l'activité humaine sur la qualité des eaux est bien évident au niveau de la vallée. Si la contamination ne présente pas de danger actuellement, il est impératif de prévoir la sauvegarde de la bonne qualité que présentent ces eaux. Ceci peut passer par une rationalisation des quantités d'engrais utilisés et les modalités d'assainissement ou perfectionnement des fosses septiques.

Remarque : voici d'autres causes éventuelles de la pollution :

- Lessives le long des Oueds et autour des points d'eau.
- Abattoirs du souk, etc..

## **Conclusion générale et Recommandations :**

La situation géographique et la morphologie de la région étudiée sont des conditions favorables à un climat montagnard du Haut Atlas marocain le plus arrosé (Pluie, neige). Malgré l'insuffisance de données hydrogéologiques classiques ou approfondies (Piézométrie, suivi systématique des sources, traçage, etc..) pour bien caractériser les aquifères de la région, l'abondance des points d'eau dans la vallée ne laisse aucun doute quant à ses potentialités hydriques, et la dominance des faciès bicarbonatés et calciques témoigne de l'origine calcaire de ces eaux. Bien que les eaux d'origine karstique sont dominantes, l'aquifère contenu dans les formations alluviales de la vallée est aussi un réservoir très important de ressources en eau. La communication hydraulique entre les deux unités est évidente. Le soutien de l'alimentation par les pluies et la fonte des neiges explique la permanence de certains points d'eau pendant les périodes de sécheresse. La fracturation et la karstification observées dans les niveaux carbonatés sont le siège d'une circulation et mise en réserve des quantités d'eau. La grande perméabilité des alluvions au niveau de la vallée offre une homogénéisation des écoulements dans la plaine alluviale, ce qui permet une exploitation de cette ressource par les puits. La qualité de l'eau est très satisfaisante. Les eaux sont moins minéralisées indiquant l'influence directe des eaux de pluie et de fonte des neiges. Si cette faible minéralisation ne pose pas de gros problème pour la consommation humaine, elle peut être déficitaire en éléments nutritifs pour certaines plantes, ce qui pousse apparemment les agriculteurs à combler ce manque par les engrais. La présence des nitrates dans les points d'eau en est une preuve de l'impact de ces fertilisants. Cet impact agricole peut s'accroître par les rejets d'eaux usées pour certains points d'eau. Cependant, malgré les potentialités de la région en eau, il est impératif de songer à la bien gérer, d'éviter de la contaminer et de la gaspiller.

En se basant sur l'apport de cette étude sommaire, certaines recommandations s'imposent :

+Lutter contre le gaspillage de l'eau par:

- ◆ Bétonnage des seguias surtout celles qui sont sur les formations quaternaires pour éviter les infiltrations.
- ◆ Captage des sources, comme c'est le cas de la source d'Ansous.

- ◆ L'amélioration des méthodes d'irrigation des terrains agricoles, ce qui va permettre une augmentation de la production et la réintégration des cultures disparues sous l'effet de la sécheresse.
- ◆ Sensibiliser les gens à la valeur de l'eau.

+Sauvegarder la qualité de l'eau et de l'environnement de la vallée en général:

- ◆ il faut réfléchir dès maintenant à toute éventuelle contamination ou pollution de la ressource dans la région ;
- ◆ Etablir des périmètres de protection des points d'eau à usage domestique ;
- ◆ Il faut penser à drainer les eaux usées, perfectionner le système des fosses septiques ou effectuer un lagunage avec un traitement mécanique (filtre), chimique ou biologique (oxygénation) pour que l'eau puisse être utilisée pour l'irrigation ;
- ◆ Construire davantage des réservoirs d'eau ;
- ◆ Penser à des barrages collinaires ou souterrains ;
- ◆ Expliquer aux habitants de la vallée l'importance des fosses septiques, et les mettre en garde contre le danger de jeter leurs déchets dans la nature.
- ◆ Traitement des eaux : au moins à l'eau de javel.
- ◆ Rationaliser l'utilisation des engrais.
- ◆ Constructions de lavoirs pour:
  - Faciliter la tâche pour les femmes, pour leurs lessives.
  - minimiser la pollution causée par cette lessive.

## **Autres problèmes qui touchent la vallée :**

### **1. Déboisement :**

Dans toute la région, c'est l'un des problèmes environnementaux majeurs. La forêt est victime d'une surexploitation comme étant la seule source d'énergie utilisable, en outre, elle fait l'objet d'un déboisement pour accroître la surface des terres arables. Le bois est principalement utilisé comme bois de feu (cuisson et pour se chauffer). Mais il sert aussi

pour la réalisation des toitures. Cette exploitation de la forêt, même pour les stricts besoins locaux, n'est pas viable en raison de l'augmentation de la population. Outre la perte écologique qu'il représente, le recul de la forêt pose des difficultés quotidiennes aux femmes : le bois de feu est à chercher de plus en plus loin, parfois à des km (exemple : village R'bat), ce qui représente en montagne des heures de marche.

## **2. Une condition féminine difficile :**

La répartition du travail entre hommes et femmes est notoirement très inégale dans les zones rurales du Maroc. Les femmes font en effet absolument toutes les tâches domestiques (soins aux enfants, approvisionnement en eau et en bois de feu pour le four, cuisson du pain et préparation des repas, ménage, lessive, récolte...).

Elles ont l'exclusivité de certaines tâches agricoles : gardiennage et traite des animaux, approvisionnement en plantes fourragères pour les animaux, labour, moisson, récolte... et aident les hommes aux champs quand il le faut.

Les hommes s'occupent des cultures et ne font strictement rien quand la saison est creuse. Cette répartition des tâches s'explique historiquement et était équitable lorsque les hommes avaient en charge la sécurité du douar.

Les femmes sont tout le temps affairées, portant de lourdes charges : bois, eau, plantes, linge à laver à la rivière...

De multiples actions sociales devraient être donc conduites au profit des femmes : alphabétisation, initiation aux activités artisanales peu développées dans la zone pour générer des revenus, introduction de nouveaux équipements (fours collectifs) pour alléger la charge du travail.

Donc l'amélioration des conditions de vie de la population peut se faire par :

- l'amélioration des systèmes de production et la diversification des cultures
- la mise en place d'activités génératrices de revenus comme l'apiculture, l'artisanat, l'écotourisme, tourisme de montagne ...

- l'allègement du travail de la femme et l'amélioration de l'accès de la population aux équipements de base (école, services sanitaires...).

- l'amélioration de la gestion et de l'utilisation des ressources existantes : eau et forêt

## **Remerciements**

Je tiens à remercier tous ceux, qui par leurs qualités scientifiques, techniques et humaines, m'ont aidé à mener à bien ce travail:

### **1. A Beni mellal :**

- **M. AGHAZZAF. B.** : Responsable du service d'Hydrologie à l'Agence du Bassin d'Oum Errabâa.
- **M. ABAOUI J.** : Thésard à la Faculté des Sciences et Techniques à Beni mellal.

### **2. A Azilal :**

- **M. ELBALI. A**: Responsable du service pluviométrique à la D P A d'Azilal.

### **3. Dans la vallée des aït Bouguemez :**

- **Mme. PIERSON. F**: Présidant de l'association Arbalou ( A la Rencontre des Berbères de l'Atlas)
- **M.. BALLET. P**: Analyses micro biologiques de différents points d'eau dans la Vallée
- **Mme VALONY. M.J.**: Professeur au CNEARC à Montpellier.
- **Melle RIAUX. J.**: Thésard au CNEARC.
- **Groupe de stagiaires** du CNEARC de Montpellier.
- **Groupe de stagiaires** de l'IAV de Rabat.
- **M. JAMAL. A.**: Le responsable des données pluviométriques à la quiada de tabant.
- **Membres de l'association des Ait Bouguemez.**
- **M. APPOLIN. F**, Directeur des programmes de CICDA.

### **4. Au Laboratoire de Géologie Appliquée de l'Université Ibn Zohr d'Agadir :**

- **M. BOUCHAOU. L.**, (P.E.S Géologie et Géo-environnement). Responsable du Laboratoire de Géologie Appliquée, qui a assuré l'encadrement de ce mémoire.
- **M. HSSISSOU Y**, (P.H Géologie et et Géo-environnement et Géo-environnement), qui a assuré le co-encadrement de ce mémoire.
- **M. FAIK. F**, Professeur de géologie structural à l'Université Ibn Zohr.
- **M. MOURTAJI. A**, Professeur de géologie de Maroc à l'Université Ibn Zohr.
- **Melle. KRIMISSA. S, M. DINDANE. K. et AHKOUK. S**, des thésards à l'Université Ibn Zohr d'Agadir.

## **Bibliographie :**

- **AHKOUK. S. (1999)** : Contribution à l'étude de la qualité des eaux de la nappe libre des Chtouka (Bassin du Souss-Massa, Maroc) . Mém. DESA. Univ. Ibnou Zohr. Agadir.
- **AMINOT. A.(1974)**: Géochimie des eaux d'aquifères karstiques. Les analyses chimiques en hydrogéologie karstique. Ann. Spéoléo., t.29, fasc.4, pp.461-483.
- **AUCLAIR L. (1991)** : l'approvisionnement communautaires de forets dans le Haut Atlas marocain. Cah. Sri.hum.3.2( 1, 1996. 177- 194) Appropriation forestière au Maroc p.181
- **BAKALOWICZ M. (1979)**: Contribution de géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. Thèse Doc. Ès Sciences Univ. P. Et M. Curie, Paris, 270 p.
- **BOUCHAOU. L (1988)**: hydrogéologie du bassin des sources karstiques du complexe calcaire Haut - Atlasien du Dir de Beni Mellal (Maroc). Doct. Univ. Franche, Sci. Terre, Besançon, 182p.
- **BOUCHAOU. L (1995)**: Apports des isotopes stables à l'étude des modalités d'alimentation des aquifères du Tadla (Maroc) sous climat semi-aride. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 320, série II a.
- **CASTANY G. (1982)** : Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Ed. DUNOD. Paris. France.
- **FRADET P. (1985)** : Etude hydrogéologique du bassin aval du Ceou (Affluent de la Dordogne). Recherche d'eaux souterraines destinées à l'irrigation.
- **FADILE A. (1987)** : Structure et évolution alpine du Haut Atlas central sur la transversale Aghbala – Imilchil (Maroc). Thèse de 3ème cycle Univ. Paul SABATIER, Toulouse (France).
- **HAKIM B. (1982)** : Recherches hydrologiques et hydrochimiques sur quelques karsts méditerranéens : Liban, Syrie et Maroc.
- **HSISSOU Y. (1991)** : L'aquifère des calcaires du Turonien (bassin du Tadla, Maroc). Alimentations locales et lointaines à partir de l'Atlas. Thèse. Doct. De l'Univ. de Franche-Compte en sciences de la terre. 196p.
- **HSISSOU Y. (1999)** : Impact de l'environnement naturel et anthropique sur la qualité des eaux alluviales en zone semi-aride: cas de la plaine du souss. Thèse. Doct. Etat, Univ. Ibnou Zohr, Agadir, Maroc, 228p.
- **JOSSEN J.A. (1987)** : Plate forme carbonatée liasique du fond du golf hautatlasique (Maroc). Evolution paléogéographique. Ministère de l'énergie et des mines Rabat - Maroc (inédit).

- **KRIMISSA. S. (1998)** : Reconnaissance hydrochimique et isotopique du système aquifère de la région de Chtouka - Massa (Agadir, Maroc). Mém. DEA. Univ. Paris sud. 129p.
- **LAVILLE E. (1978)** : Incidence des jeux successifs d'un accident synsédimentaire sur les structures plicatives du versant Nord du Haut Atlas Central (Maroc). Bull. Soc. Géol. France t.20, n°3, pp : 221-228.
- **LAVILLE E. (1981)** : Rôle des décrochements dans le mécanisme de formation des bassins d'effondrement du Haut Atlas marocain au cours des temps triasiques et liasiques. Bull. Soc. Géol. France (7) t : XXIII, n°3, pp: 303-312.
- **LE COUVREUR G. (1977)** : Essai sur l'évolution morphologique du Haut Atlas central calcaire (Maroc). Thèse doct. d'état en 3 tomes Univ. L.Pasteur haute Bretagne (Rennes II), 931p, pp : 409-430.
- **LECESTRE-ROLLIER. B (1992)** : L'anthropologie d'un espace montagnard ( la Vallée des Aït Bougumez Haut Atlas Marocain ). Thèse. Doct. Univ. René Descartes
- **MARTIN. P (2002)** : Quel développement agricole pour la Vallée des Aït bougumez ? Mémoire de fin d'étude.
- **MONBARON M. (1982)** : Précisions sur la chronologie de la tectogénèse atlasique. C.R. Acad. Sc. Paris: t. 294, série II pp: 883-885.
- **NGUESSAN. A. (1985)** : Contribution à l'Hydrogéologie de la région centrale de la Côte d'Ivoire et analyse statistique des résultats de forage.
- **RODIER. J. (Version 1991)** Analyses Chimiques de l'Eau. 7ème édition .
- **SCHAER J.P. (1966)** : Etages tectoniques, interférences entre les structures dans le Haut Atlas marocain. Institut de géol. Neuchatel (Suisse).
- **SCHOELLER H. (1962)** : Les eaux souterraines. Edit. Masson et Cie, Paris, 640 p.
- **STUDER M. & DRESNAY R. (1980)** : Déformations synsédimentaires en compression pendant le Lias supérieur et du Dogger au Tizi n'Irhil (Haut atlas central de Midelt-Maroc). Bull. Soc. Géol. France t.XXII n° 3, pp : 391-397.
- **Notes et mémoires du service géologique (1977)** : Ressources en Eau du Maroc, Tome 3, Domaines atlasique et sud-atlasique.
- **Karst environnement** : Symposium sur les Karsts à l'Université de Malaga.
- **Carte Géologique (1/100'000)** de Zawyat Ahensal : Edition du Service Géologique du Maroc Notes et Mémoires N° 355 (1999).
- **Carte topographique** de Zawyat Ahensal (1/100'000).

### **Listes des Figures :**

- ⇒ Figure 1 : Géographie du Maroc.
- ⇒ Figure 2 : Pluies mensuelles inter annuelles (1992-2002) de la station de Tabant.
- ⇒ Figure 3 : Pluies mensuelles à la station de Tabant (1992-2002)
- ⇒ Figure 4 : Carte géologique de la vallée (d'après la carte géologique de Zawyat Ahançal)
- ⇒ Figure 5 : Réseau Hydrographique de la vallée des Ait Bouguemez
- ⇒ Figure 6 : Assif n'Ait Hkim et localisation des sources
- ⇒ Figure 7 : Assif Rbat et Ait Imi
- ⇒ Figure 8 : Evolution saisonnière des débits mensuels inter annuels d'Aghbalou n'Ait Imi (1991-2001).
- ⇒ Figure 9 : Variation annuelle des débits d'Ait Imi (1991-2001)
- ⇒ Figure 10 : Coupes géologiques montrant la géométrie des formations dans la vallée.
- ⇒ Figure 11: Schéma de lacirculation des eaux dans la vallée des Ait Bouguemez
- ⇒ Figure 12 : Teneurs en éléments chimiques dans les eaux de la vallée
- ⇒ Figure 13 : Diagrammes Piper

### **Listes des Tableaux :**

- ⇒ Tableau.1 : Résultats des analyses physico-chimiques de la 1<sup>ère</sup> compagne
- ⇒ Tableau.2 : Résultats des analyses physico-chimiques des points d'eau des villages de 1<sup>ère</sup> priorité
- ⇒ Tableau.3 : Résultats des analyses physico-chimiques des points d'eau des villages de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> priorité (mg/l)
- ⇒ Tableau.4 : Résultats des analyses physico-chimiques des puits mg/l
- ⇒ Tableau.5 : Normes marocaines relatives à la qualité des eaux d'alimentation humaine (O.N.E.P, 1989)
- ⇒ Tableau.6 : Analyses bactériologiques de cinq points d'eau de La vallée