



Université Cadi Ayyad
Faculté des Sciences et Techniques Marrakech
Département des Sciences de la Terre



Agence du Bassin Hydraulique
du Souss Massa
Agadir

Mémoire de stage de fin d'études

Master sciences et techniques

Eau et Environnement



**Reconnaissance et exploitation des ressources en eau
souterraines des bassins du Souss, de Massa et de Tiznit
(Maroc) :**

**Elaboration d'un outil à base du Système d'Information
Géographique (SIG) en vue d'orienter les travaux de
reconnaissance hydrogéologique**

Réalisé par :

Latifa AL YACOUBI

Sous la direction de :

- Pr. M. AGOUSSINE** : Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech
- Mr. A. FANZI** : Ingénieur Hydrogéologue à Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa, Agadir
- Mr. J. EL QAYEDY** : Docteur Hydrogéologue à Société LBIR FORAGE ET FONDATION, Agadir

Soutenu le 28/09/2012 devant la commission d'examen composée de :

- M. AGOUSSINE** : Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques-Marrakech : Encadrant
- L. HANICH** : Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques-Marrakech : Examineur
- M. SAIDI** : Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques-Marrakech : Examineur

2011/2012

Remerciement

L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien de dieu et de certaines personnes :

Je tiens tout d'abord à remercier mes encadrants L'Ingénieur Mr A.Fanzi, le Docteur Mr J.El Qayedi, et le Professeur Mr M. Agoussine à qui j'adresse ma profonde gratitude pour leur compréhension et qui n'ont pas manqué de me prêter main forte et encouragement tout au long de mon stage.

Ensuite, Mes vifs remerciements et ma profonde gratitude aux professeurs qui ont accepté d'examiner ce travail. Veuillez trouver ici les expressions de mon profond respect.

Un grand merci aux personelles de l'agence du bassin hydraulique Souss Massa Draa pour leurs soutiens.

Je présente mes sincères et vifs remerciements à mes parents, que ce travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, de vos prières et le fruit de vos innombrables sacrifices.

Je remercie vivement mes biens aimés sœurs et frères, pour leur encouragement.

Merci à mes fidèles amis(es) pour leur compréhension et leur encouragement.

Pour toutes les personnes dont je n'ai pas cité les noms, qu'elles soient toutes assurées de mes profondes gratitude.

*Du fond du cœur, **MERCI !***

Latifa

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail,

A mes parents,

Qui m'ont toujours entouré de leur amour et de leur tendresse.

Sans votre bonne éducation et vos nobles sacrifices je ne serai jamais
arriver là où je suis aujourd'hui.

A mes sœurs et frères,

Je vous dédie ce travail en témoignage des liens solides et intimes

qui nous unissent en vous souhaitant un avenir plein de succès et de bonheur.

A tout(es) mes fidèles amis(es),

Que notre amitié puisse durer éternellement. Puisse ce travail vous
exprime mes souhaits de succès.

A tous ceux qui m'ont soutenu et qui me soutiennent encore,

Veillez accepter mes meilleurs vœux de prospérité.

Résumé

Les aquifères des bassins de la région Souss Massa présentent une source vitale pour le développement social et économique de la région. Une gestion rationnelle des ressources en eau souterraines de ces bassins est primordiale pour assurer la pérennité de cette ressource.

La présente étude concerne l'élaboration d'un outil de gestion des travaux de reconnaissance hydrogéologique pour l'ensemble des bassins de Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa et de Tiznit, par la création d'une base de données (1995-2011), connecté à un SIG. L'objectif de cet outil est l'identification des ressources en eau souterraines mobilisables et l'orientation des futures campagnes de reconnaissances dans les zones très montagneuses où le contexte hydrogéologique est peu ou mal connu.

Une analyse critique de l'ensemble des données des prospections des ressources en souterraines a été faite.

Mots clés : Souss Mass, SIG, reconnaissance hydrogéologique

Abstract

The aquifers of the basins in Souss Massa present a vital source of social and economic development of the region. A rational management of underground water resources of these basins is essential to ensure the sustainability of this resource. This study focuses on the development of a tool that's used for managing hydrogeological recognition works in all the basins of Tamri-Tamraght, Souss Massa and Tiznit by creating a database (1995 - 2011) that's connected to a GIS. The purpose of this tool is to identify mobilized groundwater resources and to direct future companions recognition in very mountainous areas where the hydrogeological context is poorly known. A critical analysis of all data surveys of groundwater resources has been made.

Keywords: Souss Mass, GIS, hydrogeological recognition.

Préambule

Le présent rapport a été élaboré dans le cadre des stratégies suivantes :

- Maroc numérique 2013
- stratégie nationale de l'eau

1-Maroc numérique 2013 :

C'est une stratégie qui ambitionne les secteurs de l'industrie et des services d'adopter des nouvelles stratégies et de développer de nouvelles technologies.

L'usage des technologies de l'information TI est un facteur essentiel pour le développement humain et économique. En effet, partout à travers le monde, l'accès à l'information et son usage réel et approprié conditionnent le progrès et le développement. Les nations modernes et prospères affichent un indice élevé dans leur capacité à produire et à utiliser l'information

2 -Stratégie nationale de l'eau :

Présentée devant SA MAJESTE LE ROI MOHAMMED VI le 14 avril 2009 à Fès. La stratégie nationale de l'eau est une nouvelle stratégie innovante et intégrée de tout le secteur de l'eau qui devrait permettre au Royaume de régler les problèmes les plus urgents et de faire de l'eau un facteur décisif de notre développement durable.

Ses grands Axes sont :

- Gestion de la demande et valorisation de l'eau ;
- Gestion et développement de l'offre ;
- Préservation et protection des ressources en eau et des milieux fragiles ;
- Réduction de la vulnérabilité aux risques naturels liés à l'eau ;
- Poursuite des réformes réglementaires et institutionnelles ;
- Modernisation des systèmes d'information et renforcement des moyens et des compétences ;

Table de matières

REMERCIEMENT	2
DEDICACES	3
RESUME	4
ABSTRACT	5
PREAMBULE	6
LISTE DES FIGURES	9
LISTE DES TABLEAUX	10
INTRODUCTION GENERALE	11
OBJECTIF DE L'ETUDE	13
I -PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE	14
<i>I-1-localisation géographique</i> :.....	14
<i>I-2- Découpage administratif</i> :.....	14
<i>I-3- Situation climatique</i> :	15
<i>I-4- Cadre hydrologique</i> :	17
<i>I-5-Le cadre géologique</i> :	19
<i>I-5-1 le Haute Atlas</i> :	22
<i>I-5-2 la plaine de Souss</i> :	23
<i>I-5-3 Anti Atlas</i> :	25
<i>I-6- Cadre hydrogéologique</i> :	29
<i>II-6-1 Domaine du Haut Atlas</i> :	29
<i>I-6-2. Domaine de l'Anti Atlas</i> :	32
<i>I-6-3 Plaine du Souss</i> :	33
II- BASE DE DONNEES ET SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE SIG DES BASSINS SOUSS MASSA :	35
<i>II-1 : Collecte, Saisie, et Homogénéisation des données</i>	35
<i>II-1-1 : description des données et fichier disponibles</i> :	35

<i>II-1-2 : la saisie des données :</i>	37
<i>II-1-3 : Homogénéisation des données :</i>	37
II-2 : les difficultés rencontrées :	37
III- RESULTATS :	38
III-1 : description de la répartition des points d'eau	38
III-2 : Synthèse hydrogéologique des bassins de Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa, et de Tiznit :	41
<i>III-2-1 : La synthèse hydrogéologique du bassin Tamri et Tamraght :</i>	44
<i>III-2-2 : Synthèse hydrogéologique du bassin Souss :</i>	48
<i>III-2-3 : Synthèse hydrogéologique du bassin Massa:</i>	51
<i>III-2-4 : synthèse hydrogéologique du bassin Tiznit:</i>	54
III-3 : Résultats et synthèses hydrogéologiques des sondages de reconnaissances réalisés dans l'Anti-Atlas :	57
<i>III-3-1 : Résultats hydrogéologiques des sondages de reconnaissances sur les terrains du socle :</i>	60
<i>III-3-2 : Résultats hydrogéologiques des sondages de reconnaissances sur les formations de l'Adoudounien:</i>	62
III-3-2-1 : les formations de la série de base Adoudounienne:	62
III-3-2-2 : les calcaires inférieurs	63
III-3-2-3 : la série de lie de vin :	65
III-3-2-4 : Les calcaires supérieurs :	65
<i>III-3-3 : les résultats hydrogéologiques des sondages de reconnaissances sur des formations calco-schisteuses:</i>	66
<i>III-3-4 : Conclusions sur la recherche de l'eau dans les différentes unités géologiques testées:</i>	67
CONCLUSION GENERALE	69
PERSPECTIVES	71
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	73

Liste des figures

Fig. 1: localisation géographique de la région Souss Massa.....	14
Fig. 2: provinces et préfectures de la région Souss Massa.....	14
Fig. 3: la répartition des pluies annuelles moyennes (mm) dans les bassins Tamri-Tamraght, Souss, Massa, et Tiznit (http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_Debatregional.pdf).....	16
Fig. 4: la répartition des bassins versant du Souss, Massa et Chtouka, et des oueds Tamraght et Tamri	18
Fig. 5: carte géologique des bassins de Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa et de Tiznit	21
Fig. 6: Géologie général de la plaine de Souss	24
Fig. 7: Coupes géologiques à travers la plaine du Sous (Combe et El Hebil, 1972).....	24
Fig. 8 : Géologie générale du domaine anti-atlasique (ABHSM, 2003).....	28
Fig. 9: Description schématique de la série Jurassique, Haut Atlas occidental (ABHSM, 2003).	31
Fig. 10 : Log stratigraphique d'Amagour, Anti Atlas occidentale (ABHSM, 2003).....	33
Fig. 11: la base de données du fichier IRE	36
Fig. 12: carte thématique de la répartition spatiale des points d'eau selon leur nature dans les indices.....	39
Fig. 13: Carte thématique de la répartition spatiale des points d'eau, par Province, dans les bassins hydrauliques du Souss Massa.....	40
Fig. 14: Carte thématique de la répartition de la productivité des points d'eau en fonction des formations géologiques couvrant l'ensemble des bassins de Tamri-Tamraghet, de Souss, de Massa, et de Tiznit (fond : carte géologique 1/500000 de Marrakech)	42
Fig. 15: Coupes lithologiques (1) des sondages de reconnaissance 1097/60 et 1146/60.....	44
Fig. 16: carte thématique des points d'eau réalisé dans le bassin de Tamri-Tamraght selon le débit.	45
Fig. 17: Coupes lithologiques (2) des sondages de reconnaissance 1051/60 et 1265/69.....	46
Fig. 18 : Coupes lithologiques (3) des sondages de reconnaissances 1147/61, 2156/61 et 2081/61.....	47
Fig. 19: carte thématique de la répartition des points d'eau dans le bassin de Souss en fonction du débit.....	49
Fig. 20: carte thématique de la répartition des points d'eau dans le bassin de Massa en fonction du débit.....	52
Fig. 21: carte thématique de la répartition des points d'eau dans le bassin de Tiznit en fonction du débit.....	55
Fig. 22: Carte satellitaire représentant le domaine Anti-Atlasique (LANDSAT image of Morocco) (ABHSM, 2003).	57
Fig. 23: Carte thématique de la répartition des points d'eau dans l'Anti-Atlas (fond : carte géologique 1/500000 de Marrakech).....	59
Fig. 24 : Approche méthodologique pour la réalisation cartographique	71

Liste des tableaux

<i>Tab. 1 : Provinces et Préfectures de la région Souss Massa.....</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 2: Les températures moyennes annuelles dans le bassin Souss Massa (CSEC, 2001).....</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 3: les apports moyens et actualisés des Bassin Tamri-Tamraght, Souss, Massa, et Tiznit (http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_Debatregional.pdf).....</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 4: la répartition des points d'eau par indices</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 5: la répartition des points d'eau par leur nature dans les indices.</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 6: La répartition des points d'eau dans les formations du massif de l'Anti Alas.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 7 : la répartition des points d'eau dans la boutonnière de Kerdous et sa couverture Adoudounienne</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 8 : la répartition des points d'eau dans la boutonnière d'Ifni et sa couverture Adoudounienne</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 9 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés sur les boutonnières de Kerdous, d'ait abdellah, d'alma, d'Igherm et Siroua.....</i>	<i>61</i>
<i>Tab. 10 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans la série de base.....</i>	<i>62</i>
<i>Tab. 11 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les calcaires inférieurs</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 12 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les formations de la série de lie de vin.</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 13 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les calcaires supérieurs.....</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 14 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans la série calco-schisteuse.</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 15 : synthèse des résultats hydrogéologiques pour chaque formation de la zone d'étude.....</i>	<i>67</i>

Introduction générale

L'eau est une ressource naturelle essentielle à la vie et parfois un facteur déterminant du développement socio-économique d'un pays, c'est le cas au Maroc où les eaux souterraines sont caractérisées par rareté et leur irrégularité spatiale et temporelle. Et de plus, il est en danger, vu sa vulnérabilité aux effets négatifs des activités humaines. Peu à peu, celle-ci se raréfie. Au fil des années, sa qualité diminue, tandis que son prix augmente.

La gestion de l'eau devient donc un impératif vital pour assurer la pérennité de cette ressource. La loi sur l'eau n° 10-95 offre un cadre adéquat pour définir la politique de l'eau et appliquer les principes d'une bonne gestion au niveau des grands bassins hydrauliques.

Les aquifères des bassins hydrauliques de Tamri-Tamraght, de Souss, Massa et de Tiznit présentent une source vitale pour le développement social et économique de la région. Une gestion rationnelle des ressources en eau est primordiale pour assurer la pérennité de cette ressource. L'extension urbaine des villes et des centres urbains périphériques témoigne du développement économique certain de l'espace, tendance qui sera, à priori, plus importante pour les années à venir. En conséquence ces bassins sont confrontés à de multiples contraintes, telle la surexploitation des eaux souterraines, l'urbanisation croissante de l'aire régionale, l'émergence de nouveaux besoins en eaux, d'où la bonne gouvernance est processus primordiale dans la gestion intégrée des ressources en eau de la région du Souss.

La présente étude concerne l'élaboration d'un outil de gestion des travaux de reconnaissance hydrogéologique pour l'ensemble des bassins de Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa et de Tiznit, par la création d'une base de données connecté à un SIG englobant l'ensemble des données des points d'eau réalisés depuis 1995 jusqu'à l'état actuelle. Une analyse critique et approfondie d'une grande partie de ces données a été réalisé avec une actualisation des résultats des travaux de reconnaissances, ceci dans un objectif de meilleure exploitation des données existantes et d'orienter les futures compagnes de reconnaissances des eaux souterraines notamment dans les zones très montagneuses dont le contexte hydrogéologique est peu connu avec un accès difficile. Cet outil Permet des analyses spécifiques et/ou localisées à des plus grandes échelles et contribuera d'une façon significative aux traitements des requêtes (demandes) issues de la population dans la zone d'action de l'ABHSM, ces doléances peuvent atteindre jusqu'à 20 demandes par jour.

La démarche suivie dans ce travail est la suivante :

-Une présentation de la zone d'étude (l'ensemble des bassins hydrauliques de Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa et de Tiznit), ses caractéristiques géographiques, climatiques, hydrologiques, géologiques, et hydrogéologiques.

-La création d'une base de données SIG des ressources en eau de l'ensemble des bassins étudiés.

-Elaboration d'une synthèse hydrogéologique générale par bassin. Mais à cause du manque de fiches techniques d'un certain nombre de sondages de reconnaissances réalisés dans l'ensemble des bassins, nous sommes limités à étudier seulement les aquifères exploités dans la partie de l'Anti Atlas qui succède au Kerdous vers l'Est en se basant sur les résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans ses régions.

-Finalement une conclusion générale des résultats hydrogéologiques obtenus ainsi que les perspectives de recherche et de développement de cet outil développé pour une meilleure gestion et développement des ressources en eau dans la zone d'action de l'ABHSM.

Objectif de l'étude

Mettre à la disposition de l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa et Draa (ABHSMD) un outil d'analyse de reconnaissances en eau souterraines dans la région pour lui permettre la maîtrise et l'analyse de l'ensembles des données relatifs aux travaux de reconnaissances hydrogéologiques déjà réalisés afin de réussir et orienter les implantations des sondages de reconnaissances des prochaines campagnes de prospection.

Permettre à l'ABHSM d'avoir une vision spatio-temporelle sur l'état de connaissance des nappes par le biais des travaux de reconnaissance par des sondages réalisés à l'échelle de sa zone d'action.

L'outil élaboré jouera le rôle d'une Assistance technique qui permet de répondre rapidement aux besoins des particuliers sur l'état de la ressource suite aux doléances quotidiennes des collectivités locales et des populations.

Et finalement, d'identifier les ressources en eau souterraines mobilisables et de proposer des sites favorables pour la réalisation de nouveaux sondages.

I -Présentation du secteur d'étude

I-1-localisation géographique :

Située au centre du Maroc, la région du Souss Massa constitue la porte du désert et couvre une superficie de l'ordre de 23.950 km² (Fig.1).

Elle est limitée :

- ✦ Au Nord, par la Région Marrakech Tensift Al Haouz
- ✦ Au Sud, par la Région de Guélmim Es Semara
- ✦ A l'Est, par la Région de Mekhnès Tafilalet
- ✦ A l'Ouest, par l'Océan Atlantique



Fig. 1: localisation géographique de la région Souss Massa

I-2- Découpage administratif :

La région comprend deux Préfectures et trois Provinces (Fig.2).

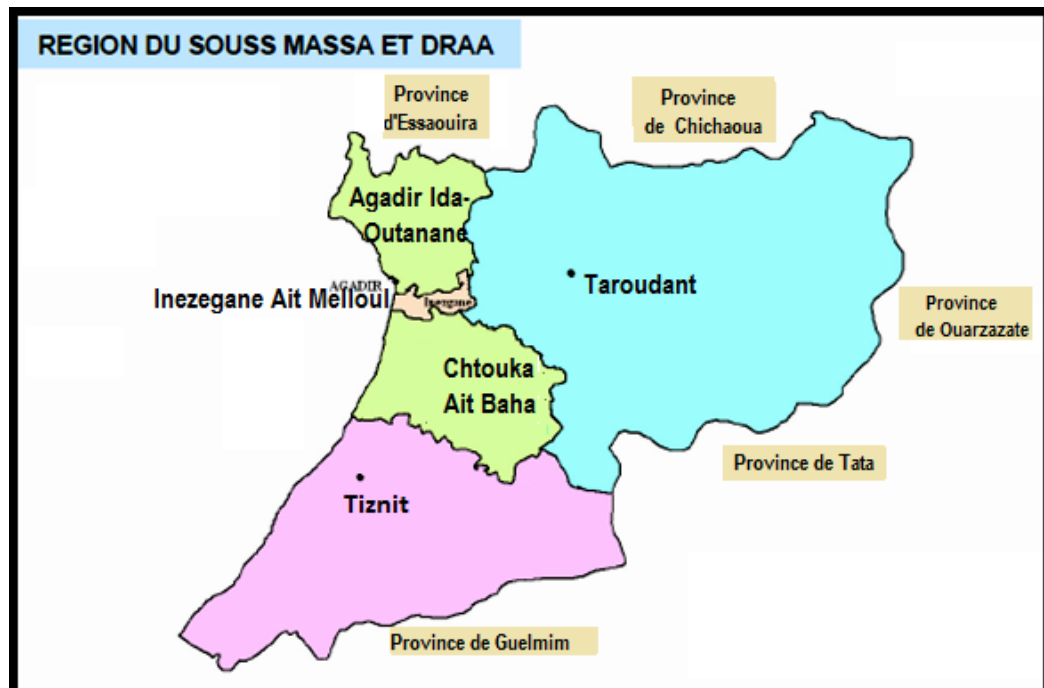


Fig. 2: provinces et préfectures de la région Souss Massa

Elles sont réparties entre les préfectures Agadir Ida Outanane et Inezgane Ait Melloul et les provinces de Chtouka Ait Baha, Tiznit et Taroudant. Elle déborde légèrement sur les provinces d'Essaouira et de Chichaoua au Nord (www.cgem.ma/doc1/ed-cgem/siege/ur/souss/1.pdf).

Tab. 1 : Provinces et Préfectures de la région Souss Massa
(www.cgem.ma/doc1/ed-cgem/siege/ur/souss/1.pdf).

Provinces et préfectures	Nombre de cercles	Nombre de communes		Total
		Urbaine	Rurale	
Agadir Ida Outanane	1	1	12	13
Inezgane Ait Melloul	1	3	3	6
Chtouka Ait Baha	3	2	20	22
Tiznit	5	7	82	89
Taroudant	5	4	40	44
Total	15	17	157	174

Au total ce sont 174 communes dont 17 urbaines et 157 rurales.

1-3- Situation climatique :

Le climat de la région du Souss-Massa est à prédominance semi-aride, humide à hiver froid sur les sommets du Haut-Atlas et présaharien à hiver tempéré en plaine en Anti-Atlas. Le caractère semi-aride est atténué par la proximité de l'Océan et l'influence du courant froid des Canaries ainsi par la protection contre les vents du Sud, assurée par l'Anti-Atlas (CSEC, 2001).

- **Température :**

Les températures moyennes annuelles varient de 14°C sur le Haut-Atlas au Nord à 20°C sur l'Anti-Atlas au Sud (Tab.2). La température maximale journalière atteint 49°C et la température minimale descend jusqu'à 3°C au dessous de zéro. Les amplitudes thermiques sont également élevées et peuvent atteindre 48°C. (CSEC, 2001).

Tab. 2: Les températures moyennes annuelles dans le bassin Souss Massa (CSEC, 2001).

Poste	Agadir	Barrage Abdelmoumen	Barrage Aoulouz	Issen	Taroudant	Barrage Y.B Tachfine
T(°)	18.3	20.6	19.9	19.3	19.7	19.9

• **Précipitation :**

Les précipitations sur la région d'étude présentent une grande variabilité spatiale et temporelle. Les précipitations moyennes annuelles se répartissent comme suit (http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_Debatregional.pdf):

- ⇒ 280 mm sur le bassin du Souss ;
- ⇒ 265 mm sur le bassin de Massa ;
- ⇒ 390 mm sur le bassin de Tamraght ;
- ⇒ 370 mm sur le bassin de Tamri.
- ⇒ 180 mm sur la plaine de Tiznit.

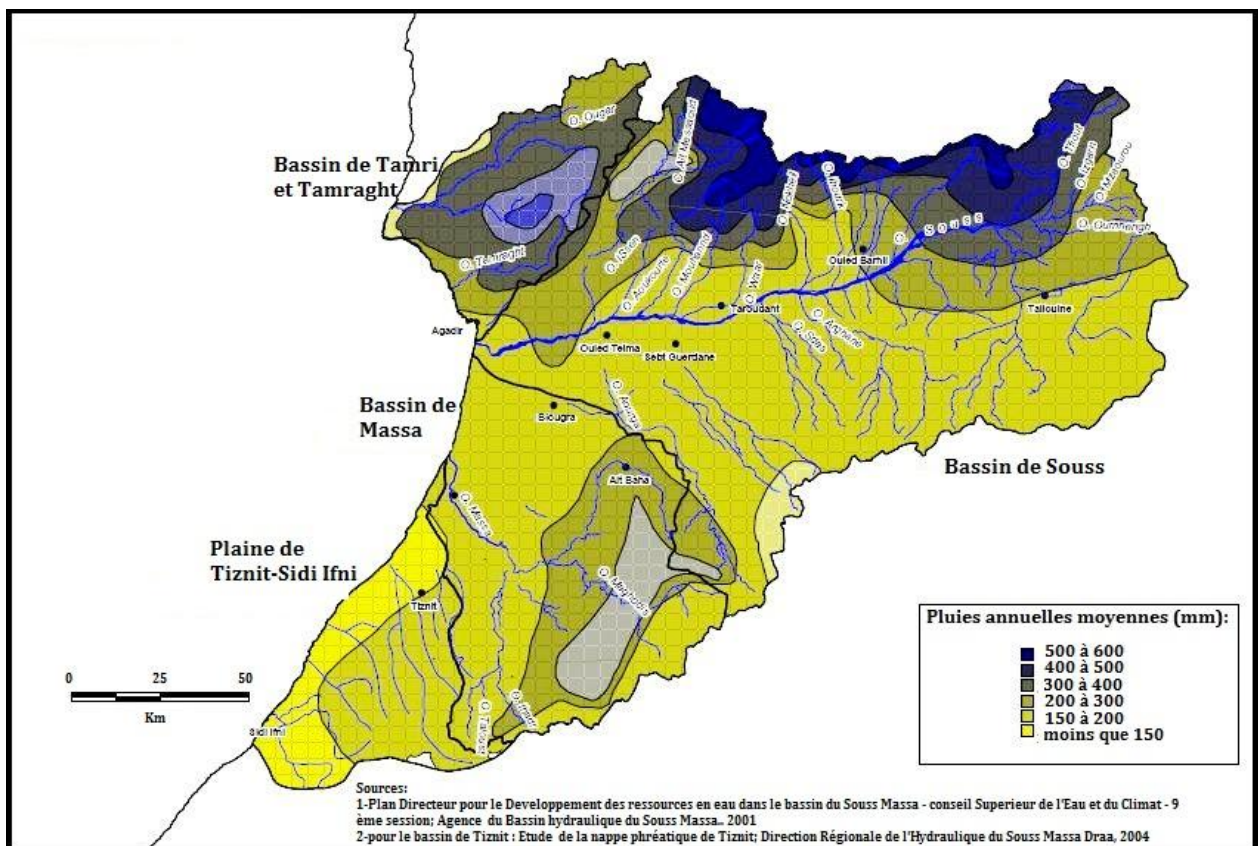


Fig. 3: la répartition des pluies annuelles moyennes (mm) dans les bassins Tamri-Tamraght, Souss, Massa, et Tiznit (http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_Debatregional.pdf).

- **Evaporation :**

L'évaporation moyenne annuelle varie entre 1400 mm en montagne et près de la côte Atlantique, et 2000 mm en plaine. Le minimum est enregistré au mois de Janvier avec en moyenne 35 mm en montagne et 100 mm en plaine, tandis que le maximum est enregistré en Juillet avec en moyenne 240 mm en montagne et 270 mm en plaine (CSEC, 2001).

- **Vent :**

La région est relativement ventée. Des vents d'Est chauds, communément appelés Chergui, peuvent souffler en été et en automne. La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 3km/h en montagne et 5km/h en plaine. Elle peut atteindre au piémont des montagnes près de 8km/h (CSEC, 2001).

I-4- Cadre hydrologique :

La zone du Souss Massa est répartie entre quarts bassins versants, drainés par quatre principaux cours d'eau :

- Les bassins côtiers des oueds Tamraght et Tamri (2.600 km²).
- Le bassin de l'oued Souss (16.200 km²) ;
- Les bassins de Massa et de Chtouka (6.280 km²) ;
- Le bassin de Tiznit (820 Km²).

Situés entre l'Océan Atlantique et les montagnes de Haute-Atlas et de l'Anti-Atlas, ces bassins ont des superficies réparties entre 25% de zones de plaine et 75 % de zones de montagne. Les deux principales plaines sont celles du Souss (4.150 km²) et celle des Chtouka (1.260 km²) (ABHSM, 2005).



Fig. 4: la répartition des bassins versant du Souss, Massa et Chtouka, et des oueds Tamraght et Tamri

Les ressources en eau de surface sont limitées et très irrégulières. Les débits des oueds présentent une forte irrégularité interannuelle. Ils ne sont pérennes que sur leurs cours de montagne et de piémont et ne coulent que pendant de courtes périodes où surviennent des crues, parfois rapides et violentes. L'apport moyen en eau de la région est évalué à $626 \text{ Mm}^3/\text{an}$. Il varie entre un minimum de 35 Mm (1960–1961) et un maximum de 2160 Mm (1962 – 1963). L'apport moyen des années marquées par la sécheresse peut ne présenter que moins de 10% de l'apport moyen annuel (http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_Debatregional.pdf).

- Pour le bassin du Souss, l'apport moyen actualisé est de 394 Mm³. Au niveau du barrage d'Aoulouz, l'apport moyen annuel actualisé est de 167 Mm³ ; au niveau d'Imi El Kheng, il est de 19 Mm³ ; au barrage Abdelmoumen, il est de 75 Mm³ ; les bassins intermédiaires produisent en moyenne 133 Mm³.
- Pour le bassin de Massa, l'apport moyen annuel actualisé est de 128 Mm³ au niveau du barrage Youssef ben Tachfine;
- Pour les bassins côtiers atlantiques de Tamri et Tamraght, l'apport moyen actualisé à la station de Tamri est de 65 Mm³ et à la station hydrologique de Tamraght, il est de 22,5 Mm³;

- Pour le bassin de Tiznit - Ifni, l'apport annuel moyen est de 16 Mm³. (http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_Debatregional.pdf).

Tab. 3: les apports moyens et actualisés des Bassin Tamri-Tamraght, Souss, Massa, et Tiznit (http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_Debatregional.pdf).

Bassin	Superficie (Km ²)	Apport moy. PDAIRE (Mm ³) (1)	Apport actualisé (2)	Ecart % (2-1) /1
Côtiers nord (Tamri-Tamraght)	2600	75	88	+15%
Souss	16200	422	394	-7%
Massa	6280	138	128	-8%
Tiznit-Ifni	2800	17	16	-6%
Total	27880	652	626	-6%

1-5-Le cadre géologique :

Les domaines structuraux décrivant l'ensemble des bassins de la région Souss Massa sont (Fig.5) :

- ***Le versant nord d'Anti-Atlas :*** caractérisé par le vaste développement des séries essentiellement calco-dolomitiques infracambriennes et géorgiennes qui atteignent localement 5000 m d'épaisseur.
- ***Le Haut Atlas :*** comprenant d'Est en ouest, dans sa partie axiale : le « massif ancien du Haut Atlas » formé de roches éruptives précambriennes qui culmine au jbel Toubkal (4165m) et le « bloc occidental » dont les puissantes formations cambro-ordoviciennes pénétrées par les granites hercyniens font suite, au Nord, à celles de l'Anti-Atlas. Entre le Haute Atlas et l'Anti-Atlas, le massif volcanique du Siroua, recouvert de coulées phonolitiques (âge Pontien et pliocène), constitue la zone de liaison.

- **Le Souss** : les formations de remplissage comprennent, sous les alluvions et limons quaternaires, des dépôts Fulvio-lacustres marno-calcaires et détritiques. Ceux-ci surmontent des formations crétacées et éocènes constituant un synclinal orienté E-W (Combe et El Hebil, 1972).

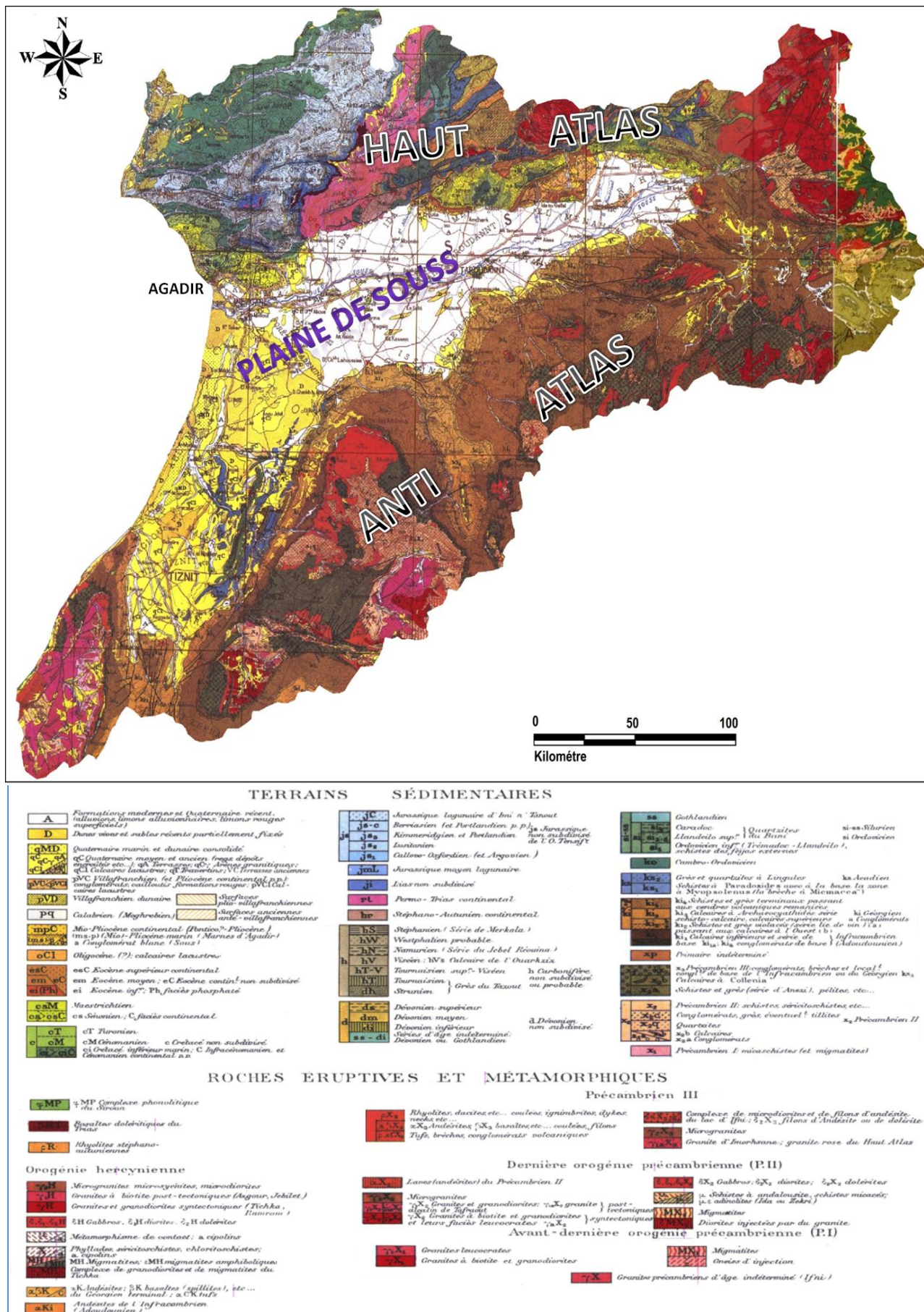


Fig. 5: carte géologique des bassins de Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa et de Tiznit (Extrait de la carte géologique 1/500000 de Marrakech et 1/500000 d'Ouarzazate)

La synthèse géologique de chaque domaine structurale est la suivante :

I-5-1 le Haute Atlas :

Le Haut Atlas comprend une partie du massif ancien représentant la zone la plus élevée occupée par des terrains cristallins anté-mésozoïques. Ce massif constitue le socle d'une couverture d'âge secondaire qui affleure au sud et à l'ouest (ABHSM, 2003):

- Au sud ce sont les terrains de la vallée d'Erguita, située grossièrement entre Taroudant et Tafingoult ;
- A l'ouest, la couverture mésozoïque est représentée par les couches rouges d'âges triasiques du couloir d'Argana, relayées par les reliefs surtout calcaires d'âge Jurassique et Crétacé des Ida Ou Tanane à l'ouest.

Sur le plan lithostratigraphique :

- Le Précambrien est formé de roches métamorphiques et de granitoïdes.
- Le Paléozoïque est représenté essentiellement par les dépôts Cambriens (Haut Atlas Paléozoïque). La déformation hercynienne s'est manifestée par des plissements, la mise en place du Granite de Tichka et par un métamorphisme important.
- Le Permo-Trias : désigne la série rouge silto-gréseuse reconnue dans le couloir d'Argana et ses conglomérats de base d'une dizaine de mètres d'épaisseur. Elle est formée par une alternance de grès et d'argiles de plus de 1000 m d'épaisseur. Cette série est couronnée par des coulées basaltiques.
- Le Jurassique :
 - ✓ Le Lias inférieur : une continuité sédimentaire semble exister entre le Trias supérieur et le Lias inférieur. La base du Lias est représentée par des siltites rouges riches en évaporites au sommet desquelles des barres de calcaires s'intercalent. Des coulées basaltiques à affinité tholéïtique sont intercalées dans cette série à la limite Trias-Lias.
 - ✓ Le Lias supérieur est formé de dolomies.
 - ✓ Le Jurassique moyen est formé des grès rouge d'AmsKroud, de dolomies et de calcaire.
- Le Crétacé affleure en bordure du Haut Atlas, dans le flanc nord du synclinal du Crétacé-Éocène du Souss. Vers l'ouest, on trouve une série crétacée marine complète. Vers l'est, les faciès lagunaires marquent de plus en plus la série, surmontée par des

dépôts éocènes de faciès lacustre ou continental. La puissance du Crétacé inférieur représenté par des argiles et des marno-calcaires diminue d'ouest (300 m) en est (60 à 100 m). Le Cénomaniens est représenté par des marnes grises à anhydrite, des calcaires et grès en faibles proportions. Le Turonien est constitué de calcaires dolomitiques à la base surmontés de calcaires à silex (calcaire de la Kasbah d'Agadir). Sa puissance varie de 50 m à l'ouest à 10 m à l'est. Le Crétacé supérieur est essentiellement marneux et marno-calcaire, gypseux vers l'est. Sa puissance est de 400 m à l'ouest, 1000 m au niveau d'une fosse de subsidence à la hauteur du méridien 9° où il développe 300 m de grès phosphaté du Maestrichtien, 300 m plus à l'est et passe à 50 m à Aoulouz sous forme de grès et marnes rouges.

- Paléogène-Néogène : dans la région d'Agadir, l'Oligocène recouvre directement le Maestrichtien. L'Éocène est bien individualisé à l'est de la vallée du Souss où il surmonte le Maestrichtien en continuité de sédimentation (ABHSM, 2003).

1-5-2 la plaine de Souss :

Les formations de remplissage de la plaine du Souss comprennent les sédiments qui sont accumulés dans le sillon subsident, formé au sud du Haut Atlas lors du Néogène et du Quaternaire (ABHSM, 2003).

La carte suivante montre les formations géologiques de la plaine de Souss.

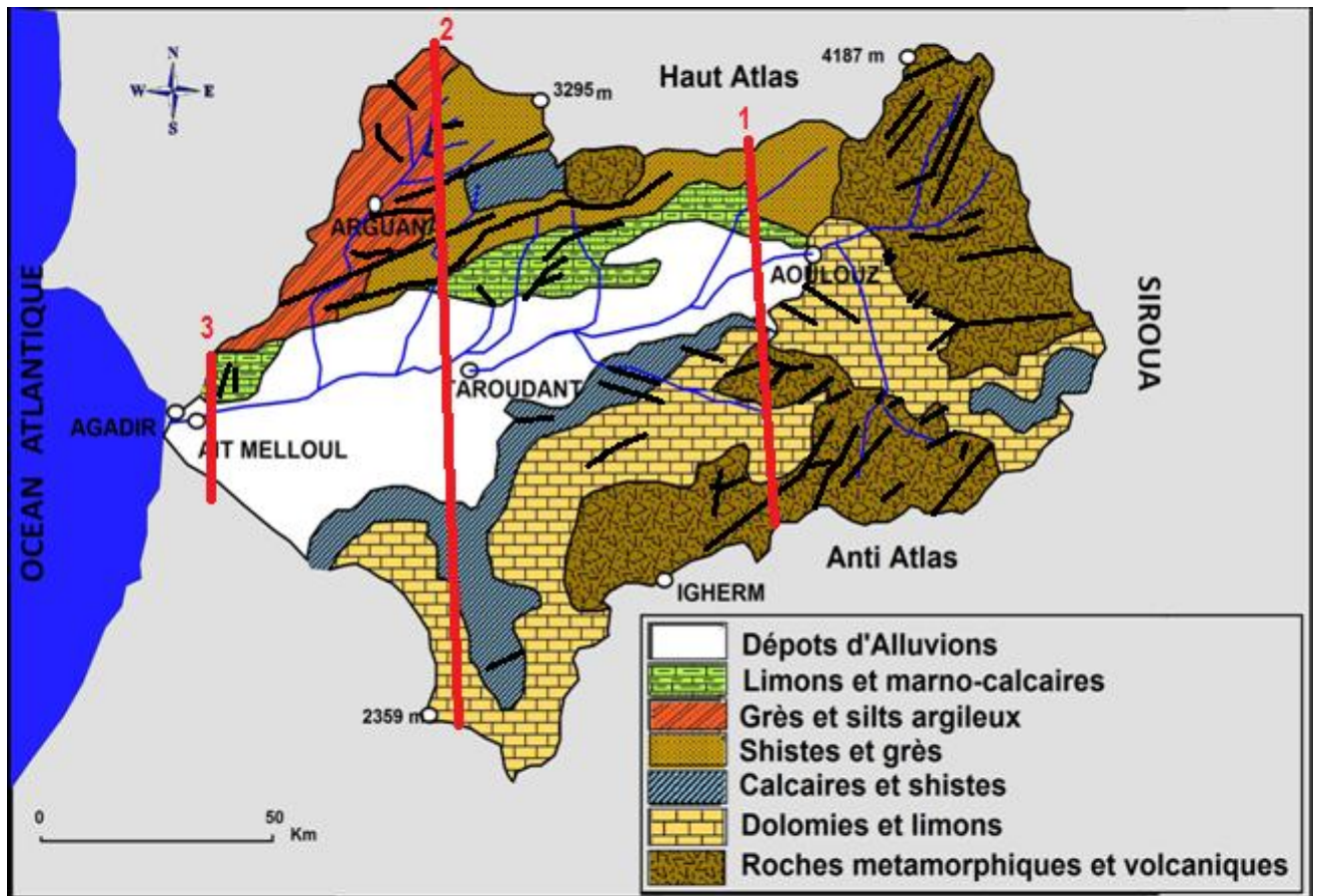


Fig. 6: Géologie général de la plaine de Sous

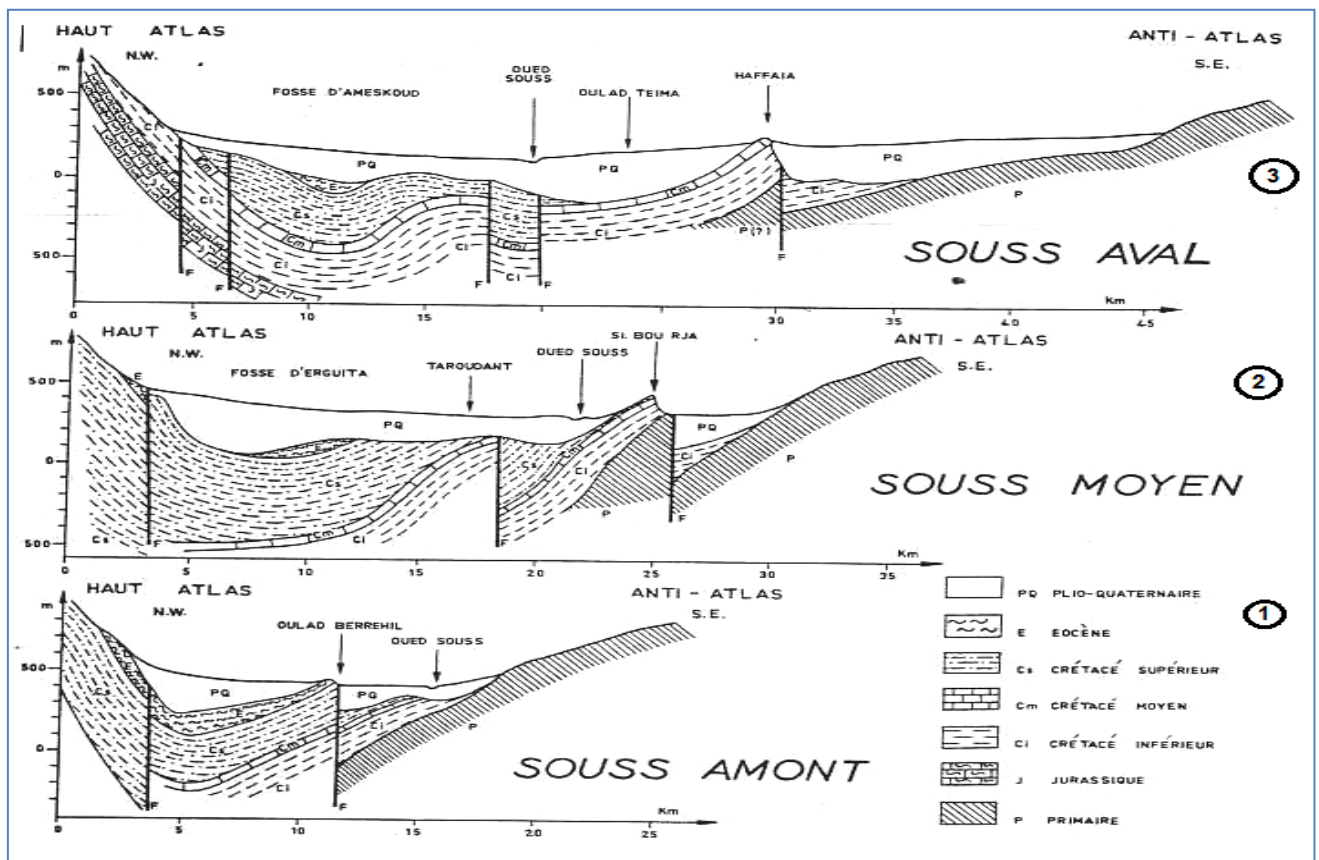


Fig. 7: Coupes géologiques à travers la plaine du Sous (Combe et El Hebil, 1972)

Le Néogène continental est représenté par de puissants dépôts conglomératiques au pied du Haut Atlas. Plus au sud, il s'agit d'une formation fluvio-lacustre essentiellement marno-calcaire, argileuse ou gréseuse, avec des intercalations conglomératiques. C'est la « formation du Souss » à laquelle a été attribué un âge Plio-Villafrachien.

Dans le bassin subsident de Souss, le Pliocène ancien est représenté par des calcaires, grès, sables consolidés, lumachelles et marnes. Il est couronné par des grès coquillers du Moghrébien. La série atteint une épaisseur de 600 m.

La limite Néogène Quaternaire est difficile à déterminer, dans l'ensemble le quaternaire continental est assez souvent argileux. Il forme les cônes de déjection (Quaternaire ancien), les lits fossiles de l'oued Souss (à caractère graveleux) et les dépôts d'alluvions plus récents (limons et alluvions argileux).

Sur le plan structural, la plaine de Souss est une étroite zone d'effondrement encaissée entre le Haut Atlas et l'Anti Atlas, les formations détritiques et marno-calcaires de remplissage Plio-Quaternaire couvrent un synclinal Crétacé-Éocène Orienté est-ouest. Le flanc nord de ce synclinal affleure largement de manière discontinue en bordure du Haut Atlas. Son flanc sud se manifeste par un alignement de collines dorminées de calcaires du Turonien dans l'axe de la vallée de Souss (ABHSM, 2003).

1-5-3 Anti Atlas :

- **Précambrien :**

Les terrains précambriens affleurent en une série de boutonnières alignées selon un axe ENE-WSW, à l'exception de celle du jbel Guir située en limite SW du domaine. Les plus importantes sont, d'ouest en est :

Les boutonnières d'Ifni, du Kerdous, d'Igherm, de Tazenakht, du Sarhro et de l'Ougnate, mais il existe également de nombreux pointements de moindre développement (ABHSM, 2003).

La succession des cycles orogéniques précambriens a été donnée par G. Choubert ainsi qu'il suit (ABHSM, 2003) :

- **Précambrien 0**: il comprend une série schisteuse faiblement métamorphisée : schistes verts, séricitoschistes, micaschistes, des éléments volcaniques basiques (gabbros et dolérites) et des granites ayant recoupé l'ensemble en produisant un métamorphisme de contact. Les

directions tectoniques de cette ancienne chaîne sont E-W et ESE-WNW ; on dénomme également cet ensemble : système du Kerdous.

-Précambrien II : on y rencontre des quartzites épais (plus de 1 000 m) constituant la plupart des grandes crêtes de l'Anti-Atlas (jbel Lkst dans le Kerdous par exemple), des roches volcaniques basiques (gabbros et dolérites) et des schistes. Les grands massifs quartzitiques sont plissés selon une tectonique chaotique (système anti-atlasique occidental en général).

- **Précambrien II - III** : appartient à ce système des conglomérats et vulcanites de base (rhyolites et andésites), des granites (Tafraoute par exemple) et des schistes (série d'Anzi de plus de 500 m d'épaisseur).

Localement, un conglomérat plus ou moins développé peut appartenir à ce système et on le nomme « ultime conglomérat » (est du Kerdous et massif d'Igherm notamment). Ces formations sont bien développées dans le centre et l'est de l'Anti-Atlas et appartiennent au système dénommé Siroua – Sarhro (ABHSM, 2003).

- **-Infracambrien et Géorgien :**

G. Choubert y distingue les termes suivants (ABHSM, 2003) :

* **Adoudounien inférieur** : la série de base comprend un niveau calcaire ou dolomitique transgressif sur le Précambrien, suivi par une assise schisteuse ; des brèches ou conglomérats existent localement à la base ; bien représentée à l'W, notamment dans la fosse d'Anzi (400 m de puissance), cette série diminue rapidement d'épaisseur vers l'E et disparaît dans l'Anti-Atlas central. Puis viennent les dolomies et calcaires dolomitiques « inférieurs » à Collenia, puissante série pouvant atteindre 1 000 m (vallée de l'oued Adoudou, à l'E du massif des Akhsass dans l'W du massif), s'amincissant vers l'E pour disparaître dans l'Anti-Atlas central en bordure du bassin de Ouarzazate et de celui du Drâ moyen ; ces calcaires sont cristallins, massifs, en bancs épais de 2 m et réguliers, mais on note à l'W du Tazeroualt quelques intercalations marneuses ou marno-calcaires blanches dès la base.

* **Adoudounien moyen** : « série lie de vin ». Ces dépôts sont caractéristiques d'une régression marine dans presque toute la chaîne, la mer ne demeurant que dans la fosse d'Anzi où la sédimentation calcaire se poursuit. Dans l'W de la chaîne, on note de bas en haut : des marnes violacées suivies de schistes violets francs (de 0 à 150 m d'épaisseur), puis des schistes intercalés de bancs calcaires suivis de dolomies ou calcaires dolomitiques à niveaux

marneux puis schisteux (de 0 à 600 m). La puissance de l'Adoudounienne moyen dans son ensemble est très variable, mais diminue vers l'E (400 à 500 m au N de Tata - 300 m dans le chaînon de Bou-Azzer — El-Graara, au coude du Drâ) pour disparaître dans le Sarhro et l'Ougmate.

* **Adoudounien supérieur** : « série des calcaires supérieurs ». Il s'agit de calcaires massifs, (rattachés maintenant au Cambrien), en bancs plus petits que dans la série inférieure, comportant au NE des intercalations marno-calcaires blanches. L'épaisseur de la série est importante : 400 à 500 m à l'W, mais diminue vers l'E : 200 m à 300 m dans l'Anti-Atlas central, pour disparaître en biseau sur les flancs du jbel Sarhro, dans la partie orientale de la chaîne (Choubert et Faure - Muret, 1973).

* **Géorgien** : La stratigraphie du Géorgien est assez complexe du fait des variations de faciès d'E en W. A l'étage d'Amouslek, correspondent sur la bordure méridionale de la chaîne : à l'W, des calcaires noirs, souvent oolithiques à archaeocyathidés (20 à 30 m), puis des schistes (schistes de Timoulay) et de nouveau des calcaires à archaeocyathidés ; à l'E, on trouve des calcaires et dolomies en alternances.

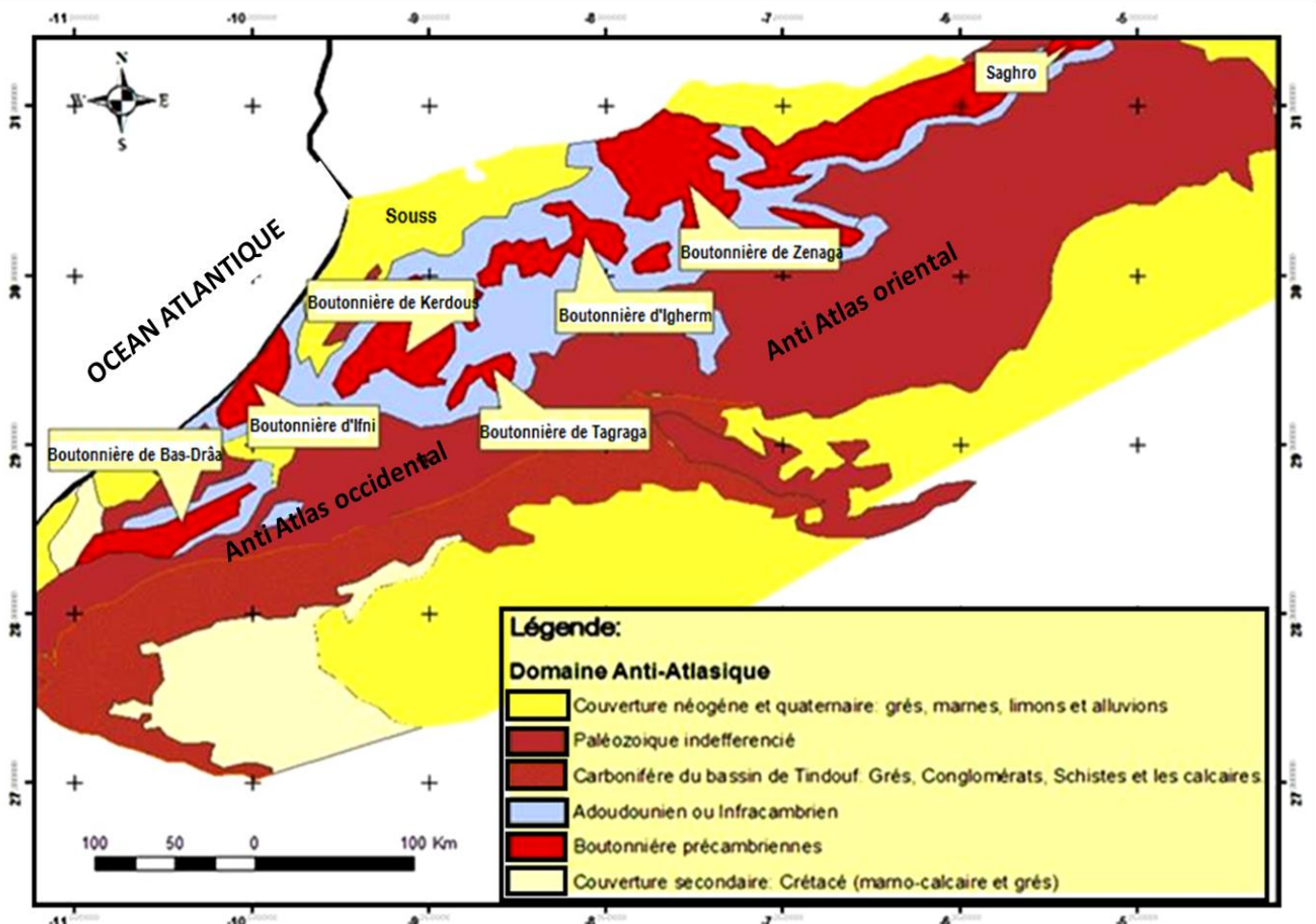


Fig. 8 : Géologie générale du domaine anti-atlasique (ABHSM, 2003).

L'ensemble constitue la série « schisto-calcaire » dont l'épaisseur est voisine de 400 m dans l'W (bordure de la plaine du Souss - N de Tata) mais décroît vers l'E dans le massif du Bas-Drâ et le jbel Sarhro.

Vient ensuite l'étage d'Issafène ou « complexe schisteux supérieur » qui comprend des schistes vers l'W avec des calcaires qui prennent de l'importance vers l'E, secteur où des grès apparaissent également dans la série. L'épaisseur passe de 400 m en bordure du Souss à 100 m au N de Tata et 50 m dans l'W du Sarhro où ces niveaux disparaissent, envahis par des grès.

L'étage d'Asrhir ou « grès terminaux » achève le cycle géorgien, marquant la régression de la mer.

L'épaisseur de ces niveaux est variable, mais augmente d'W en E et du N au S, pour être maximale au centre sud de la chaîne, vers Zagora (175 m) ; vers l'E, ces grès prennent une coloration rose marquant la proximité des terres émergées. Ces grès peuvent localement surmonter directement la série « schistocalcaire » (région d'Amagour, en bordure du Souss).

- **Acadien :**

Des alternances de schistes et de grès affleurent sur les formations précédentes. Plus tendres, elles constituent des zones déprimées où les oueds élargissent leurs vallées et répandent leurs atterrissements.

La limite montagne-plaine est ainsi extrêmement nette (ABHSM, 2003).

- **Pliovillafranchien ou étage Hamadien :**

Représenté par une surface d'aplanissement généralisée, sensiblement aquitaniennne, est très caractéristique dans tout l'Anti-Atlas. Au Néogène, les oueds ont serpenté sur cette surface avant de s'enfoncer à partir du Pliovillafranchien; au cours de cet enfoncement, toutes sortes de dépôts lacustres se sont constitués dans les dépressions de la chaîne et sur ses bordures. On notera par exemple de telles formations, peu épaisses, au NW du Kerdous, sur des calcaires adoudouniens et le long du littoral atlantique une plate-forme étroite constituée par une couverture continue de conglomérats et dépôts calcaireux hamadiens (surface pré-hamadienne de G. Choubert, 1952) (ABHSM, 2003).

- **Quaternaire :**

Ces dépôts sont abondants, bien que peu épais en général, dans l'ensemble de la chaîne. D'anciens sols sont très développés dans les dépressions des plateaux calcaires, dans les grands thalwegs, mais aussi sur les pentes de reliefs précambriens surtout rhyolitiques et andésitiques avec fréquemment des restes d'une ancienne carapace calcaire ; ils témoignent d'un climat humide au Quaternaire ancien. Les cônes d'éboulis et pierres sont nombreux dans les hauts bassins des massifs quartzitiques et aux débouchés des vallées calcaires (ABHSM, 2003).

I-6- Cadre hydrogéologique :

II-6-1 Domaine du Haut Atlas :

Le matériel paléozoïque du Haut Atlas est essentiellement formé, sur plus de 1000 m d'épaisseur, de roches imperméables : roches cristallins, schistes, grés et quartzites.

Le Permo-Trias est connu dans le bassin amont de l'oued Issen (couloir d'Argana), il est représenté à la base par des conglomérats, grés, argilo-grés et marnes rouges sur 1000 m d'épaisseur ; au sommet, par des argiles salifères et gypsifères puissantes de 500 m, couronnées par des basaltes (ABHSM, 2003).

Le Jurassique est connu en affleurements dans la partie extrême occidentale du Haut Atlas ; on y distingue :

- Le Lias inférieur : grès et argiles rouges à gypse pouvant atteindre une centaine de mètres ;
- Le Lias supérieur : calcaires dolomitiques avec une puissance de l'ordre de 300 m à Ameskroud, mais qui diminue rapidement vers le Nord ;
- Le Dogger : conglomérats, grès, argiles, et marnes rouges dont l'épaisseur est d'environ 300 m.

A l'exception du Lias supérieur, l'ensemble du Jurassique inférieur et moyen est d'origine continentale et imperméable.

Le Jurassique supérieur est représenté par une alternance de marnes, calcaires et marno-calcaires. Les niveaux aquifères sont localisés au niveau des marno-calcaires et calcaires du Callovo-Oxfordien (20 à 50 m d'épaisseur), des calcaires rauraciens-séquaniens (jusqu'à 60 m) et des calcaires portlandiens (70 à 80 m).

Le Crétacé affleure en bordure du Haut Atlas, dans le flanc nord du synclinal Crétacé-Éocène du Souss. Vers l'ouest, on trouve une série crétacée marine complète, tandis que vers l'est, les faciès lagunaires puis continentaux marquent de plus en plus la série qui est surmontée par une série éocène de faciès lacustre ou continental.

La puissance du Crétacé inférieur, représenté par des argiles et des marno-calcaires, diminue d'ouest (300 m) en est (100 à 60 m).

Les grès, marnes et argiles du Cénomaniens, subissent des réductions analogues et le faciès devient lagunaire avec présence de bancs de gypse. Le Turonien est constitué de calcaires dolomitiques à la base, surmontés de calcaires à silex en plaquettes. Sa puissance est de 50 m à l'ouest de Taroudant, 30 à 10 m à l'est.

Le Crétacé supérieur est essentiellement marneux et marno-calcaire, gypseux vers l'est. Sa puissance est de 400 m à l'ouest, 1000 m au niveau d'une fosse de subsidence à la hauteur du méridien 9° où il comprend 300 m de grès phosphatés du Maastrichtien; 300 m plus à l'est elle passe à 50 m à Aoulouz sous forme de grès et marnes rouges.

La série éocène d'une épaisseur moyenne d'environ 100 m, est marno-gréseuse à la base, puis calcaire et enfin marno-sableuse (ABHSM, 2003).

Dans cet ensemble crétacé-éocène, les niveaux aquifères sont représentés par :

- les calcaires dolomitiques du Turonien ;
- les calcaires et sables phosphatés maastrichtiens et l'Eocène inférieur ;
- les calcaires à silex lutétiens.

	ETAGES	LOG	SOUS ETAGES	LITHOLOGIES
UPPER JURASSIC	ZORTELANDIENS		j7b - n1	Calcaire dolomitiques et calcaires
			j7a	Argiles dolomitiques à gypse
	EIMENIOLAIS		j6b	Calcaires dolomitiques
			j6a	Calcaires argileux ou argiles rouges
			j5b	Calcaires lithographiques
			j5a	Dolomies gréseuses brunes
	MARRIENS		j4	Argiles grises
			j3	Calcaires lumachelliques et calcaires
			j1-2	Argiles gès rouges et dolomies, conglomérats
	LOWER JURASSIC	ULLIAS		18-j1
17				Grès et argiles rouges
				Dolomies silteuse noire
TRIAS			15	Argiles rouges salifères

Fig. 9: Description schématique de la série Jurassique, Haut Atlas occidental (ABHSM, 2003).

I-6-2. Domaine de l'Anti Atlas :

Dans le puissant ensemble infracambrien de l'Anti-Atlas, on a décrit de bas en haut les séries suivantes (figure 6) :

- Série « de base » (environ 100 m) : calcaires et schistes.
- Calcaires « inférieurs » : dolomies et calcaires dolomitiques en gros bancs (1000 m à l'est, 3000 m à l'ouest) ;
- Série « lie de vin » (500 à 700 m) : calcaires se chargeant abondamment en schistes.
- Calcaires « supérieurs » (300 à 500 m) : calcaires dolomitiques disposés en minces bancs.
- Série « schisto-calcaires » (300 m) : schistes et calcaires alternés.

Dans cet ensemble, l'eau est localisée essentiellement dans les synclinaux et les zones de fractures, ce qui donne naissance à des sources le long du piémont (ABHSM, 2003).

Les sédiments géorgiens surmontent en continuité la série schisto - calcaire ; ils sont formés de calcaires noirs, de schistes verts et violets, et de grès « terminaux ».

L'ensemble Géorgien supérieur-Acadien-Ordovicien comprend une masse de sédiments imperméables essentiellement schisteux, sur une épaisseur supérieure à 2500 m (ABHSM, 2003).

AGE		LITHOLOGIE	EPAISSEUR
ACADIEN		Schistes	500 à 1000 m
GEORGIEN		Grés terminaux	500 à 600 m
		Schistes verts/violés	
		Schistocalcaires	450 m
I F R A C A M B R I E N	Calc.Sup	Calcaires Dolomitiques	425 m
	Serie de Lie de Vin	Calcaires lités	350 m
		Calcaires et Schistes	300 m
	Calcaires Inférieurs	Calcaires Dolomitiques	1000 à 1500 m
	Série de base	Schistes calc.	100 m
PRECAMBRIEN III		Grés et Conglomerats	2 à 500 m
		Rhyolites	500 à 1000 m
PRECAMBRIEN II		Quartzites	1000 à 2000 m

Fig. 10 : Log stratigraphique d'Amagour, Anti Atlas occidentale (ABHSM, 2003).

I-6-3 Plaine du Souss :

Les formations de remplissage de la plaine du Souss comprennent les sédiments qui se sont accumulés dans le sillon subsidant, formé au sud du Haut-Atlas, lors des phases orogéniques du Néogène et du Quaternaire. Ces sédiments sont reconnus par sondage (ABHSM, 2003).

Le Néogène continental est représenté par de puissants dépôts conglomératiques au pied du Haut Atlas. Plus au sud, il s'agit d'une formation Fulvio-lacustre essentiellement

marno-calcaire, argileuse, gréseuse, avec intercalations conglomératiques, c'est la "formation du Souss".

Dans le golfe d'Agadir, on rencontre :

- un Pliocène ancien (Astien-Plaisancien) représenté par des calcaires, grés, sables consolidés, lumachelles et des marnes de teinte souvent foncée (rencontrées en sondage jusqu'à 630 m de profondeur);
- le Moghrébien représenté par des grés coquilliers reposant sur le Pliocène ancien.

Les niveaux perméables sont représentés essentiellement par les grés coquilliers et les conglomérats.

La limite Néogène-Quaternaire est difficile à déterminer. Dans l'ensemble, le Quaternaire continental est assez souvent argileux, il en est ainsi:

- dans les cônes de déjection (Quaternaire ancien) ;
- dans la "Formation du Souss remaniée" (Quaternaire moyen) ;
- des limons du Quaternaire récent et actuel : alluvions argileuses à l'aval de l'oued Issen par exemple.

Il existe également des niveaux conglomératiques, au pied du Haut Atlas. Les niveaux calcaires sont représentés par certains niveaux supérieurs de la "Formation du Souss" et par la dalle du Quaternaire ancien.

Enfin c'est bien l'ensemble du remplissage hétérogène plioquaternaire qui constitue le réservoir de la nappe libre généralisée du Souss.

La plaine du Souss est une étroite zone d'effondrement encaissée entre le Haut Atlas au nord et l'Anti Atlas au sud. Les deux domaines atlasiques se raccordent de manière complexe dans les profondeurs de la vallée du Souss, recouverts d'épaisses formations détritiques et marno-calcaires de remplissage plio-quaternaire. Celles-ci surmontent un synclinal crétacé-éocène orienté est-ouest. Le flanc nord de ce synclinal affleure largement de manière discontinue, en bordure du Haut-Atlas, son flanc sud se manifeste par un alignement de collines dans l'axe de la vallée.

Etant donné la structure générale de l'ensemble, les aquifères atlasiques (Haut Atlas et Anti Atlas) sont susceptibles d'alimenter ceux de la plaine. La présence en profondeur des

calcaires turoniens reconnus par forages laissent supposer de possibles alimentations sous-alluviales.

Enfin la structure faillée du synclinal Crétacé-Éocène peut permettre aussi des relations hydrodynamiques entre les différents aquifères de la plaine.

II- Base de données et système d'information géographique SIG des bassins

Souss Massa :

II-1 : Collecte, Saisie, et Homogénéisation des données

II-1-1 : description des données et fichier disponibles :

L'agence du bassin hydraulique Souss Massa Draa dispose d'une multitude de données sur les ressources en eau souterraines, ces données sont en grande partie sur support papier et rarement sous format numérique : Excel ou Access.

Elles sont sous forme :

- **données ponctuelles :**

Les données du fichier IRE de l'ABHSM (**Inventaire des ressources en eau**) relatives aux :

- ✓ Forages d'étude et d'exploitation ;
- ✓ Sondages de reconnaissance hydrogéologique;
- ✓ Puits ;
- ✓ Sources ;
- ✓ Piézomètres ;

- **Données spatialisée :**

- ✓ Cartes géologiques Marrakech et Ouarzazate 1/500000;
- ✓ Cartes topographiques couvrant la région Souss Massa 1/200000 : Agadir, Taroudant, Tizi N'Test, Tafraout, Taliouine, Tiznit, Tamarar, et Argana.
- ✓ Sous forme table MapInfo :

- Table du découpage administratif

- Table des communes rurales

- Table du réseau hydrographique

- Table des sous bassins versants ;

>**Description des données :**

Les données extraites du fichier IRE (Inventaire des ressources en eau) renseignent sur :

- Le numéro IRE du point d'eau
- Indice
- dénomination
- La situation géographique (coordonnées et altitude) ;
- Carte utilisée
- La date de réalisation
- Le type du point d'eau ;
- L'usage

Les caractéristiques techniques :

- profondeur totale /sol
- niveau piézométrique d'eau/sol
- débit
- le résidu de sec / la conductivité
- Direction Provinciales des Travaux Public concernée (D.P.T.P)
- Les observations

D16		f. 87,01							
A	B	C	D	E	F	G	H		
N° IRE	Indice	denomination	X	Y	Z	carte utilisée	Année		
1040	60	doaur ID OUNAIR (IMSOUANE)	80,85	442,2	203	IMSOUANE	1995		
1041	60	doaur AROUAH (AZIER)	94,8	428,2	300	IDA OUTHOUAMA 1/50000	1995		
1044	60	doaur ID OUCHEN (TAMRI)	74,9	418,45	73	TAMRI	1995		
1045	60	Association ELBARARIA (IGHALEN)	89,075	418,91	140	TAGHZOUTE 1/50000	1995		
1046	60	JICA AOURIR	90,17	396,825	19	TAGHZOUTE 1/50000	1995		
1047	60	ARIHESMOU	85,115	435,1	260	IDA OUTHOUAMA 1/50000	1995		
1050	60	IDOUANIA (IMSOUANE)	80,75	442,1	200	IMSOUANE	1997		
1051	60	IKOUZZA (TAGHAZOTE)	86,75	405,16	205	TAGHAZOUT 1/50000	1997		

I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Date	Nature	Usage	P,T/ sol(m)	NP/sol(m)	Débit l/s	R,S g/l	P.T.P CONCERNE	OBSERVATIONS
08/06/1995	S	AEP	100	31,25	0,2	0,7	DRH AGADIR	SADIQ
15/06/1995	S	AEP	100	13,3	5,33	4,97	DRH AGADIR	SADIQ
20/06/1995	S	AEP	73	10	3,2	2,52	DRH AGADIR	SADIQ
25/06/1995	P	AEP	20,2	6	4,11	1,27	DRH AGADIR	AIT OBELLA
25/10/1995	P	AEP	11,2	6,97	8,77	10,33	DRH AGADIR	AMRIBTI
06/12/1995	P	AEP	30	4,7	11,29	1,73	DRH AGADIR	FADI
13/03/1997	S	AEP	300	>200	3,12	1,51	DRH AGADIR	YOURDANE

Image montre les différentes types d'informations enregistrées

Fig. 11: la base de données du fichier IRE

Nous avons travaillé sur les indices : 60, 61, 62, 69, 70, 71, 78, 79 et 88 couvrant l'ensemble des bassins de Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa et de Tiznit.

Tab. 4: la répartition des points d'eau par indices

Indice	60	61	62	69	70	71	78	79	88
Dénomination	Tamanar	Argana	Tizi N'Test	Agadir	Taroudant	Taliouine	Tiznit	Tafraout	Goulimine
Nombre des points IRE	106	194	138	89	513	241	85	461	31
Total	1858								

II-1-2 : la saisie des données :

Nous avons saisi et structuré dans une table Excel simple Toutes les données concernant les points du fichier IRE afin d'aboutir à une base de données hydrogéologique aussi complète que possible qui permettra par la suite la l'élaboration d'une base de données SIG sous MapInfo offrant de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales.

II-1-3 : Homogénéisation des données :

A partir des données des points d'eau du fichier IRE (organisés par indices), nous avons effectué l'homogénéisation des données existantes en les classant selon :

- la disponibilité des données des points d'eau (données complètes, données manquantes)
- leur nature (sondages, forages, piézomètres, puits)
- leur débit, leur profondeur, et leur résidu du sec.

II-2 : les difficultés rencontrées :

- La saisie des données qui sont étalées sur un intervalle de temps assez grand.
- le positionnement des sondages s'effectuait avant en se basant sur la localisation des points en question sur des cartes topographiques (1/50000, 1/100000, 1/200000) ce

qui explique le fort décalage des anciennes coordonnées qui ne sont pas aussi précise que celles fournies par le GPS.

- le recours aux fiches techniques des points IRE pour compléter les données du fichier IRE.
- l'absence d'un grand nombre de fiches techniques ce qu'a limité par la suite l'étude des formations aquifère testé par les sondages de reconnaissances.

A partir des données du fichier IRE, nous avons remarqué que 25 % des points IRE ont une information incomplète. Alors que 75 % de des points ont une information complète. Seules les données complètes ont été prises lors du traitement des données.

III- Résultats :

III-1 : description de la répartition des points d'eau

Les indices sont attribués en fonctions des cartes topographiques 1/200 000, vue qu'on n'a pas de format numérique de ces cartes qui se trouvent dans un état dégradé à force de leur utilisation fréquente, il était très utile de numériser, géoréférencer, et la délimitation exacte de chaque domaine d'indice. Ceci permettra à chaque agent de l'ABHSMMD d'attribuer facilement l'indice à chaque points d'eau réalisé il suffit d'avoir les coordonnées par GPS (Fig.12).

Le tableau et la carte ci dessous montre la répartition des points d'eau par leur nature dans chaque indice :

Tab. 5: la répartition des points d'eau par leur nature dans les indices.

indice	60	61	62	69	70	71	78	79	88	Total
Sondage	65	95	76	16	173	133	52	209	22	841
Forages	2	34	19	19	148	5	8	6	0	241
Puits	22	28	15	45	82	48	30	173	8	451
PIEZO	0	5	4	3	31	0	2	1	0	46
Total	89	162	114	83	434	186	92	389	30	1579

1579 représente 75 % des points ayant des données complètes.

On remarque que pour les indices situant dans les zones montagneuses (les indices 60, 71, 78,79 et 88) présentent un grand nombre de sondages de reconnaissances et des puits et rarement des forages d'exploitation c'est l'exemple de l'indice 79 (région de Tafraout et Kerdous) représentant le plus grand nombre des

sondages de reconnaissances (209 sondages) et 6 forages d'exploitation. Ce qui explique la complexité de la recherche de l'eau dans ces zones.

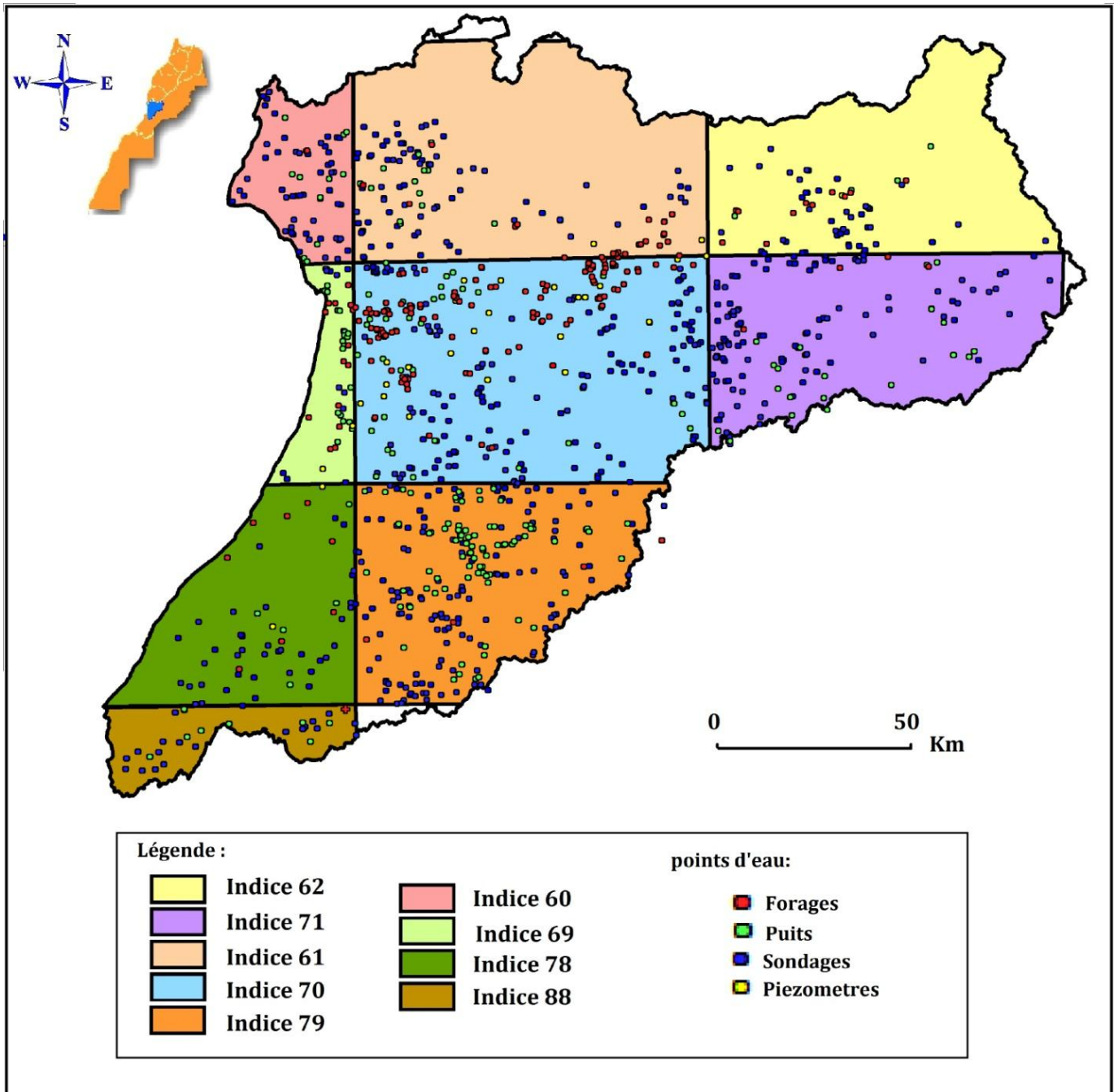


Fig. 12: carte thématique de la répartition spatiale des points d'eau selon leur nature dans les indices.

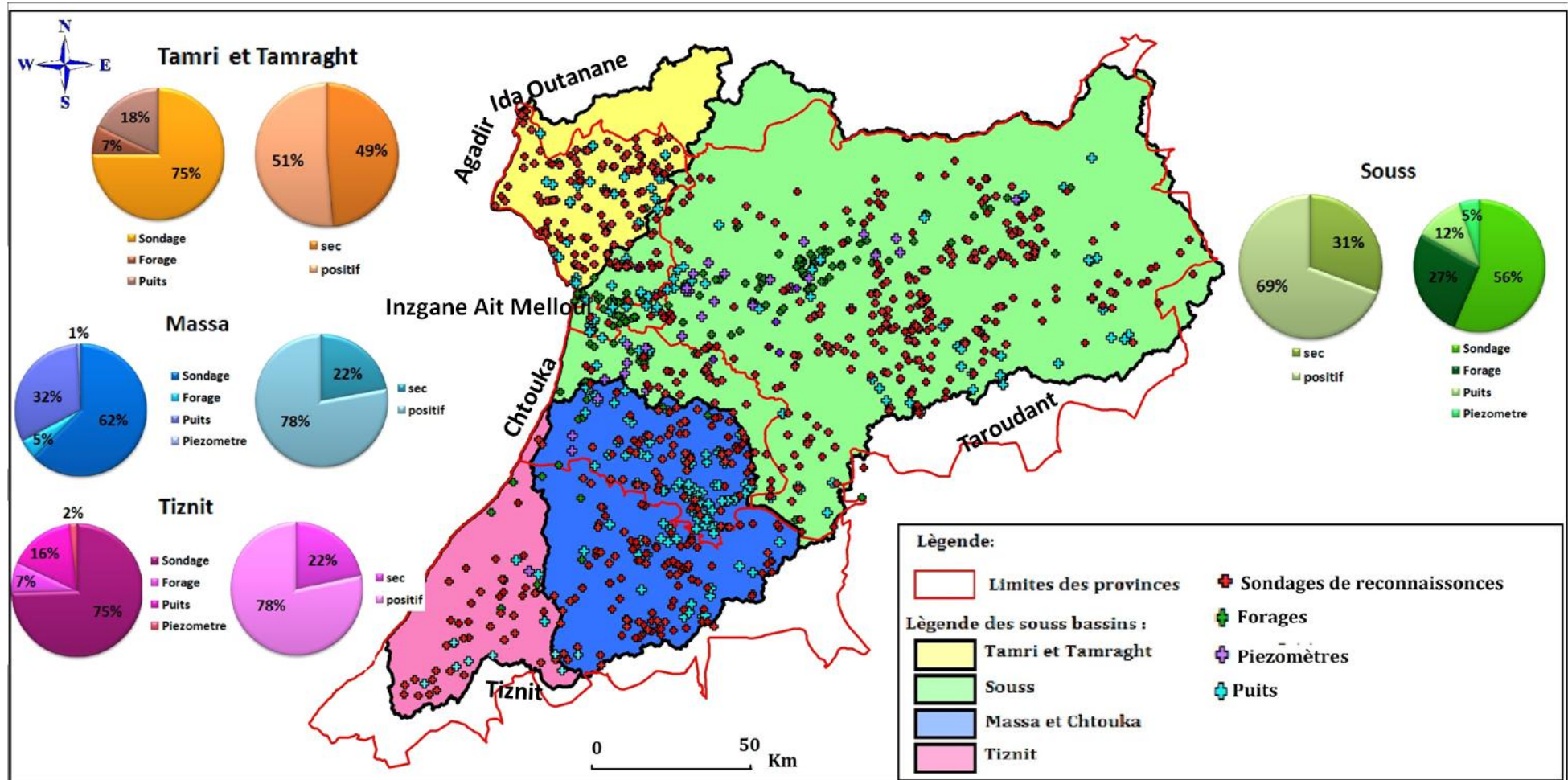


Fig. 13: Carte thématique de la répartition spatiale des points d'eau, par Province, dans les bassins hydrauliques du Souss Massa.

L'analyse de la figure 13, montre que dans :

- Le bassin de Tamri, 49% des points d'eau sont secs et 75% sont des sondages de reconnaissance ;
- Le bassin du Souss, 31% des points d'eau sont secs et 56% sont des sondages de reconnaissance ;
- Le bassin de Massa 22% des points d'eau sont secs et 62% sont des sondages de reconnaissance ;
- Le bassin de Tiznit, 22% des points d'eau sont secs et 75% sont des sondages de reconnaissance ;

Dans le bassin du Souss Massa, le taux des points d'eau secs varie entre 22% 49%.

III-2 : Synthèse hydrogéologique des bassins de Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa, et de Tiznit :

Par manque de couverture géologique détaillée (1/100000 et 1/50000) qui couvre l'ensemble de la zone d'étude, nous sommes limités aux cartes géologiques 1/500000 de Marrakech et d'Ouarzazate. Lesdites cartes ont été exploitées pour l'élaboration des analyses thématiques qui vont suivre par la suite (Fig.14).

Ces cartes ont été numérisées avec la distinction de chaque étage géologique.

La carte thématique suivant montre la répartition de la productivité des points d'eau dans l'ensemble de bassin Souss Massa en fonction de la géologie :

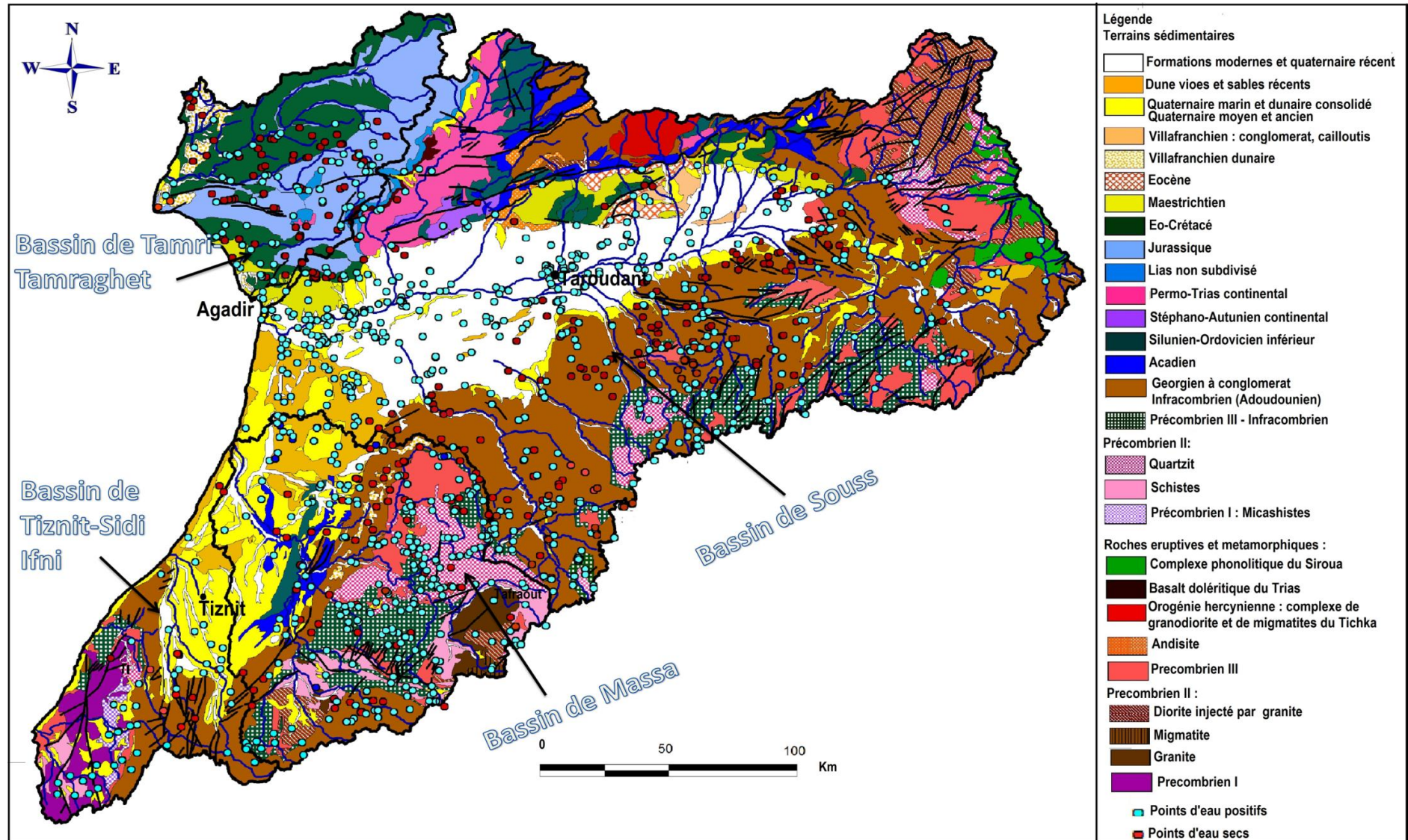


Fig. 14: Carte thématique de la répartition de la productivité des points d'eau en fonction des formations géologiques couvrant l'ensemble des bassins de Tamri-Tamraghet, de Souss, de Massa, et de Tiznit (fond : carte géologique 1/500000 de Marrakech)

Les régions étudiées dans ces bassins sont des régions montagneuses peu connues et d'accès difficile, c'est l'exemple des boutonnières de l'Anti Atlas dont la complexité hydrogéologique est fonction autant de la structure géologique que de la composition lithologique de ce vaste massif montagneux.

On distingue généralement les boutonnières du socle (Précambrien et Infracambrien) qui sont d'Ouest en Est : la boutonnière d'Ifni, de Kerdous, d'Igherm et de Siroua, et la couverture sédimentaire (Infracambrien et Adoudounienne).

Les boutonnières sont formées essentiellement de granite, laves, les schistes, les quartzites et conglomérats. La couverture Adoudounienne est par contre surtout calco-dolomitique et calco-schisteuse.

Les conditions naturelles sont donc défavorables à l'existence de ressources en eau souterraine importantes.

Par la suite on va faire des synthèses hydrogéologiques de l'ensemble des bassins hydrologiques étudiés en fonction des données des points d'eau de la base de données élaborée. Malheureusement un grand nombre des fichiers techniques des sondages réalisés dans ces bassins est absent, ce qui a limité la synthèse hydrogéologique des aquifères exploités dans ces régions.

III-2-1 : La synthèse hydrogéologique du bassin Tamri et Tamraght :

Le bassin de Tamri et Tamraght est formé par des roches de couverture essentiellement les calcaires du Jurassique et l'Eo-Crétacé avec dominance marneuse et des passages de niveau calcaire notamment le Turonien.

On distingue trois secteurs différents dans ce bassin :

Le secteur 1 dans La partie Nord : formant un synclinale vers le Nord

Le secteur 2 dans la partie Sud Ouest: formant un synclinale vers la mer

Le secteur 3 dans la partie Sud Est: qui est anticlinal entre les deux synclinaux, et monoclinal vers l'Est (Fig.16).

En Analysant ces trois secteurs on remarque que :

La plus parts des points situés dans le secteur 1 sont secs captant des épaisseurs élevé des formations marneuses qui peuvent aller jusqu'à 300 m, les coupes lithologiques (1) des sondages 1097/60 et 1146/60 en donne confirmation.

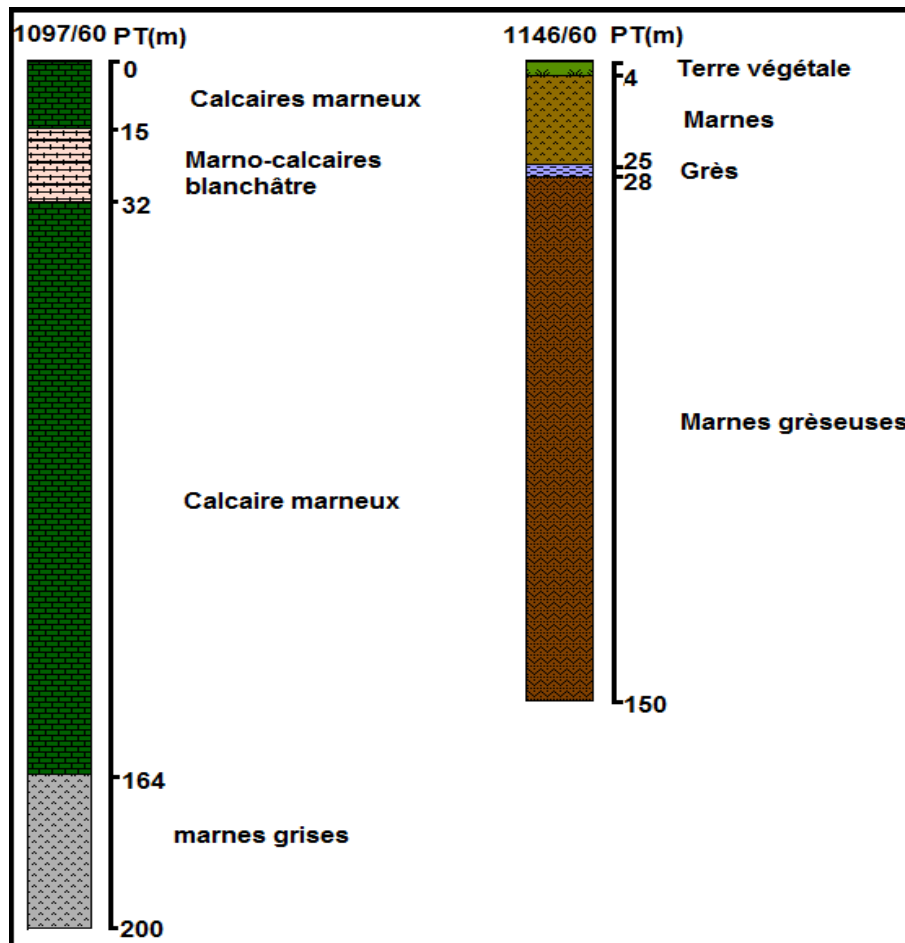


Fig. 15: Coupes lithologiques (1) des sondages de reconnaissance 1097/60 et 1146/60

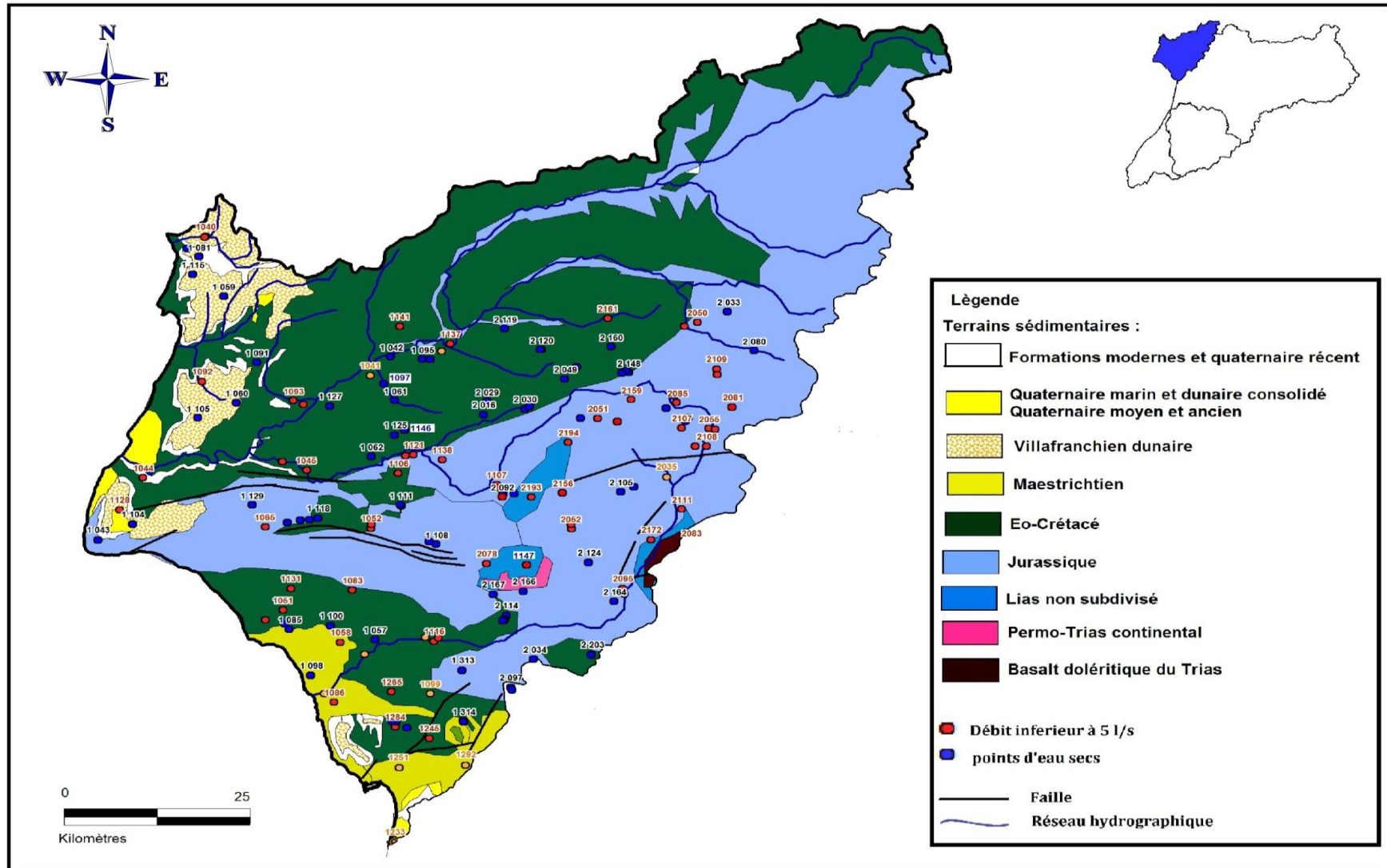


Fig. 16: carte thématique des points d'eau réalisé dans le bassin de Tamri-Tamraght selon le débit.

Les affleurements des calcaires dans la zone sont très localisés. Les points d'eau qui sont positifs se localisent généralement près des oueds, ils captent les sous écoulement alluvionnaire, avec des débits d'environ 1 l/s.

La profondeur de ces sondages dépasse généralement 100 m.

Le secteur 2 : on remarque que le taux de la réussite des sondages est très élevé par rapport au secteur 1. D'après les coupes lithologiques (2) de certains sondages nous avons remarqué que l'épaisseur des marnes dans le secteur est faible, les points d'eau touchent les calcaires dolomitiques du Turoniens, fournissant des débits d'environ 1 l/s. La profondeur des sondages dépasse les 100 m.

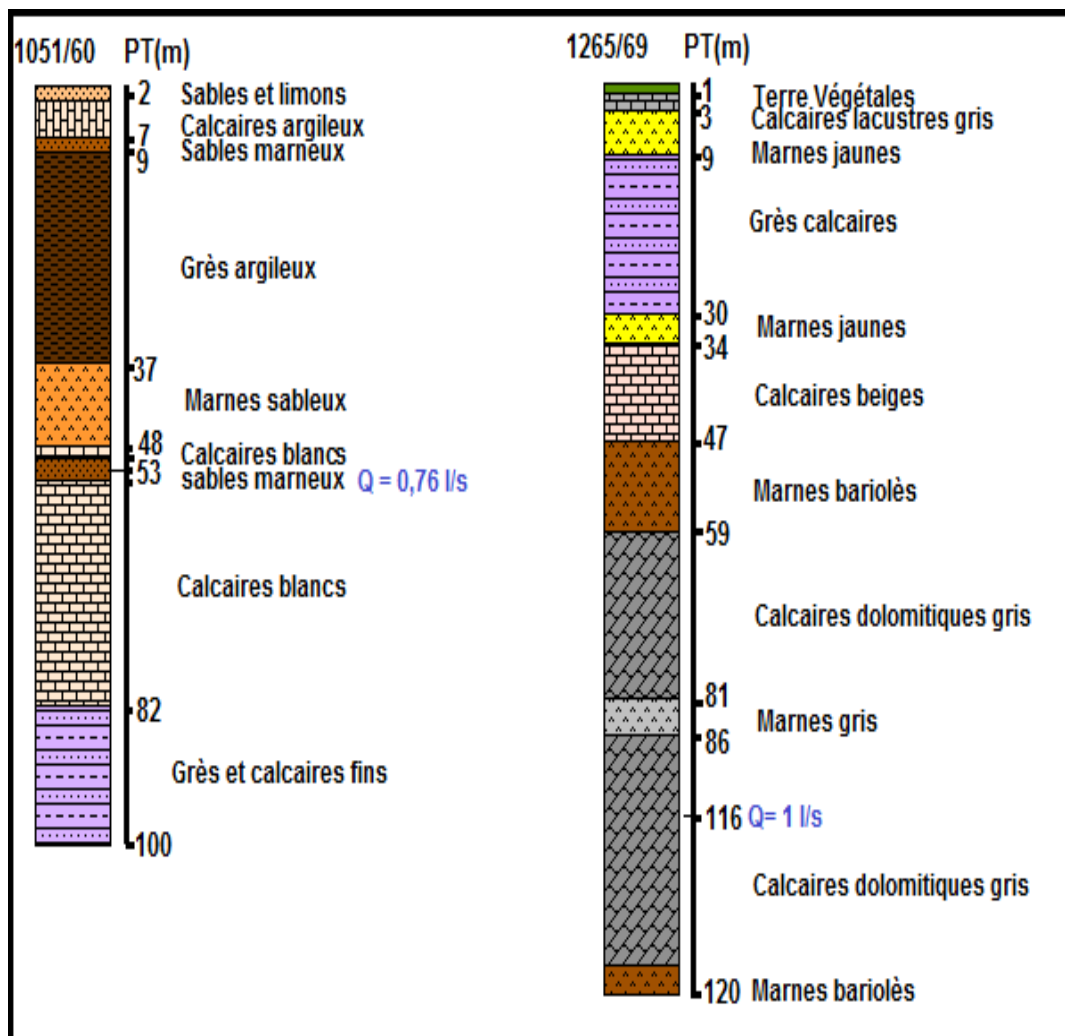


Fig. 17: Coupes lithologiques (2) des sondages de reconnaissance 1051/60 et 1265/69

Le secteur 3 : la quasi-totalité des points d'eau sont positifs, ils captent les niveaux marno-calcaires du Jurassique supérieur qui affleurent dans ce secteur avec des épaisseurs qui peuvent atteindre les 80 m. les débits peuvent atteindre 3 l/s (les coupes lithologiques (3)).

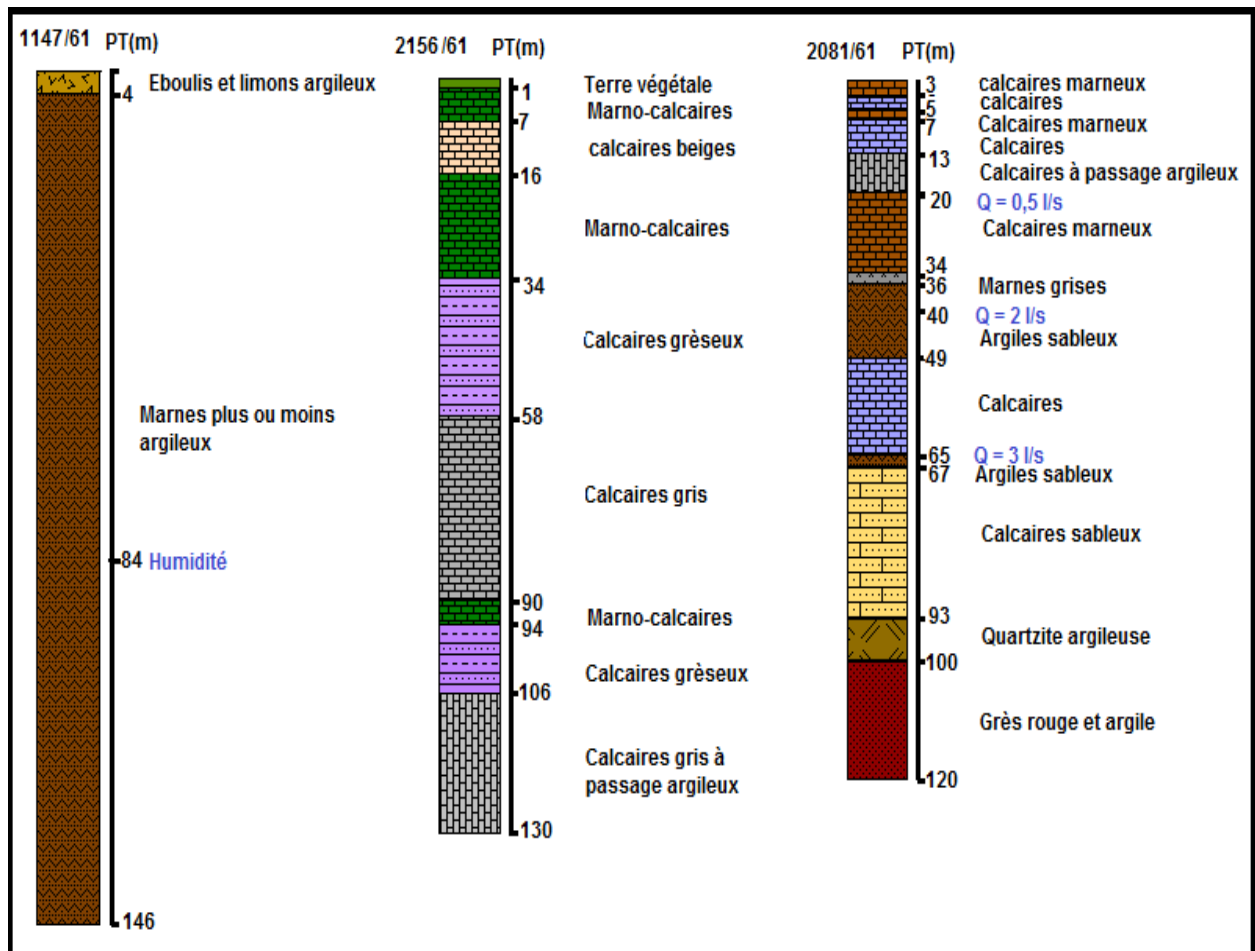


Fig. 18 : Coupes lithologiques (3) des sondages de reconnaissances 1147/61, 2156/61 et 2081/61

D'après cette analyse on peut donc dire :

- le taux de réussite des points d'eau dans les formations du jurassique est supérieur à celui dans les formations de l'Eo-Crétacé.
- les formations aquifère dans les formations de Eo-Crétacé sont les calcaires dolomitiques du turonien, alors que dans les formations du jurassique se sont les calcaires du jurassique supérieur.

III-2-2 : Synthèse hydrogéologique du bassin Souss :

Le bassin de Souss Comprend les unités suivantes :

- le massif du Haut Atlas au nord
- la plaine de Souss dans la partie médiane du bassin
- le massif de l'Anti atlas orienté WSW-ENE.

- **Le massif du Haut Atlas :**

En raison de la structure très montagneuse de la région et de son accès difficile, elle marque un absence des points d'eau sauf dans le couloir d'Argana, dont les sondages sont réalisés sur les terrains du Permo-Trias continental représenté à la base par des conglomérats, grés, argilo-grés et marnes rouges sur 1000 m d'épaisseur ; au sommet, par des argiles salifères et gypsifères puissantes de 500 m, couronnées par des basaltes (ABHSM, 2003). Les débits sont inférieur à 2 l/s avec des profondeurs entre 100 m et 150 m.

L'absence des coupes lithologiques de ces sondages à limité l'étude des aquifères exploités dans la région.

- **Le massif de l'Anti Atlas :**

C'est une vaste structure anticlinale formé par :

-Le socle Précambrien qui affleure dans les boutonnières sous la couverture discordante des sédiments du paléozoïque.

D'Ouest en Est dans l'ensemble du bassin, on distingue les boutonnières, de Kerdous (le centre nord de la coupure de Tafraout), d'Aït Abdellah, d'Alma, Igherm et de Siroua.

- Le reste de plateau est constitué d'une épaisse succession de roches sédimentaires, d'âge infracambrien.

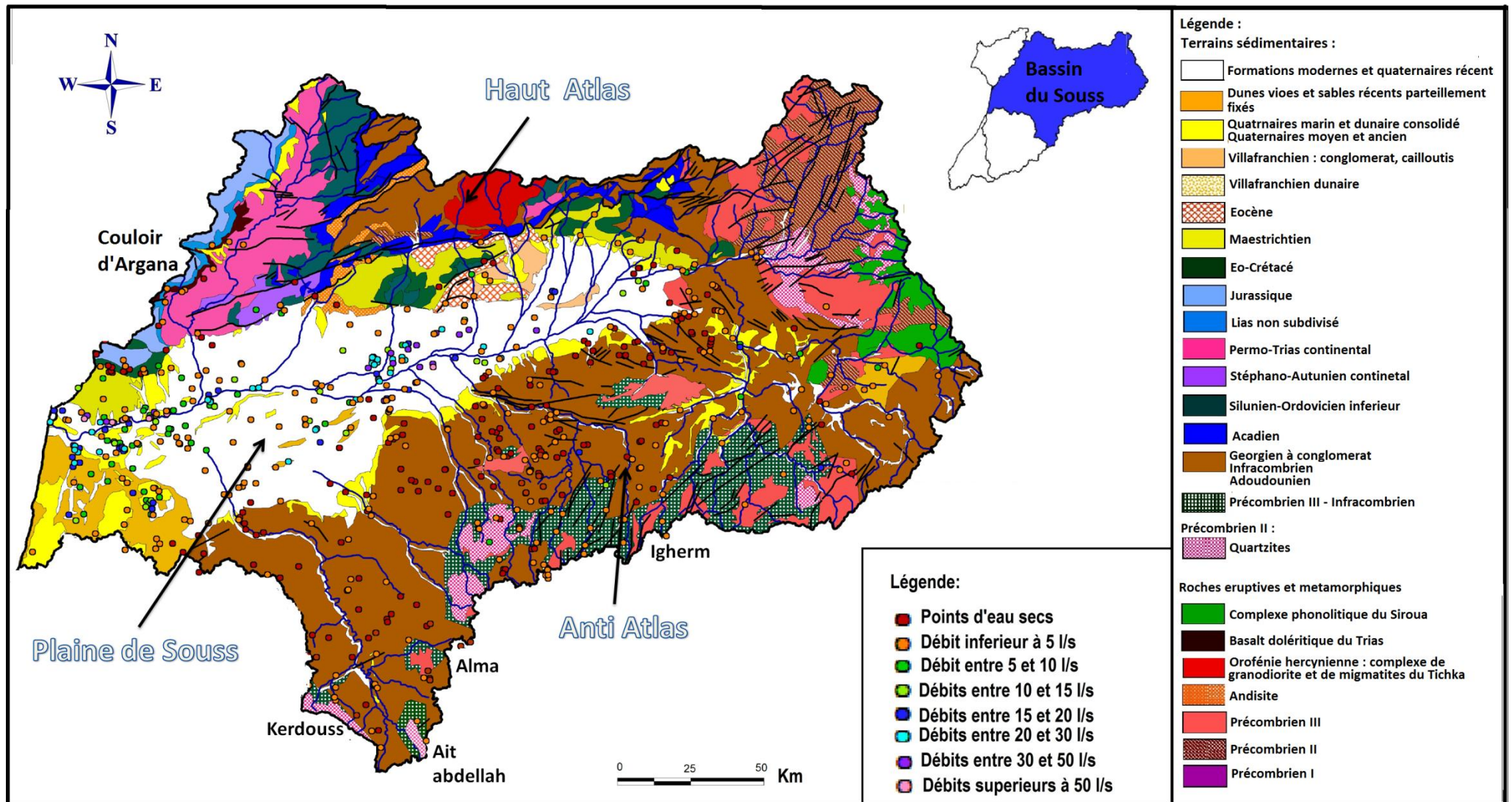


Fig. 19: carte thématique de la répartition des points d'eau dans le bassin de Souss en fonction du débit.

La répartition des points d'eau dans le massif de l'Anti Atlas est comme la suite :

Tab. 6: La répartition des points d'eau dans les formations du massif de l'Anti Alas.

formation	Nombre de points d'eau	En pourcentage %	
		positif	secs
Georgien-Adoudounienne	215	36	63
Roche sédimentaire : Précambrien III (schiste et conglomérats)	23	96	4
Roche sédimentaire : Précambrien II (schistes et conglomérats)	3	66	33
Précambrien III (conglomérat volcanique)	4	75	25

Le plus grand nombre des points d'eau est réalisé sur les formations du couverture sédimentaire (Georgien-Adoudounien), dont 63% de ces points sont secs.

les resultats des points d'eau réalisés sur ces formation montrent que:

- La plupart des points situés dans les formations Adoudoudiennes sont secs, sauf dans certaines zones situées près des effluents des oueds ou sur des failles.

La périphérie de la plaine de Souss présente également une zone où la plus part des sondages sont positifs avec des débits inférieurs à 1 l/s. les profondeurs des sondages sont supérieurs à 100 m.

- Les points d'eau situés dans les boutonnières sont positifs avec des débits repartis comme la suite :

- Inférieur à 1 l/s avec des profondeurs inférieure à 100 m dans les roches sédimentaires du Précambrien III formés par des schistes et conglomérats.

- Entre 1 l/s et 5 l/s avec des profondeurs inférieure à 100 m dans les roches sédimentaires du Précambrien II formés par schistes et conglomérats, et les roches volcanique du Précambrien III formés par des conglomérats.

Les meilleurs résultats ont été obtenus dans les roches de socle (les schistes et conglomérats), les plus mauvais dans la couverture sédimentaire Adoudounienne.

Le résidu sec est généralement inférieur à 2 g/l.

III-2-3 : Synthèse hydrogéologique du bassin Massa:

Le bassin de Massa comprend les unités suivantes :

-La plaine des Chtoukas.

-La boutonnière de Kerdous.

La boutonnière de Kerdous est l'une des plus vastes boutonnières précambriennes de l'Anti-Atlas.

Cette boutonnière est constituée d'un socle rattaché au Protérozoïque inférieur (PI) constitué de granites, migmatites, micaschistes et d'une série plito-gréseuse. Cet ensemble est surmonté en discordance par les quartzites du Protérozoïque moyen (PII), puis par des volcano-détritiques du Protérozoïque supérieur et terminal (PII-III et PIII). Le massif est recoupé par les grands accidents régionaux sensiblement EW (ONYM, Anti-Atlas, Maroc).

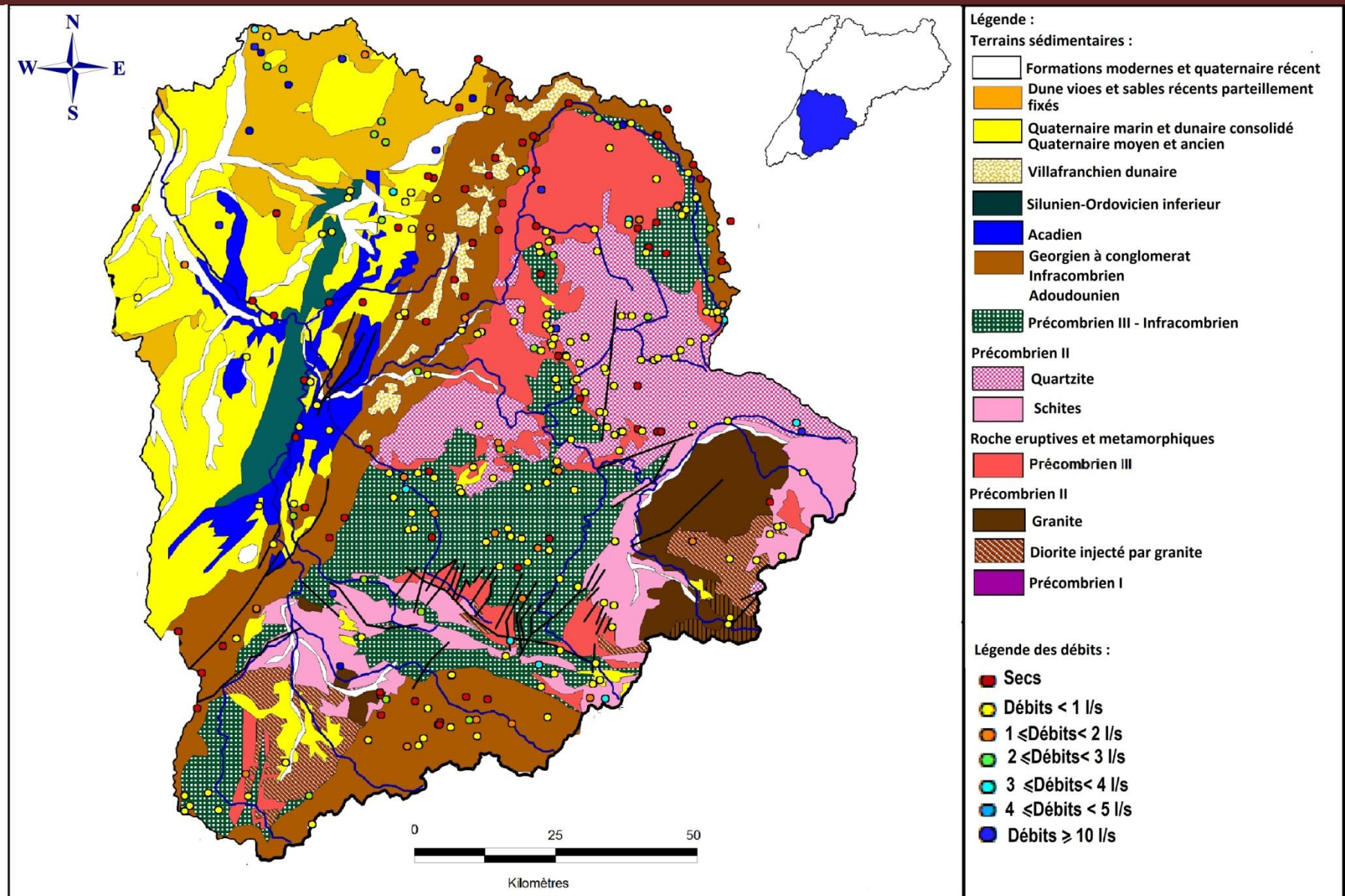


Fig. 20: carte thématique de la répartition des points d'eau dans le bassin de Massa en fonction du débit.

le tableau suivant montre la repartiton de ces points d'eau dans les formations constituant la boutonnière et les formation de couverture :

Tab. 7 : la répartition des points d'eau dans la boutonnière de Kerdous et sa couverture Adoudounienne

formations		Nombre total des points d'eau	En pourcentage %	
			Positifs	secs
Georgien-Adoudounien		66	53	47
Les formations de constituant la boutonniere	Precombrien III (R.C): grés et pelites	76	83	17
	Precombrien II (R.C): series des grés quartzitiques	65	92	8
	Precombrien III (R.S) : volcano-detritique	30	80	20
	Precombirne II (R.S) :granites	6	50	50

(R.C) : roches de sedimentaire de couverture

(R.S) : roches du socle

D'apres la carte et le tableau ci dessus, on remarque que :

Au contraire des boutonnières du bassin de Souss, la boutonnière de kerdous presente un grand nombre de points d'eau testant ses formations donnant des resultats satisfaisants.

les resultats des ces points d'eau réalisés sur ces formation montrent :

-Pour les formations d'Adoudounien :

47 % des points sont secs. la plus part de ces points d'eau situés sur la périphirie de la boutonnière sont secs , la profondeur des sondages est comprise entre 100 et 150 m, à l'exception des zones situé près des oueds, qui peuvent presenter des zones privilégiées pour les sous ecoulements souterraines, Par contre sur les même formations dans la partie SW presentent un grand nombre de points d'eau positifs dont les debit inferieur à 1 l/s avec des profondeur entre 150 et 230 m.

- pour les formations de la boutonnière :

- les formations du couverture et du socle (PII et PIII): la quasi-totalité des points d'eau prospectant ces formations sont positifs, avec des debits inferieur à 1 l/s. les profondeurs des sondages sont:

- inferieur ou égale à 50 m dans la series des grés et quartzites des formations de couverture (PII).

- entre 50 et 100 m dans les grès et pelites des formations de couverture (PIII).

Concerant les formations du socle (PII et PIII), le nombre des sondages qui y sont réalisés est faible (voir le tableau n°7) ce qui ne permet pas de faire des statitiques significuatives. Les profondeurs sont inferieur à 50 m pour les granites du Precombien II, et entre 50 et 100 m dans les volcano detritidues du PIII.

Le résidu sec est généralement inférieur à 2 g/l.

III-2-4 : synthèse hydrogéologique du bassin Tiznit:

Le bassin de Tiznit comprend :

- la plaine de Tiznit
- la boutonnière Précmbrienne d'Ifni.

La structure et la composition geologiques de la boutonnière d'Ifni se diffèrent fortement de celles de la boutonnière de Kerdous qui lui succède vers l interrieur.

Concernant la compositions géologique, le socle précombrien granitique est en discordance avec la série sédimentaire de pécombrien composée :

PII comprend les grès quartzitique dans la partie Nord qui peut atteindre 650 M d epaisseur, et des schiste dans la partie S-SW

PI comprend les micashiste dans la partie Est de la boutonnière.

La partie septentrionale de la boutonnière est à prédominance détritique (PIII) elle comprend des conglomérats, des grès et des rhyolites pouvant atteindre 250 m.

L'Infracombrien (Adoudounien) qui constitue la bordure de la boutonnière, début par la série de base d'une épaisseur moyenne de 100 m, puis des schistes avec des intercalations calcaires ou gréseuses.

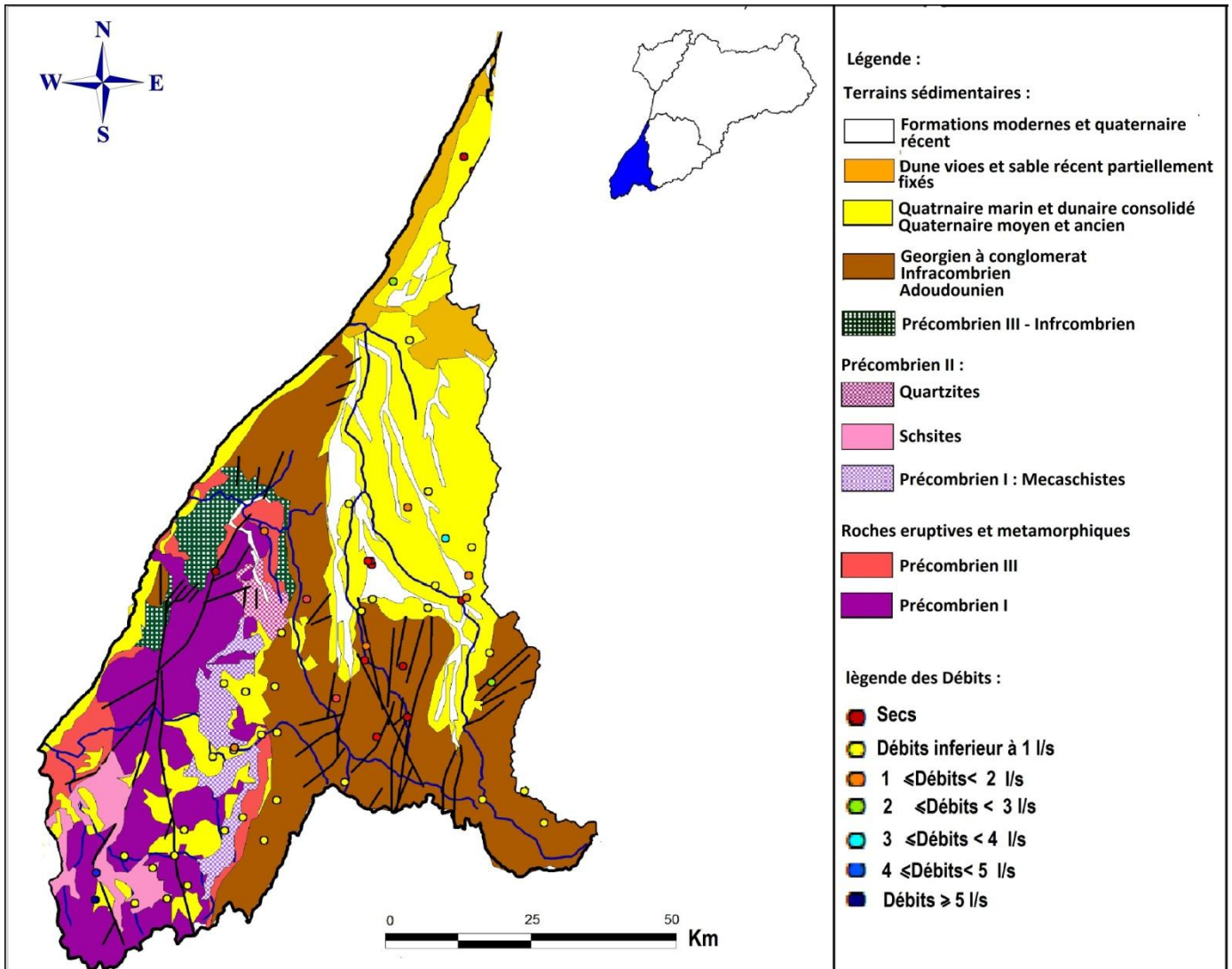


Fig. 21: carte thématique de la répartition des points d'eau dans le bassin de Tiznit en fonction du débit

La répartition des points d'eau dans la boutonnière d'Ifni et sa couverture Adoudounienne est comme suite :

Tab. 8 : la répartition des points d'eau dans la boutonnière d'Ifni et sa couverture Adoudounienne

Formations	Nombre de points d'eau	En pourcentage %	
		positifs	négatifs
Adoudounienne	19	68	32
Précambrien II (R.C) : les Schistes	4	100	
Précambrien I (R.C) : les micaschistes	4	100	
Précambrien I (R.S) : les granites	6	100	
Précambrien III (R.S) : Andésites et Rhyolites	2	100	

D'après la carte et le tableau ci-dessus, on remarque que :

32 % des points d'eau implantés sur les formations adoudouniennes sont secs.

La repartition de ces points dans ces formation est comme suite :

- positifs sur les périphérie de la boutonnière d'Ifni, de Kerdous et sur les oueds avec une productivité inferieur à 1/s.
- Secs sur les zones faillées .

La profondeurs des sondages et comprise entre 90 et 100 m.

Concernant les formations de la boutonnière, les points d'eau qui y sont réalisés sont très localisés donnant des resultats positifs, avec des debits inférieurs à 1 l/s. La profondeur des sondages est comprise entre 40 et 150 m.

Le résidu sec des sondages de reconnaissance implantés dans la partie Sud de la boutonnière est superieur à 2 g/l, il va juqu'à 3 g/l.

III-3 : Résultats et synthèses hydrogéologiques des sondages de reconnaissances réalisés dans l'Anti-Atlas :

Malgré le grand nombre des sondages de reconnaissance réalisés dans les boutonnières et la couverture sédimentaire du versant nord de l'Anti-Atlas, nous n'avons pas pu faire une synthèse hydrogéologique de l'ensembles des aquifères localisés dans ce versant. Nous disposons seulement des fiches techniques de certains sondages de reconnaissance couvrant les regions qui succède au kerdous vert l'Est.

La région étudiée est une vaste structure anticlinale. Le long de son axe, apparait le socle précambrien sous forme d'une série de boutonnières de dimensions et d'orientations variables. Les plus larges sont celles du Kerdous, d'Igherm, et Siroua, les plus petits sont celles d'Ait Abdellah et d'Alma. Le reste de plateau est constitué d'une épaisse succession de roches sédimentaires d'âge infracambrien (Fig 22 et Fig 23).



Fig. 22: Carte satellitaire représentant le domaine Anti-Atlasique (LANDSAT image of Morocco) (ABHSM, 2003).

Toutes ces formations sont entaillées par un réseau hydrographique complexe d'oueds asséchés la plus grande partie de l'année, car le climat est très aride, présaharien sur le flanc sud ; ces oueds tranchent la masse des calcaires primaires en d'imposantes gorges (ABHSM, 2003).

Dans la présente étude sera donc exposées les conclusions des résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les différentes formations en vue de déterminer les aquifères exploités pour mieux orienter les prochaines campagnes de reconnaissances dans les zones non prospectées.

La carte suivante montre la répartition des sondages de reconnaissance dont nous disposons des informations plus au moins complètes sur les formations aquifères exploités dans chaque unité géologique :

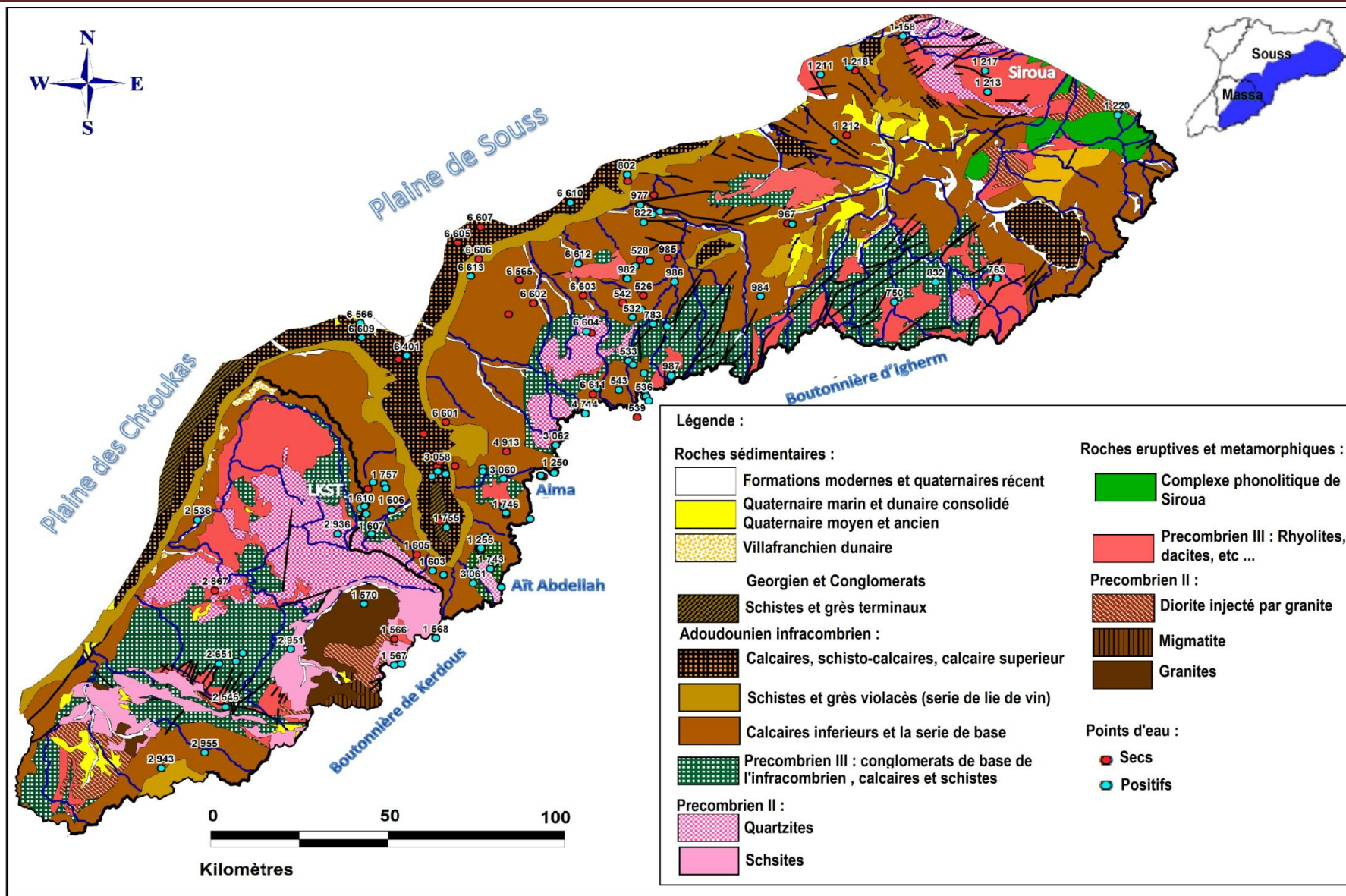


Fig. 23: Carte thématique de la répartition des points d'eau dans l'Anti-Atlas (fond : carte géologique 1/500000 de Marrakech).

III-3-1 : Résultats hydrogéologiques des sondages de reconnaissances sur les terrains du socle :

Le tableau n°9 : montre les formations captés par les sondages de reconnaissances réalisés sur les boutonnières de Kerdous, d'Ait abdellah, d'Alma, d'Igherm et de Siroua :

D'une façon évidente:

Les résultats des sondages réalisé au sein des granite (1570/79, 2829/79, 750/71) ont montré la stérilité presque totale de la structure. Concernant les migmatites le plus souvent riches en muscovite, ils sont plus altérables que les granites, c'est pourquoi la majorité des sondages réalisés dans le substratum migmatitique ont fourni des résultats satisfaisants.

Quand à la prospection des formations conglomératiques, les résultats des sondages réalisés dans ces formations ont montré que les conglomérats Précambriens et Infracambriens présentant un intérêt sérieux pour la recherche d'eau. Les résultats obtenus, et l'épaisseur de la frange d'altération qui dépasse le plus souvent les 30m, en donne confirmation. Sauf sur le glacis septentrional du Lkst, d'après les résultats des sondages 1608/79 et 1607/79 les conglomérats ont montrés aussi peu altérations que les andésites. Egalement pour le sondage 1217/62 situé dans la boutonnière de Siroua.

Toutefois il est important de se placer pour la prospection dans des secteurs où abondent les lignes de fracturation pour permettre le captage de la nappe dans de meilleures conditions.

D'après les sondages 2726/79, 832/71 et 783/71 on remarque que les calcaires précambriens des boutonnières de Kerdous et d'Igherm donnent des résultats satisfaisants.

Tab. 9 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés sur les boutonnières de Kerdous, d'ait abdellah, d'alma, d'Igherm et Siroua.

Boutonnière	IRE	Indice	X	Y	Z	Formations exploités	Venue d'eau		
							Debit en (l/s)	PR en (m)	R.S en g/l
Kerdous	1570	79	153	307,05		Granite	tres faible	12,24	
	1566	79	158,38	300,15		Migmatite sain	sec		
	1567	79	158,3	295,1		Migmatite altérée (sur une fracturation profonde)	0,05		0,49
	1568	79	166	300,25		Conglomerats de l infracombrien inferieur (sur une fracturation)	0,1	58	0,23
	1569	79	159,65	295,35		Migmatites à muscovites (frange d'alteration de 12 m)	0,1		0,5
	1607	79	154,55	320,4		Conglomerats	faible	27	0,27
	1608	79	154,5	320,65		Andesites	faible	27	0,43
	2651	79	126,3	295,75	1450	Calcaire gris	0,06		0,49
	2829	79	129,45	296,2		Les granites et grès dur	faible		
	2726	79	130,65	297,75	1290	Calcaire à intercalation schisteuse	0,8		0,6
	2951	79	139,45	298,4		Grès altéré au sein des granite sain	0,3	31	0,62
	2936	79	148,35	320,75	1540	Les dolomies	0,4	19,33	0,27
Ait Abdallah	1741	79	174,35	317,65	1508	Conglomerat fracturé (venue d'eau situé dans la frange d'alteration)	1	31	0,68
	1738	79	174,45	317,7		Conglomerat alteré et fissuré	0,5	20	0,53
	1740	79	174,3	317,8	1506	Frange d'alteration gréseuse de 24 m	0,05	15	0,84
	1742	79	174,4	318,15	1510	Argiles altéré dans un manteau d'alteration des conglomerats	0,05	20	0,54
	1739	79	175,2	320		Conglomerats alterés et fracturés	0,05	20	0,55
	1743	79	176,15	313,65	1609	Conglomerats sain et fracturé (frange d'alteration de 6 m)	tres faible	31	0,68
	1744	79	178,1	310	1835	Conglomerats precombrien peu alterés et peu fracturé, et quartzites	tres faible	11,75	
Alma	1749	79	175	333,3	1432	Conglomerats alterés et fracturés	0,3	32	0,96
	1750	79	175	332,6	1407	Conglomerats alterés	0,7	37	1,37
	1748	79	178,7	325,7	1608	Affleurement quartzitique de la serie de base adoudounien	tres faible		
Igherm	750	71	250,2	365,1	1520	Granite très dur	faible	21	0,52
	832	71	257,7	369	1200	Calcaire dolomitique	0,4	52	
	763	71	268,9	369,65	1750	Grès friable et grès tres dur		30	0,4
	783	71	206,3	361,05	1310	Calcaire gris gréseux	tres faible		0,48
	784	70	208,85	360,55	1300	Conglomerats de base	0,4	98	0,59
Siroua	1213	62	267,32	405,983		Aréne granitique	2	19	0,17
	1220	62	290,84	401,479		Argiles peu matneux, marnes et dolomies	0,1	12	0,43
	1217	62	266,89	410,082		Andesites et granites	SEC	100	
	1158	62	252,05	416,9	885	Calcaires fracturés avec intercalation d'alluvions sableux et sables argileux	0,15	38	0,49
							2	55	
							3,4	86	

III-3-2 : Résultats hydrogéologiques des sondages de reconnaissances sur les formations de l'Adoudounien:

III-3-2-1 : les formations de la série de base Adoudounienne:

La série de base est composée essentiellement de schistes, à l'intérieur desquels apparaissent des dépôts marno-calcaires.

Le tableau n°10 montre les formations captées par les sondages de reconnaissances réalisés dans la série de base Adoudounienne :

Tab. 10 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans la série de base

IRE	Indice	X	Y	Z	Formations exploitées	Venue d'eau		
						Débit en l/s	PR en (m)	R.S en g/l
1604	79	167,6	312,6		Schistes très altérés	faible	28	0,25
1603	79	165,6	313,4		Schistes altérés	faible	66	0,2
1605	79	162,6	316,5		Schistes altérés et conglomérats infracambriens	SEC	73	
1606	79	158,25	325,4		Schistes	0,025	53	0,37
1609	79	153,6	324,6		Conglomérats infracambriens	0,05	28,5	0,65
1610	79	152,6	325,8		Schistes fracturés	faible	20,5	1,14
1622	79	153,4	326,1		Schistes altérés et tufs volcaniques très fracturés	>0,2	23,75	0,53
1746	79	179,1	324,5	1620	Schistes fracturés avec niveau gréseux	SEC	48	
1754	79	173,3	313,3	1495	Dolomies	SEC	48	
1747	79	178,65	326,2	1624	Marno-calcaire	SEC	41	
4913	70	179,3	336,5	1482	Schistes fracturés et grès épais	SEC	50	
1211	62	237,06	409,4		Schistes	0,15	70	0,72

Les conditions d'emménagement et la présence des nappes sont apparemment très difficiles dans la série de base, malgré l'altération forte et profonde.

D'après les coupes lithologiques de ces sondages, on remarque que le substratum de cette série est généralement des conglomérats de l'infracambrien, qui joue un rôle d'écran lorsqu'il se présente en état franc. Cependant il peut être lui-même altéré sur une hauteur

importante, c'est l'exemple du sondage 1609/79 qui a recoupé une venue d'eau intéressante dans les conglomérats altérés à moins de 30 m de profondeur.

Les sondages réalisés autour de la boutonnière d'Alma ont démontré la stérilité du niveau marno-calcaire qui apparaît en différents niveaux de la série de base, et de son substratum conglomératique c'est l'exemple du sondage 1747/79 implanté dans la séquence marno-calcaire.

III-3-2-2 : les calcaires inférieurs

D'après le tableau n° 11 on remarque que :

Les sondages ayant testé les dolomies ont montré que cette masse dolomitique s'avère généralement stérile jusqu'à une grande profondeur.

Quant aux sondages captant les calcaires fracturés, et les conglomérats, ils ne sont pas en grande partie aptes au stockage d'eau souterraines sauf certains sondages qui sont réalisés sur des fracturations, ce qui leur permet un meilleur captage des circulations souterraines.

Le tableau n°11 montre les formations captées par les sondages de reconnaissance réalisés dans les calcaires inférieurs

Tab. 11 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les calcaires inférieurs

IRE	Indice	X	Y	Formations exploités	Venue d'eau		
					debit en l/s	PR en (m)	R.S en g/l
1212	62	241,750	397,660	Calcaires, grès calcaires et schistes	SEC	120	
6564	70	182,057	369,822	calcaires gréseux, calcaires fracturés et conglomérats	SEC	86,00	
6565	70	180,029	363,187	Calcaires gréseux compacts	SEC	100,00	
6601	70	168,350	342,300	Calcaires compacts et dolomies	SEC	210	
6602	70	184,560	365,267	alternance calcaires et conglomérats	SEC	140,00	
6603	70	193,650	366,650	Calcaires dolomitiques	SEC	150	
6611	70	195,172	347,453	Calcaires et conglomérats	SEC	157,00	
6612	70	192,850	372,940	Alternance calcaires et dolomies	1,2	35	
6614	70	161,850	240,600	Calcaires et dolomies	SEC	150,00	
967	71	230,872	380,503	Calcaires et schistes	SEC	100	
968	71	231,750	380,400	Calcaires et schistes	1,00	91	0,56
969	71	239,508	396,494	Calcaires dolomitiques	Humidité	76	
970	71	204,213	374,291	Alternance Calcaires dolomitique et calcaires	SEC	200	
971	71	206,400	382,387	Calcaires fracturés	1,5	76,45	0,42
972	71	202,108	336,971	Calcaires fracturés et schisto-calcaires	0,20	96	0,42
977	71	204,16	384,250	Calcaires compacts	2,00	80	0,34
978	71	207,75	382,934	Calcaires fracturés. calcaires grèux. calcaires dolomitiques et conglomérats serie de lie de vin	2	80	0,55
980	71	206,70	386,128	Calcaires dolomitiques	SEC	132	
982	71	201,698	369,891	Calcaires dolomitiques	SEC	210,00	
983	71	201,697	369,891	Conglomerats	0,60	6	
984	71	225,861	366,330	Conglomerats à petits elements	0,40	12,5	
985	71	209,107	373,864	Conglomerats et calcaires	SEC	200,00	
986	71	210,295	369,243	Calcaires et conglomérats	0,20	104,00	
987	71	209,495	350,985	Calcaires	HUMIDITE	19,50	
1618	79	157,25	329,5	Alternance calcaire dolomitique, schistes marneux et marnes sableux	FAIBLE	89	0,47
1619	79	154,95	330,75	Calcaires	sec	100	
1625	79	154,95	330,75	Alternances marno-calcaires	sec	90	

III-3-2-3 : la série de lie de vin :

Le tableau n°12 montre les résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les formations de la série de lie de vin :

Tab. 12 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les formations de la série de lie de vin.

IRE	Indice	X	Y	Z	Formations exploités	Venue d'eau		
						Débit en l/s	PR en(m)	R.S en g/l
1751	79	183,5	323,3	1791	Schistes avec intercalations de grès ou de dolomies	0,001	18,54	0,56
1753	79	186	331,5	1728	Formation de la série de lie de vin, schistes violacés, calcaires et dolomies des calcaires inférieurs	SEC	79	
3059	79	169,920	333,723		Formation de lie de vin, dolomie et calcaires marneux	SEC	215	
6606	70	174,762	373,949		Formation de lie de vin et alternance marne- marno-calcaire	SEC	210	
6613	70	173,245	370,692		Alternance marne-marno-calcaire	Humidité	21	

Dans la série de lie de vin déterminée par une prédominance de schistes violets ou claires et de marnes schisteuses auxquels s'associent des dépôts calco-dolomitiques dans la partie supérieure, ce sont les schistes de sa partie inférieure dont l'épaisseur voisine les 100m qui renferme de faibles circulations d'eau c'est l'exemple du sondage 1751/79.

III-3-2-4 : Les calcaires supérieurs :

Le tableau n°13 montre les résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les calcaires supérieurs :

Tab. 13 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans les calcaires supérieurs.

IRE	Indice	X	Y	Formations exploités	Venue d'eau		
					Débit en (l/s)	PR en (m)	R.S en g/l
6605	70	171,004	377,168	Calcaires et conglomérats	SEC	151	
6607	70	175,200	380,200	Alternance calcaires-conglomérats	SEC	84	
6608	70	175,200	380,200	Alternance calcaires-conglomérats	SEC	107	
6609	70	153,290	358,924	Les calcaires	4	107	2,4
6610	70	191,510	384,818	Alternances calcaires-conglomérats	0,10	124	
6574	70	159,89	354,666	Calcaires, calcaires dolomitiques et schistes	SEC	147	
6401	70	161,45	355,33	Alluvions argileux, calcaires et schistes	1,7	97	
979	71	201,94	388,900	Calcaires et conglomérats	SEC	180	
3033	79	168,40	324,068	Les calcaires fracturés	1,50	19	0,42
3058	79	166,716	333,696	Calcaires et marnes	SEC	137	

La grande partie des sondages réalisés dans les calcaires supérieurs ont donnés des résultats négatifs. Cependant les sondages 6609/70,6610/70, 6401/70 et 3033/79 qui ont donnés des résultats positifs exploitent les formations calcaires peu profondes, avec des débits important, mais la possibilité d'emmagasiner l'eau reste limitée.

III-3-3: les résultats hydrogéologiques des sondages de reconnaissances sur des formations calco-schisteuses:

Le tableau n°14 montre les résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans la série calco-schisteuse du cambrien inferieur:

Tab. 14 : Résultats des sondages de reconnaissances réalisés dans la série calco-schisteuse.

IRE	indice	X	Y	Z	Formations exploités	Venue d'eau		
						Debit en l/s	PR en (m)	R.S en g/l
1218	62	243,35	410,209		Calcaires, schisto-calcaires compacts	SEC	115	0,47
1219	62	242,34	410,907		Schistes et schisto-calcaires compacts	3	49	
6566	70	153,06	361,744		Schisto-calcaire fracturés	SEC	200	
6567	70	164,26	340,059		Alternance schisto-calcaires et calcaires fracturés	SEC	156	
1755	79	168,2	321,8	1286	Alternances des Schisto-calcaires et Schistes sableux	faible	75	0,63
1756	79	166,9	323	1208	Alternances de schistes et calcaires fracturés	SEC	85	
1757	79	157	330,4	1251	Schistes	0,06	14,1	0,7
1758	79	165,7	331,75	1297	Schistes violets et dolomies	SEC	75	
1759	79	168,2	332,15	1302	Alternances des schistes et de calcaires	SEC	74	
1761	79	167,2	334,65	1223	Calcaires peu fracturés	SEC	61	

Les résultats de la recherche de nappes liées à la masse calco-schisteuses ont montrés que seuls les sondages exécutés dans les formations entièrement schisteuses étaient aquifères, c'est l'exemples des sondages 1219/62 et 1757/79. Ils correspondent à des nappes peu profondes avec des debits intéressants.

III-3-4: Conclusions sur la recherche de l'eau dans les différentes unités géologiques testées:

Le tableau suivant résume les résultats hydrogéologiques séparément pour chaque unité géologique

Tab. 15 : synthèse des résultats hydrogéologiques pour chaque formation de la zone d'étude.

Unité géologique		Total des sondages	Positifs	sec	Tranches de débits (l/s)		
					Debit <1	1 ≤ Debit <2	Debit ≥ 2
Socle		34	30	3	26	2	2
Serie de base Adoudounienne		12	7	5	7	0	0
Etages de l'Adoudounien	Calcaires inferieurs	27	12	15	7	5	
	Serie de lie de vin	5	2	3	2	0	0
	Calcaires superieur	10	4	6	1	2	1
Serie schisto-calcaires		10	3	7	2	0	1

En résumé, pour l'Anti Atlas, on constate en générale que Les unités les plus prometteuses pour la recherche de l'eau sont :

- Le socle dans ses franges d'altération : les principales formations contenant de l'eau sont les migmatites altérées sur des grandes profondeurs, l'eau circule également dans les conglomérats fracturés et les calcaires précambriens peu profonds.
- La série de base Adoudounienne, où l'eau circule dans les formations schisteuses très altérés et parfois dans le substratum conglomératique qui peut être altéré. La profondeur des ces formations ne dépasse pas les 70 m.

Alors que pour les trois étages Adoudouniens et la série schisto-calcaires, la quasi totalité des sondages réalisés sur ces formations ont révélé sur une stérilité presque entière de ces terrains. Les sondages positifs dans cette formation fournissent des débits faibles qui n'encouragent pas leur exploration, sauf au niveau de certains sondages qui ont testé les calcaires peu profonds de la série des calcaires supérieurs dont les débits peuvent atteindre 4 l/s.

Concernant la qualité des eaux elle est généralement bonne, le total des sels dissous est inférieur à 2 g/l.

Conclusion générale

L'objectif principal de ce travail est l'élaboration d'outil de travail pour les fins du Service des ressources en eau souterraines de l'ABHSM.

Cet outil est constitué d'une base de donnée (de 1995 à l'actuel) connecté à un SIG. Cette base de données englobe les travaux de reconnaissances hydrogéologiques, menées dans les bassins Tamri-Tamraght, de Souss, de Massa, et de Tiznit, avec très souvent des données (telles que les coupes géologiques) manquantes.

Cet outil nous a permis l'analyse de l'ensemble des données (dont on dispose) relatives aux travaux de sondages de reconnaissances ou de forages d'exploitation, dans le but d'identifier les ressources en eau souterraine mobilisables pour réussir et orienter les implantations des sondages de reconnaissances futures.

Compte tenu des connaissances acquises sur la prospection et l'exploitation des ressources en eau souterraines dans les zones montagneuses à accès difficiles (Bonbonnières d'Ifni, Kerdous, Ait Abdellah, Alma et Igherm), nous pouvons dire que :

- Les formations aquifères captées par les points d'eau réalisés dans le bassin de Tamri-Tamraght sont les calcaires du Jurassique supérieur, les calcaires dolomitiques du Turonien et les formations de l'Eo-Crétacé, avec des débits moyens de 1 l/s. les profondeurs des sondages dépassent les 100m, avec un taux de réussite élevé dans les formations du Jurassique supérieur.
- Concernant les bassins de Souss et de Massa : Les meilleurs résultats ont été obtenus dans les formations de socle précambrien affleurant dans ces bassins, formé essentiellement par des schistes et conglomérats dans les boutonnières du bassin Souss (Ait Abdellah, Alma et Igherm), et des granites, grès et grès quartzitique dans la boutonnière de Kerdous dans le bassin Massa, Alors que les formations du Georgien-Adoudounienne constituant la couverture sédimentaire, ont donné en grande partie des résultats négatifs. Les débits sont généralement inférieur à 1l/s et les profondeurs des sondages vont de 100 à 150 dans les formations de couvertures, et de 50 à 100 dans les formations du socle.

- Pour le bassin de Tiznit :

La quasi-totalité des points d'eau testant les formations Adoudounienne ainsi que celle de la boutonnière d'Ifni montrent des résultats positifs. Les débits sont inférieurs à 1 l/s et les profondeurs sont comprises entre 40 et 100 m.

Pour les parties montagneuses et désertiques de l'Anti-Atlas la synthèse hydrogéologique montre d'une façon très évidente que :

Les unités les plus prometteuses pour la recherche de l'eau sont les formations des boutonnières du socle précambrien et la série de base Adoudounienne, avec des débits inférieurs à 1 l/s et dont la profondeur de la venue d'eau est généralement faible. En effet les sondages réalisés dans le complexe sédimentaire postérieur ont révélé une stérilité presque entière de ces terrains.

Concernant la qualité des eaux elle est généralement bonne, le total des sels dissous est inférieur à 2 g/l. sauf dans le secteur Sud de la boutonnière d'Ifni montrant des teneurs en sels assez importantes, dépassant 3 à 4 g/l.

La méthodologie appliquée, cette étude, montre que le SIG constitue un moyen rapide, fiable et efficace pour l'analyse spatiale et un outil d'aide à la décision d'importance.

Cette étude reste limitée et incomplète en raison du manque d'informations sur la prospection hydrogéologique dans les aquifères de ces bassins. Nombreuses données (fiches IRE) ont disparues des archives de l'ABHSM. Et même les fiches retrouvées sont généralement incomplètes ou erronées. Malgré la technologie informatique dont dispose l'Agence, une restructuration du Service des archives s'impose (classement, mettre sous forme de fichiers informatiques toutes les fiches IRE). D'importantes campagnes de prospection par sondage à l'air ont été réalisées dans les années 70 et 80, dont on ne retrouve plus de traces à l'ABHSM.

Néanmoins, la présente étude reste une méthodologie permettant de faciliter l'implantation des futures prospections d'eau en zones difficiles. Elle devra se poursuivre pour mieux guider les futures prospections d'eau pour l'alimentation en eau potable des villes, des Centres et des douars de ces zones montagneuses à accès difficile dans le cadre de la contribution à la satisfaction des besoins en eau potable des populations.

Perspectives

Dans le cadre de la recherche et de développement, et suite à ce modeste travail, nous recommandons d'une modélisation permettant d'élaborer une **Carte de prédiction** des zones potentielles en eau souterraine dans les zones montagneuses étudiées, nécessitant :

- L'analyse et l'interprétation des données de télédétection ou de photographie aérienne à l'aide des SIG pour prédire les zones avec un stockage potentiel en eau souterraine.
- L'analyse des paramètres pouvant fournir des indications sur la prédiction des zones potentielles en eau souterraine tel que la précipitation, l'utilisation et occupation du sol, la géologie et pédologie, la topographie, etc., et de la compréhension du cycle de l'eau à la fois en surface et en sous-sol.
- la modélisation avec un SIG de ces données afin de produire des couches thématiques concernant les données de télédétections et des autres paramètres. La carte thématique des zones potentielles est le résultat de la superposition de toutes ces couches thématiques

Nous citant la modélisation dans model builder (ARGIS) :

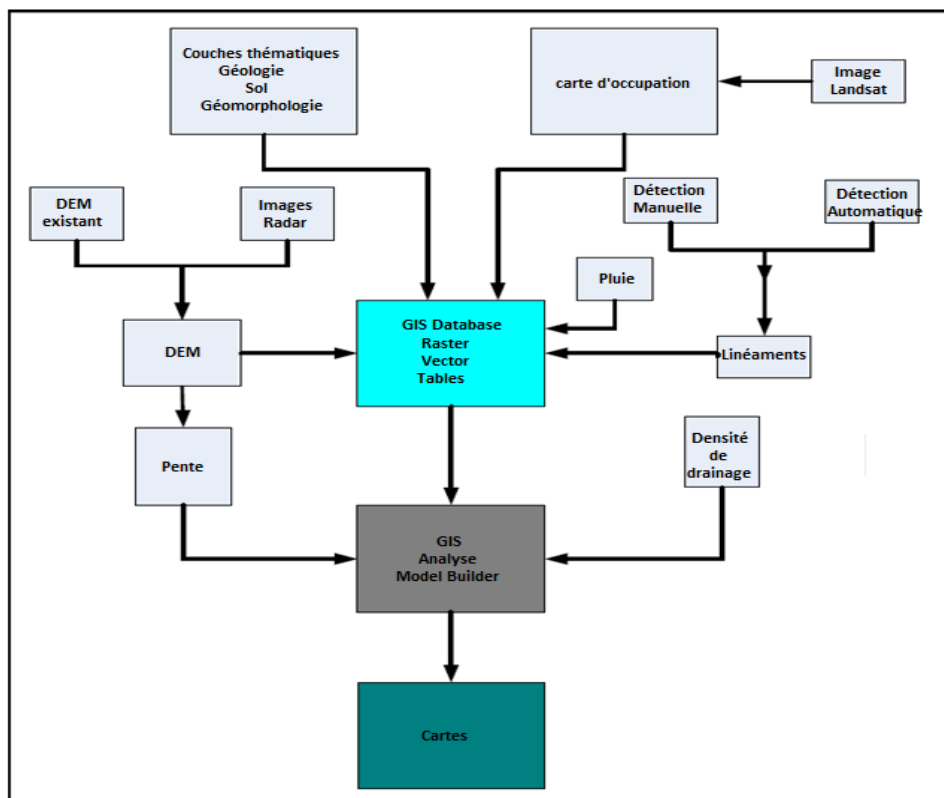


Fig. 24 : Approche méthodologique pour la réalisation cartographique

Finalement Les résultats du modèle seront validés par le couplage avec les données des travaux de reconnaissance réalisés que nous avons analysés et synthétisés dans la cadre de ce travail. Ainsi, la fiabilité des résultats du modèle sera confrontée à la réalité du terrain.

Références bibliographiques

-**ABHSM, 2005** : Optimisation de la gestion de ressources en eau dans le bassin du Souss Massa. Colloque sur la gestion des ressources en eau, mai 2005.

-**ABHSM, 2004** : rapport de l'étude de la recharge artificielle des nappes dans les bassins hydrauliques du Souss Massa, mission I, étude de base par sous bassin, diagnostic et élaboration d un programme de recharge artificielle, 2004, ABHSM).

-**ABHSM 2003** : Etude de synthèse des études géophysiques réalisées dans les plaines de Souss et Chtouka, ABHSM, 2003.

-**Combe et El Hebil, 1972** : Plaine du Souss, des Chtouka et de Tiznit : Vallée du Souss. Ressources en Eau du Maroc, Tome 3.Ed. Service géologique du Maroc.

-**CSEC, 2001** : Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat- plan directeur pour le développement des ressources en eau des bassins du Souss-Massa. Agadir 21-22 juin 2001, 9ème Session.

-**ONHYM, Anti-Atlas, Maroc** : MINERALISATIONS AURIFERES DU MASSIF PROTEROZOIQUE DE KERDOUS.

Webographie :

<http://www.egov.ma/Documents/Maroc%20Numeric%202013.pdf>

www.cgem.ma/doc1/ed-cgem/siege/ur/souss/1.pdf

http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_Debatregional.pdf

http://www.onhym.com/ONHYM/pdf/fr/promotion_mine/M18a%20Fiche8%20Kerdous%2002-09_Fran%C3%A7ais.pdf

