



En hommage au professeur ABDELJABBAR RIZKI

Etude hydrogéologique des aquifères
paléozoïques dans la province de Khémisset
(Maroc).

Réalisée par :

- **OUHAMMOU Hayat**
- **OUBAKENT hind**
- **OUFNI Ilham**

Soutenu le : 23 Juin 2022

Devant la commission d'examen composé de :

- **Mr. JALAL MOUSTADRAF : Encadrant interne, FST Marrakech**
- **Mr. MOHAMMED JAFFAL : Examineur , FST Marrakech**

2021/2022

Dédicace

A nos chers parents

Qu'aucune dédicace ne serait exprimé à juste valeur tout l'amour, le respect et le dévouement que nous portons envers eux

A nos Chers frères et sœurs

Source de joie et de bonheur, qui nous soutenus et encouragés durant tout notre parcours d'étude.

A toute la famille OUFNI

A toute la famille OUBAKENT

A toute la famille OUHAMMOU

Et à tous ceux qui ont rendu ce rapport finalement réalisable.

REMERCIEMENT

Tout d'abord nous tenons à remercier sans fin notre dieu ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la volonté, le pouvoir, le courage et la force pour réussir ce travail.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à Ce grand homme, Mr. **JALAL MOUSTADRAF** notre encadrent pédagogique, qui nous a suivi tout au long de la réalisation de ce projet, qui nous a fait part de son savoir-faire et qui est toujours présent et à l'écoute.

On remercie ensuite **Mr. MOHAMMED JAFFAL** de leur présence pour se donner la peine d'examiner ce travail.

Notre immense gratitude à toutes les personnes qui auront contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire,

Sans oublier nos chers professeurs de la faculté des sciences et technique Marrakech qui nous a donné tous, tout au long de notre période de formation au sein de la faculté tout en espérant que ce travail sera à la hauteur de leurs attentes.

Merci à tous

TABLE DE MATIÈRES

INTRODUCTION	11
CHAPITRE I: La démarche méthodologique.....	13
I: LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE	14
1 – La Collecte des données	14
2- Elaboration de la base de données SIG.....	15
3- Elaboration des cartes.....	16
CHAPITRE II : Contexte général de la zone d'étude.....	17
I- Situation géographique et cadre administratif	18
1- Situation géographique.....	18
2- ARMATURE RURALE	19
3-TYPE D'HABITATION	19
II -Contexte socio-économique	20
1-La population	20
III -Contexte climatique	23
1-La Température.....	23
2.2-Les Précipitations.....	24
IV -Contexte géologique.....	25
1-Cadre géologique régional	25
1.1-L'anticlinorium de Casablanca	27

1.2-Le synclinorium occidental	27
1.3-L'anticlinorium de Houribga-Oulmès	27
1.4-Le synclinorium de Fourhal-Telt	27
1.5-L'anticlinorium de Kasbat-Tadla-Azrou (ou zone d'Azrou-Khénifra)	27
2-Séries stratigraphiques du Maroc central	28
2.1-Le socle hercynien.....	29
2.2 -Couverture sédimentaire	31
3- Aperçu structural.....	32
CHAPITRE III : Synthèse hydrogéologique des aquifères de la zone d'étude.....	34
I-Contexte géologique local.....	35
1-Formations cristallophylliennes du Paléozoïque	36
1.1 Formation Ordovicienne	36
1.2 Formation Silurienne.....	38
1.3 Formation Dévonienne	39
1.4 Formation Viséenne.....	40
1.5 Formation Westphalienne	42
II -Unités hydrogéologiques	44
1-L'unité cristallophyllienne du Paléozoïque	45
L'aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien	45
L'aquifère des schistes du Silurien	50
1.3 L'aquifère des quartzites, grès quartzitiques, schistes et schistes gréseux de l'Ordovicien.....	54

1.4 L'aquifère des quartzites et schistes du Viséen	59
1.5 L'aquifère quartzite, schistes et calcaires du Westphalien des conglomérats, grés,.....	65
CONCLUSION.....	70

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LA POPULATION DE LA ZONE D'ETUDE SELON LES DEUX RECENSEMENTS	21
TABLEAU 2 : STRUCTURE DE LA POPULATION (EN %) PAR GRANDS GROUPES D'AGES (RGPH 2004)	22
TABLEAU 3 : STRUCTURE DE LA POPULATION (EN %) PAR GRANDS GROUPES D'AGES(RGPH 2014	22
TABLEAU 4 : VARIATION DE TEMPERATURE ET DE PRECIPITATION AU NIVEAU DE LA PROVINCE KHEMISSSET	24
TABLEAU 5 : CARACTERISTIQUES DES POINTS D'EAU CAPTANT LES SCHISTES ET CALCAIRES GRESEUX DU DEVONIEN	45
TABLEAU 6 : : TRANSMISSIVITES DE L'AQUIFERE DU DEVONIEN	47
TABLEAU 7 : CARACTERISTIQUES DES POINTS D'EAU CAPTANT LES SCHISTES DU SILURIEN.....	51
TABLEAU 8 : CARACTERISTIQUES DES POINTS D'EAU CAPTANT LES QUARTZITES, GRES QUARTZITIQUES, SCHISTES ET DE SCHISTES GRESEUX DE L'ORDOVICIEN	55
TABLEAU 9 : TRANSMISSIVITES DE L'AQUIFERE DE L'ORDOVICIEN.....	56
TABLEAU 10 CARACTERISTIQUES DES POINTS D'EAU CAPTANT LES QUARTZITES ET SCHISTES DU VISEEN	60
TABLEAU11 CARACTERISTIQUES DES POINTS D'EAU CAPTANT LES CONGLOMERATS, GRES, QUARTZITES, SCHISTES ET CALCAIRES DU WESTPHALIEN.....	66

LISTE DE FIGURES

Figure 1 : : Module du logiciel utilisé dans le cadre de la présente étude	16
Figure 2 : Situation géographique de la zone d'étude	18
Figure 3 : La répartition de la population en 2004 selon les communes.....	22
Figure 4 : La répartition de la population en 2014 selon les communes.....	22
Figure 5 :Variation mensuelle de température à la province de Khemisset	23
Figure 6 : Variation des précipitations mensuelle à la province de Khémisset en 2021	24
Figure 7 : Carte des isohyètes de la zone d'étude.....	25
Figure 8 : Carte des structures majeures hercyniennes du Maroc.....	26
Figure 9 : Contexte géologique régional	28
Figure 10 : Colonne litho-stratigraphique synthétique de la zone d'étude	35
Figure 11 : Contexte géologique local	36
Figure 12 : Position des coupes géologiques.....	43
Figure 13 : Coupe géologique AB extraite de la carte géologique de Khémisset à l'échelle 1/100000	43
Figure 14 : Coupe géologique AB et CD extraites de la carte géologique d'Ezzhiliga à l'échelle 1/50000	44
Figure 15 : Coupes géologiques AB, CD et EF extraites de la carte géologique d'Oulmes à l'échelle 1/50000	44
Figure 16 : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien.....	48
Figure 17 : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère du Dévonien.....	48
Figure 18 : Conductivités électriques des eaux de la nappe du Dévonien	49
Figure 19 : Productivités des ouvrages captant l'aquifère du Dévonien.....	49
Figure 20 : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des schistes du Silurien.....	52
Figure 21 : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère de Silurien	52

<i>Figure 22</i> : Profondeur de la nappe de l'aquifère du Silurien	53
<i>Figure 23</i> : Conductivités électriques des eaux de la nappe du Silurien	53
<i>Figure 24</i> : Productivités des ouvrages captant l'aquifère du Silurien	54
<i>Figure 25</i> : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des quartzites, grès quartzitiques, schistes et schistes gréseux de l'Ordovicien.....	57
<i>Figure 26</i> : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère de l'Ordovicien.....	57
Figure 27 : Profondeur de la nappe de l'aquifère de l'Ordovicien	58
<i>Figure 28</i> : Conductivités électriques des eaux de la nappe de l'Ordovicien	58
<i>Figure 29</i> : Productivités des ouvrages captant l'aquifère l'Ordovicien.....	59
<i>Figure 30</i> : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des quartzites et schistes du Viséen	63
<i>Figure 31</i> : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère du Viséen	63
<i>Figure 32</i> : Profondeur de la nappe de l'aquifère du Viséen.....	64
Figure 33 : Conductivités électriques des eaux de la nappe du Viséen.....	64
<i>Figure 34</i> :Productivités des ouvrages captant l'aquifère du Viséen.....	65
<i>Figure 35</i> : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des conglomérats, grès, quartzites, schistes et calcaires du Westphalien	67
<i>Figure 36</i> : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère du Westphalien.....	67
<i>Figure 37</i> : Profondeur de la nappe de l'aquifère du Westphalien... ..	68
<i>Figure 38</i> : Conductivités électriques des eaux de la nappe du Westp.....	68
<i>Figure 39</i> : Productivités des ouvrages captant l'aquifère du Westphalien.....	69

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Dispersion des habitations à Ait Wahi dans la commune Oulmes.....	19
Photo 2 : Dispersion des habitations à Khrissi dans la Commune Ain Sbit.....	19
Photo3 : Grès et pélites de l'Ordovicien.....	36
Photo4 : Bancs quartzitiques de l'Ordovicien à Ayada (Commune Ain Sbit)	36
Photo 5 : Formation silurienne dans la commune d'Oulmes.....	38
Photo6 : Quartzites de l'Emsien à Faménien (Commune Ain Sbit)	39
Photo7 : Viséen moyen à supérieur à douar Essfi (Commune Jemaa Moul Lblad	40
Photo 8 : Viséen moyen à supérieur à Aroukdi(Commune Jemaa Moul Lblad).....	40
Photo9 : : Grès du Westphalien–Douar Tighni-(hWb))	41
Photo 10 : Conglomérats du Westphalien–(hWc).....	41

INTRODUCTION

Aucune forme de vie ne peut se développer sans présence d'eau, et aucun progrès économique ne peut exister en absence d'une gestion efficace et rationnelle capable de garantir la qualité et la durabilité de cette ressource.

Au Maroc, la maîtrise et la mise en valeur des ressources en eau est une pratique très ancienne et depuis toujours un facteur déterminant de la structuration de l'espace et du développement des pays, vu la variabilité et l'irrégularité du contexte et des conditions climatiques. L'irrégularité spatiale et temporelle des conditions climatiques, l'impact des sécheresses et des inondations successives, la distorsion entre les courbes de progression démographique et celles des productions agricoles et la nécessité absolue d'amélioration du bien-être des populations, sont des facteurs qui font de la maîtrise d'eau un impératif technique et économique, ainsi qu'une voie privilégiée pour le développement économique et social.

La généralisation de l'accès à l'eau potable des populations rurales est une tâche dont la concrétisation est souvent directement liée au dégagement de la ressource en eau en quantité suffisante et qualité requise devant satisfaire les besoins en eau des populations dans de bonnes conditions de service et à longue échéance.

Au niveau de certaines localités relevant des communes Ezzhiliga, Oulmes, Laghoualem , Marchouch, Jemaa Moul bled, Brachoua et Ain Sbit dans la province de Khémisset, le problème de l'alimentation en eau potable se pose. Les points d'eau qui assurent l'alimentation de ces localités sont peu sûrs et sont localisés dans des aquifères discontinus, d'extension limitée, sensibles aux aléas climatiques et aux effets externes.

La mise à jour de nouvelles ressources permettra la conception et la réalisation de structures fiables d'alimentation en eau potable en milieu rural dans des contextes des lieux à savoir la faiblesse des ressources en eau de la zone, l'enclavement des localités, l'habitat dispersé, etc ...

La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'études en vue de l'obtention du Licence Science et Technique en Eau et Environnement. Le stage s'est déroulé au sein du Laboratoire de Géorressources, Géoenvironnement et Génie civil (L3G) dans le Département de Géologie du 01 Mai au 01 Juin 2022.

L'objectif de ce travail est la réalisation d'une étude hydrogéologique des systèmes aquifères relevant des communes Ezzhiliga, Oulmes, Laghoualem , Marchouch, Jemaa Moul bled, Brachoua et Ain Sbit dans la province de Khémisset sur la base des données disponibles et sur la synthèse des études antérieures.

Le manuscrit s'organise en trois chapitres :

- Le premier chapitre consiste à présenter la démarche méthodologique adoptée pour la réalisation de cette étude ;
- Le deuxième chapitre porte sur une présentation du secteur d'étude en relation avec son cadre géographique, naturel et socioéconomique. Y seront exposées les différentes infrastructures, activités et compétences économiques des communes de la zone d'étude.
- Le troisième chapitre concerne la synthèse hydrogéologique des aquifères de la zone d'étude ;
- La conclusion générale donnera une synthèse de tous les résultats obtenus et proposera des perspectives.

CHAPITRE I: Démarche méthodologique

I : DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Les aquifères de la région de Khémisset sont parmi les espaces où se définit une problématique spécifique de l'aménagement des ressources en eau. La surexploitation de cette zone désigne un grand paradoxe qui est localisé dans des aquifères discontinus ce qui s'est traduit ces dernières années par une baisse croissante de son niveaux piézométriques. Ainsi, le développement de la région passe par la mise en œuvre d'une gestion rationnelle des ressources en eau qui consiste à définir un plan d'actions permettant de pallier au problème de pénuries d'eau, et de proposer un nouveau schéma d'aménagement des ressources en eau susceptible d'améliorer, d'élever le niveau de vie de la population, de réduire sa marginalisation géographique, économique et sociale.

Afin de répondre aux objectifs de cette étude, nous avons adopté la démarche méthodologique suivante :

- La Collecte des données ;
- L'utilisation de la base de données SIG ;
- L'élaboration des cartes thématiques.

1 – La Collecte des données :

Cette phase est primordiale pour notre travail, nous lui avons consacré le plus d'effort et de temps. Elle a permis de rassembler tous les éléments nécessaires pour l'étude. Toutes les données existantes archivées dans les services techniques spécialisés qui ont une activité en rapport avec la zone étudiée (Agence du Bassin Hydraulique de Bourgreg et de la Chaouia, Les communes rurales, Province, ONEE central de Rabat, les rapports de thèses,etc.) ont été collectées.

Données cartographiques : qui incluent les routes et autoroutes, les limites administratives, les noms de communes, les cours d'eau, les espaces verts et d'une façon générale toutes les informations habituelles disponibles sur une carte topographique. Ces données concernent également les cartes hydrogéologiques .

Les documents cartographique auxquels nous avons pu avoir accès concernent notamment :

- Des cartes hydrogéologiques qui contiennent des données sur l'écoulement des nappes (débit...) et sur leurs caractéristiques hydrodynamiques (profondeur de l'eau, transmissivité, salinité, conductivité...)
- Des cartes topographiques à échelle 1/50000 pour situer la zone d'étude de manière précise.

➤ **Données relatives à l'aquifère :**

- La géologie qui nous donnent une idée générale sur la lithologie et les âges des aquifères étudié.
- La climatologie (variation des précipitations, température)
- Historiques piézométriques
- Caractéristiques hydrodynamiques (transmissivité, perméabilité, coefficient d'emmagasinement, salinité, conductivité, niveau piézométrique...)

➤ **Données relatives aux captages issues du fichier IRE :**

- Les caractéristiques des forages : (localisation, coupes géologiques)
- Les productivités des captages : (débit d'exploitation, profondeur,)
- La qualité d'eau brute destinée à la recharge qui doit répondre à certaines normes afin de minimiser les coûts inhérents.

2- Elaboration de la base de données SIG

Les données collectées ont été saisies et compilées dans une base de données SIG sous Excel pour en effectuer une analyse spatiale. La base de données est composée de données ponctuelles et spatiales, à la fois courantes et historiques. Nous avons structuré les données de façon à répondre aux besoins de l'étude. Pour cela nous les avons codés dans l'espace et dans le temps.

Après leurs géoréférencement, ces données ont été intégrées au à un SIG et analysé en profitant des avantages qu'offre cette outil.

Ainsi on relie la base de données déjà structurée dans le SIG avec l'interface d'ARCGIS qui est un système complet qui permet d'organiser, collecter, analyser, gérer, communiquer et diffuser des informations géographiques. Il est également considéré la principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, il permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est composé de trois logiciels essentiels :

- Arc Map : sert à éditer les fichiers en format géodata base.
- Arc Catalog : Permet la gestion des données et donc d'obtenir le maximum d'information sur l'objet édité. Il s'agit d'un système de gestion de bases de données (SGBD).
- Arc ToolBox : Comporte un ensemble d'outils de transformation des données.

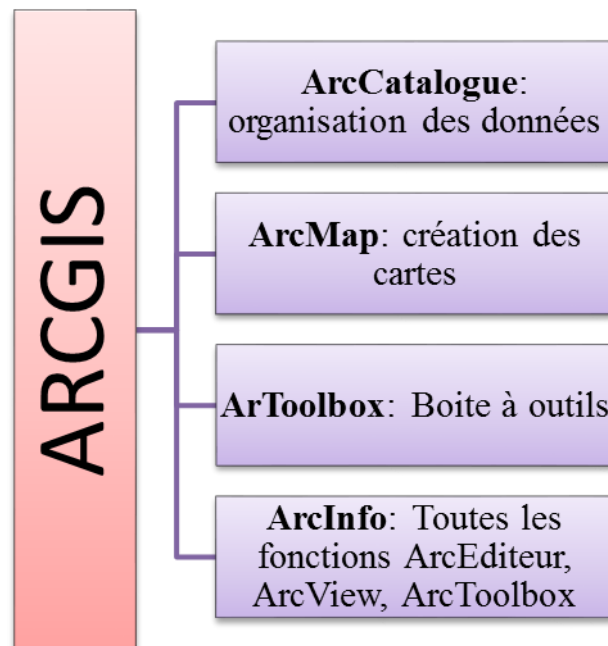


Figure 1 : Module du logiciel utilisé dans le cadre de la présente étude

3- Elaboration des cartes :

La reconnaissance approfondie d'un système aquifère, comme la préparation des données pour des simulations numériques ou l'élaboration de plans d'exploitation, nécessite que les résultats des investigations soient mis en plan sous forme de cartes.

Dans le cas de la présente étude cette opération a nécessité :

- d'une part, l'exploitation des données du fichier IRE aimablement mises à notre disposition par l'Agences du Bassin Hydraulique de Bouregreg et de la Chaouia.
- d'autre part, l'utilisation d'un outil d'interpolation permettant de calculer la répartition spatiale de certaines données de mesure.

CHAPITRE II : Contexte général de la zone d'étude

I- Situation géographique et cadre administratif

1- Situation géographique

L'aire d'étude appartient au plateau central du Maroc sur le haut bassin de Bourgreg. Elle concerne les communes : **Oulmes, Ezzhiliga, Laghoualem, Ain Sbit, Brachoua, Jemmaat mol bled, Marchouch Houdranne , Maaziz , Ain Johra Sidi Boukhalkhal , Ait Belkacem.** Qui relèvent du territoire de la province de Khemisset dans la région de Rabat-Salé-Kenitra.

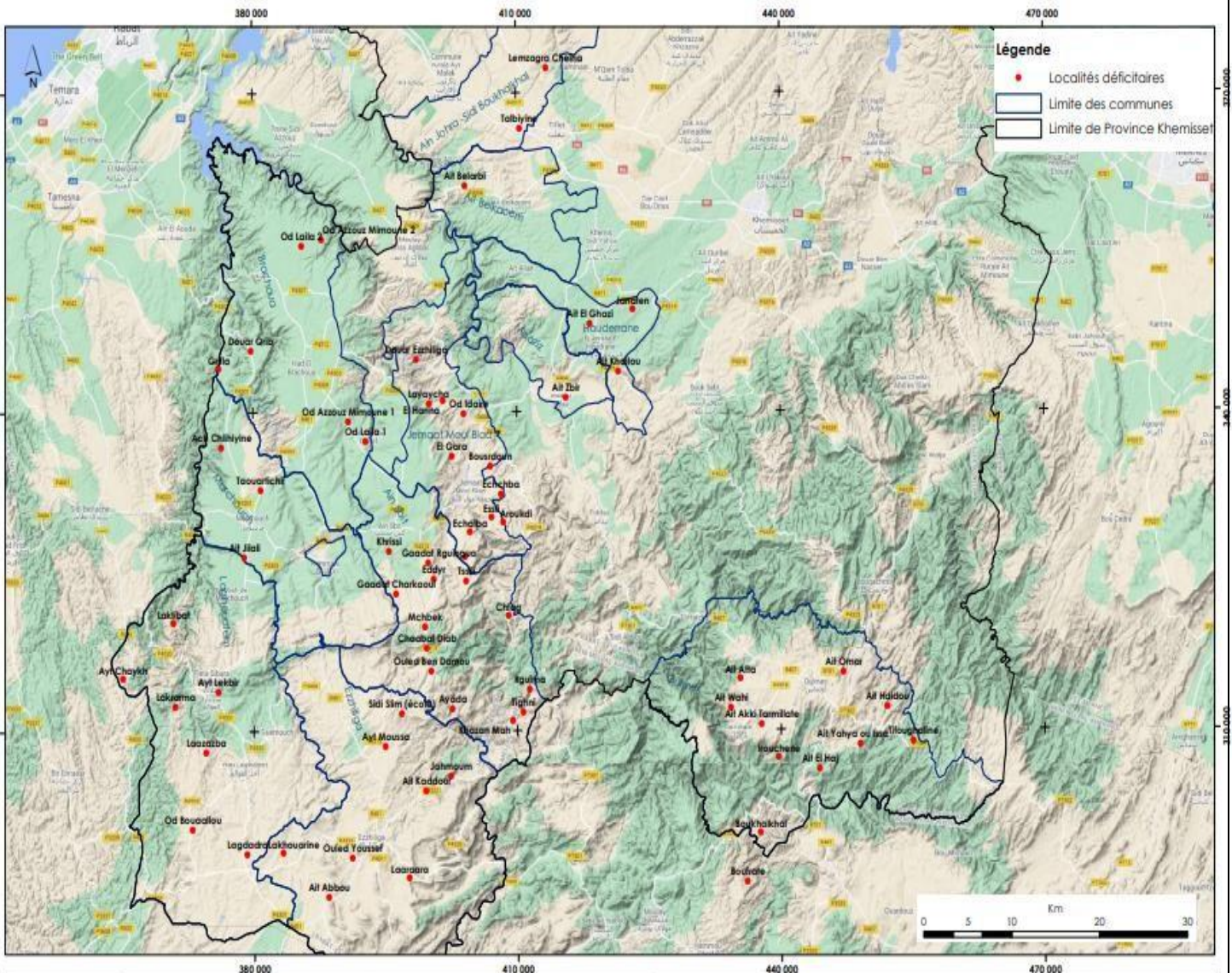


Figure 3 : Situation géographique de la zone d'étude

2- ARMATURE RURALE

Le nombre de « douars » dans la province de Khemisset est de 490, selon le recensement général de la population et de l'habitat de 2014. Il est à rappeler que le concept de douar dans ce recensement est lié au peuplement. C'est «un concept difficile à définir. La diversité des critères retenus rend presque impossible l'élaboration d'une définition objective pour l'ensemble du pays. Toutefois est considéré comme douar toute unité géographique ou ethnique déclarée comme tel par les autorités locales ». En fait, un douar peut être éclaté en plusieurs sous-douars plus ou moins proches. Dans la suite du rapport, nous parlerons indistinctement de douar ou localité rurale, bien que cette dernière notion semble plus appropriée dans le cas de notre étude. En effet, une localité correspond à une entité individualisée dont il est question d'approvisionnement en eau potable.

3-TYPE D'HABITATION

Le volet de l'habitat dans l'analyse de la situation actuelle revêt une importance capitale, compte tenu de sa place dans l'organisation du douar, dans le système de production et de son impact sur l'hygiène, la santé et le bien-être de la population. En plus, le mode et le type d'habitat sont des facteurs déterminants dans le choix du type de dessert (Branchement individuel, borne fontaine ou autre système) ainsi que sur leur emplacement. . En effet, l'habitat groupé permet de réduire le nombre des BF à installer comme il permet un choix facile de leurs emplacements en évitant de provoquer des conflits entre les usagers.

L'habitat dans la zone d'étude, comme dans beaucoup de milieux ruraux, est à la fois un cadre de vie et un outil de production. Il abrite le foyer, le bétail et le matériel agricole. Les résultats de l'enquête et les observations effectuées sur le terrain ont révélé plusieurs formats d'organisation de l'habitat et les trois principaux types rencontrés se présentent comme suit :

- Les anciennes habitations généralement de grande superficie, à un seul niveau, construites en pierres sèches, en briques ou en pierres avec mortier. Tous les matériaux proviennent de l'endroit même de la construction d'où la très grande harmonie de ces localités dont les couleurs se confondent avec celles du paysage environnant ;
- Les habitations en dur ;
- Habitations de type mixte.

En ce qui concerne le mode d'habitat, l'exploitation des informations recueillies lors de la visite des localités montre, à l'échelle de la zone d'étude, que le mode d'habitat dispersé domine au niveau de la zone d'étude. La distance entre les foyers d'une seule localité est également un élément important qui détermine la longueur du réseau de distribution ainsi que les pertes de charges ce qui se répercute sur le coût de revient du projet. Cette distance varie entre un minimum de 0.20 km et un maximum de 1.00 km.



Photo 1 : Dispersion des habitations à Ait Wahi dans la commune Oulmes



Photo 2 : Dispersion des habitations à Khrissi dans la Commune Ain Sbit

II -Contexte socio-économique :

1-La population :

Grâce aux enquêtes et au deux derniers recensements réalisés par le Haut-Commissariat au Plan (2004 et 2014), le Maroc en général, la région et la province en particulier ont pu bénéficier de données pertinentes qui ont permis d'éclairer le décideur dans la prise de

décisions et pour en déduire l'évolution de la population dans l'aire d'étude et la demande en eau en particulier.

La connaissance par âge d'une population est d'une grande importance pour la détermination de ses besoins en eau, et d'après les données des recensements de la population et de l'habitat des années 2004 et 2014 la population total de l'aire d'étude était d'environ 78996 en 2004 et de 248101 en 2014 soit une augmentation d'ordre de 169105 qui est concentré principalement à Oulmes, Ezzhiliga, Laghoualem, Brachoua et Marchouch par contre au niveau de Jemaat Moul bled la population en 2004 à 2014 a été marquée par une diminution.

Tableau 1 : la population de la zone d'étude selon les deux recensements

Les communes	Population 2004	Ménage 2004	Population 2014	Ménage 2014
Oulmes	9554	1848	180706	4688
Ezzhiliga	15506	2858	15430	3119
Laghoualem	12650	2222	12219	2267
Ain Sbit	11411	2064	11051	2212
Brachoua	12371	2256	12025	2536
Jemaat Moul bled	6429	1135	5619	1180
Marchouch	11075	2068	11051	2327

Source : RGPH 2004-2014

Les diagrammes des figures 3 et 4 montrent que les pourcentages de population de chaque commune au niveau de la province de Khémisset.

Nous pouvons voir en 2004 que la plus grande partie de la population est consacrée aux Ezzhiliga à l'ordre de 20%, tandis que Laghoualem et Brachoua représente seulement 16%. Par contre en 2014 la commune d'Oulmes exprime la majorité de la population de la province (73%) et les autres communes en général sont faible, ne representent que 27% de la population.

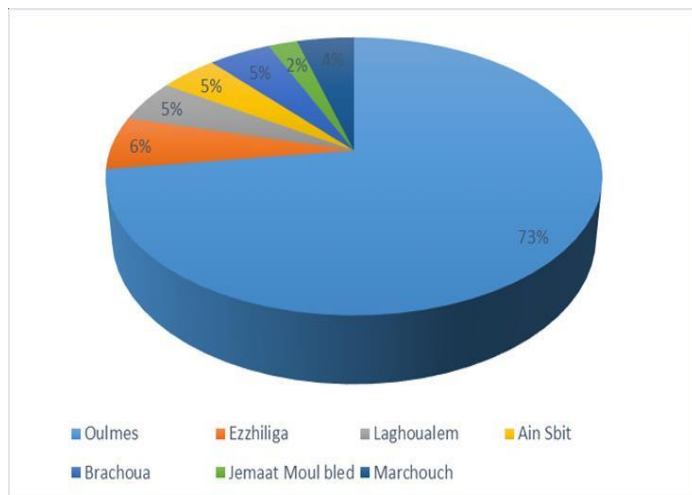


Figure 3 : Répartition de la population en 2014 selon les communes

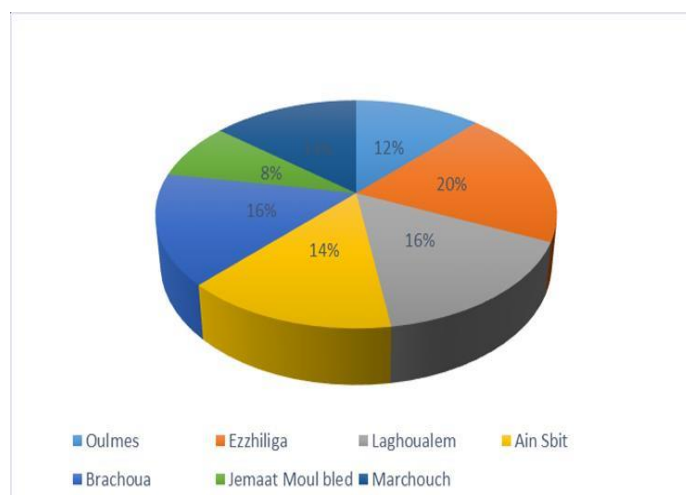


Figure 4 : Répartition de la population en 2004 selon les communes

Les deux tableaux ci-dessous représentent la répartition de la population (en%) par groupes d'âges selon RGPH 2004-2014.

Tableau 2 : Structure de la population (en %) par grands groupes d'âges (RGPH 2004)

Populations âge de	Moins de 5 ans	Moins de 18 ans	18 ans et plus	60 ans et plus
Oulmes	10,3	40,1	59,9	8,4
Ain Sbit	10,8	42,1	57,9	11
Brachoua	9,7	37,3	62,7	10,7
Ezzhiliga	9,4	38,8	61,2	10,6
Jemaat Moul bled	10,8	40,9	59,1	13,2
Laghoualem	10,2	40,8	59,2	10,6
Marchouch	10	38,1	61,9	10,7

Source : RGPH 2014

Tableau 3 : Structure de la population (en %) par grands groupes d'âges

Population âge de	Moins de 6 ans	6 à 14 ans	15 à 59 ans	60 ans et plus
Oulmes	10,8	16,6	62,4	10,2
Ezzhiliga	12,2	17	59	11,8
Laghoualem	13,1	17,8	57,6	11,5
Ain Sbit	12,4	18,4	57,6	11,7
Brachoua	11,9	16,7	59,8	11,6
Jamaat Moul bled	12,7	19	54,4	13,9
Marchouch	11,9	16,8	59,5	11,8

Source : RGPH 2014

De façon générale, la population de la zone d'étude est extrêmement jeune puisque plus de 50% des personnes sont âgées de 18 à 60 ans en 2004 et même en 2014.

D'après RGPH 2014 l'évolution démographique est à la baisse au niveau communal pour la tranche d'âge inférieur à 18 ans, pour la tranche d'âge de 18 et plus la population a été

marquée par une faible augmentation de 2%. Les deux autres catégories du mois de 6 ans et 60 ans et plus sont restées presque stables.

Le taux d'accroissement interannuel en 2004 est de 0,38% contre 1,24% au niveau régional et 1,25 au niveau national. A noter par ailleurs en 2014 le taux d'accroissement annuel moyen est de l'ordre de 2,5%.

III -Contexte climatique :

Le climat régnant sur l'ensemble du bassin est de nature semi-aride ou parfois subhumide à influence océanique près des côtes. En raison de son étendue et de son relief, la région subit par un climat très variable d'une zone à l'autre. Selon la classification de Koppen-Geiger, ce climat est de type **CSA** :

- **C** : climat tempéré
- **S** : saison sèche en été
- **A** : été chaud

1-La Température :

Les inégalités du relief font que le climat présente d'importantes variations locales et se distingue par une variabilité apparente (La température minimale est de 4°C et maximale de 40°C). En été, les températures maximales varient entre 16°C et 26°C avec des pics de 38°C à 40°C mais à fréquence exceptionnelle, alors que la température moyenne annuelle à Khemisset est de 17,45°C, bien que le mois Aout est le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 9,8°C, par contre le mois de Janvier est le plus froid de l'année. (climato-data.org).

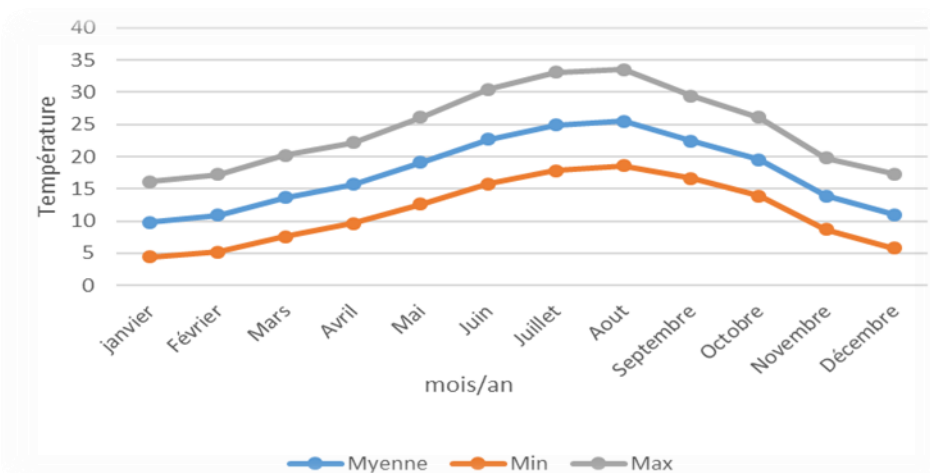


Figure 5 :Variation mensuelle de température à la province de Khemisset

2.2-Les Précipitations :

La région présente une inégalité temporelle, les précipitations sont plus importantes en hiver dépassent 60 mm, par contre en été les valeurs de précipitations sont de l'ordre de 4mm.

On constate d'après le graphe ci-dessous que les précipitations mensuelles sont plus importantes dans la saison d'hiver, par contre elles sont moyennes en printemps et en automne, mais en été qui constitue la saison sèche, les précipitations sont faibles ou inexistantes.

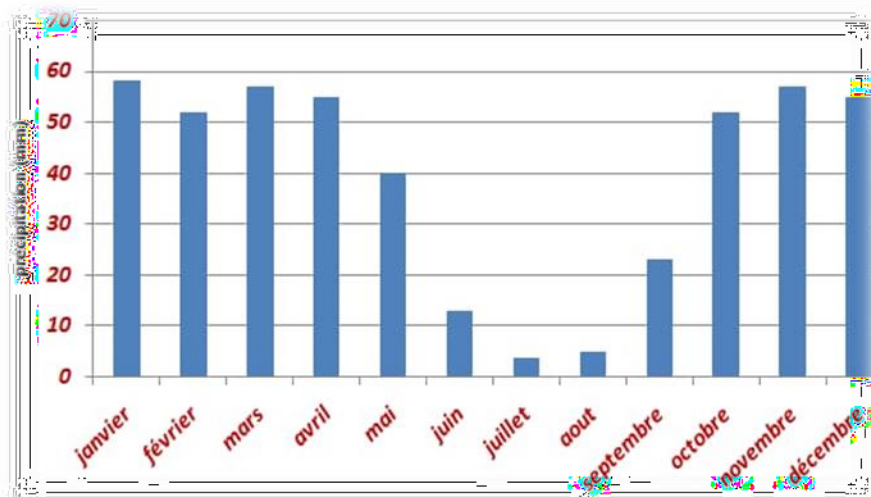


Figure 6 : Variation des précipitations mensuelle à la province de Khémisset en 2021

En plus de ces variations dans le temps la température et les précipitations au niveau de Khémisset varie aussi dans l'espace avec une légère tendance à l'augmentation de température et une diminution de précipitation au niveau de Jamaa Moul Bled.

Tableau 4 : variation de température et de précipitation au niveau de la province Khémisset

Communes	T min	T max	P(mm)
Oulmes	4.9	23.1	756
Ezzhiliga	8.8	25.9	483
Roummani	10.4	26.2	436
JamaaMoul Bled	11.2	26.7	446

Source : climate-data.org

La carte des isohyètes du bassin du Bouregreg et de la Chaouia réalisée dans le cadre de l'étude du PDAIRE montre qu'au niveau des communes de la zone d'étude, les précipitations varient entre 436 mm et 756 mm.

Les vents sont relativement faibles. Ils ne varient pas beaucoup au cours de l'année. La vitesse annuelle est de 0.6 km/heure avec un maximum de 11.7 km/heure.

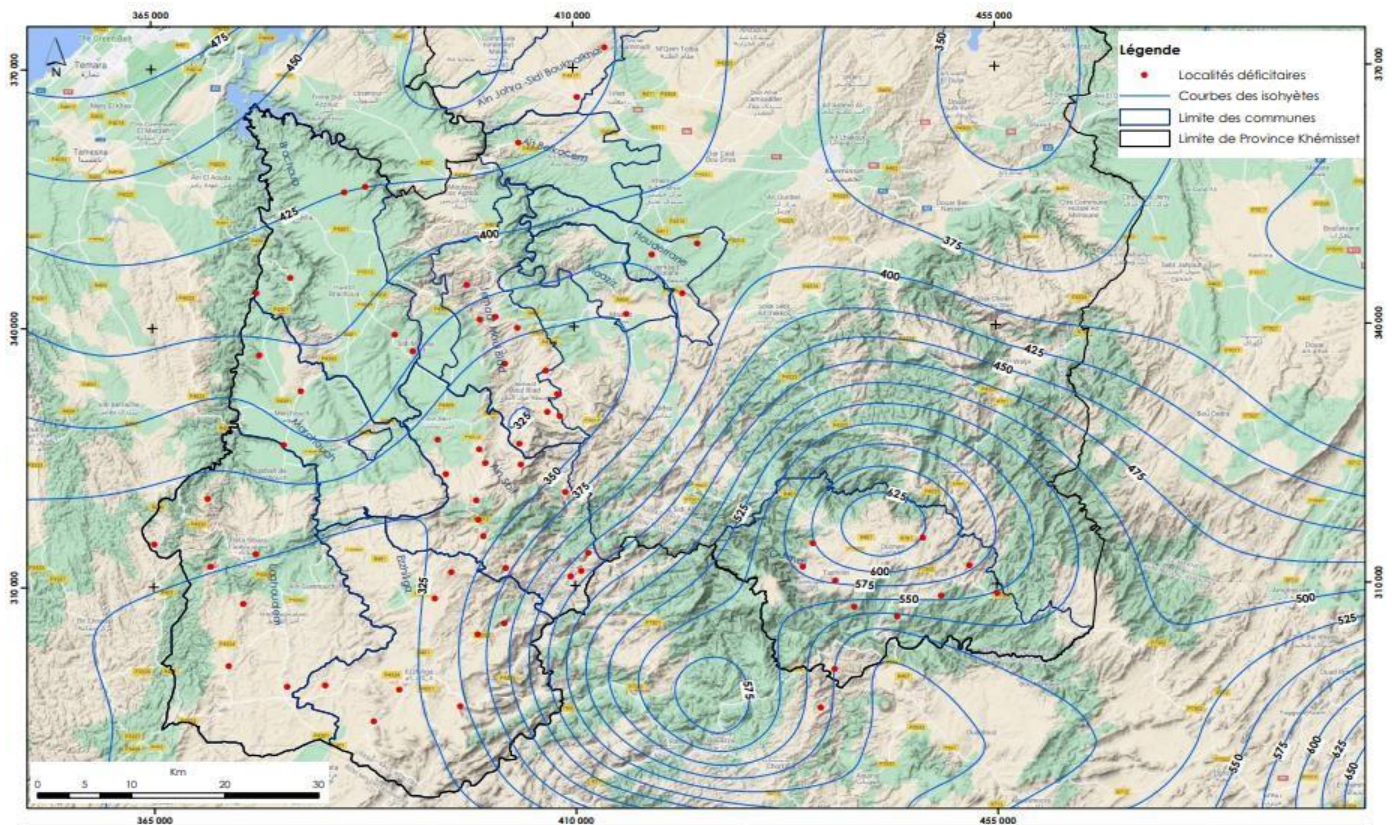


Figure 7 : Carte des isohyètes de la zone d'étude

IV -Contexte géologique :

1-Cadre géologique régional

La Province de Khémisset relève du Massif central marocain qui constitue un vaste affleurement de terrains paléozoïques présentant la particularité de ne pas avoir été perturbé par les plissements alpins puisque les terrains du Trias et le Jurassique reposent en discordance sur

Le Paléozoïque. Il occupe la zone septentrionale de la Meseta marocaine où les terrains s'étagent depuis le Précambrien jusqu'aux faciès conglomératiques rouges du Permien.

De ce fait, le Maroc Central représente une mégafenêtre de terrains Paléozoïque recouverts en discordance majeure par des terrains d'âge plus récent allant des formations triasico-liasiques, tertiaires, jusqu'aux terrains quaternaires. Les séries anté-carbonifères (schistes et quartzites, calcaires) sont recouvertes en discordance par des terrains carbonifères (schistes et calcaires du Viséen et flysch du Namurien probable) à l'Est d'Aguelmous. Ces séries affleurent à la faveur de bombements anticlinaux et synclinaux, et se trouvent souvent en contact par des failles avec des terrains carbonifères largement développés dans les zones synclinales. Les affleurements du Précambrien n'apparaissent que de façon locale, au niveau de quelques boutonnières (région de Goaida et Bouacila) ou dans les horsts tels que celui de Jbel Lahdid. La couverture de ce socle hercynien est formée soit de calcaires d'âge mésozoïque du Moyen

Atlas, soit de formations mésozoïque et cénozoïque du plateau où se situent les grands gisements de phosphates. Par ailleurs, Ce fragment de chaîne s'est édifié au cours de plusieurs épisodes tectoniques superposés au sein d'un niveau métamorphique anchi-épizonal.

Ainsi, le premier découpage structural du massif du Maroc Central est dû à Termier (1936 et 1939). Cet auteur distingua trois zones anticlinales séparées par deux zones synclinales. Par la suite, Van Leckwijck et al. (1995) et Morin (1955 et 1959) redéfinissaient ce découpage et il était devenu classique de distinguer dans le Maroc Central les unités structurales suivantes qui sont de l'Ouest vers l'Est :

- L'anticlinorium de Casablanca ;
- Le synclinorium occidental ;
- L'anticlinorium de khouribgua-Oulmès ;
- Le synclinorium de Fourhal-Telt ;
- L'anticlinorium de Kasbat-Tadla-Azrou.

Dans toute la littérature géologique du Maroc, le massif hercynien du Maroc Central au sens strict se limite aux trois dernières unités. Ces unités sont orientées NE-SW et sont séparées par des zones de failles très complexes.

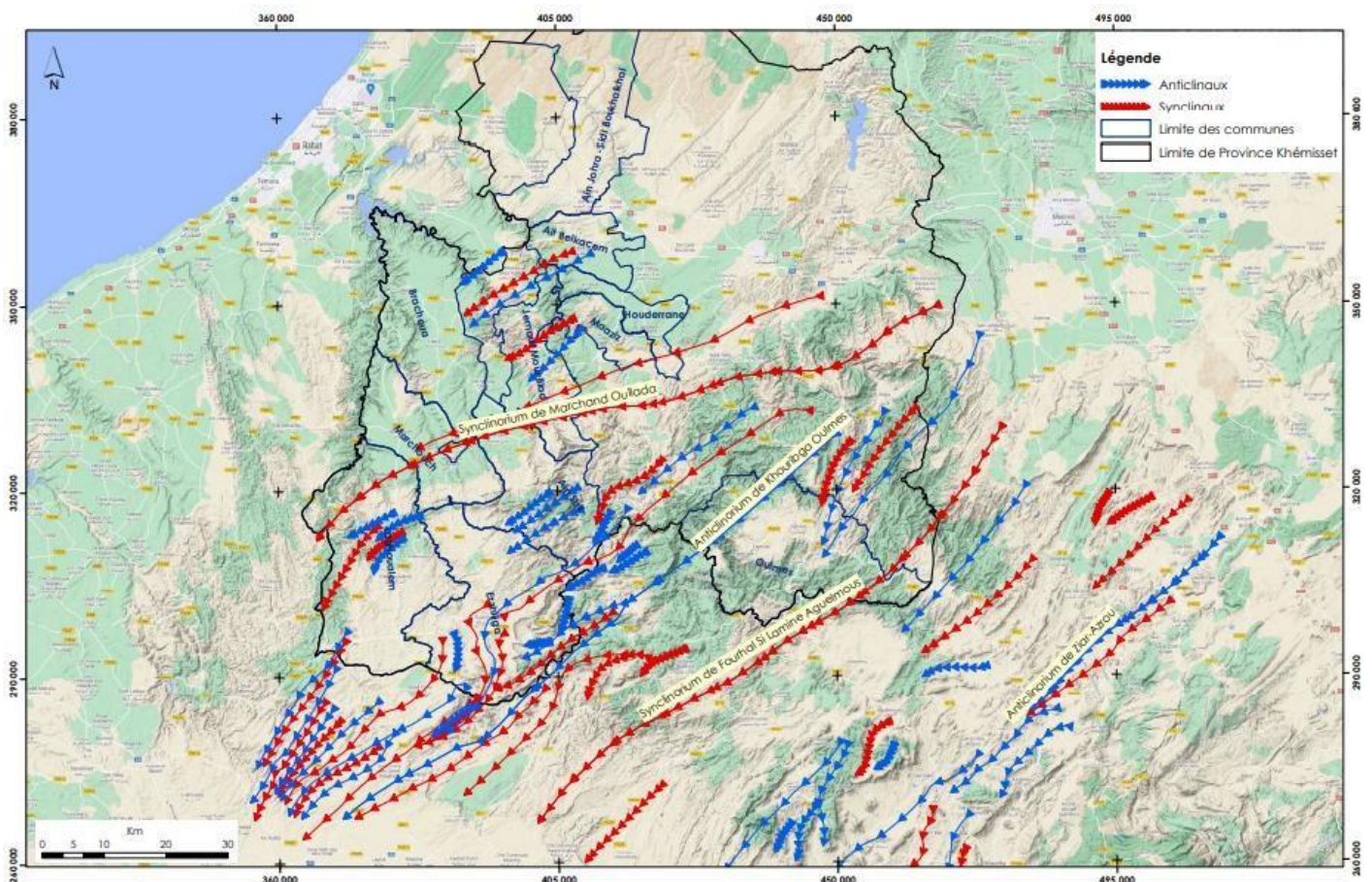


Figure 8 : Carte des structures majeures hercyniennes du Maroc

1.1-L'anticlinorium de Casablanca

L'anticlinorium de Casablanca est situé à l'ouest de la province, Il présente des faciès diversifiés appartenant essentiellement au Cambrien et à l'Ordovicien. Ce sont surtout des roches schisteuses telles que les schistes de Bouznika.

1.2-Le synclinorium occidental

Ce synclinorium est formé par de vastes affleurements dévono-carbonifères (Piqué, 1979; Fadli, 1990; Tahiri, 1991; Zahraoui, 1991). Il est limité à l'Ouest par les assises secondaires et quaternaires de la basse Chaouia, à l'Est par les crêtes quartzitiques de l'ordovicien du pays du Skhour, et au Nord, il est limité par les affleurements du Paléozoïque inférieure de l'anticlinorium Rabat-Tiflet. Au Sud (à la latitude de Rommani) le synclinorium s'épanouit car son flanc oriental prend une direction WSW-ENE, jusqu'au-dessus d'Ouljet Es-Soltane où il constitue la couverture périclinale de l'anticlinorium Khouribga-Oulmès.

1.3-L'anticlinorium de Khouribga-Oulmès

Cette grande structure anticlinale a une forme elliptique avec un cœur constitué par des terrains ordoviciens. Elle est percée par deux intrusions granitiques importantes : le granite des Zaër à l'Ouest d'âge 284 ± 15 Ma (Choubert et al., 1965) et le granite d'Oulmès à l'Est dont l'âge varie entre 300 et 260 Ma (Choubert et al., 1965; Mrini, 1985 et Diot et al., 1987) et dont l'origine serait liée à une fusion crustale au niveau d'une zone de cisaillement (Piqué, 1976 et Tahiri, 1991). Dans l'anticlinorium de Khouribga-Oulmès, les phases tectoniques sont actuellement bien connues (Cailleux, 1974 et 1978; Tahiri, 1991). Ces phases, essentiellement post-viseennes, sont à l'origine d'une structure dont le détail montre une organisation où alternent des anticlinaux et des synclinaux d'orientation NE-SW (Van Leckwijck et al., 1995).

1.4-Le synclinorium de Fourhal-Telt

Il est limité par l'anticlinorium de Khouribga-Oulmès à l'ouest et par l'anticlinorium de Kasbat-Tadla-Azrou à l'Est. Les terrains qui affleurent dans ce synclinorium sont datés du namuro-westphalien et ils sont percés par le granite de Ment dont l'âge est compris entre 280 et 250 Ma (Tisserant, 1977 in Diot et al., 1987).

1.5-L'anticlinorium de Kasbat-Tadla-Azrou (ou zone d'Azrou-Khénifra)

Limité à l'Est par la Causse Moyen-Atlasique. Sur le plan structural, cet anticlinorium est marqué par une complexité liée à la fois à une tectonique précoce et au caractère polyphasé de l'orogénèse hercynien (Huvelin, 1969-70-71 ; Allary et al., 1976 ; Bouabdelli, 1989). Cette zone est caractérisée par l'existence de nappes synsédimentaires, d'origine orientale et d'âge ordovicien à Viséen. Ces nappes ont été mises en place dans un bassin turbiditique qui était installé dans cette zone au Viséen supérieur (Bouabdelli, 1989).

2-Séries stratigraphiques du Maroc central

Sur le plan stratigraphique, le Massif Hercynien Central est constitué, de terrains dont la nature lithologique est très variée. Ces terrains sont composés de plusieurs formations dont l'âge s'étend du paléozoïque au Quaternaire. Les formations paléozoïques sont les plus représentées ; leur âge s'échelonne du Cambrien au Permien.

Les formations mésozoïques, cénozoïques et quaternaires reposent en discordance angulaire sur les dépôts paléozoïques (Termier, 1936 ; Chakiri, 1991 ; El Hassani, 1991 ; Tahiri, 1991). Ces terrains sont percés par des roches magmatiques qui sont de nature pétrographique, d'origine et d'âge variables.

Dans le Massif central, les Hercynides marocains reposent sur un soubassement Précambrien (Précambrien supérieur : Cadomien) représenté par les rhyolites et les andésites de Bouacila et le granite de Goaïda).

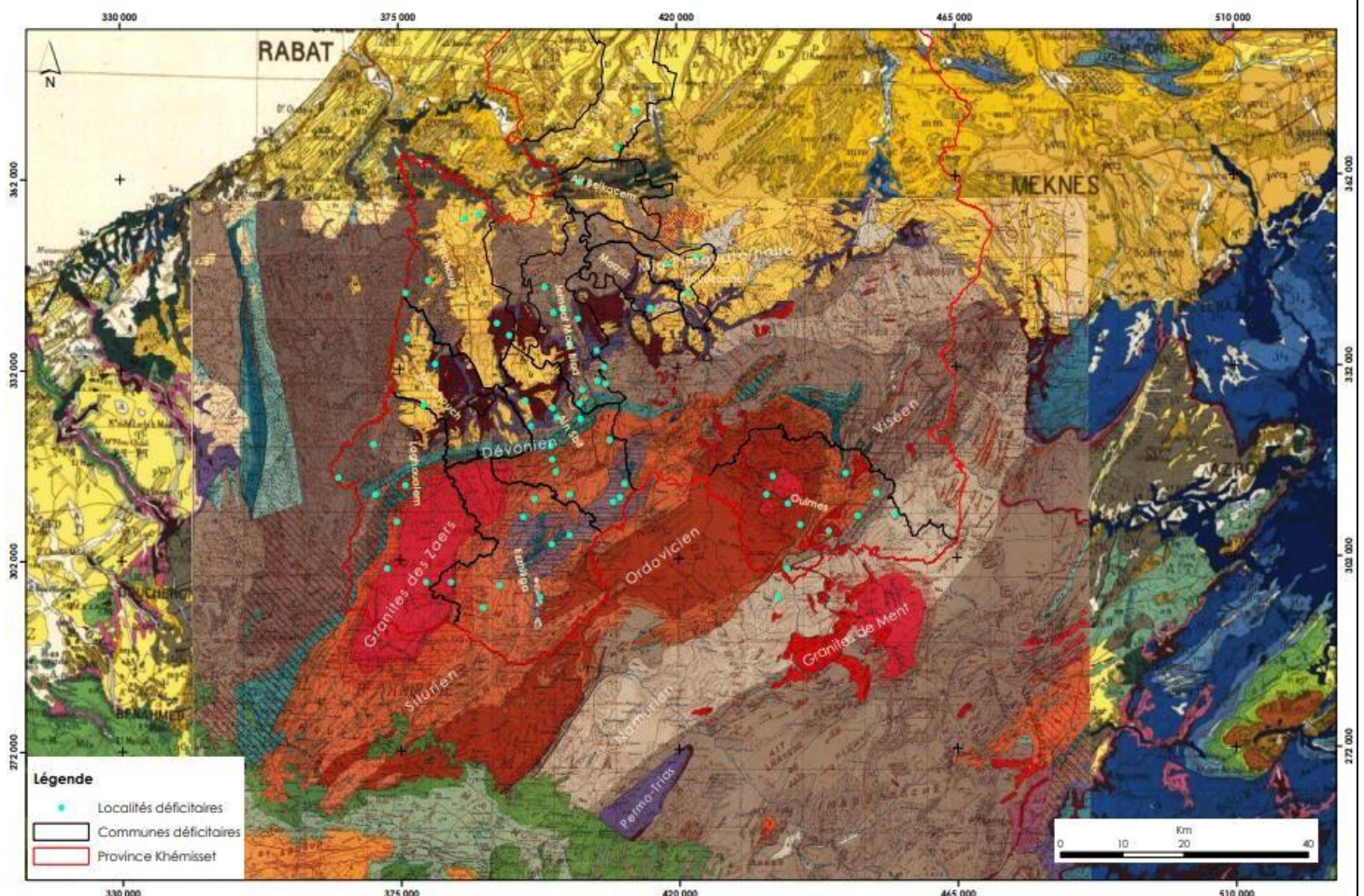


Figure 9 : Carte géologique régional

2.1-Le socle hercynien

Le Cambrien

Le cambrien moyen et inférieur est représenté par des schistes gris légèrement métamorphisés, de passées pyroclastiques, de micro conglomérats et de lits de dolérites, avec une épaisseur de plus de 2000 m. Ainsi vers leur sommet, ces couches comportent un banc de calcaire conglomératique.

Tandis que le Cambrien supérieur, est constitué par des séries schisteuses renfermant une série grés-quartzitique avec deux grandes barres de quartzites massives et claires d'environ 100 m d'épaisseur pour chacune, séparées par des passées grés-schisteuses minces.

L'Ordovicien

D'environ 1500 m d'épaisseur, cette puissante série est constituée par des schistes homogènes noirs et durs, mais très cassants. L'Ordovicien inférieur affleure au niveau de la plaine d'Asfar à l'amont du bassin de Grou et de la plaine de Smaala dans la partie médiane. Alors que l'Ordovicien supérieur qui est constitué de quartzites interstratifiés avec des lits de grés, de calcaires silicifiés et de schistes, est affleure au Nord et au Sud du plateau d'Ezzhiliga.

Le Silurien

Cette série épaisse d'environ 150 m d'épaisseur, est essentiellement constituée par des formations schisto-argileuses très altérées. Elle affleure au Nord de la plaine de Smaala et au Nord du plateau d'Ezzhiliga. A la base de la série, on trouve des schistes gris-sombre avec des bancs calcaires. Alors que les couches supérieures qui sont toujours fragile deviennent de plus en plus claires et montrent un faciès de flysch sur une épaisseur de 50 m en alternance avec des passées grés-quartzitiques décimétriques et des bancs plus épais de schistes.

Le Dévonien

Le Dévonien supérieur et moyen (le Givétien) est représenté par des schistes à bancs calcaro-gréseux, d'origine marine d'environ 100 m d'épaisseur. Ainsi le sommet de la série est constitué par des calcaires noduleux à ciment ferrugineux et schisteux.

Le Carbonifère

Le Carbonifère inférieur commence avec le Tournaisien qui est constitué par une série épaisse d'environ 250 m d'épaisseur, constituée essentielle

Alors que le Carbonifère moyen est caractérisé par les séries suivantes : ment par une alternance de schistes et de petits lits calcaires ou gréseux.

- **La série du Viseén moyen et inférieur** est représenté par des schistes relativement

friables séparés par des altérations rougeâtres de filons de dolérites et de minces lits gréseux.

- **La série du viseén supérieur** est caractérisée par la présence d'un conglomérat de base surmonté par des schistes d'épaisseur variable, puis par une couche puissante d'environ 80 m de calcaire bleu massif. Un second conglomérat transgressif s'installe au-dessus.

Alors que, le Carbonifère supérieur comprend deux étages :

- **Le Namurien** : les formations d'âge Namurien ont généralement une lithologie peu variable. Il s'agit d'alternance de quartzites et de pélites qui s'organisent en séquences turbiditiques d'épaisseur décimétrique à métrique (Termier, 1936 ; Cailleux, 1974 ; Bensaid et al., 1980 ; Bouabdelli, 1989 ; Tahiri 1991 ; Ghfir, 1993 et Ben Abou, 2001). L'ensemble, présente une résistance particulière, puisque les bancs gréseux se multiplient alors que les intercalations schisteuses sont peu épaisses. Cette série affleure au niveau de Koudiat el Louz et de Fourhal. L'épaisseur de ces formations peut atteindre 500 m dans la région de Fourhal.
- **Le Westphalien** : les terrains Westphaliens ont une extension limitée. ils ont été décrits par Termier (1936) sous le nom de " faciès de Sidi Kassem " puis plusieurs auteurs les ont décrits : Bensaid et al (1980), El Wartiti (1981) et Ben Abou (2001). L'épaisseur de la série westphalienne est estimée à 1000 m environ. Elle est discordante sur les couches du Silurien et de l'ordovicien, et comporte des schistes à lits charbonneux et surtout des conglomérats à éléments peu roulés et assez mal cimentés sous forme d'une molasse continentale rouge lie-de-vin qui constituent le Plateau d'Ezzhiliga.

Le Permien

Les terrains permien exclusivement continentaux sont représentés en plusieurs régions du massif Central marocain. On les trouve dans le bassin versant du Bouregreg et dans le bassin de Chougrane. Dans l'ensemble de ces régions, les séries permiennes présentent de grandes similitudes entre elles, dont l'énumération est faite par El Wartiti (1981, 1990).

Le permien est représenté par des terrains sédimentaires continentaux rouges, constitués par des argiles gréseuses rouges avec des intercalations de grès friable et surtout des conglomérats à galets. De ce fait les séquences élémentaires sont du type : conglomérat-grès-argiles, avec un matériel détritique exclusivement issu des reliefs hercyniens proches. Les dépôts permien sont continentaux et souvent détritiques. Aussi, la puissance de la série permienne est

d'environ 400 m. Ces formations continentales sont toujours associées à des manifestations volcaniques qui

Datent de cette époque (rhyolites + andésites + ignimbrites + cinérites + tufs), dont les points de sortie sont greffés sur des accidents profonds.

2.2 -Couverture sédimentaire

Trias

Les formations triasiques débutent d'abord par un affleurement grésos-quartzeux fin à ciment argileux ne dépassant pas 2m d'épaisseur. Ensuite par une série argileuse inférieure discordante sur le socle paléozoïque est composée de conglomérats, d'argilites gréseuses et d'argilites fines, dans laquelle s'interstratifient par endroit des bancs évaporitiques ; l'ensemble de ces formations est surmonté par des coulées basaltique formées de l'empilement de plusieurs coulées doléritiques abritant parfois des lentilles carbonatées, salifères ou anhydritiques. A la fin, le trias se termine par une série argileuse supérieure qui est limitée à sa base par le toit du sel et à son sommet, quand elle n'affleure pas, soit par les dépôts miocènes discordants, soit par les premiers bancs de dolomie «infraliasique» qui semblent concordants.

Le Cénomanién

Débutant par une mince couche marneuse d'une couleur sombre (bleu-noir) que surmontent des bancs de calcaires marneux. Cette série épaisse d'environ 900 m apparait dans l'extrémité nord du Plateau des Phosphates, fossilisant en discordance angulaire la partie méridionale du Massif central.

Le Mio-Pliocène

Les formations mio-pliocènes ne sont pas puissantes, elles ne dépassent pas 10 à 15 m. elles sont constituées essentiellement par des dépôts grésos-marneux avec des bancs sablo-gréseux d'une couleur gris ou jaunâtre. Ces sédiments reposent en discordance sur le Trias et le Carbonifère dans la partie aval du bassin Grou. Les terrains miocènes ont subi les effets d'une tectonique cassante accompagnée d'un gauchissement notable des couches.

Le Quaternaire

Il est relativement peu important. Il affleure le long des principaux cours d'eau et localement dans les petites dépressions morphologiques, perchées dans les hauts reliefs. Au dessus des formations miocènes, on peut distinguer quatre types de faciès quaternaires (El Wartiti, 1981) :

Des dépôts fluvio-lacustres : il s'agit de formations indurées, composées d'éléments plus au moins consolidés, dont l'épaisseur peut atteindre 3 m montrant une stratification, soulignée par des bancs conglomératiques à matrice calcaire, de 30 à 40 cm;

- **Des épandages continentaux** : Ils apparaissent surtout sur les versants des reliefs modérés sous deux formes (Beudet, 1969) :
 - Des surfaces constituant des replats bien développés. Elles sont représentées par des galets patinés de quartzites, de gravillons, quelques fragments de calcaires miocènes et de débris de basaltes triasiques. Ces éléments sont mêlés dans une matrice argilo-sableuse;
 - Des placages d'éboulis actuels en amas de blocs arrondis ou anguleux enrobés dans une matrice rouge sablo-argileuse reposant sur des croupes arrondies dominant les reliefs avoisinants.
- **Des terrasses alluviales** : Elles sont épaisses et de grande étendue dans la couverture tendre triasico-miocène et de moindre importance dans le paysage primaire à cause de l'encaissement des vallées. Trois niveaux de terrasses sont distingués :
 - **Terrasse tensiftienne** : constituée essentiellement de sables argileux grossiers, de graviers et de blocs anguleux ou arrondis ;
 - **Terrasse soltanienne** : constituée principalement d'éléments sablo-limoneux, avec quelques granules et rares graviers ;
 - **Terrasse rharbienne** : représentée par des éléments sableux de couleur beige à grisâtre.
- **Les sols tirsifiés** : Ces sols sont associés aux épandages et aux différentes terrasses décrites précédemment. Ce sont des terres noires très fertiles riches en matières organiques qui proviennent de décomposition et remaniement sur place des marnes miocènes ou du complexe basaltique triasique.

3- Aperçu structural

L'ensemble nord-mesétien, défini précédemment est composé de cinq grandes zones structurales (Michard, 1976). Elles sont caractérisées par un ensemble de plis de très grandes ampleurs et de mégafailles ayant joué en limite de bassin au Carbonifère et en cisaillement lors des compressions tardi-hercyniennes. La structure du Maroc Central est dominée par l'existence d'une importante unité anticlinoriale complexe orientée NE (Termier, 1936 ; Morin, 1959). Elle est marquée par l'anticlinorium de Khouribga – Oulmès intrudé par le batholite granitique d'Oulmès, flanquée de deux vastes synclinoriums d'âge Carbonifère : le

synclinorium Rommani-Oullada, orienté ENE, et le synclinorium de Fourhal-TeIt, d'extension NE intrudé par le granite du Ment (Fig.4). A l'extrémité orientale du Massif central, plusieurs massifs anciens constituent une deuxième grande unité anticlinoriale nommée l'anticlinorium de Kasba Tadla-Azrou, localisé dans la zone du pays des Zayane avec ses minuscules stocks granitiques intrusifs de Jbel Aouam. Le Maroc Central constitue une portion de la chaîne hercynienne présentant la particularité de ne pas avoir été perturbé par les mouvements plicatifs alpins. De grands accidents longent les flancs des principales zones anticlinoriales ; tel est le cas de l'importante fracture Smaala-Oulmès, de direction générale NE, située sur le flanc Est de l'anticlinorium Khouribga-Oulmès (Fig.4) , ou de celles ayant relevé en horst tous les terrains anté-carbonifères dans la moitié Sud de l'anticlinorium de Kasba Tadla-Azrou (Morin, 1959 a ; Huvelin, 1969 ; Esterle, 1971). En outre, le flanc septentrional du synclinorium de Rommani Oulada s'appuie contre un accident EW qui a relevé au Nord de Tiflet les séries anticarbonifères et qui est presque entièrement caché sous la couverture post Carbonifère (Kosakevitch, 1973).

CHAPITRE III : Synthèse hydrogéologique de la zone d'étude

I-Contexte géologique local

Les formations géologiques existantes dans la zone d'étude sont constituées principalement par:

- Une formation cristalline affleurante dans le territoire des communes d'Ain Sbit, Ezzhiliga, Laghoualem et Oulmes ;
- Des formations cristallophylliennes du Paléozoïque occupant la grande partie du secteur d'étude ;
- Une formation volcano-sédimentaire du Permo-Trias affleurante dans les communes de Ain Sbit, Brachoua, Houderrane, Jamaa Moul Blad, Laghoualem, Maaziz et Marchouch.

A celles-ci s'ajoutent des formations d'âge Mio-Plioquaternaire qui reposent en discordance angulaire sur les formations paléozoïques.

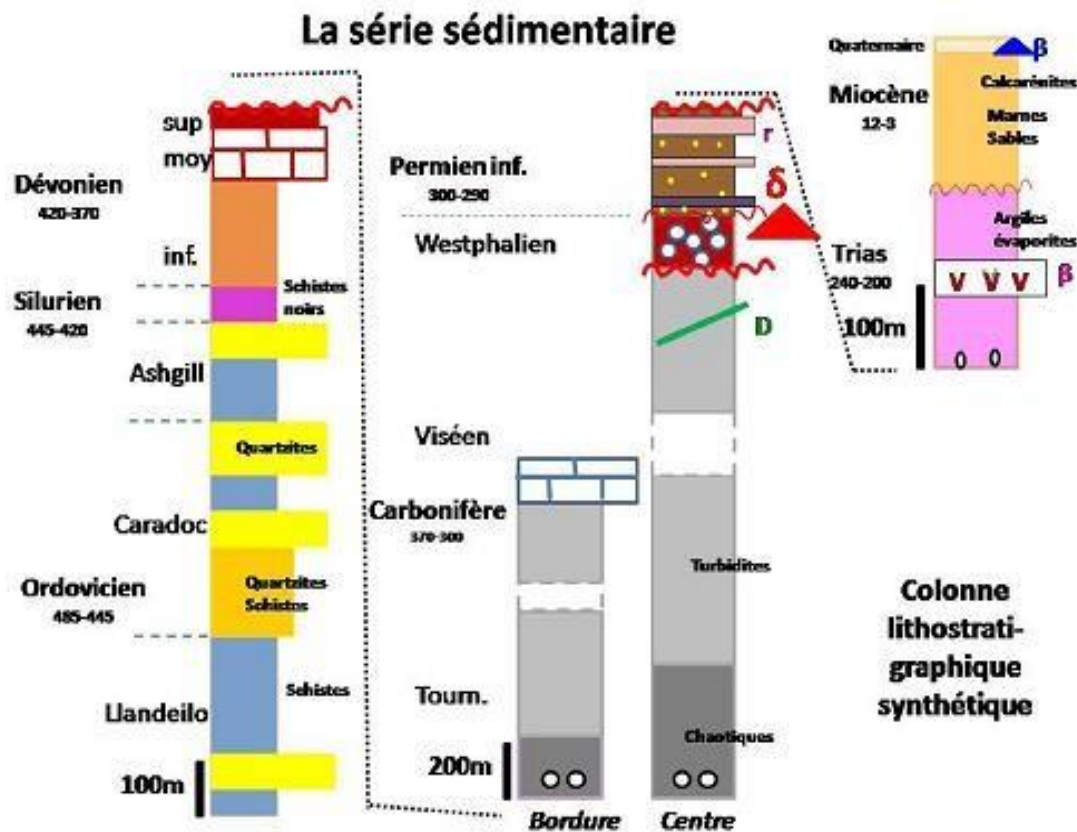


Figure 10 : Colonne litho-stratigraphique synthétique de la zone d'étude

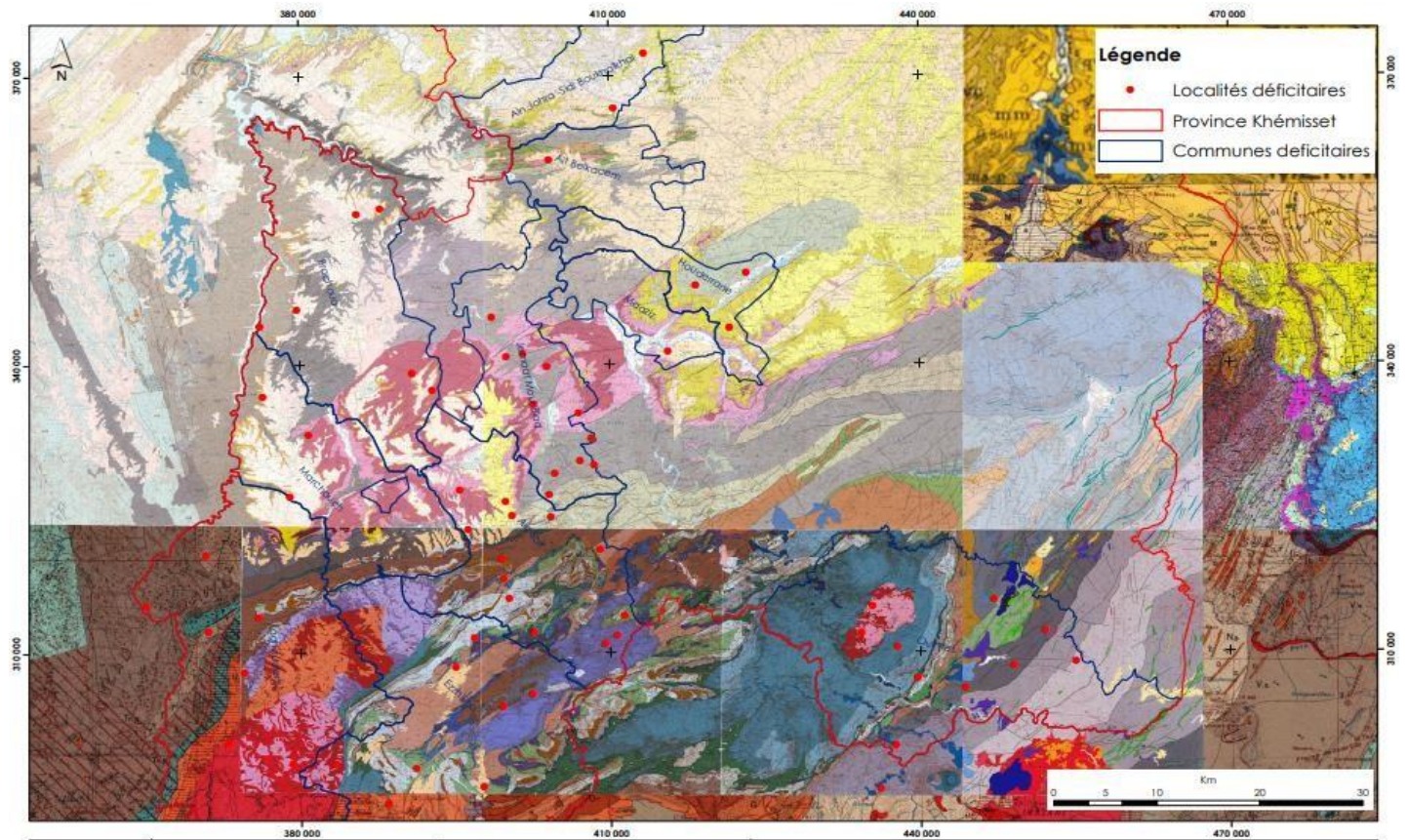


Figure 11 : Contexte géologique local

1-Formations cristallophylliennes du Paléozoïque

Elles occupent environ 60 % de la superficie des affleurements du secteur d'étude. Ces formations sont essentiellement schisteuses, d'âge Paléozoïques. Les formations cristallophylliennes du Paléozoïque ont été bien détaillées dans le cadre de l'étude d'évaluation des ressources en eau au droit du plateau d'Oulmès-Tiddas réalisée par l'ABHBC en 2015. On distingue les formations suivantes :

1.1 Formation Ordovicienne

Les terrains Ordoviciens affleurent dans les communes d'Ain Sbit, Ezzhiliga, Laghoualem et Oulmes suivant une bande NE-SW. La puissance de ces formations varie entre 1000 et 2000 m. Ils contribuent pour une grande part à la morphologie de la structure en formant des petits massifs, dont les barres quartzitiques forment souvent les hauts sommets. La succession des formations ordoviciennes est très tectonisée ce qui entraîne des empilements et des répétitions de série. La série ordovicienne est constituée par des quartzites, grès quartzitiques, schistes et schistes gréseux. La succession synthétique de cette formation se présente comme suit :

Le Groupe des Schistes en dalles **or1-4a** (Baudin et al., 2001; Razin et al., 2001) regroupe les formations des schistes et grès du Zguit (considérées par certains auteurs comme appartenant au Cambrien moyen-Ordovicien basal) enveloppant la partie sud du granite d'Oulmès, les schistes de Tergou formant l'essentiel du plateau du Zguit et la formation d'El Harcha

renfermant des horizons datés du Llanvirn supérieur (Termier, 1936). Il s'agit de terrains schisto-gréseux d'épaisseur variant de 150 à 300 m (la base n'étant pas connue). La lithologie est monotone, essentiellement silteuse avec des niveaux métriques à pluri-métriques de quartzites.

La formation d'Ouljet Bou Khémis (OBK) **or4b** datée du Llandeilo supérieur (Termier, 1936 ; Van Leckwijck et al., 1955). Il s'agit des schistes (et/ou pélites) monotones où la stratification est difficilement repérable. L'épaisseur est de 200 à 250 m.

La formation d'Ain Malou (**or4c-5a**) : Llandeilo supérieur à Caradoc inférieur. Il s'agit d'une barre quartzitique (successions de couches décimétriques quartzitiques à joints pélitiques) de 5 à 40 m surmontant systématiquement l'OBK.

La formation du Grou d'âge Caradoc inférieur à moyen (**or5b**) (ex. Formation de Ould Fennane) (Cailleux, 1978) : Ce sont des alternances de niveaux centi- à décimétriques de pélites et de grès-quartziques. Les niveaux quartzitiques deviennent plus abondants vers le sommet. L'épaisseur varie de 150 à 200 m.



Photo3 : Grés et pélites de l'Ordovicien



Photo4 : Bancs quartzitiques de l'Ordovicien à Ayada (Commune Ain Sbit)

La formation du Baddouz d'âge Caradoc moyen (**or5c**) : Il s'agit d'une barre massive de 50 à 150 m d'épaisseur et formée de bancs quartzitiques décimétriques à métriques amalgamés

séparés par des niveaux silteux à pélitiques. Plusieurs figures sédimentaires sont observées avec des laminations obliques, ondulées, des litages en mamelons, des litages de rides, des bioturbations (terriers), etc.

La formation de Sidi Said (Caradoc supérieur) comprend un membre inférieur pélitique (**or5d**) de 200 m d'épaisseur au maximum et un membre supérieur (**or5e**) de grès et quartzites brunes de 200 m d'épaisseur (formés par des bancs à surfaces plates à ondulées gréseux quartzitiques décimétriques à métriques à intervalles centimétriques pélitiques). Le passage à la formation pélitique sus jacente est progressif. La formation de Oulad Akra d'âge Ashgill inférieur (**or6a**) : Il s'agit d'argilites silteuses (schistes crayons de Termier (1950), gris vert à sombre. Au sommet de la formation, des argilites microconglomératiques (à microgalets de quartz). L'épaisseur est de l'ordre de 200 m. Des niveaux intercalés (10 à 40 cm) de grès permettent de souligner la stratification et montrent des litages obliques en mamelons. La formation d'Ezzhiliga d'âge Ashgill supérieur (**or6b**) : Il s'agit d'une barre de quartzite de 30 à 50 m d'épaisseur, constituée de bancs de quartzites de 20 à 40 cm d'épaisseur à inter lits fins argileux. Les surfaces des bancs quartzitiques sont généralement plates et montrent des laminations parallèles, parfois

1.2 Formation Silurienne

Elle se localise dans les zones de grands accidents et se présente en forme d'une bande allongée Est-Ouest qui affleure dans les communes d'Ain Sbit, Ezzhiliga, Laghoualem et Oulmes. Le contact avec les derniers horizons ordoviciens est souvent de nature tectonique. Elle est formée essentiellement de schistes fracturés. L'épaisseur de la formation varie entre 1000 et 1500 m. La succession synthétique de cette formation se présente comme suit :

Formation de Sidi M'Bellej d'âge Lochkovien (**s3-d1**) : constituée par des schistes noirs à graptolites intercalés de bancs de grès à la base et dans la partie supérieure de minces bancs carbonatés, avec *Monoclimatis crenulata* (Télychien sup), *Monograptus crispus* (Télychien inf) et *Testograptrus testis* (Homérien).

Formation d'Aïn Dram d'âge Silurien supérieur à Dévonien inférieur (**s8-d3**) : formée par des schistes verts sombre homogènes à rares bancs et nodules gréseux ou carbonatés.



Photo 5 : Formation silurienne dans la commune d'Oulmes

1.3 Formation Dévonienne

Elle affleure en forme de bande Nord-Est/Sud-Ouest dans le territoire des communes d'Ain Sbit, Jemaat Moul Blad, Laghoualem et Marchouch. Cette formation est constituée par des alternances de schistes et de calcaires gréseux. La puissance est supérieure à 2000 m.

La succession synthétique de cette formation se présente comme suit :

Formation de Ksiksou d'âge Emsien à Famenien (**d3-7**) : Formée par une alternance de schistes sombres et de couches de grés et calcaires gréseux turbiditique d'épaisseur centimétrique à décimétrique. On note la présence par endroit de barres plurimétriques de quartzite avec parfois des intercalations de dolomies plus ou moins gréseuses (mégaturbidites).

Barre calcaréo-gréseuse (**d5**) d'âge Givétien.

Formation de Tsili-Fouizir d'âge Famennien supérieur à Tournaisien inférieur (Strunien) (**d7-hT**) : constituée d'une série turbiditique à dominante gréseuse et intercalations de schistes et niveaux à blocs de calcaires dévoniens resédimentés (débrites, olistolites).

Formation de Sidi Bou Khobza d'âge Tournaisien (**hT**) : formée par des schistes bruns à intercalations de bancs de grés turbiditiques.



Photo6 : Quartzites de l'Emsien à Faménien (Commune Ain Sbit)

1.4 Formation Viséenne

Les terrains Viséens sont moins gréseux donc moins résistant. Ils affleurent dans les communes d'Ait Belkacem, Ain Sbit, Brachoua, Houderrane, Jemaa Moul Lblad, Maaziz, Laghoualem, Marchouch et Oulmes. La puissance de ces formations est estimée à 2500 m. La succession synthétique de cette formation se présente comme suit :

✚ Viséen inférieur

Il affleure dans la zone d'étude au niveau des communes Brachoua, Laghoualem et Marchouch. Il est représenté par la formation de l'oued Korifla (**hviK**). Du haut vers le bas, la série est constituée par :

- grès et pélites ;
- niveau calcaire et conglomératique ;
- filons et coulées basiques ;
- barre comprenant un banc de calcaire et un banc de quartzite ;
- pélites à nodules ferrugineux ;
- alternances de pélites et de bancs de grés.

✚ Viséen moyen à supérieur

Il est représenté dans l'aire d'étude par deux formations :

- 1- Formation de Boukerkour (**hVBK**) : Elle est rencontrée dans la commune de Jemaa Moul Lblad. Sa série est formée par une alternance de grès et pélites à Goniatites subcircularis, calcaires oolithiques bioclastiques et conglomératiques à Foraminifères et micro-algues.
- 2- Formation de Tougat-Oulmes (**Hv2-3**) : Elle est constituée de calcaires bioclastiques

et oolitiques gréseux au sommet, passant à une alternance de schistes et grès bruns turbiditiques. Elle affleure dans le territoire de la commune d'Oulmes.

- 3- Formation du Satour d'âge (hvS) : formée par des alternances de bancs de grès et de pélites à bancs et miches calcaires, devenant pélitiques vers le haut avec la présence parfois de conglomérats à la base au Nord-Est de Brachoua. Dans le territoire des communes d'Ait Belkacem, Houderrane et Jemaa Moul Lblad, cette formation est constituée par des alternances de grès et calcaires oolitiques à microfaune, des calcaires argileux à Gigantoproductus et par des alternances de grès et pélites.

Viséen supérieur

Il est représenté dans l'aire d'étude par quatre formations :

- ❖ Formation de l'oued Mechra (hvsM) : Elle affleure dans la commune de Brachoua. Elle est formée par des alternances de pélites, grès quartzeux, grès carbonatés, microconglomérats et calcaires.
- ❖ Formation de Aît Al Haj (hV3) : formée par des schistes à Posidomya et alternance de grès turbiditiques et de schistes avec parfois des barres plurimétriques de grès quartzites ou grauwackes dans les communes d'Oulmes, Laghoualem, Marchouch et Ain Sbit.

Formation de Jbel Moufrés (hV3) : formée de schistes à Posidonomya et siltite de plate forme externe à intercalation de grès, conglomérat et calcaire dans les douars Ait Hdidou, Ait Yahya Ou Issa et Ait El Haj relevant de la commune d'Oulmes.



Photo 7 : Viséen moyen à supérieur à douar Essfi (Commune Jemaa Moul Lblad)



Photo 8 : Viséen moyen à supérieur à Aroukdi (Commune Jemaa Moul Lblad)

1.5 Formation Westphalienne

Ces terrains n'affleurent que dans les communes d'Ain Sbit et Ezzhiliga. Le Westphalien est représenté dans la zone d'étude par les formations d'Al Keskas, de Gualmous et Ktab Lahmar qui forment le Groupe de Sidi Kacem d'âge Westphalien supérieur.

Formation d'Al Keskas (**hWa**): formée par des conglomérats rouges, lenticulaires alternant avec des grès et des argilites rouges et verdâtres qui reposent sur des couches grésoconglomératiques. Des calcaires gris-noir à grain fin, à ostracodes et gastéropodes ainsi que des dépôts lacustres lenticulaires s'intercalent dans la série.

Formation de Gualmous (**hWb**) : formée par des grès grossiers, parfois conglomératiques, argilites à débris de plantes, niveaux charbonneux et conglomérats à éléments quartzitiques au sommet de la formation. Cet ensemble repose sur des couches grésoconglomératiques. Des calcaires gris-noir à grain fin, à ostracodes et gastéropodes ainsi que des dépôts lacustres lenticulaires s'intercalent dans la série.

Formation de Ktab Lahmar (**hWc**) : formée par des conglomérats lie-de-vin à galets et blocs mal classés, dépôts chaotiques, peu ou pas stratifiés.

La série Westphalienne est discordante sur les terrains tournaisiens affectés par la phase hercynienne majeure. L'épaisseur est variable selon les régions. Des valeurs de l'ordre de 1200 m ont été proposées pour l'ensemble des terrains westphaliens.



Photo 9 : Grès du Westphalien–Douar Tighni- (hWb)



Photo 10: Conglomérats du Westphalien–(hWc)

Les coupes géologiques de la zone d'étude

Au niveau de la zone d'étude, les coupes géologiques extraites des cartes géologiques de Khémisset 1/100000 et les cartes géologiques d'Ezzhiliga, Oulmes, à 1/50000 montrent une

série de synclinaux et d'anticlinaux à faible rayon de courbure, dont certains auraient été érodés ; ces plis sont décalés par des failles normales subverticales à rejet important variant de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres. Le Paléozoïque se comporte comme un ensemble de blocs jouant en horsts et en grabens.

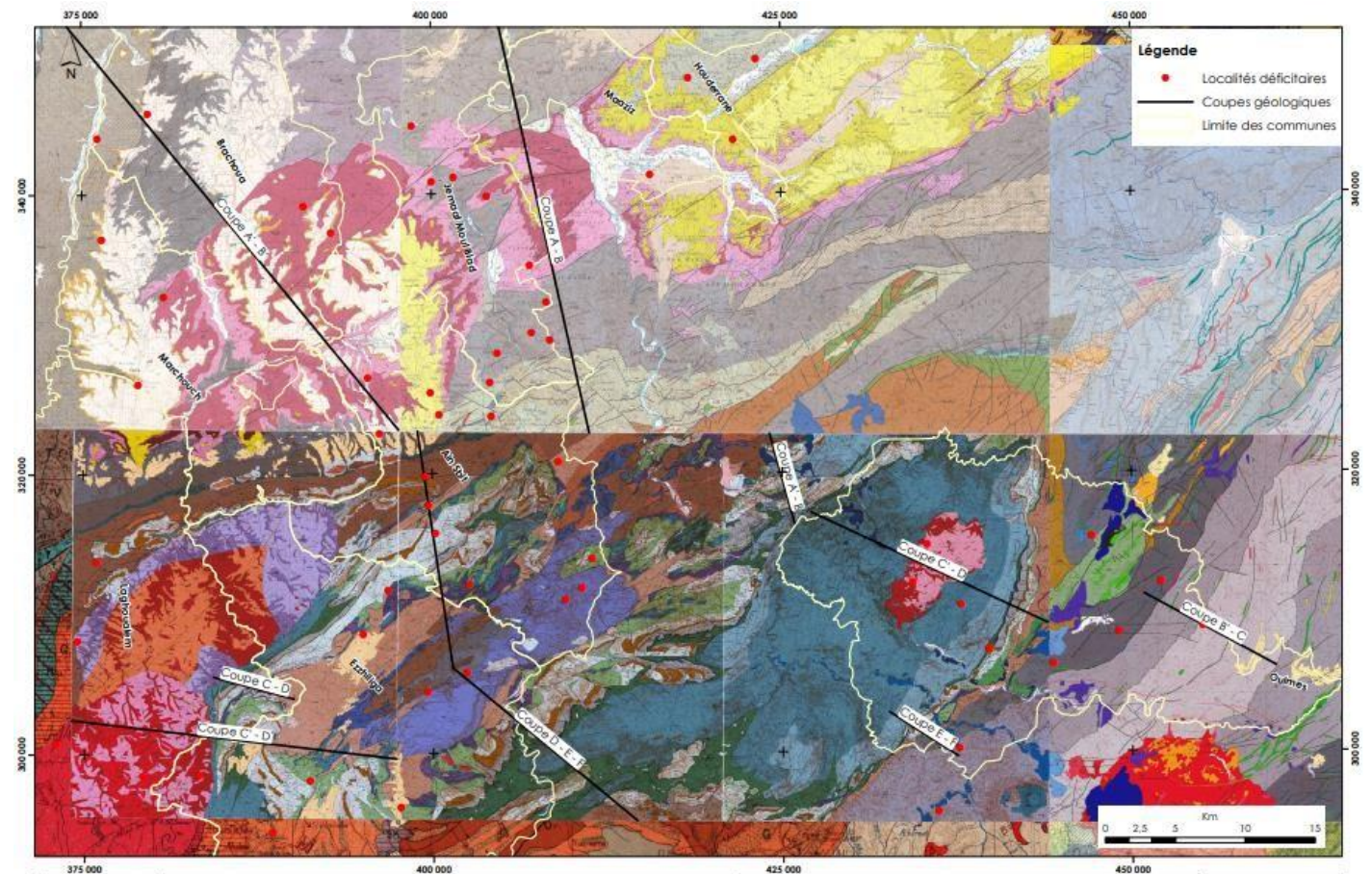


Figure 12 : Position des coupes géologiques



Figure 13 : Coupe géologique AB extraite de la carte géologique de Khémisset à l'échelle 1/100000

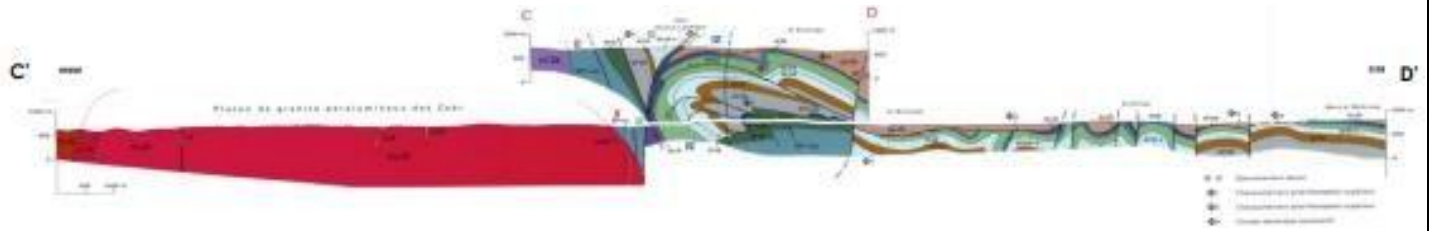


Figure 14 : Coupe géologique AB et CD extraites de la carte géologique d'Ezzhiliga à l'échelle 1/50000

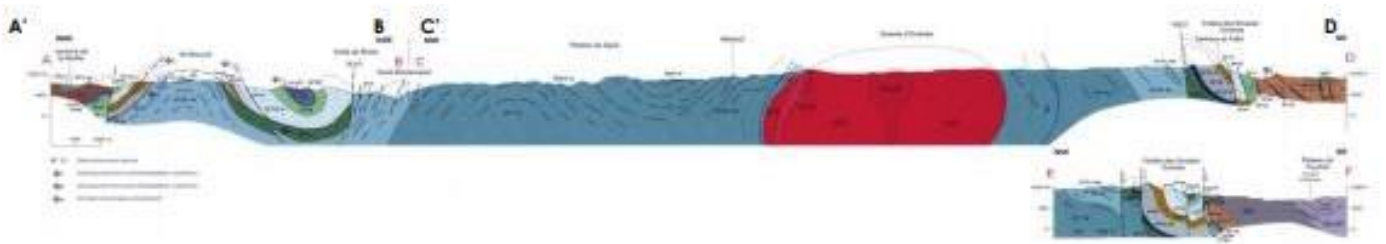


Figure 15 : Coupes géologiques AB, CD et EF extraites de la carte géologique d'Oulmes à l'échelle 1/50000

II -Unités hydrogéologiques

La zone d'étude est essentiellement peu perméable avec un très faible taux de recharge, ne contenant, d'après les connaissances actuelles, aucune nappe d'extension significative. Cette zone apparaît comme une région de très petites nappes discontinues à potentiel limité. Ces nappes circulent principalement dans des remplissages alluvionnaires et dans les zones d'altération, de fissures ou de fractures. Ces nappes sont généralement de faibles extensions ; Mais, constituent néanmoins des ressources en eau souterraine d'un intérêt indéniable pour la population locale. Les sécheresses récurrentes ainsi que la surexploitation de la rare ressource disponible fait que les débits ne sont certes pas généralement importants et l'accès à l'eau reste souvent aléatoire ; la situation est par ailleurs souvent aggravée par une qualité de l'eau médiocre à mauvaise.

De façon générale, on distingue quatre principales unités d'importance très variable. Ce sont :

- L'unité cristallophyllienne du Paléozoïque ;
- L'unité cristalline ;
- L'unité volcano-sédimentaire du Permo-Trias ;
- L'unité Mio-Plioquaternaire.

Dans le cadre de la présente étude on se focalise sur L'unité cristallophyllienne du Paléozoïque.

N.B : Il est important de signaler que les bilans des nappes n'ont pas été établies en raison de l'impossibilité d'établir des cartes piézométriques représentatives de chaque sous unité

due au nombre de points d'eau réduit et qui ne couvre pas la totalité du secteur d'étude. En outre, on se heurte à une difficulté supplémentaire car la plupart des points d'eau ne sont pas isolés et captent parfois plusieurs aquifères en même temps.

1-L'unité cristallophyllienne du Paléozoïque

L'unité cristallophyllienne du Paléozoïque représente l'unité hydrogéologique la plus importante de la zone d'étude. Elle est constituée d'un ensemble de systèmes hydrogéologiques dont les propriétés hydrogéologiques sont similaires. L'analyse des données du fichier IRE a permis de définir cinq sous unités hydrogéologiques au niveau de cette unité :

- ❖ L'aquifère des conglomérats, grès, quartzites, schistes et calcaires du Westphalien.
- ❖ L'aquifère des quartzites et schistes du Viséen.
- ❖ L'aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien.
- ❖ L'aquifère des schistes du Silurien.
- ❖ L'aquifère des quartzites, grès quartzitiques, schistes et schistes gréseux de l'Ordovicien.

1.1 L'aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien

Le réservoir aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien affleure en forme de bande Nord-Est/Sud-Ouest dans le territoire des communes d'Ain Sbit, Jemaat Moul Blad, Laghoualem et Marchouch.

La figure suivante montre la répartition des points du fichier IRE captant l'aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien.

Le tableau ci-après donne les caractéristiques de 23 points d'eau captant l'aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien dans la zone d'étude. Il en ressort les observations suivantes :

Tableau 5: Caractéristiques des points d'eau captant les schistes et calcaires gréseux du Dévonien

IRE	X (m)	Y (m)	Z (m)	Nature	PT(m)	P E (m)	ES (m)	NP (m)	Cond (µS/cm)	Sal (g/l)	VE(m)	Q (l/s)
3863/20	386000	319250	450	Forage	76	0,55	75,45	449,45	-	-	-	-
3864/20	386200	319050	450	Forage	41	1,71	39,29	448,29	-	-	-	16,92
3865/20	386025	318675	460	Forage	58	6	52	454	-	-	-	5,5
3866/20	385225	318375	480	Forage	70	0,91	69,09	479,09	-	-	-	4,23
3956/20	371650	301750	600	Forage	78	2,1	75,9	597,9	562	0,40	25	1
											46	2,8
4001/20	375800	313400	585	Forage	97,00	0,25	96,75	584,75	937	0,67	-	5

4002/20	374900	313950	550	Forage	94,00	1,32	92,68	548,68	979	0,70	-	-		
4003/20	376200	313350	530	Forage	115,00	7,80	107,20	522,20	647	0,46	-	6,6		
4004/20	376750	313300	599	Forage	98,00	18,90	79,10	580,10	625	0,45	-	5,8		
4006/20	377600	313450	595	Forage	70,00	21,89	48,11	573,11	750	0,54	-	-		
4010/20	387200	320750	450	Forage	75	3,55	71,45	446,45	-	-	-	-		
4475/20	372900	304000	612	Forage	60,00	0,70	59,30	611,30	500	0,36	20	0,5		
4516/20	372010	301025	618	Forage	74	4,6	69,4	613,4	700	0,50	46	0,1		
											58	0,25		
4534/20	372600	301625	582	Forage	68	14,4	53,6	567,6	740	0,53	20	Hum		
											56	0,45		
4635/20	388400	321000	450	Forage	76	7,23	68,77	442,77	-	-	14	0,5		
											1600	1,14	18	0,8
											1840	1,31	25	1,5
											1800	1,29	31	6
											1750	1,25	46	7,5
4703/20	378700	317700	530	Forage	77	12	65	518	953	0,68	-	-		
4709/20	384500	320000	460	Forage	83	3	80	457	1000	0,71	49	0,1		
											63	1		
4855/20	371700	306300	590	Forage	70,00	13,07	56,93	576,93	1100	0,79	68	0,16		
4856/20	372900	307400	560	Forage	70,00	3,94	66,06	556,06	785	0,56	-	4		
4260/20	369525	312025	360	Forage	80,00									
4514/20	374100	310000	462	Forage	62,00									
4011/20	388250	320550	470	Forage	61,00									
3862/20	385850	319425	450	Forage	80,00									

Source : ABHBC

La profondeur totale des ouvrages varie entre 41 et 115 m. Le Dévonien est capté à des profondeurs variables. Les niveaux d'eau se stabilisent entre 0.25 et 22 m de profondeur. Les valeurs les plus fréquentes ne dépassent pas 5 m.

On note la présence dans certains secteurs de la zone d'étude d'ouvrages totalement secs : IRE 3862/20, 4011/20, 4260/20 et 4514/20.

La qualité des eaux du Dévonien est bonne pour les points d'eau inventoriés : La conductivité électrique varie entre 500 et 1840 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ce qui correspond à des salinités entre 0.35 et 1.31 g/l.

- Les débits du Dévonien dans la zone d'étude sont généralement variables. Ils oscillent dans la fourchette de 0.1 à 16.92 l/s. Les venues d'eau ont été enregistrées principalement au niveau des horizons des schistes gris dur très fracturés, des schistes gris avec intercalations de grès présentant parfois des fillonnets de quartz blanc très dur et des schistes gréseux avec des bancs de quartzites. Sur les 14 valeurs de débits disponibles, 8 sont supérieures à 4 l/s. Il s'agit des points d'eau suivants :
 - Forages IRE 3864/20, 4635/20, 3865/20 et 3866/20 situés à l'ouest de douar Gaddat Charkaoui dans la commune d'Ain Sbit ayant fourni des débits de 16.92 l/s, 7.5 l/s, 5.5 l/s et 4.23 l/s respectivement ;

- Forages IRE 4003/20, 4004/20 et 4001/20 situés au voisinage de douar Ait Lekbir dans la commune Laghoualem avec des débits de 6.6 l/s, 5.8 l/s et 5 l/s respectivement ;
- Forage IRE 4856 situé à l'ouest de douar Laazazba rouached dans la commune Laghoualem qui donne un débit de 4 l/s.
- ❖ Les transmissivités issues des pompages d'essais réalisés sur quatre points d'eau captant cet aquifère sont généralement bonnes. Elles varient entre $1.8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ et $5.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Tableau 6 : Transmissivités de l'aquifère du Dévonien

IRE	Transmissivité (m²/s)
3864/20	$5,6 \times 10^{-3}$
3865/20	$2,4 \times 10^{-4}$
3866/20	$1,8 \times 10^{-4}$
4004/20	$1,60 \times 10^{-3}$

Source : ABHBC

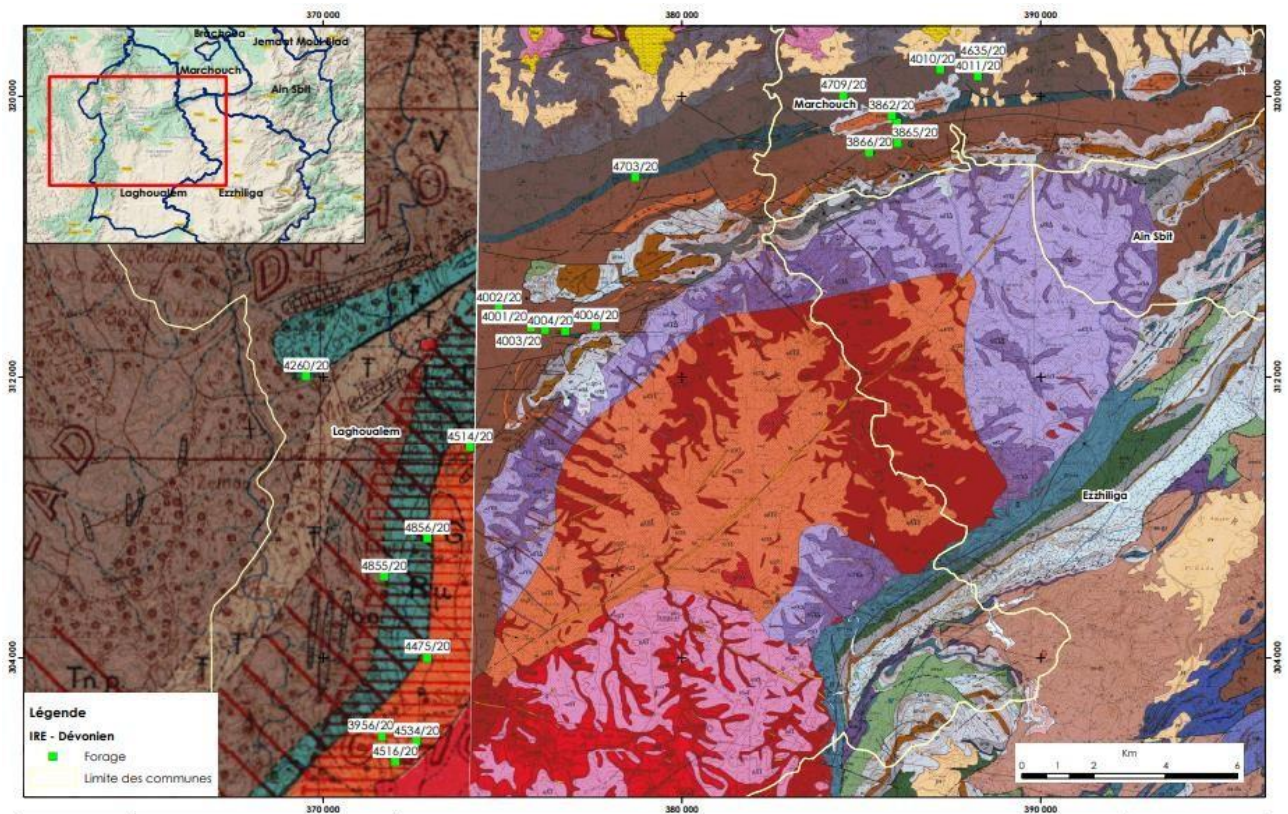


Figure 16 : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien

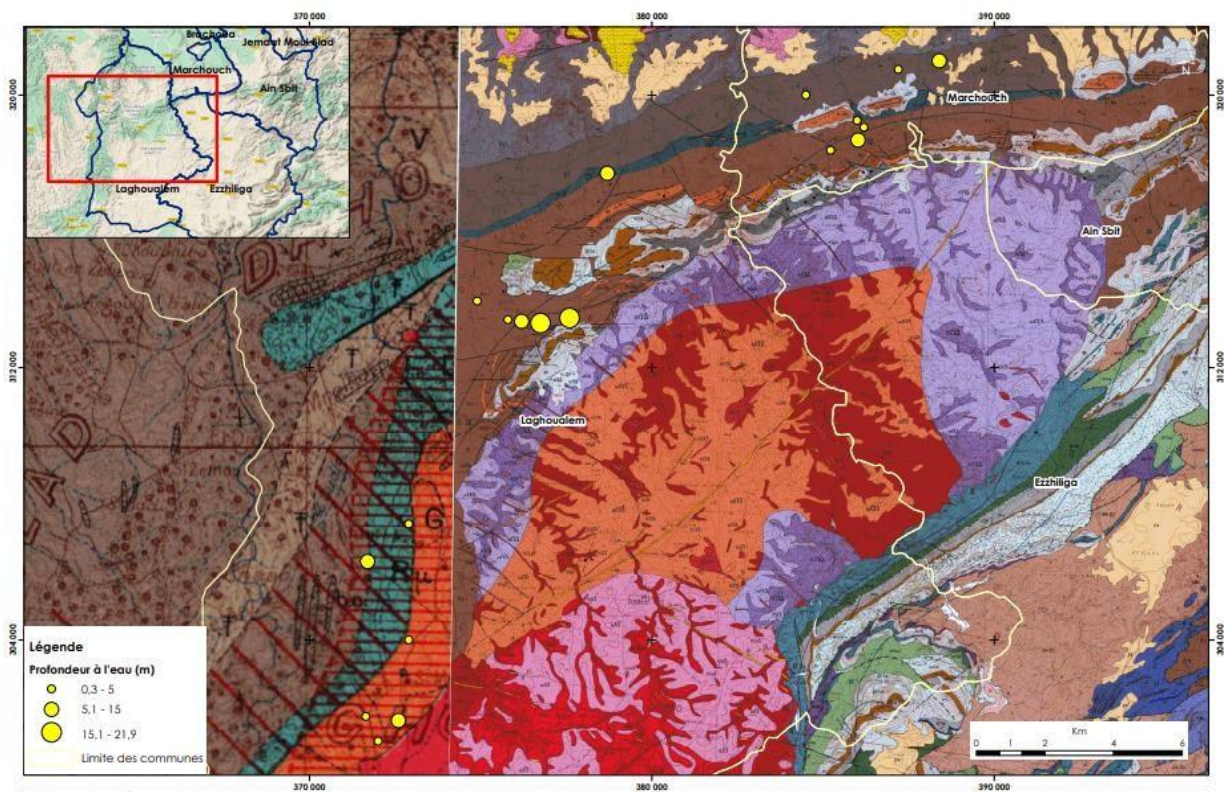


Figure 17 : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère du Dévonien

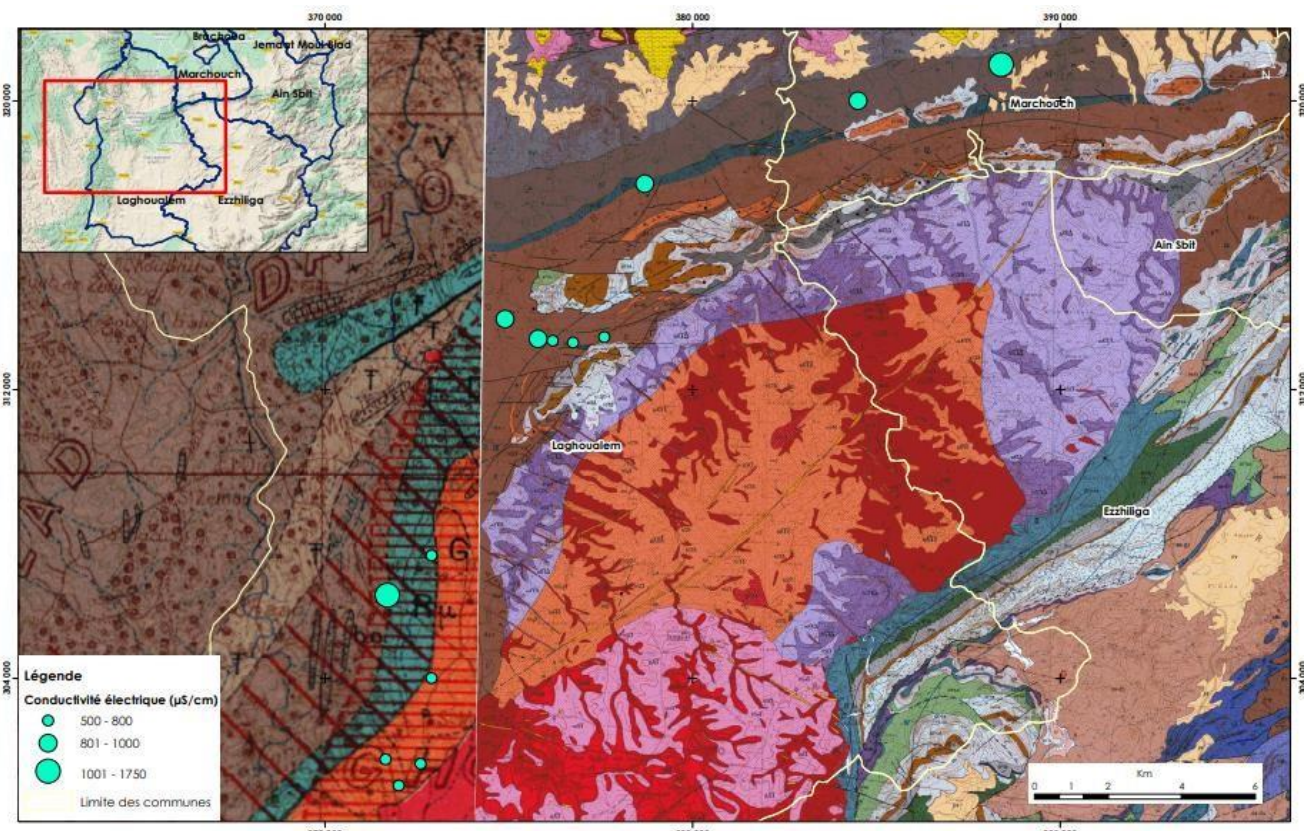


Figure 18 : Conductivités électriques des eaux de la nappe du Dévonien

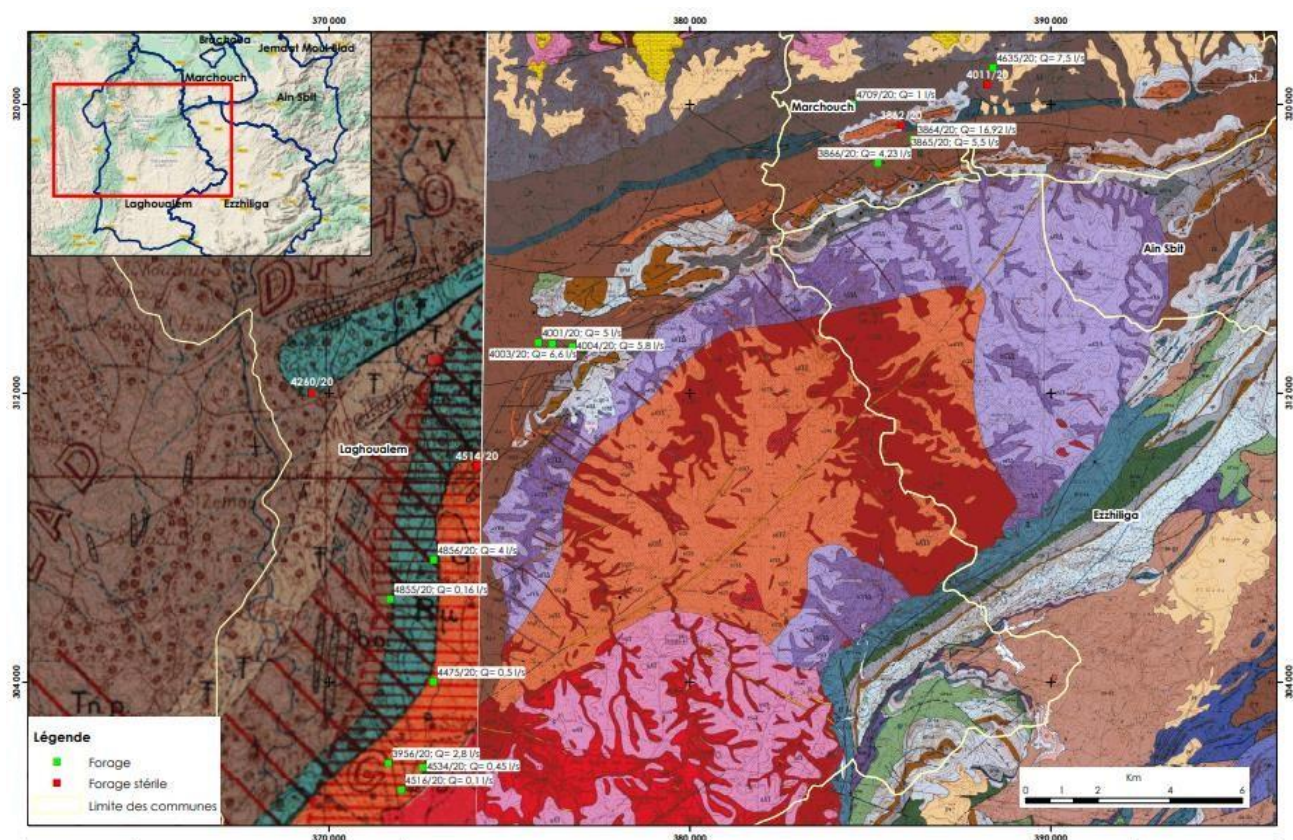


Figure 19 : Productivités des ouvrages captant l'aquifère du Dévonien

L'aquifère du Dévonien présente des caractéristiques hydrauliques moyennes à bonnes. La qualité des eaux est bonne. Les débits sont généralement variables selon les secteurs. Ils sont bons à l'ouest de douar Gaddat Charkaoui (Commune d'Ain Sbit), à douar Ait Lekbir et à l'ouest de douar Laazazba rouached (Commune Laghoualem). Des investigations complémentaires doivent être réalisées afin d'évaluer le potentiel hydrogéologique de ce système dans ces secteurs.

1.2 L'aquifère des schistes du Silurien

L'aquifère du Silurien est dominé par les schistes. Au niveau de la zone d'étude, il forme une bande allongée Est-Ouest qui affleure dans les communes d'Ain Sbit, Ezzhiliga, Laghoualem et Oulmes.

Cet aquifère de grande extension affleure également dans les territoires des provinces de Khénifra et Houribga. Dans la zone d'étude, les eaux de l'aquifère du Silurien sont utilisées principalement pour l'alimentation en eau potable. La figure ci-après montre la répartition des points du fichier IRE captant l'aquifère des schistes du Silurien.

Le tableau suivant donne les caractéristiques de 15 points d'eau captant l'aquifère des schistes du Silurien. Ce dernier est capté à des profondeurs variables. Les niveaux d'eau se stabilisent entre 1 et 23 m de profondeur.

L'ouvrage IRE 1923/21 captant cet aquifère est totalement sec.

La qualité des eaux du Silurien est bonne pour les points d'eau inventoriés : La conductivité électrique varie entre 400 et 2400 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ce qui correspond à des salinités entre 0.28 et 1.71 g/l.

Les débits du Silurien sont très faibles à moyen. Ils oscillent dans la fourchette de 0.3 à 4.5 l/s.

Tableau 7 : Caractéristiques des points d'eau captant les schistes du Silurien

IRE	X(m)	Y(m)	Z(m)	Nature	PT (m)	PE (m)	ES (m)	NP (m)	Cond (µS/cm)	Sal (g/l)	VE (m)	Q (l/s)	
1770/29	401000	297550	575	Forage	68	5,6	62,4	570,4	2400	1,71	14	1	
											42	1,7	
1771/29	397000	296800	780	Forage	110	4,1	105,9	776,4	400	0,29	89	2,6	
									400	0,29	103	3,25	
2255/28	389450	288600	800	Forage	60	8,95	51,05	791,05	1130	0,81	23	4,5	
2336/28	366950	286550	775	Forage	90	8,13	81,87	766,87	543	0,39	36	0,3	
2349/28	368900	284450	730	Forage	70	8,1	61,9	721,9	633	0,45	29	0,5	
4476/20	385000	303100	595	Forage	60	4,3	55,7	590,7	1000	0,71	13	1,5	
											30	4	
712/21	393900	308450	750	Puits	4,05	1,02	3,03	749,23	625	0,45	-	-	
1787/21	390500	305500	600	Puits	30,7	21,9	8,8	578,8	650	0,46	-	4,5	
1793/21	393600	308700	750	Puits	25,7	7,9	17,8	742,8	1260	0,90	-	-	
1803/21	397400	309200	-	Puits	20,7	13,7	7	-	1610	1,15	-	2	
4944/20	389500	304500	-	Puits	15,50	1,20	14,30	-	1164	0,83	-	0,7	
4945/20	389100	301200	-	Puits	20,70	10,70	10,00	-	840	0,60	-	0,6	
4948/20	389400	302200	-	Puits	30,70	22,70	8,00	-	-	-	-	1	
4951/20	384500	301000	-	Puits	20,70	4,70	16,00	-	1086	0,78	-	-	
1923/21	393550	300600	790	forage	104	Sec							

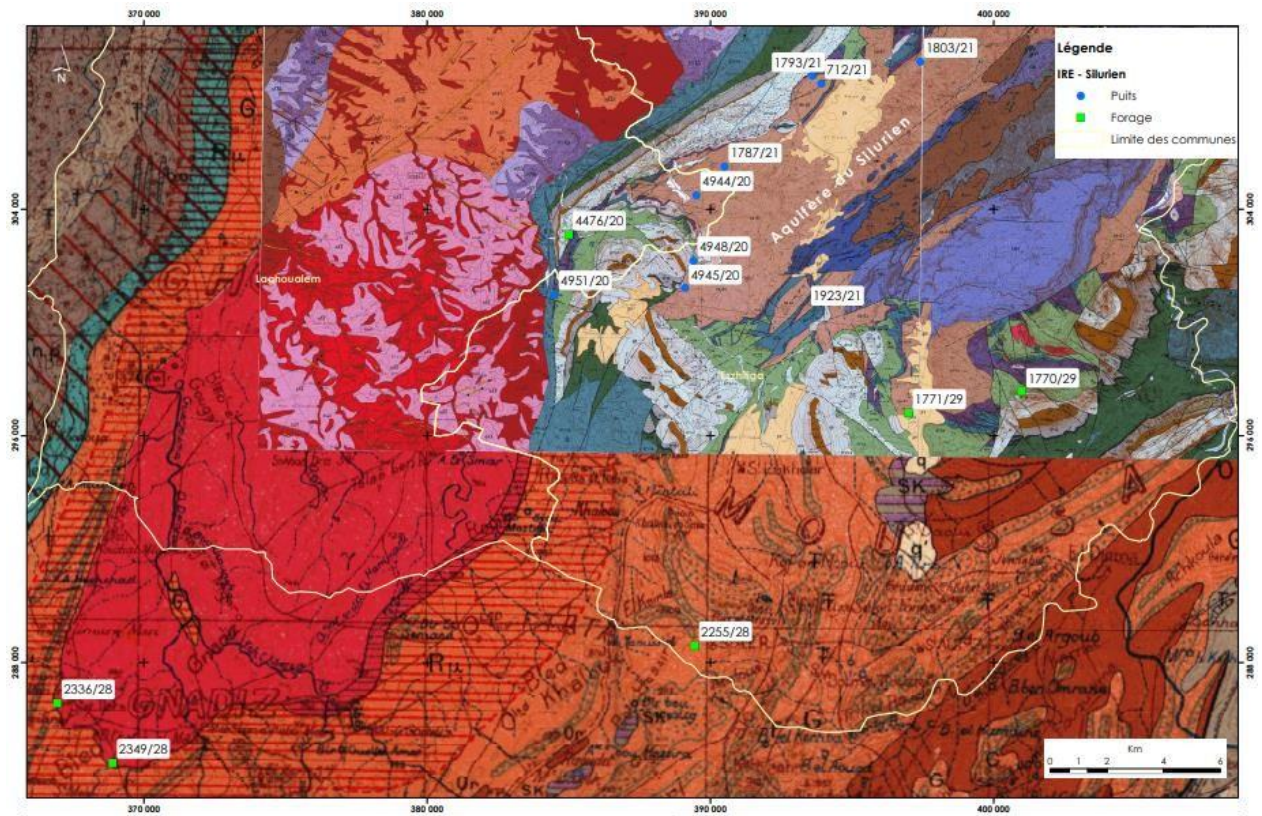


Figure 20 : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des schistes du Silurien

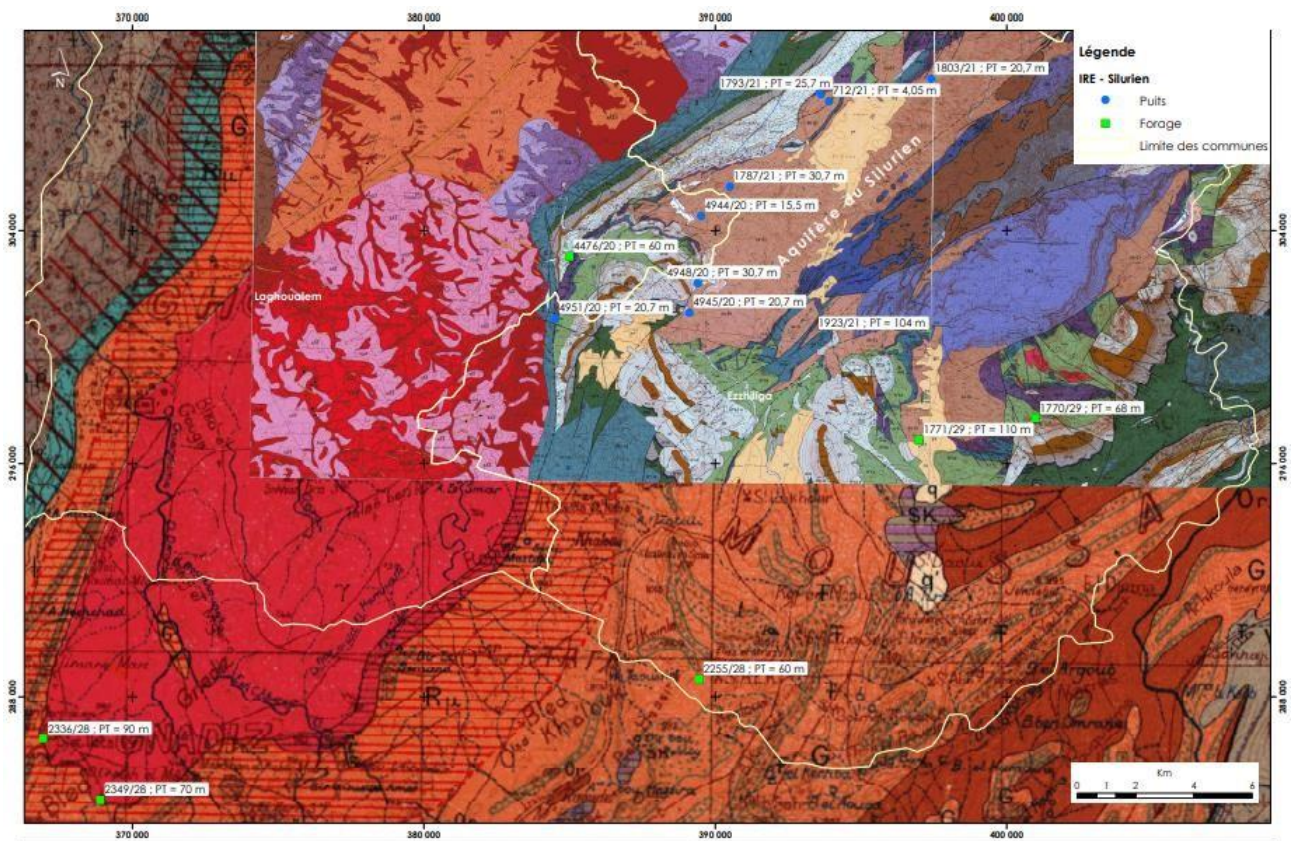


Figure 21 : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère de Silurien

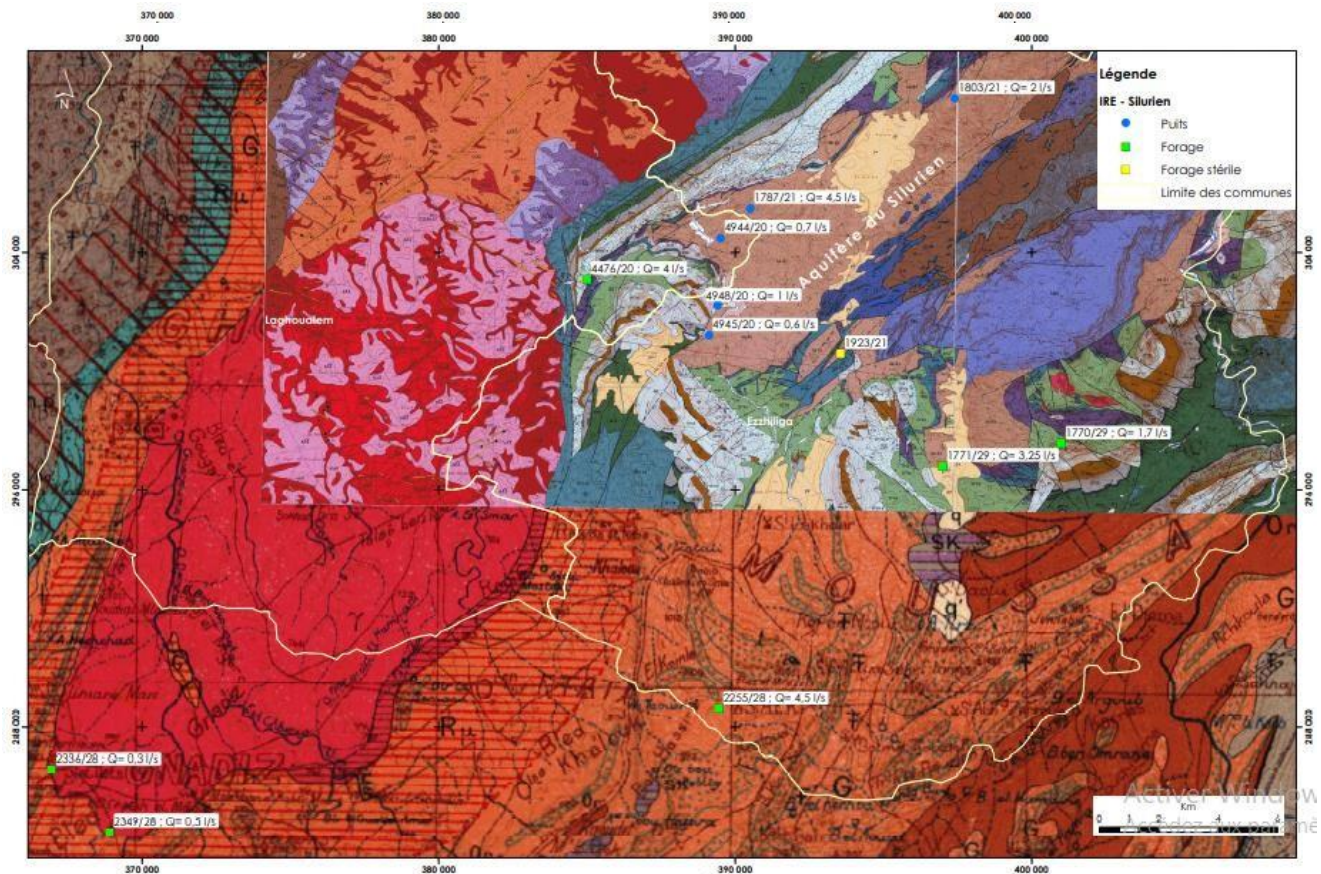


Figure 22 : Profondeur de la nappe de l'aquifère du Silurien

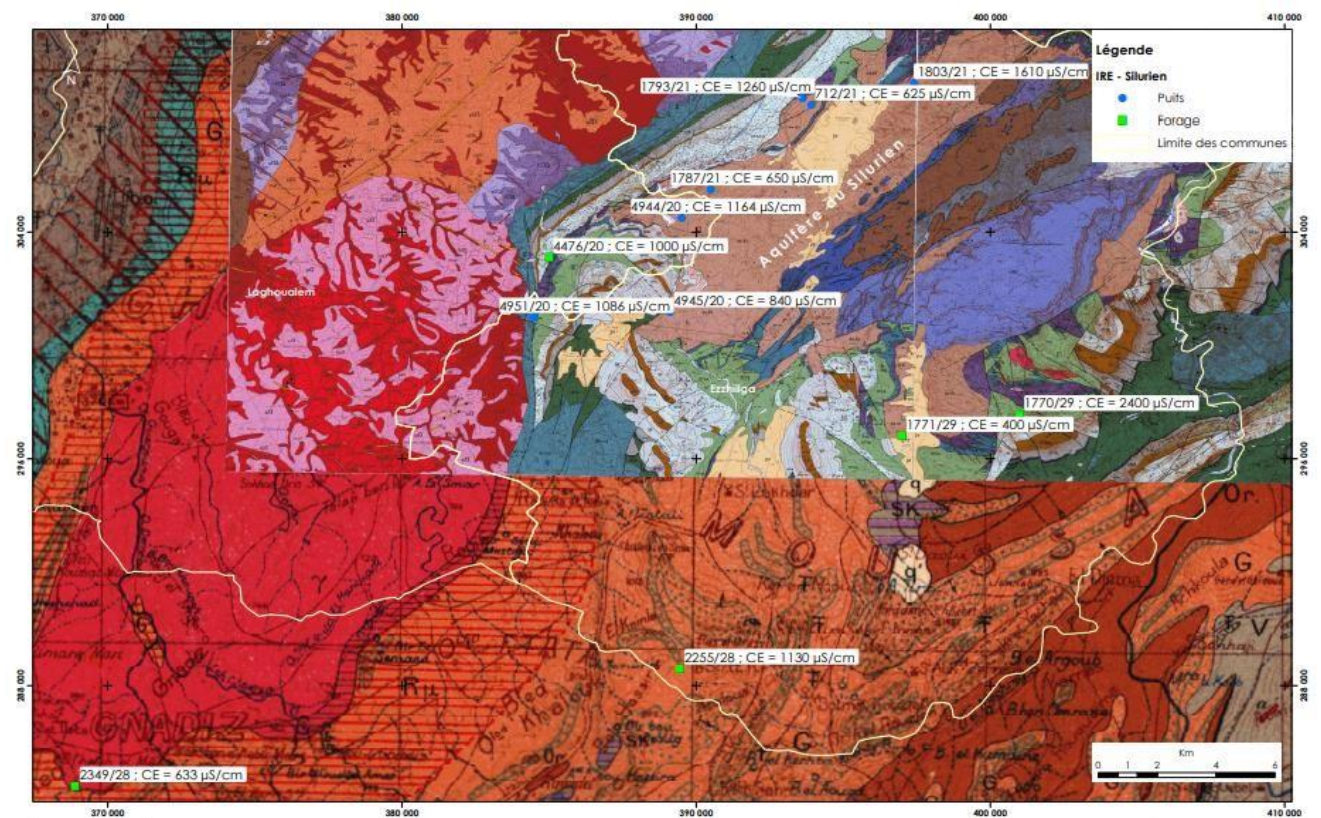


Figure 23 : Conductivités électriques des eaux de la nappe du Silurien

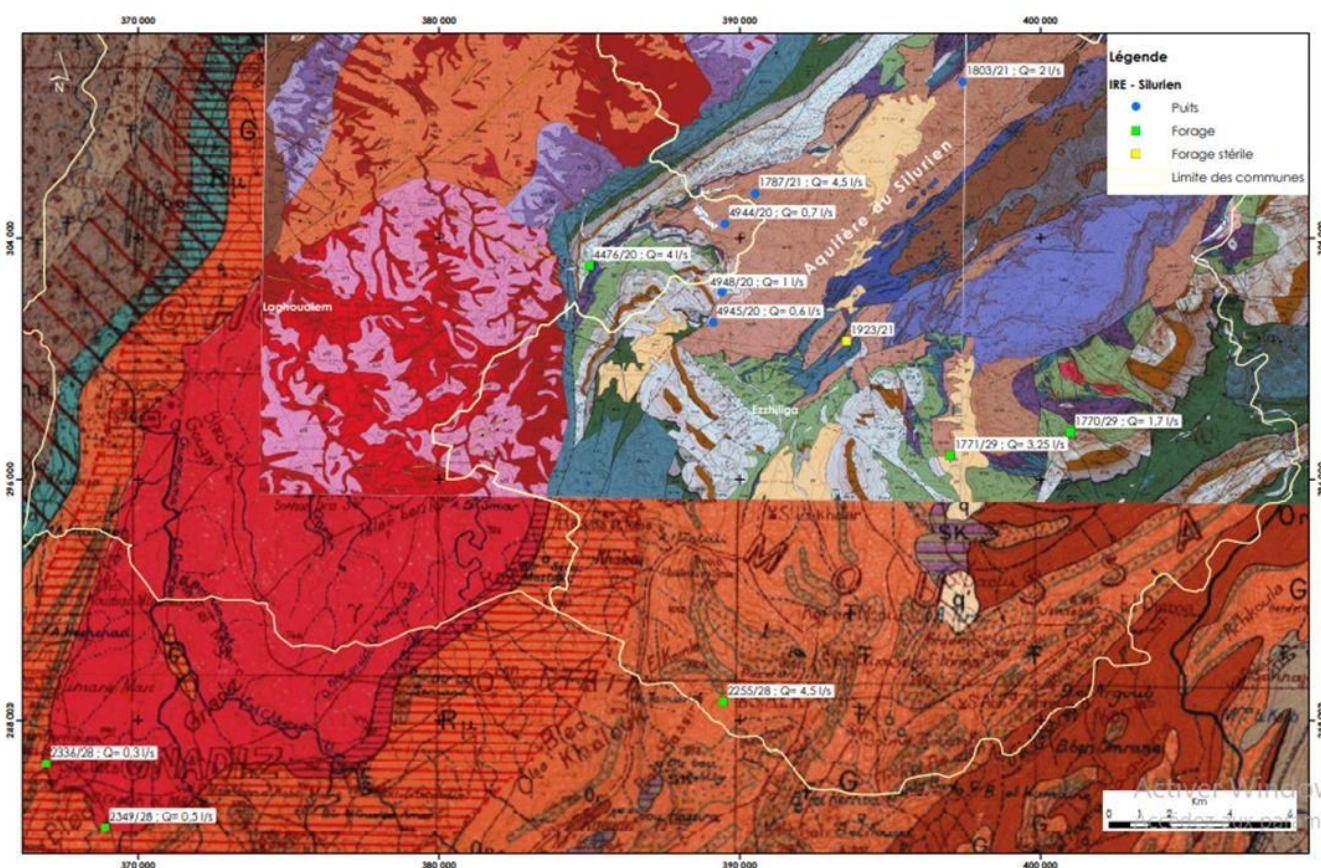


Figure 24 : Productivités des ouvrages captant l’aquifère du Silurien

Les potentialités hydrogéologiques de l’aquifère des schistes du Silurien dépendent du degré d’altération des schistes. Il présente des caractéristiques hydrauliques moyennes. La qualité des eaux est bonne et les productivités sont généralement faibles à moyennes.

1.3 L’aquifère des quartzites, grès quartzitiques, schistes et schistes gréseux de l’Ordovicien

L’aquifère Ordovicien est formé essentiellement de quartzites, grès quartzitiques, schistes et de schistes gréseux. Il affleure au niveau de la zone d’étude au niveau des communes d’Ain Sbit, Ezzhiliga, Laghoualem et Oulmes. Les schistes sont généralement fracturés, ce qui leur confère des propriétés hydrogéologiques intéressantes. Les quartzites de l’Ordovicien peuvent présenter des interbancs argilo-silteux localisés à la base et au sommet de la formation.

La porosité efficace des schistes avec les alternances de grès ou des bancs carbonatés serait estimée de 5 à 10%, la perméabilité est de l’ordre de 10⁻⁵ m/s. La figure ci-après montre la répartition des points du fichier IRE captant l’aquifère des quartzites, grès quartzitiques, schistes et de schistes gréseux de l’Ordovicien, et le tableau suivant donne les caractéristiques de 30 points d’eau captant l’aquifère de l’Ordovicien.

Tableau 8 : Caractéristiques des points d'eau captant les quartzites, grès quartzitiques, schistes et de schistes gréseux de l'Ordovicien

IRE	X (m)	Y (m)	Z (m)	Nature	P T (m)	P E (m)	E S (m)	N P (m)	Cond (µS/cm)	Sal (g/l)	VE (m)	Q (l/s)
3949/20	376600	312400	610	Forage	80,00	22,00	58,00	588,00	-	-	37	3,5
3955/20	376600	312400	620	Forage	54,80	22,66	32,14	597,34	-	-	37	3,3
4005/20	376650	314350	600	Forage	85,00	24,32	60,68	575,68	375	0,27	-	2,66
4476/20	385000	303100	-	Puits	21,70	7,20	14,50	-	840	0,60	-	4
4633/20	386000	300200	705	Forage	87,00	15,00	72,00	690,00	1200	0,86	68	0,33
4821/20	388300	301600	-	Puits	21,20	4,20	17,00	-	1460	1,04	-	0,1
4918/20	389250	302200	760	Forage	68	22,12	45,88	737,88	309	0,22	30	1,1
											35	1,7
											47	2,3
4929/20	386100	301000	798	Forage	90,00	15,00	75,00	783,00	1300	0,93	78	0,3
4953/20	389700	307700	-	Puits	24,30	8,70	15,60	-	960	0,69	-	0,6
4973/20	385900	305300	-	Puits	20,70	7,70	13,00	-	660	0,47	-	0,1
4975/20	385500	305600	-	Puits	16,20	6,20	10,00	-	1200	0,86	-	-
5000/20	386350	301000	-	Puits	16,70	8,55	8,15	-	336	0,24	-	0,1
5001/20	384300	299900	-	Puits	10,70	5,20	5,50	-	1560	1,11	-	0,2
1779/21	397000	312500	-	Puits	30,7	14,85	15,85	-	-	-	-	3,33
1783/21	393300	309800	-	Puits	27,7	14	13,7	-	-	-	-	-
1802/21	395300	311500	-	Puits	40,7	11,4	29,3	-	-	-	-	4,89
2189/28	389300	299500	750	Forage	80	2,5	77,5	747,5	515	0,37	65	2,5
2193/28	389280	298450	750	Forage	75	3,05	71,95	746,95	616	0,44	25	1,5
2838/28	385700	296700	695	Puits	22,7	9	13,7	686,7	-	-	-	-
2849/28	387500	298400	832	Puits	20,7	4,7	16	828	-	-	-	5,5
2856/28	384400	298700	666	Puits	31,7	25,4	6,3	641,3	-	-	-	2,8
661/29	394650	298700	775	Forage	79	9,45	69,55	765,55	531	0,38	-	-
1600/29	396100	298725	725	Forage	64	6,38	57,62	718,62	473	0,34	50	1
1601/29	392000	296750	768	Puits	57	1,82	55,18	766,18	302	0,22	-	-
1602/29	392000	296750	768	Forage	73	1,8	71,2	766,2	423	0,30	-	5
1614/29	391100	296500	752	Forage	55	1	54	751	515	0,37	31	1,8
1641/29	390800	298300	726	Forage	82	12	70	714	520	0,37	51	0,25
1770/29	401000	297550	575	forage	68	5,6	62,4	570,4	2400	1,71	14	1
											42	1,7
1965/29	392200	296800	780	Forage	65	10	55	770	500	0,36	57	3
1790/21	401100	293800	640	Puits	22				Sec			

Source : ABHBC

L'Ordovicien est capté à des profondeurs variables. Les niveaux d'eau se stabilisent entre 1 et 25.50 m de profondeur. Le puits IRE 1790/21 situé au sud de douar Laaraara dans la commune d'Ezzhiliga et captant cet aquifère est totalement sec. La qualité des eaux de l'Ordovicien est très bonne pour les points d'eau inventoriés : La conductivité électrique varie entre 302 et 2400 µS/cm ce qui correspond à des salinités entre 0.22 et 1.71 g/l. Sur le plan hydrochimique, les eaux de l'aquifère des schistes et grès de l'Ordovicien sont chlorurées-sodiques. La teneur élevée en bicarbonates dans les aquifères schisto-gréseux peut provenir de la composition chimique du grès dont le ciment peut être calcareux. Les débits de l'Ordovicien sont faibles à moyens. Ils oscillent dans la fourchette de 0.1 à 5.5 l/s. Les transmissivités issues des pompages d'essais réalisés sur quatres points d'eau captant cet aquifère sont généralement moyennes. Elles varient entre $4.9 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ et $2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Tableau 9 : Transmissivités de l'aquifère de l'Ordovicien

IRE	Transmissivité (m²/s)
3949/20	1x10 ⁻⁴
4005/20	4,9*10 ⁻
2189/28	1x10 ⁻⁴
1602/29	2x10 ⁻⁴

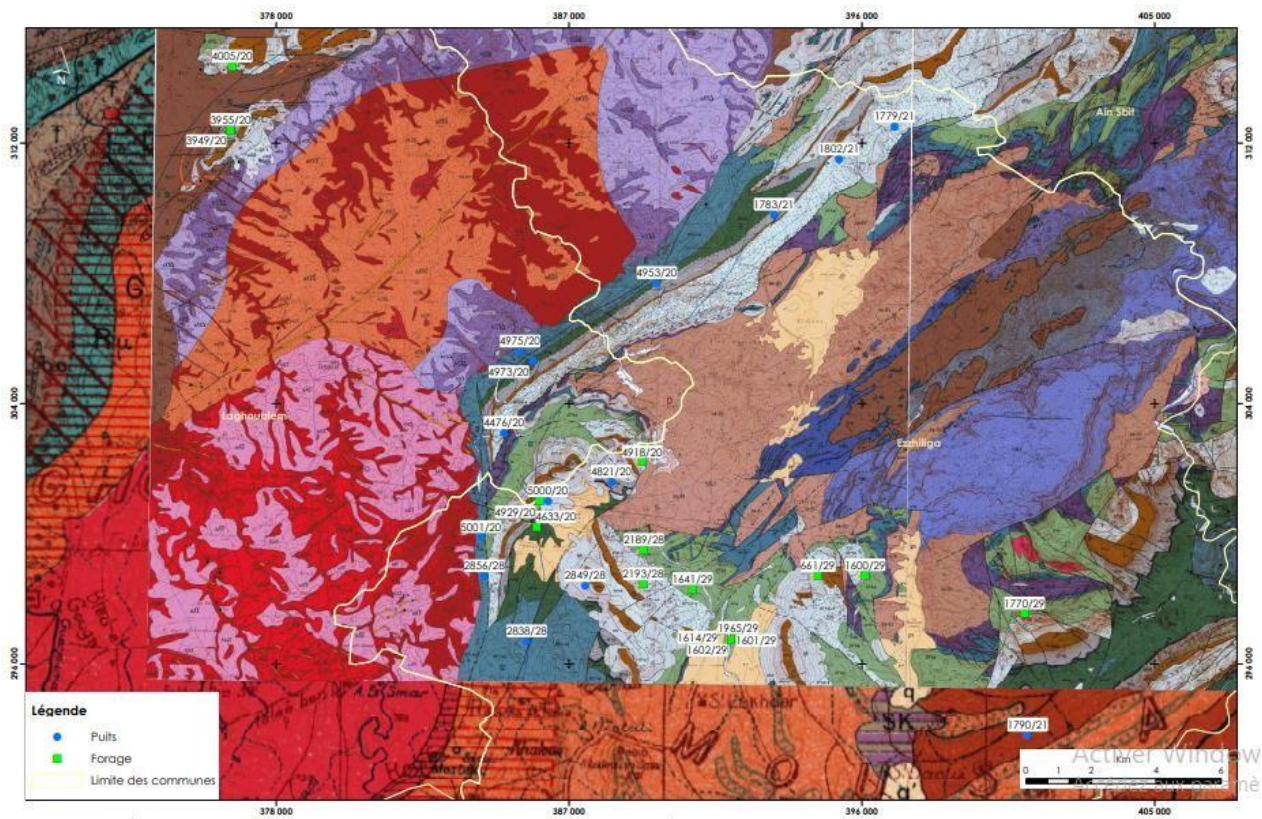


Figure 25 : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des quartzites, grès quartzitiques, schistes et schistes gréseux de l'Ordovicien

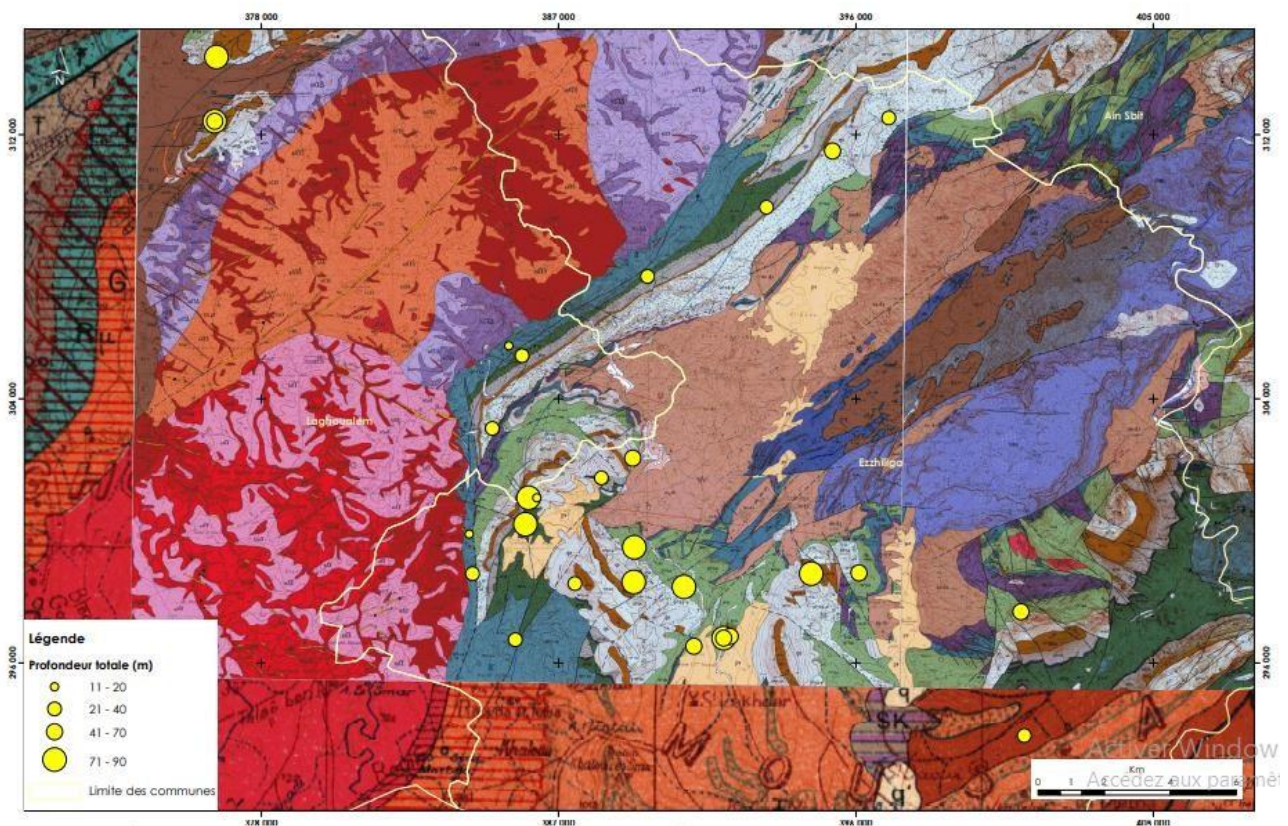


Figure 26 : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère de l'Ordovicien

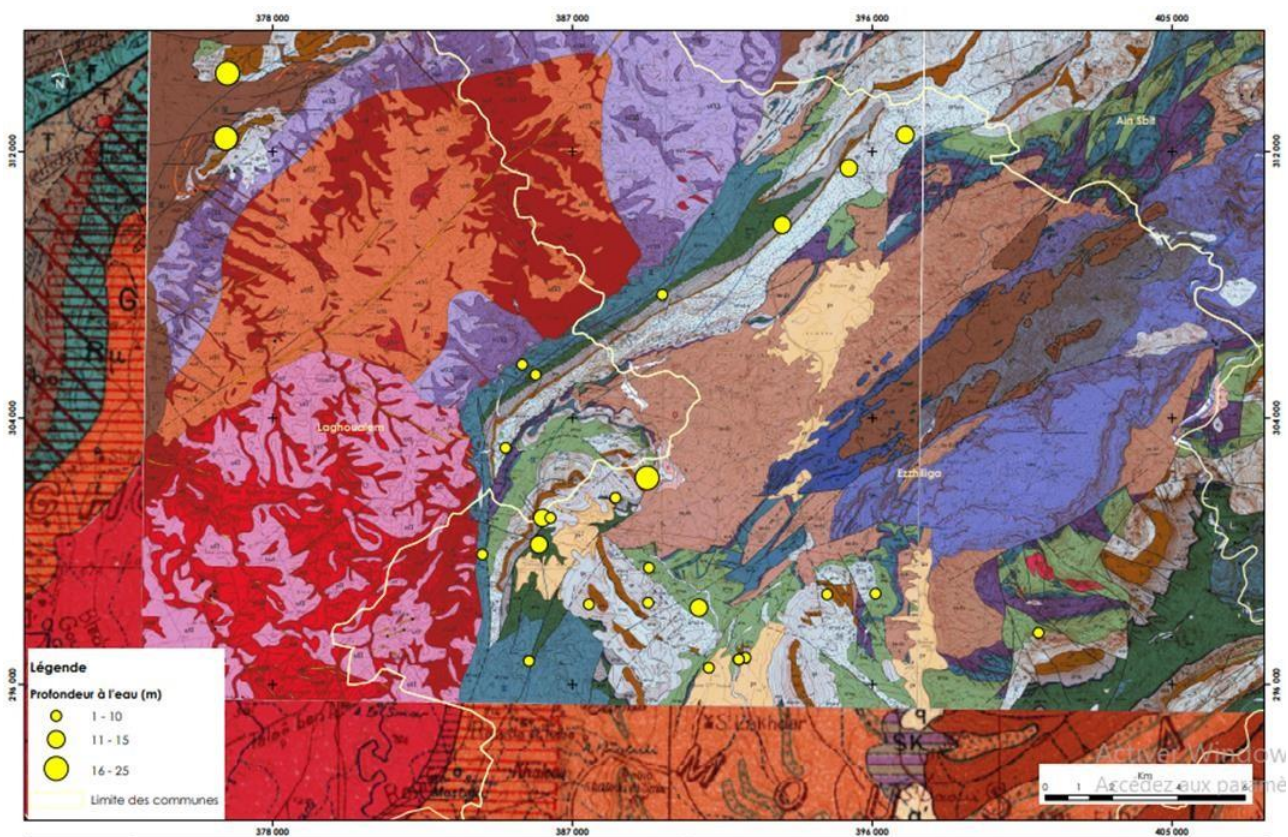


Figure 27 : Profondeur de la nappe de l'aquifère de l'Ordovicien

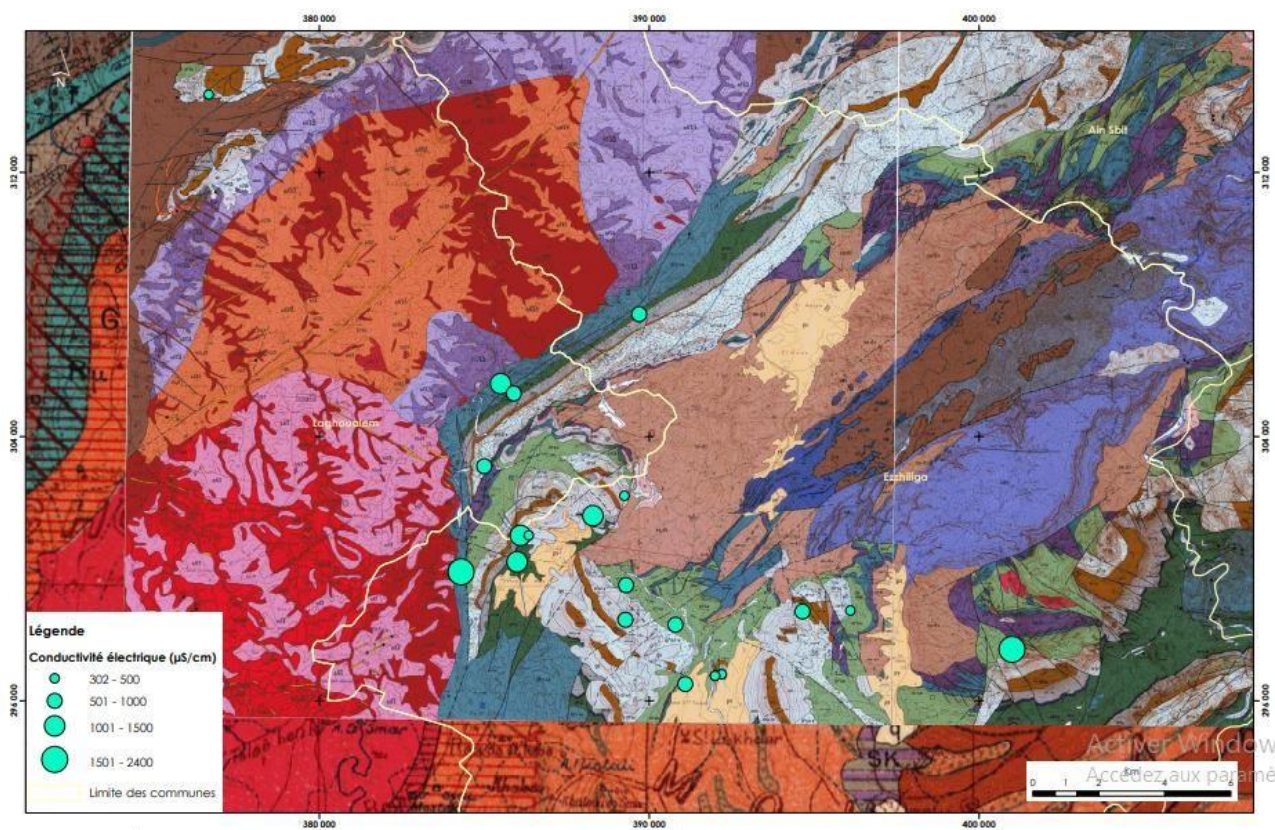


Figure 28 : Conductivités électriques des eaux de la nappe de l'Ordovicien

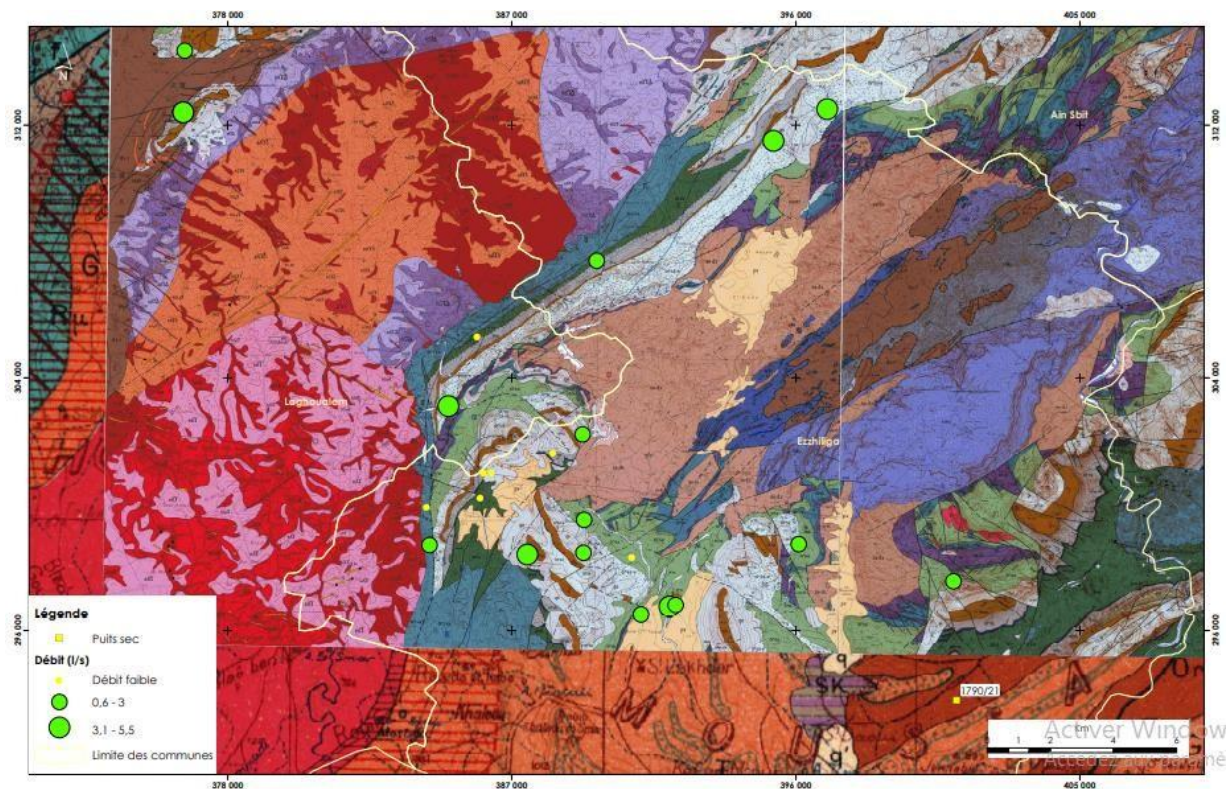


Figure 29 : Productivités des ouvrages captant l'aquifère de l'Ordovicien

1.4 L'aquifère des quartzites et schistes du Viséen

Il s'agit d'une formation quartzitique et schisteuse de grande étendue qui affleure au niveau des communes d'Ait Belkacem, Ain Sbit, Brachoua, Houderrane, Jema Moul Lblad, Maaziz, Laghoualem, Marchouch et Oulmes. Elle se présente sous forme de bancs sédimentaires. La formation de ces bancs provient de la précipitation de minéraux dans les interstices du matériau. Elle entraîne une fermeture de la porosité d'interstice et un abaissement important de sa perméabilité. La fracturation leur offre une porosité secondaire importante. La porosité efficace varie entre de 5 et 15% et la perméabilité entre 10^{-4} et 10^{-3} m/s.

La figure suivante montre la répartition des points du fichier IRE captant l'aquifère des quartzites et schistes du Viséen.

Le tableau donne les caractéristiques de 65 points d'eau captant l'aquifère des quartzites et des schistes du Viséen dans la zone d'étude. Il en ressort les observations suivantes :

Tableau 10 : Caractéristiques des points d'eau captant les quartzites et schistes du Viséen

IRE	X (m)	Y (m)	Z (m)	Nature	PT (m)	P (m)	E (m)	S (m)	N (m)	P (m)	Cond (µS/cm)	Sal (g/l)	VE (m)	Q (l/s)
713/21	404350	332925	200	Forage	37	5,1	31,9	195,15	-	-	-	-	-	-
1156/21	402530	351000	380	Forage	72	22	50	358,3	1242	0,89	-	-	-	Faible
1910/21	409900	345900	210	Forage	80	3,2	76,8	207,8	6400	4,57	31	1,4		
3912/20	385000	345900	360	Forage	91	7,37	83,63	352,63	1626	1,16	22	1,3		
											91	1,5		
3913/20	384300	345400	355	Forage	61	2,9	58,1	352,1	1815	1,30	22	1,5		
											61	1,3		
3918/20	388300	346350	378	Forage	82	7,24	74,76	370,76	3220	2,3	-	-	2	
3919/20	388500	352600	320	Forage	73	19,25	53,75	300,75	-	-	-	-	-	-
3957/20	381350	353500	282	Forage	70	11	59	271	1600	1,14	36	1		
											48	1,2		
											61	2,5		
4000/20	389350	324650	350	forage	85	2,95	82,05	347,05	1979	1,41	-	-	-	
4010/20	387200	320750	450	Forage	75	3,55	71,45	446,45	-	-	-	-	-	
4239/20	376600	352825	60	Forage	86	18,50	67,50	41,50	4300	3,07	-	-	-	
4296/20	379150	320000	478	forage	65	6,45	58,55	471,55	1500	1,07	-	-	-	Faible
4299/20	385025	348450	330	Forage	56	15,75	40,25	314,25	1200	0,86	-	-	0,4	
4431/20	368400	331400	420	Forage	60	Eboulement			2000	1,43	31,00	0,30		
4442/20	381050	342500	375	Forage	80	16,00	64,00	359,00	5000	3,57	63	0,1		
4443/20	382950	342200	370	Forage	73	24,00	49,00	346,00	1600	1,14	30	0,1		
4457/20	380025	343775	352	Forage	71	20,10	50,90	331,90	2000	1,43	55	1		
4458/20	378275	326200	430	Forage	85	16,20	68,80	413,80	600	0,43	31	0,4		
4459/20	378150	326450	430	Forage	83	6,70	76,30	423,30	1000	0,71	60	0,1		
4460/20	382750	356150	283	Forage	63	0	63	283	2200	1,57	15	0,2		
									2300	1,64	20	0,8		
4522/20	381900	321350	450	Forage	52	7	45	443	950	0,68	11	0,5		
									1100	0,79	29	0,8		
4634/20	379500	332300	380	forage	88	21,7	66,3	358,3	1256	0,90	34	2,00		
											40	4,00		
4635/20	388400	321000	450	Forage	76	7,23	68,77	442,77	-	-	14	0,5		
									1600	1,14	18	1,6		
									1840	1,31	25	1,5		
									1800	1,29	31	6		
									1750	1,25	46	7,5		
4704/20	371900	322500	380	Forage	80	11,90	68,10	368,10	2090	1,49	-	-		

4705/20	376500	319500	480	Forage	80	14,20	65,80	465,80	1857	1,33	-	Faible
4709/20	384500	320000	460	Forage	83	3,00	80,00	457,00	1000	0,71	63	1
4860/20	366400	318200	430	Forage	70	5,55	64,45	424,45	2140	1,53	-	Faible
4861/20	366400	318200	430	Forage	70	30,00	40,00	400,00	1260	0,90	-	Faible
4863/20	375000	318800	470	Forage	70	23,73	46,27	446,27	2000	1,43	-	Faible
4916/20	384300	344400	375	Forage	60	6,00	54,00	369,00	-	-	-	Faible
4919/20	375400	321200	420	Forage	81	5,50	75,50	414,50	961	0,69	-	Faible
4922/20	381200	351600	280	Forage	98	13,07	84,93	266,93	1180	0,84	84	0,34
5117/20	385100	343600	-	Forage	65	4,80	60,20	-	2200	1,57	16	Faible
5118/20	374800	340950	-	Forage	68	3,60	64,40	-	9200	6,57	-	-
942/21	413700	357700	431	Puits	35	25,40	8,95	405,60	1676	1,20	-	-
1026/20	379100	325000	-	Puits	21	9,00	12,30	-	560	0,40	-	-
1055/20	377900	334050	-	Puits	11	7,00	4,30	-	980	0,70	-	-
1075/20	379950	334800	-	Puits	6	2,30	4,00	-	1582	1,13	-	-
1076/20	379500	334650	-	Puits	4	1,80	2,50	-	1106	0,79	-	-
1089/20	380700	346700	-	Puits	11	10,00	0,50	-	966	0,69	-	-
1101/20	388900	346800	-	Puits	15	10,70	3,80	-	1988	1,42	-	-
1104/20	388800	342050	-	Puits	4	1,00	2,80	-	1148	0,82	-	-
1115/20	382800	350100	-	Puits	49	20,50	28,50	-	1465,8	1,05	-	-
1118/20	383550	350850	-	Puits	8	4,20	4,20	-	1221	0,87	-	-
1119/20	383750	350750	-	Puits	13	9,80	3,60	-	1300,6	0,93	-	-
1120/20	385250	347750	-	Puits	25	19,70	5,00	-	1250,2	0,89	-	-
1126/20	385800	344850	-	Puits	19	16,00	3,00	-	1344	0,96	-	-
1127/20	386300	345100	-	Puits	10	6,60	3,40	-	-	-	-	-
1128/20	386550	344400	-	Puits	25	6,20	19,00	-	1330	0,95	-	-
1149/20	384550	343750	-	Puits	6	3,00	2,60	-	672	0,48	-	-
1150/20	385800	343050	-	Puits	2	1,60	0,40	-	1652	1,18	-	-
1151/20	385400	342450	-	Puits	5	2,80	2,00	-	1425,2	1,02	-	-
1154/20	385500	339650	-	Puits	3	2,60	0,40	-	1155	0,83	-	-
1156/20	385150	337900	-	Puits	15	12,50	2,50	-	598	0,43	-	-
1166/20	384300	343750	-	Puits	14	10,00	3,80	-	672	0,48	-	-
1167/20	384000	343400	-	Puits	7	2,00	4,80	-	756	0,54	-	-

1169/20	387350	344000	-	Puits	10	5,00	5,00	-	826	0,59	-	-
3939/20	384300	345400	-	Puits	50	7,02	43,00	-	1527	1,09	-	1,50
4996/20	378900	319500	-	Puits	21	8,70	12,00	-	840	0,60	-	0,20
4240/20	376625	349600	62	Forage	79	Sec						
4297/20	379400	325850	-	Forage	60	Sec						
4441/20	378250	350200	290	Forage	121	Sec						
4680/20	365350	320400	500	Forage	80	Sec						
4762/20	364500	314550	390	Forage	76	Sec						
4298/20	387950	322225	482	forage	80	Sec						

Source : ABHBC

Le Viséen est capté à des profondeurs variables. Les niveaux d'eau se stabilisent entre 3 et 30 m de profondeur. Les valeurs les plus fréquentes ne dépassent pas 10 m.

On note la présence dans certains secteurs de la zone d'étude d'ouvrages totalement secs : IRE 4240/20, 4297/20, 4441/20, 4680/20, 4762/20 et 4298/20.

La qualité des eaux du Viséen est bonne pour 80 % des points d'eau inventoriés : La conductivité électrique varie entre 600 et 2300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ce qui correspond à des salinités entre 0.43 et 1.64 g/l.

Les forages IRE 3918/20, 4239/20, 4442/20, 5118/20 et 1910/21 sont de mauvaise qualité. Les conductivités électriques sont supérieures à 3200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ce qui correspond à des salinités supérieures à de 2.3 g/l.

Ces anomalies de la salinité des eaux observées peuvent être liées à une variation latérale des faciès avec l'apparition d'intercalations de pélites et argiles, et à la présence de filons minéralisés.

La transmissivité issue du pompage d'essai réalisé sur le forage IRE 3913/20 captant cet aquifère est de l'ordre de $7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les débits du Viséen dans la zone d'étude sont généralement très faibles à moyen. Ils oscillent dans la fourchette de 0.1 à 2.5 l/s. Le forage IRE 4635/20 implanté le long d'une chaaba et situé à 8 km à l'ouest de douar Gaadat Charkaoui est le seul à fournir un débit de 7 l/s.

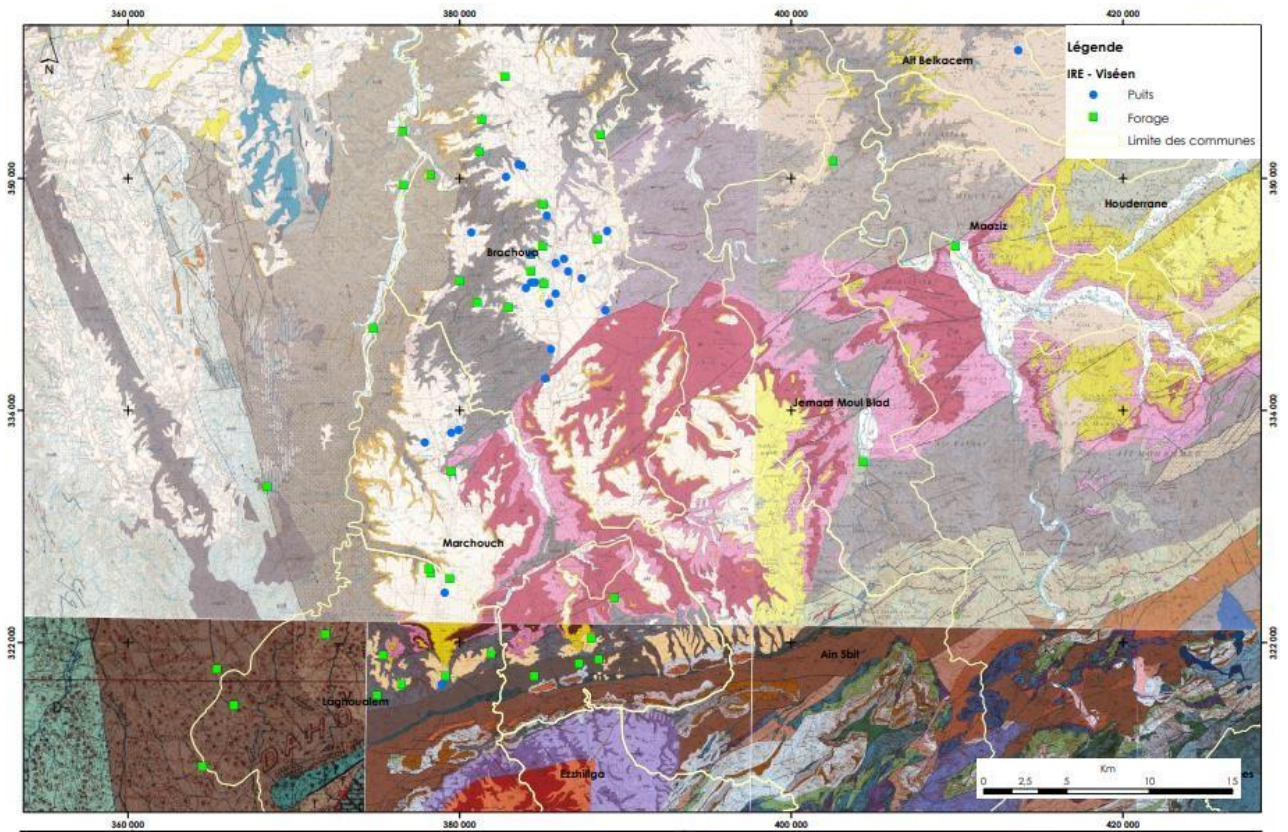


Figure 30 : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère des quartzites et schistes du Viséen

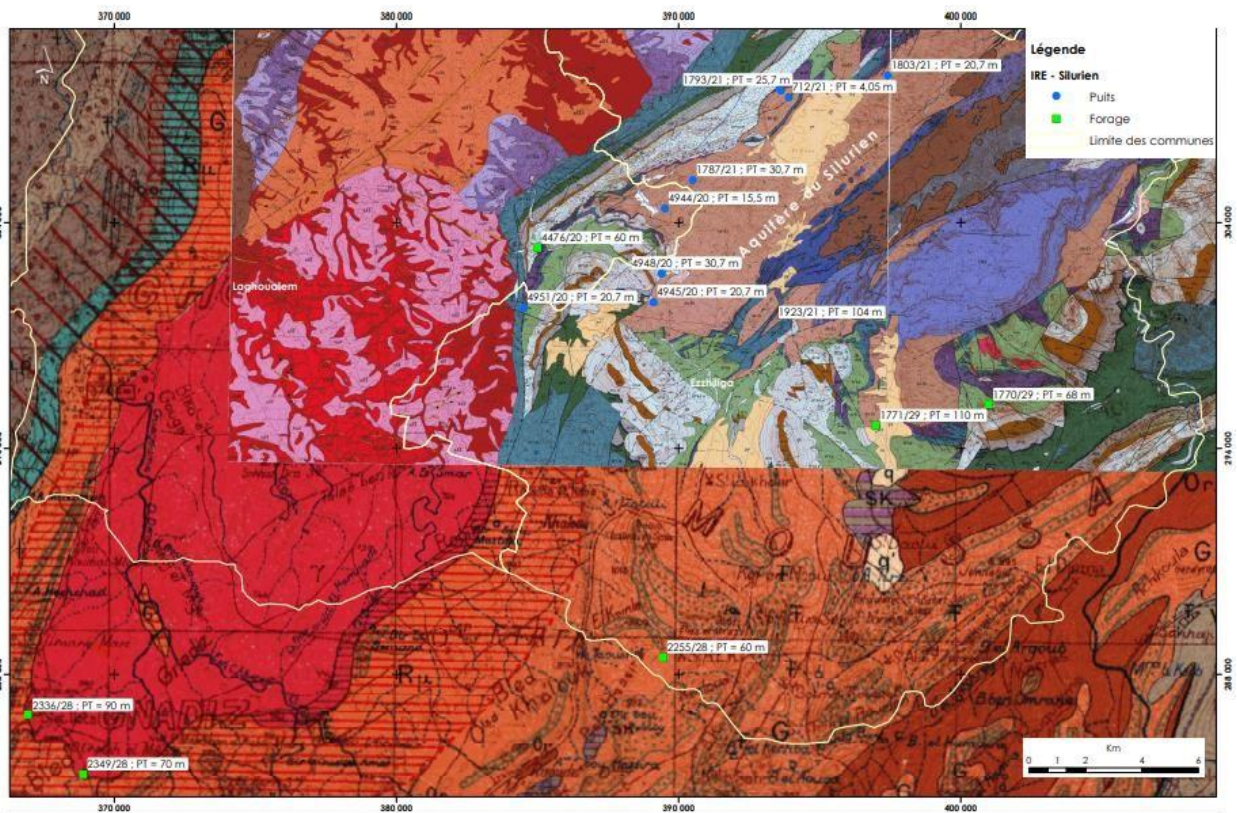


Figure 31 : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère du Viséen

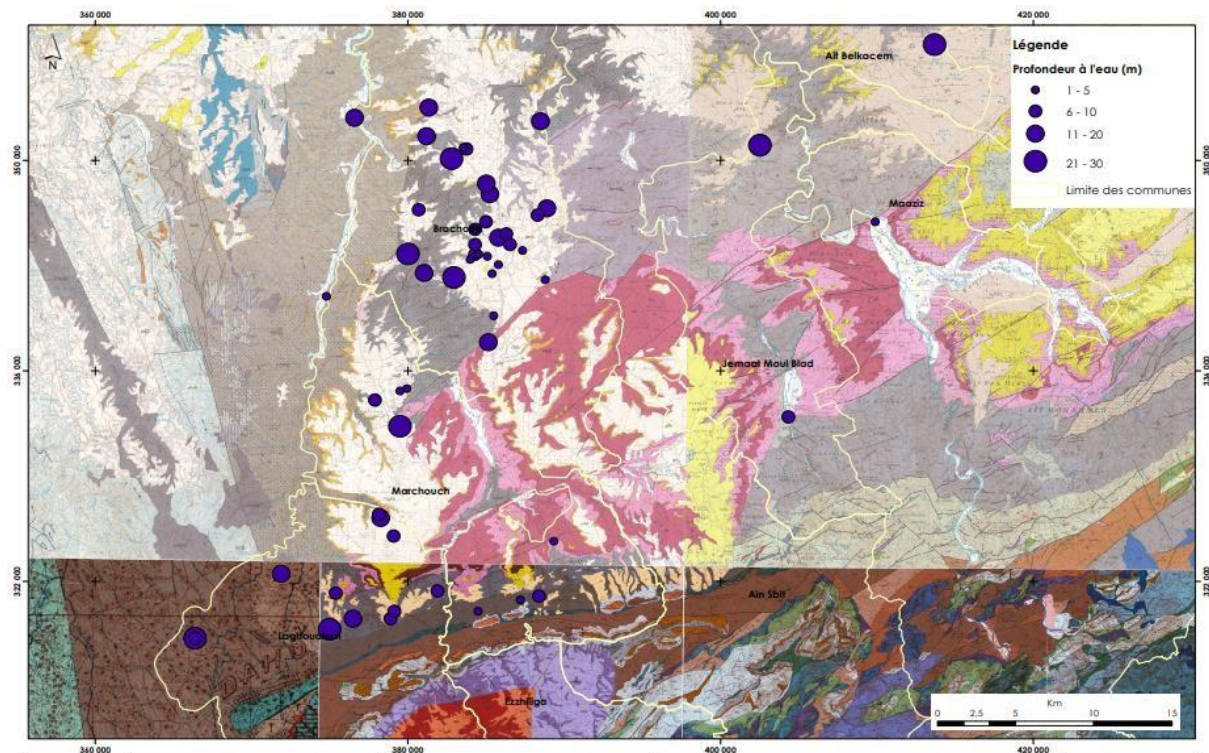


Figure 32 : Profondeur de la nappe de l'aquifère du Viséen

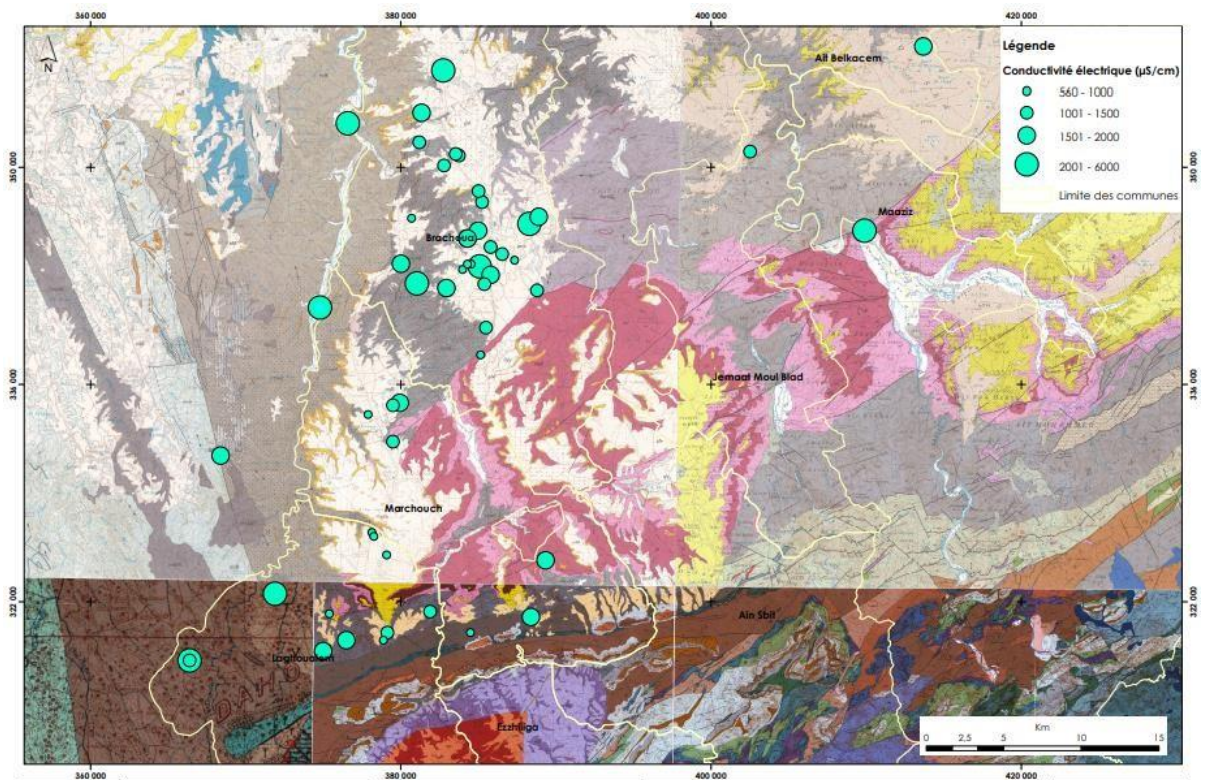


Figure 33 : Conductivités électriques des eaux de la nappe du Viséen

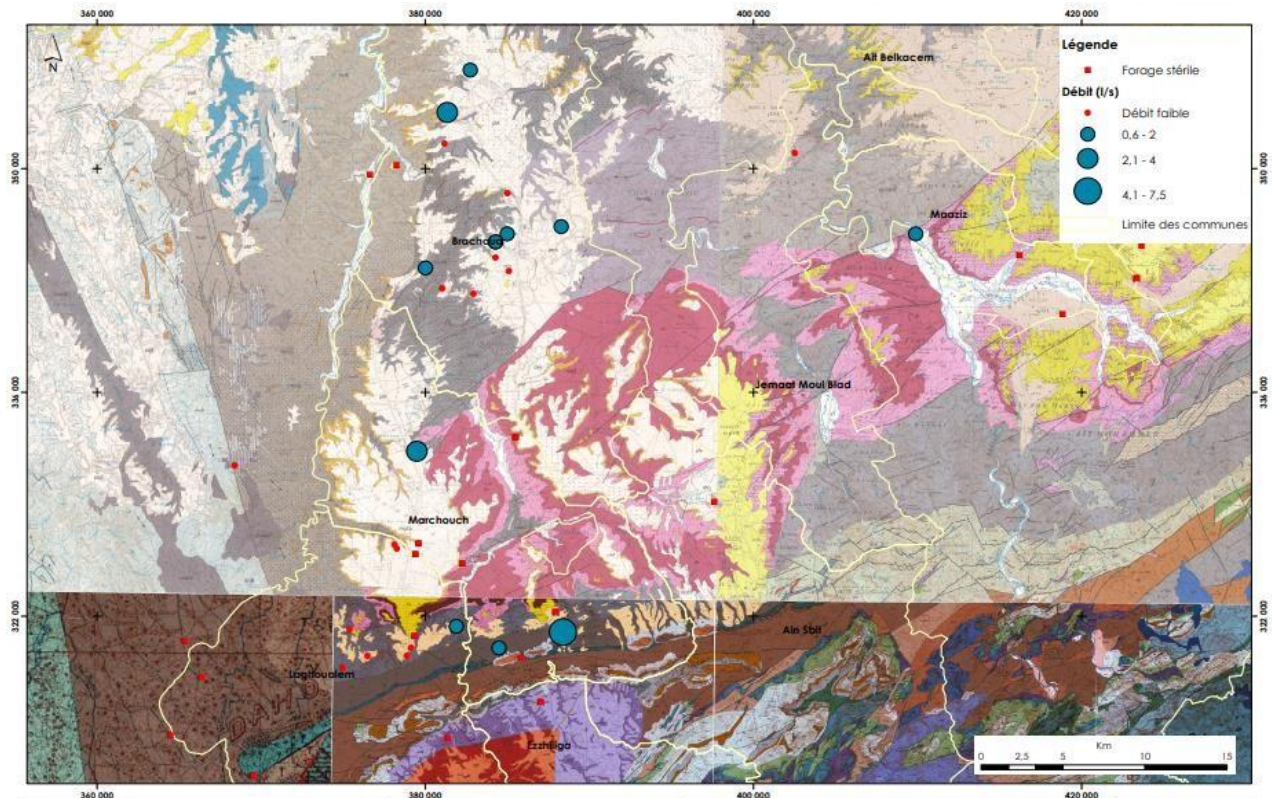


Figure 34 : Productivités des ouvrages captant l'aquifère du Viséen

La compilation des données des fiches IRE et la synthèse géologique et hydrogéologique basée sur les cartes et les observations de terrains ont permis de conclure que les formations du Viséen présentent un intérêt hydrogéologique notamment le long des cours d'eau, d'où la nécessité de réaliser des investigations complémentaires afin d'évaluer et de cartographier ces zones d'intérêt hydrogéologique.

1.5 L'aquifère quartzite, schistes et calcaires du Westphalien des conglomérats, grés,

Cette unité est formée essentiellement de conglomérats, de grés, de quartzites et de calcaires. Elle n'affleure que dans les communes d'Ain Sbit et Ezzhiliga.

La figure suivante montre la répartition des points du fichier IRE captant l'aquifère des conglomérats, grés, quartzites et calcaires du Westphalien.

Le tableau donne les caractéristiques de 15 points d'eau captant l'aquifère des quartzites et des schistes du Viséen dans la zone d'étude. Il en ressort les observations suivantes :

Tableau 11 : Caractéristiques des points d'eau captant les conglomérats, grès, quartzites, schistes et calcaires du Westphalien

IRE	X (m)	Y (m)	Z (m)	Nature	P T (m)	P E (m)	E S (m)	N P (m)	Cond (µS/cm)	Sal (g/l)	VE (m)	Q (l/s)
41/21	407000	306500	-	Forage	423	Artesien	-	-	-	-	-	-
1212/21	407250	307350	432	Forage	100	16	84	416	-	-	67	0,8
1602/21	401500	302900	620	Puits	20,8	7,5	13,3	613,3	-	-	-	-
1604/21	399650	304450	650	Puits	23,8	2,2	21,6	648,6	-	-	-	-
1768/21	400250	301500	580	Puits	22,7	21,2	1,5	559,5	2560	1,83	-	4
1773/21	400250	301500	-	Puits	42,7	27,3	15,4	-	1250,2	0,89	-	-
1774/21	401400	304300	-	Puits	30,7	25,7	5	-	1120	0,80	-	0,2
1775/21	399500	303300	-	Puits	35,7	16,7	19	-	1190	0,85	-	4,47
1776/21	401000	302900	-	Puits	20,7	7,7	13	-	650	0,46	-	0,3
1782/21	399650	304450	-	Puits	24,7	2,7	22	-	700	0,50	-	0,8
1785/21	402200	304700	650	Puits	46,7	34,8	11,9	615,9	1320	0,94	-	4,5
1794/21	395800	301300	-	Puits	20,7	7,7	13	-	506,8	0,36	-	-
1797/21	394100	303000	-	Puits	22,7	7,7	15	-	931	0,67	-	-
1804/21	396000	302000	-	Puits	23,7	16,7	7	-	467,6	0,33	-	-
1805/21	398200	300400	-	Puits	21,7	11,7	10	-	1190	0,85	-	-

Source : ABHBC

Le Westphalien est capté à des profondeurs variables. Les niveaux d'eau se stabilisent entre 2 et 35 m de profondeur. Les valeurs les plus fréquentes ne dépassent pas 10 m. Notons que l'ouvrage IRE 41/21 est artésien. Ce sondage de reconnaissance a été réalisé en 1947 visant les formations Westphaliennes. Il est situé à environ 4 km à l'ouest de douar Khazan Mah dans la commune d'Ain Sbit. Sa coupe lithologique a montré que le Westphalien est constitué d'une alternance d'horizons grésos-conglomératiques avec des schistes parfois gréseux sur une épaisseur de 423 m.

La qualité des eaux du Westphalien est bonne pour l'ensemble des points d'eau inventoriés : La conductivité électrique varie entre 468 et 2560 µS/cm ce qui correspond à des salinités entre 0,33 et 1,83 g/l. Les débits du Viséen dans la zone d'étude sont généralement très faibles à moyen. Ils oscillent dans la fourchette de 0,2 à 4,5 l/s.

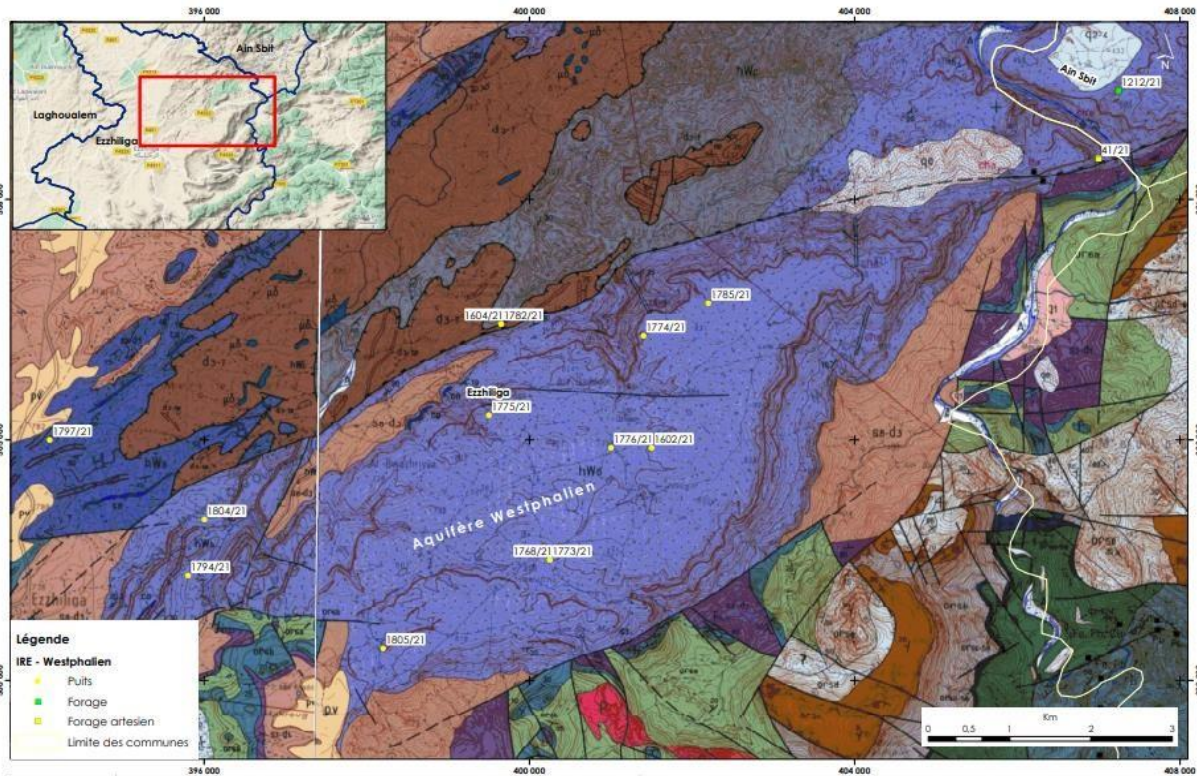


Figure 35 : Situation géographique des points du fichier IRE captant l'aquifère desconglomérats, grès, quartzites, schistes et calcaires du Westphalien

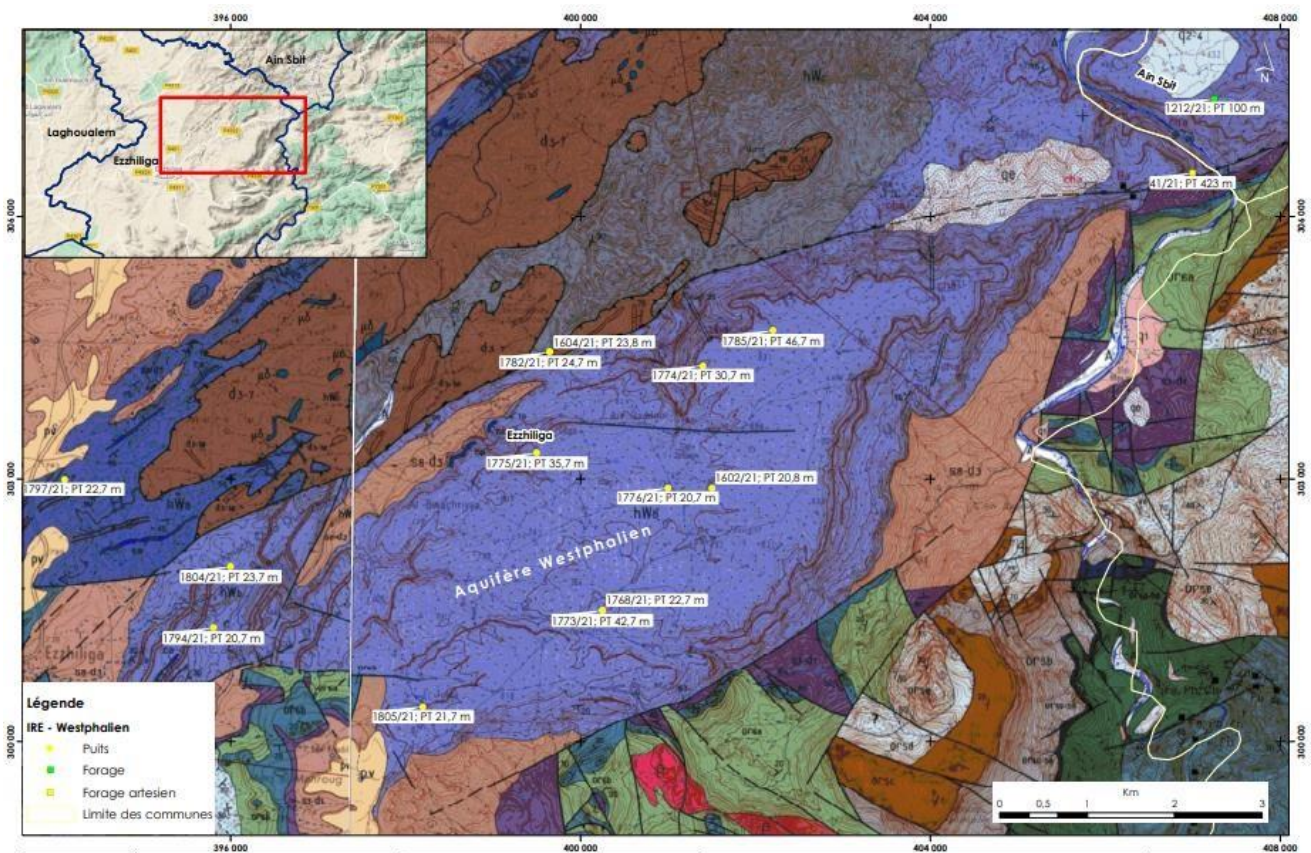
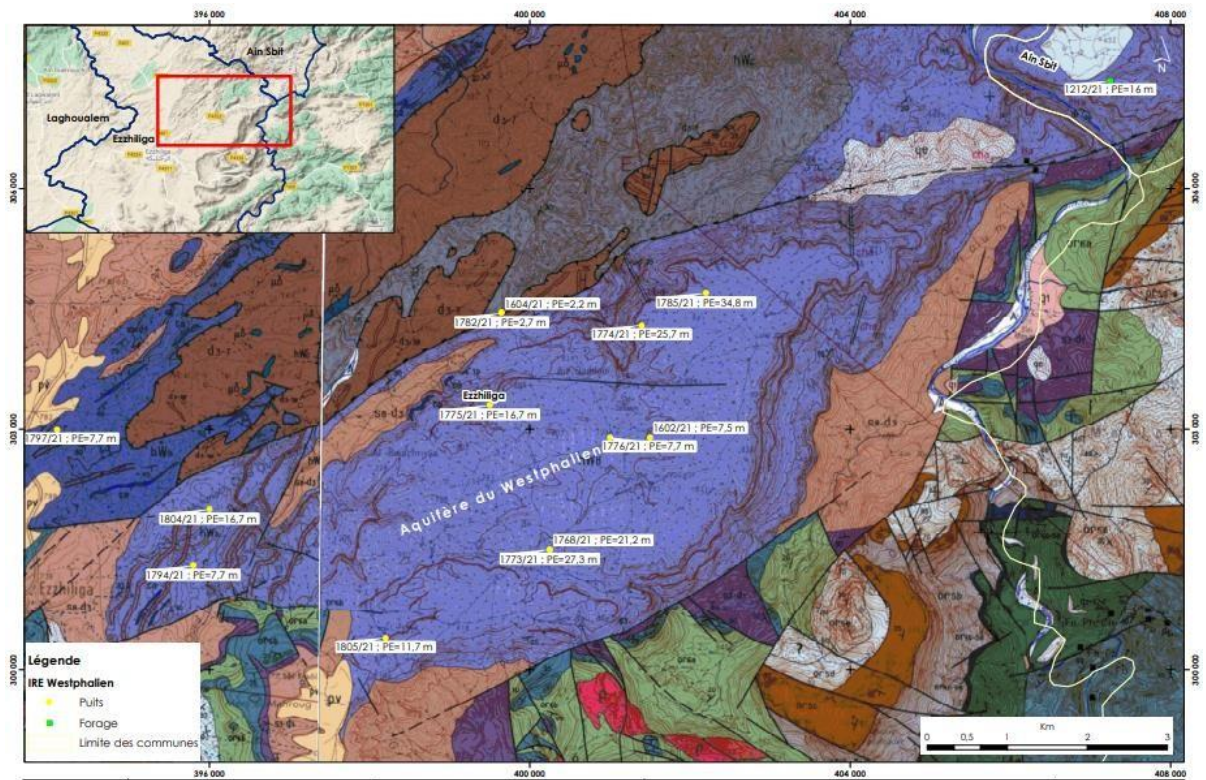


Figure 36 : Profondeur totale des points d'eau captant l'aquifère du Westphalien



37 : Profondeur de la nappe de l'aquifère du Westphalien

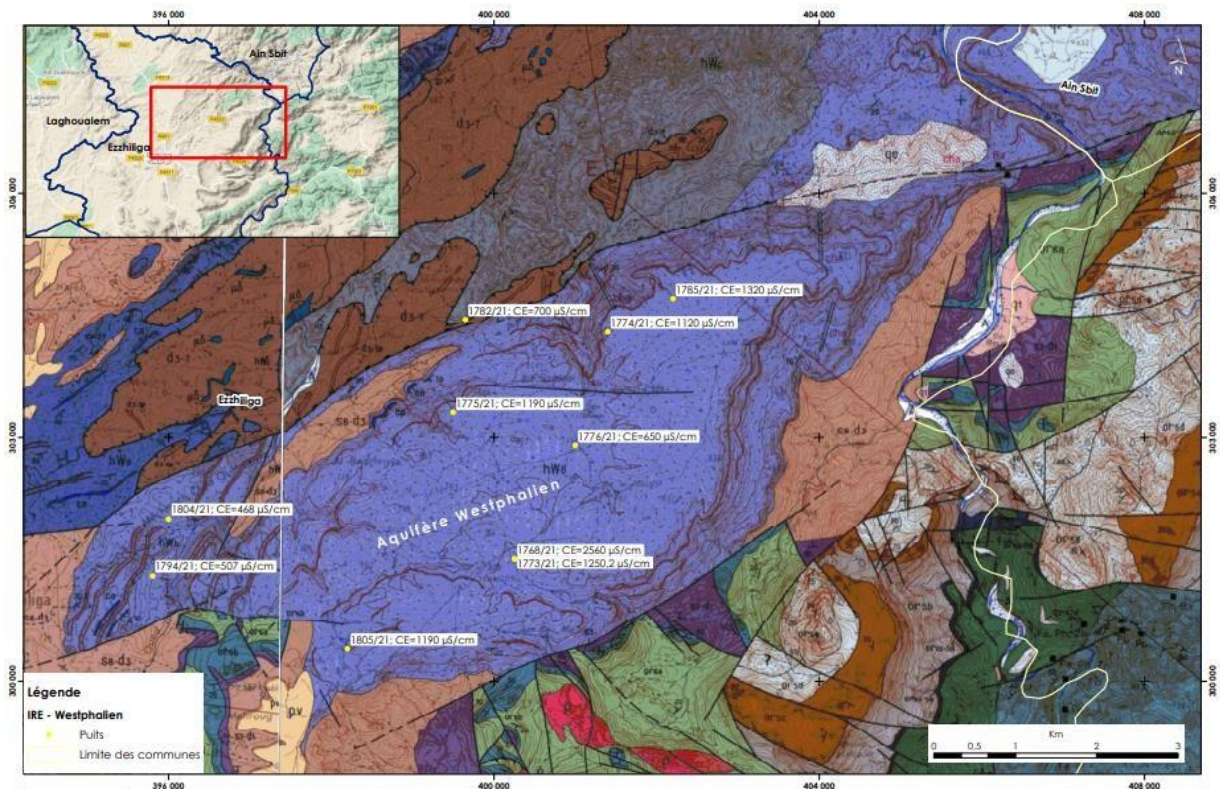


Figure 38 : Conductivités électriques des eaux de la nappe du Westphalien

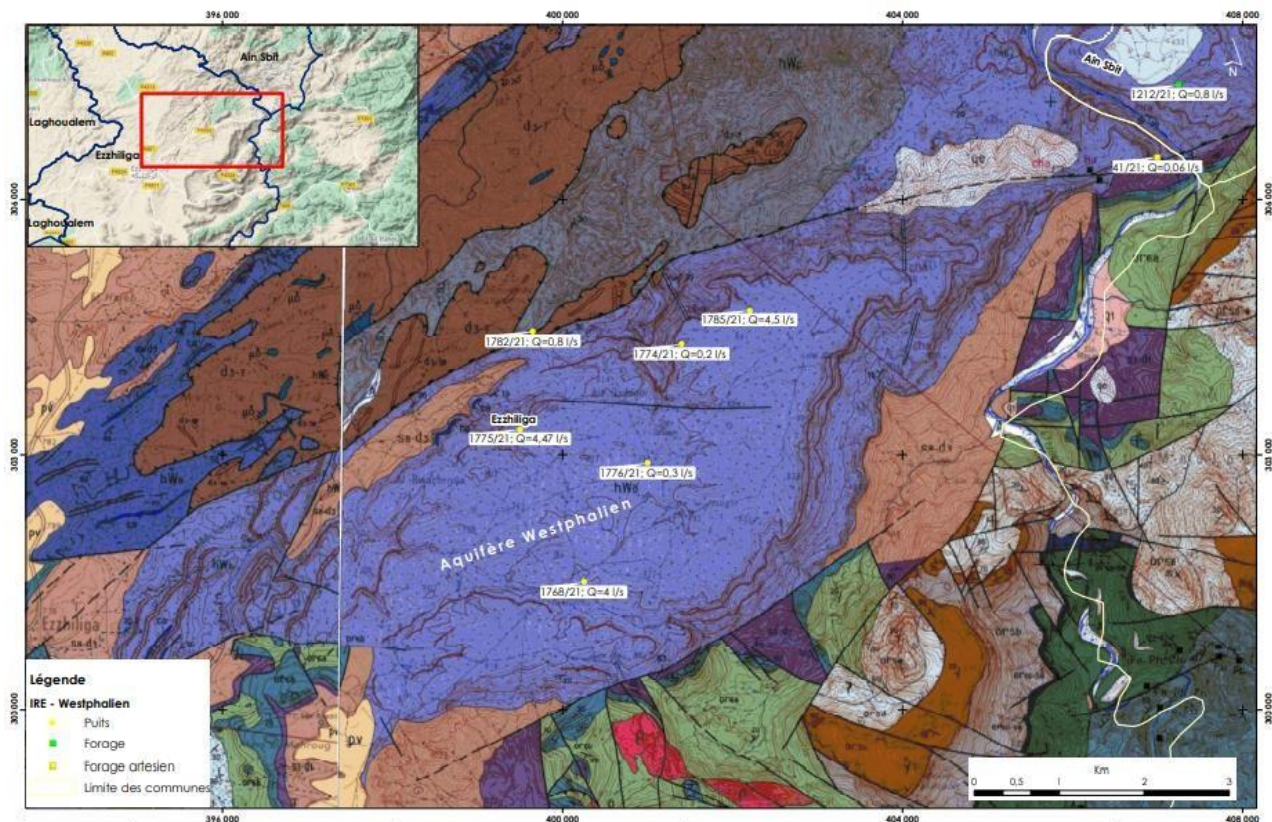


Figure 39 : Productivités des ouvrages captant l'aquifère du Westphalien

L'aquifère du Westphalien présente des caractéristiques hydrauliques moyennes. La qualité des eaux est bonne et les débits sont faibles à moyens. Les potentialités de cet aquifère sont qualifiées de moyennes.

CONCLUSION

Le contexte hydrogéologique dans la zone d'étude se caractérise, comme on vient de le noter, par une grande diversité, à la fois au niveau des types des unités hydrogéologiques (ou géo-structurales) et des circulations d'eau qui y prévalent, des aquifères existants, de l'importance de leurs étendues et caractéristiques, de la qualité de l'eau, etc.

Les traits caractéristiques majeurs qui ressortent montrent un contexte contraignant dans l'ensemble : ressources en eau très limitées et d'accès aléatoire, etc.

La synthèse des principaux résultats montre que, concernant l'état de connaissance des unités hydrogéologiques, les nombreuses études et investigations hydrogéologiques réalisées dans la région ont permis d'acquérir, de manière générale, un avancement notable dans la connaissance et la caractérisation de ces unités.

De façon générale, on distingue cinq principales sous unités d'importance très variable. Ce sont :

- ❖ L'aquifère des conglomérats, grès, quartzites, schistes et calcaires du Westphalien.
- ❖ L'aquifère des quartzites et schistes du Viséen.
- ❖ L'aquifère des schistes et calcaires gréseux du Dévonien.
- ❖ L'aquifère des schistes du Silurien.
- ❖ L'aquifère des quartzites, grès quartzitiques, schistes et schistes gréseux de l'Ordovicien.

Les systèmes hydrogéologiques du Paléozoïque sont bien entendu multiples et à caractère discontinu (grès de l'Ordovicien, pélites du Silurien, calcaires du Dévonien, schistes du Viséen, etc.). Ils sont captés en profondeur ou en affleurement dans les franges d'altération, le tout associé aux zones d'écoulement préférentiel selon les failles et les couloirs de failles

La gestion des aquifères de la zone d'étude doit tenir compte des enjeux liés à l'intensification, voire à la surexploitation locale des nappes, qui sont bien réels.

Le recours aux eaux de surface régularisées par barrage ainsi que la collecte des eaux pluviales par les matfias sont les solutions d'avenir pour l'approvisionnement en eau potable des agglomérations de la région. En effet, la rareté de l'eau, le régime irrégulier des apports pluvieux, la qualité souvent médiocre, la faible taille des systèmes aquifères et la hausse de la demande sur les ressources en eau pour divers usages, conduit à s'orienter vers les aménagements hydrauliques de surface.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- ABHBC., 2014. Etude d'inventaire du degré de pollution dans la zone d'action de l'Agence du bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia;
- ABHBC., 2015. Etude d'évaluation des ressources en eau au droit du plateau d'Oulmès-Tiddas. Mission 1 : Evaluation des ressources en eau de surface disponibles;
- ABHBC., 2015. Etude d'évaluation des ressources en eau au droit du plateau d'Oulmès-Tiddas. Mission 2 : Inventaire des points d'eau;
- ABHBC., 2015. Etude d'évaluation des ressources en eau au droit du plateau d'Oulmès-Tiddas. Mission 3 : Evaluation des ressources en eau souterraines : Synthèse géologique, hydrogéologique et actualisation des données;
- ABHBC., 2015. Etude d'évaluation des ressources en eau au droit du plateau d'Oulmès-Tiddas. Mission 4 : Evaluation des ressources en eau de la région de Tiddas – Oulmès : Conclusions et recommandations;
- Combe., 1975. Ressources en eau du Maroc, Tome 2 : Plaines et bassins du Maroc atlantique ; Service géologique du Maroc;
- DRPE., 2016. Etude de sécurisation des ressources en eau destinées à l'approvisionnement en eau potable, industrielle et touristique des principales villes du Maroc. Marché 55;
- EHTP., 2015. Etude hydrogéologique et modélisation de la nappe de Tanoubert (Province Khemisset), B.SECK, Mémoire de fin d'études
- Henri TERMIER, 1936;
- Henri TERMIER., 1936. Notes et mémoires, N°33. Etudes géologiques sur le Maroc central et le moyen Atlas septentrional. Tome 1 : Les terrains primaires et le Permian-Trias;
- Henri TERMIER., 1936. Notes et mémoires, N°33. Etudes géologiques sur le Maroc central et le moyen Atlas septentrional. Tome 2 : Les terrains Post-Triasiques;
- ONEE(DPL)., 2017. Etude de faisabilité pour le renforcement et la sécurisation d'AEP des localités urbaines et rural de la région d'Oulmes-Rommani à partir du futur barrage de Tiddas. Mission 1;
- ONEP., 2010, Etude d'Alimentation en eau potable des douars du cercle Rommani. Marché N°864 DR4/2010;

- ONEP., 2011. Etude d'Alimentation en eau potable des douars du cercle d'Oulmes. Marché N°390 DR4/2011;
- TAHIRI et al., La Meseta nord-occidentale. Circuit 13. Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc –Volume 8;