

Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et Techniques Eau & Environnement

Mémoire de projet de fin d'étude

Synthèse hydrologique et hydrogéologique de la nappe ouled Bousbaa.

Réalisé par : AZOUR AMAL
ABDELMOULI MOUAAD
MOUNAFI NAOUFEL

Soutenu le : 30 Juin 2021

Devant la commission d'examen composée de :

Encadrant : M. ISMAIL BETTAHI, ABHT
Encadrant : Pr. ERRAGRAGUI, FST Marrakech
Examineur : Pr. SAIDI, FST Marrakech

Année universitaire 2020-2021



Remerciements

Avant de commencer la présentation de ce travail, nous tenons à remercier **Allah**, qui nous a donné la santé et la patience pour mener à terme ce modeste travail.

Nous remercions vivement notre encadrant Pr. ERRAGRAGUI MOHAMED pour sa disponibilité, ses conseils, ses critiques ainsi que son grand soutien pour pouvoir mener à terme ce travail.

Ensuite, nous remercions notre encadrant Mr. BETTAHI ISMAIL, ingénieur à l'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift, pour son aide précieuse et sa disponibilité.

Nous terminons en remerciant tout particulièrement les membres du jury qui ont honoré par leur présence, pour venir juger ce travail.

Résumé

Dans notre planète, où la démographie est en augmentation continue, la demande en eau croissante et la diminution des réserves d'Or bleu, font l'objet des problèmes qui préoccupent l'esprit des gestionnaires des ressources en eau.

L'objectif de notre étude est d'établir une base de données ou un système d'information permettra les décideurs à avoir une idée sur le comportement de la nappe et ces compétences, afin d'orienter leurs directives à mieux gérer les précieuses ressource.

Une approche méthodologique pour élaborer ce système est constituée d'une présentation du bassin hydraulique de Tensift, sa géographie, sa géologie, ses ressources en eaux superficielles et souterraines, ainsi que le comportement de ces eaux superficielles, puis une étude hydrogéologique de la nappe concernée par l'étude, nappe d'Ouled Bousbaa, qui va traiter le comportement des eaux souterraines en termes de niveau piézométrique, la recharge et la qualité de ces eaux basée sur la conductivité. Les résultats obtenus montrent que le niveau piézométrique a eu tendance de diminuer, avec une qualité moyenne de la quasi-totalité des eaux de la nappe.

L'approche méthodologique et l'élaboration d'un système d'information géographique nous a permis une illustration des aspects hydrologiques et hydrogéologique, ainsi qu'une compréhension des interactions ayant lieu entre les différents réservoirs.

SOMMAIRE

Remerciements	2
Résumé	3
Liste des figures	6
Liste des tableaux	7
Liste des abréviations	7
INTRODUCTION GENERALE	8
Chapitre I : PRESENTATION DU BASSIN HYDRAULIQUE DE TENSIFT	9
Introduction	10
I. Définition d'un bassin versant	10
II. Situation géographique du bassin hydraulique de Tensift	10
II.1. Localisation du bassin de Tensift	10
II.2. Répartition administrative de la zone d'action de l'ABHT	11
III. Cadre géologique	11
III.1. Plateau des Gantour et plaine de la Bahira occidentale	11
III.2. Jebilets et Mouissate	12
III.3. Plaine du Haouz	12
III.4. Le bassin Essaouira – Chichaoua et la zone Côtière d'Essaouira	13
IV. Situation climatique	14
IV.1. Température	14
IV.2. Les Précipitations	16
IV.3. Evaporation	18
IV.4. Vents	18
V. Ressources en eaux	18
V.1. Eaux de surface	19
V.2. Eaux souterraines	22
VI. Qualité des ressources en eau	25
VI.1. Eaux de surface	25
VI.2 : Eaux souterraines	26
Chapitre II : Comportement des eaux superficielles	27
Introduction	28
I. Hydrologie des rivières	28
I.1. Les régimes des débits	28
I.2. Les crues :	28
II. Comportement des débits à Chichaoua	29
II.1. Débit mensuel	29

II.2. Débit annuel	30
III. Relation entre la pluie et le débit	30
III.1. Relation entre la pluie et le débit mensuels	30
III.2. Relation entre la pluie et le débit annuels	31
Chapitre III :	32
Etude de la nappe d'Ouled Bousbaa	32
INTRODUCTION :	33
I. Cadre administratif et géographique	33
II. Contexte climatique de la zone d'étude	35
II.1. Pluviométrie	35
II.2. Température	36
III. Contexte géologique	38
III.1. Socle	38
III.2. Couverture	38
III.3. Système aquifère de la plaine de Chichaoua	38
IV. Traitement des cartes topographiques de la zone	39
IV .1. Découpage de la zone d'étude	39
V. Création d'une base de données	41
VI. Données de sondages	42
VII. Elaboration des cartes par ArcGIS	43
VII.1. Carte d'élévation du terrain	43
VII.2. Niveau piézométrique	45
A. Carte piézométrique de la nappe	45
B. Evolution du niveau piézométrique durant 6 mois.....	46
C. Evolution du niveau piézométrique entre 2006 et 2015.....	47
D. Relation entre la pluviométrie et le niveau piézométrique.....	47
VII.3. Carte de conductivité	48
Conclusion :	50
SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES	51
Annexes	52

Liste des figures

Figure 1 : Localisation géographique (EL MOURTAJI Chaima, 2020)	10
Figure 2 : Répartition administrative et principaux centres et villes de la zone d'action de l'ABHT (EL MOURTAJI CHAIMA, 2020)	11
Figure 3 : Carte géologique du bassin de Tensift (Zakaria SMAIJ, 2011)	14
Figure 4 : Evolution de la température moyenne annuelle en °C dans cinq stations climatologiques de 1990 à 2010 (El Mourtaji Chaima, 2020)	15
Figure 5 : Evolution de la température moyenne mensuelle en °C dans six stations climatologiques de 1992 à 2010 (El Mourtaji Chaima, 2020)	15
Figure 6 : Variation des précipitations moyennes annuelles dans quelques stations pluviométriques de la région de Tensift Al-Haouz de l'année 1990 à 2010 (El Mourtaji Chaima, 2020)	16
Figure 7 : Variation des précipitations moyennes mensuelles dans quelques stations pluviométriques de la région de Tensift Al-Haouz de l'année 1990 à 2010 (El Mourtaji Chaima, 2020)	17
Figure 8 : Carte de répartition des précipitations moyennes annuelles dans le bassin versant du Tensift, enregistrées entre 1972 et 2002 (Boudhar, 2009)	18
Figure 9 : les principaux affluents du bassin versant de Tensift (Youssef Hajhouji, 2018) ...	21
Figure 10 : Les eaux de surface et principaux barrages de la zone d'action de l'ABHT (2011) (El Mourtaji Chaima,2020)	22
Figure 11 : Principales nappes de la zone d'action de l'ABHT (EL MOURTAJI Chaima, 2020).....	24
Figure 12 : Répartition des stations du bassin versant de Tensift (Maroc) par niveau de qualité (AJDI Sara, BOUZKIF Karima, 2018)	25
Figure 13 : Débit mensuel à Chichaoua 2000-2017 (AJDI, BOUZKIF, 2018)	29
Figure 14 : Débit annuel à Chichaoua (2000-2015) (AJDI, BOUZKIF, 2018)	30
Figure 15 : Relation pluie-débit mensuels entre 2000-2017 à Chichaoua	30
Figure 16 : Relation pluie-débit entre 2000-2017 à Chichaoua	31
Figure 17 : Découpage administratif (MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DU TRANSPORT DE LA LOGISTIQUE ET DE L'EAU, 2021).....	34
Figure 18 : Variation de la pluviométrie moyenne mensuelle (mm) en 2010 à Chichaoua (Historique-Météo,2021).....	35
Figure 19 : Variation de la pluviométrie moyenne annuelle (mm) de 2010 à 2020 à Chichaoua (Historique-Météo,2021).....	36
Figure 20 : Variation de la température moyenne mensuelle (C°) en 2020 à Chichaoua (Historique-Météo,2021)	37
Figure 21 : Variation de la température moyenne annuelle (C°) de 2009 à 2020 à Chichaoua (Historique-Météo,2021).....	37
Figure 22 : Carte géologique de la zone d'étude (SMAIJ Zakaria,2011)	38
Figure 23 : Exemple du géo-référencement de la carte d'Ait Daoud par le logiciel GM	40
Figure 24 : Assemblage de 16 cartes topographiques par le logiciel GM.....	40
Figure 25 : Carte topographique de la nappe d'Ouled Bousbaa	41
Figure 26 : Géodatabase sur ArcGIS.....	42
Figure 27 : Carte d'élévation de la nappe d'Ouled Bousbaa.....	44
Figure 28 : Carte piézométrique de la nappe d'Ouled Bousbaa.....	45
Figure 29 : Evolution des profondeurs du niveau de la nappe dans le sous-bassin de Chichaoua (nappe d'Oulad Bousbaa), Source : ABHT.....	47
Figure 30 : Corrélation entre les variations pluviométriques (Chichaoua) et les fluctuations piézométriques (Sidi Bouzid Chichaoua) (Bencheikh-Benacha, 2018).....	48
Figure 31 : Carte de conductivité de la nappe d'Ouled Bousbaa	49

Liste des tableaux

Tableau 1 : les caractéristiques lithologiques du bassin versant de Tensift. (SARAANE – BENYAHIA,2018).....	13
Tableau 2 : La qualité des ressources en eau superficielle du bassin Tensift. Maroc(AJDI Sara ,BOUZKIF Karima,2018)	26
Tableau 3 : Cadre administratif (MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DU TRANSPORT DE LA LOGISTIQUE ET DE L'EAU, 2021)	33
Tableau 4 : Bilan hydrique de la nappe d'Ouled Bousbaa (AJDI. BOUZKIF, 2018, ABHT)36	
Tableau 5 : Système aquifère de la plaine de Chichaoua (AHT-RESING, 2015).....	39
Tableau 6 : Découpage de la zone d'étude et le nombre de forage (ABHT,2021).....	39
Tableau 7 : Caractéristiques des sondages (ABHT,2021)	43
Tableau 8 : Caractéristiques générales des points de suivi au niveau de la nappe d'Ouled Bousbaa (Octobre 2020, Avril 2021) (Source : ABHT)	46
Tableau 9 : Evolution du niveau piézométrique de la nappe d'Ouled Bousbaa entre 2006-2015 (AHT GROUP AG-RESING, 2016).....	47

Liste des abréviations

ABHT : Agence de Bassin hydraulique de Tensift

P.A.I.R.E : Plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eaux

GM : Global Mapper

MNT : Modèle numérique du terrain

NP : Niveau piézométrique

INTRODUCTION GENERALE

Compte tenu de la demande croissante et la diminution des réserves d'éllixir de vie mondialement, et particulièrement au Maroc, où les apports pluviométriques sont globalement insuffisants et spatialement hétérogène, font l'objet des problèmes qui préoccupent l'esprit des gestionnaires des ressources en eau.

Afin d'étudier l'état de cette ressource en souffrance et cerner les problématiques des eaux, particulièrement souterraines, le Maroc s'engage dans une politique de gestion rigoureuse des eaux, basée sur une meilleure connaissance de l'état de ces ressources, pour en assurer une gestion optimale dans le cadre d'un développement effectif et durable.

Les agences des bassins hydrauliques responsables de la gestion des eaux dans les différentes régions du royaume, sont à l'avant-garde, elles concentrent les efforts sur les problématiques des eaux. L'agence du bassin hydraulique de Tensift fait partie de ces agences et prend particulièrement en charge un certain nombre de nappes souterraines dont celle de Ouled Bousbaa.

La nappe de Ouled Bousbaa se situe dans le bassin hydraulique de Tensift. C'est une nappe qui reste encore méconnue par rapport aux autres nappes du même bassin. Une étude hydrogéologique de la nappe en question permettra de bien décortiquer et comprendre ses potentielles.

Ce rapport a pour objet l'étude de quelques aspects de la nappe de Ouled Bousbaa, la mission était d'élaborer d'un système d'information géographique de la nappe, permettra une compréhension du comportement de la nappe et aidera les décideurs à orienter leurs directives selon ce que la situation exige, mais également offrira l'information nécessaire pour prévoir le futur de la nappe en question.

Chapitre I :
PRESENTATION DU
BASSIN HYDRAULIQUE
DE TENSIFT

Introduction

Ce chapitre va traiter d'une manière générale tous les aspects géographiques, géologiques et climatiques du bassin versant de Tensift, ainsi que les ressources en eaux superficielles et souterraines et leurs qualités.

I. Définition d'un bassin versant

Un bassin versant est une zone géographique qui draine l'ensemble de ses eaux vers un exutoire commun, cours d'eau ou mer.

Les bassins versants sont délimités par des frontières naturelles : les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. De part et d'autre de ces lignes, les eaux des précipitations et des sources, ainsi que tous les éléments dissous ou en suspension (sédiments, pollution...), s'écoulent vers des exutoires séparés. (Futura planète,2021)

II. Situation géographique du bassin hydraulique de Tensift

II.1. Localisation du bassin de Tensift

Le bassin versant de Tensift est situé au centre Ouest du Maroc, entre les latitudes 32° 10' et 30° 50' Nord et les longitudes 9° 25' et 7° 12' Ouest, et s'étend sur une superficie de 20 450 km².

Le bassin peut être subdivisé en trois régions géographiques différentes :

- **Haut Atlas au sud** : C'est la zone montagneuse qui constitue le plus haut relief du Maroc. Le point culminant est de 4167 m correspond à Jbel Toubkal ;
- **Plaine du Haouz et le bassin de Mejjate couvrent la partie centrale** : forment une dépression qui couvre une superficie de 6 000 Km², allongée d'Est en Ouest et large de 40 Km. Cette dépression traversée par la plupart des affluents de la rive gauche de l'oued Tensift, drainant les eaux de la chaîne atlasique ;
- **Jbilet au nord** : constituée principalement par des montagnes de faible altitude, émergent au nord de la plaine du Haouz. (EL mourtaji chaima, 2020)

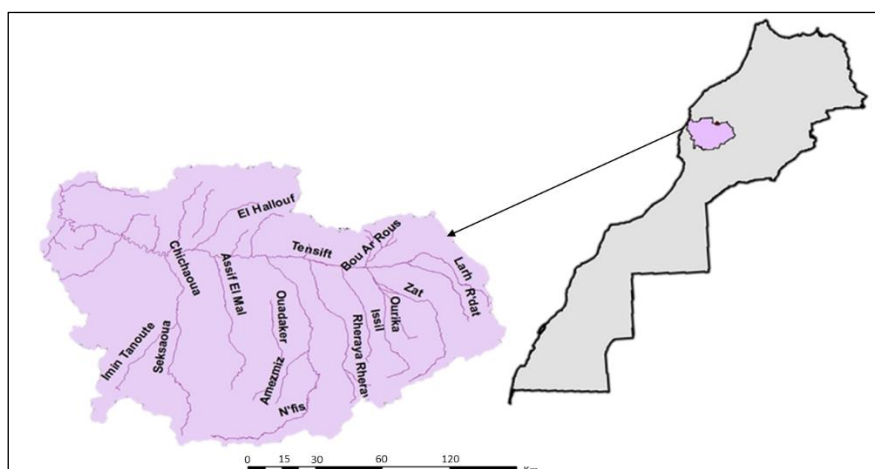


Figure 1 : Localisation géographique (EL MOURTAJI Chaima, 2020)

II.2. Répartition administrative de la zone d'action de l'ABHT

Sur le plan administratif, la zone d'action de l'ABHT couvre la préfecture de Marrakech et les provinces d'Al-Haouz, de Chichaoua et d'Essaouira, ainsi que les provinces de Kelaâ des Sraghna, Youssoufia, Safi et Rhamna. La figure ci-dessous présente le découpage administratif des provinces, et la localisation des principaux centres.

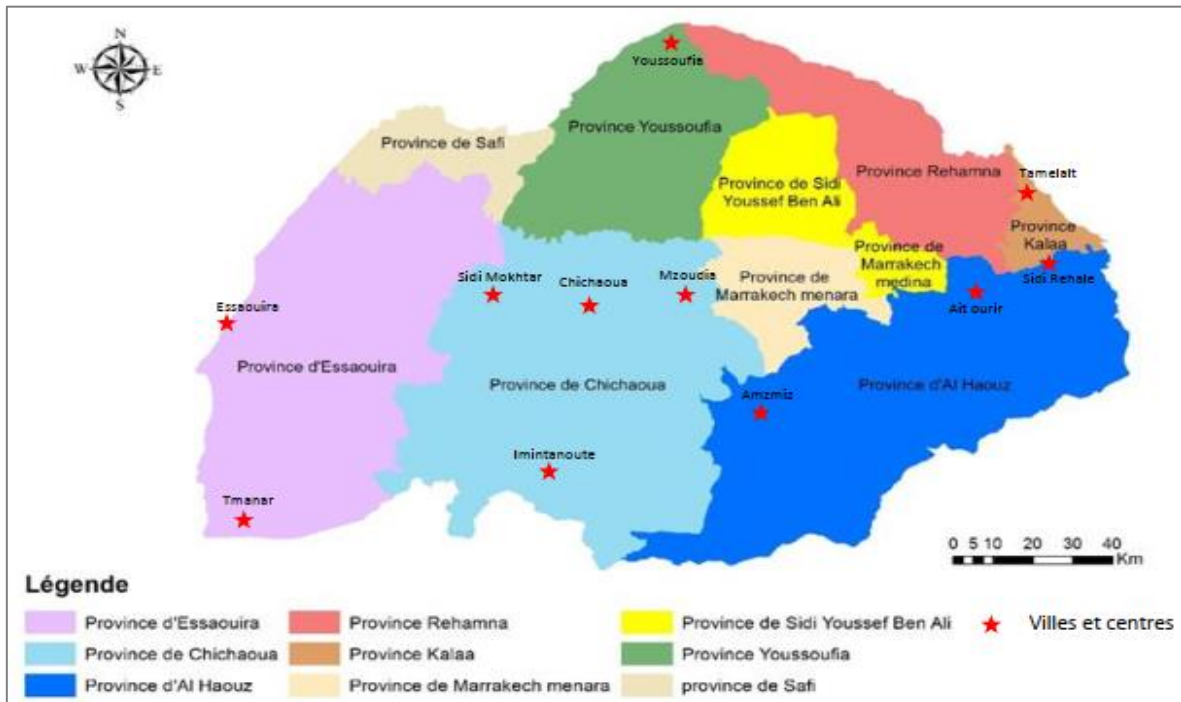


Figure 2 : Répartition administrative et principaux centres et villes de la zone d'action de l'ABHT (EL MOURTAJI CHAIMA, 2020)

III. Cadre géologique

Le cadre géologique du bassin du Tensift s'articule sur l'organisation du socle primaire, affleurant dans le Haut Atlas, les Jebilet et les Rehamna, qui se sont structurés au cours des temps géologiques sous l'influence des changements du champ de contraintes, des phases de soulèvement et d'effondrements, et des époques d'érosion et de sédimentation.

III.1. Plateau des Gantour et plaine de la Bahira occidentale

La zone de Gantour est caractérisée par un plateau monoclin à pendage sud plongeant des Rehamna vers les Jebilet. La plaine de la Bahira fait partie du domaine de la Meseta occidentale (Michard 1976 ; Khalil 1989 ; Er-rouane 1996). Il s'agit d'une vaste dépression fermée de direction est-ouest. Elle est délimitée au nord par le massif primaire des Rehamna, au sud par les Jebilet, à l'est par la rive gauche de l'oued Tassaout et à l'ouest par le plateau secondaire de Mouissate. Le bassin de la Bahira est un fossé synclinal caractérisé par un substratum

paléozoïque puissant, de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur, associé à des plutons granitiques mis en place lors de l'orogénèse hercynienne (Piqué et al. 2007). Le socle primaire est surmonté par une couverture de formations triasiques, crétacées et éocènes, antérieures aux premiers mouvements atlasiques ; ces formations affleurent au Nord, s'enlise sous la plaine vers le Sud et se terminent au Sud en biseau contre le socle paléozoïque (EL MOURTAJI Chaima,2020).

III.2. Jebilets et Mouissate

Les Jebilets sont constituées de roches paléozoïques. Les Jebilets s'étendent sur une longueur d'environ 170 km et une largeur de 20 à 30 km et sont subdivisées en trois unités structurales (Huvelin, 1977):

- ✓ **Jebilet Occidentales** : Cette partie est la plus ancienne et est caractérisée par une série autochtone non déformée qui date de Cambro-Ordovicien. Cette unité se rattache au bloc côtier de la Meseta Occidentale ;
- ✓ **Les Jebilets Centrales** : les Jebilets Centrales est la zone plus déformée et structurée des Jebilets, avec une déformation syn-schisteuse sous conditions anchizonales à épizonales. La présence de la schistosité de flux indique un contexte compressif. Un métamorphisme de contact est reconnu et il est lié à une activité magmatique intense. En effet, cette partie des Jebilets est caractérisée par la mise en place de corps intrusifs acides et basiques (Huvelin, 1977) ;
- ✓ **Les Jebilets orientales** : Sont caractérisées par la présence d'anciennes roches métamorphisées qui sont les flyschs de Kharrouba attribués au Viséen supérieur-Namurien et aussi par la présence des olistolithes.

Les Mouissate sont totalement formés par les formations du jurassique supérieur, transgressif sur le paléozoïque ou le Stephano-trias de l'extrémité Ouest des Jebilet (EL MOURTAJI Chaima,2020).

III.3. Plaine du Haouz

La plaine est formée par les dépôts du néogène au quaternaire alluvial. La couche de calcaire existe alentour de Chichaoua et en amont jusqu'au pied du Haut Atlas. Ces formations sont perméables et l'eau souterraine peut être exploitée. Quelques dépôts paléozoïques sont éparpillés dans le sud du centre de la plaine, et au sud-est de Guemassa (EL MOURTAJI Chaima,2020).

Cette formation paléozoïque est constituée de schiste et quartzite, elle est presque imperméable (EL MOURTAJI Chaima,2020).

III.4. Le bassin Essaouira – Chichaoua et la zone Côtière d'Essaouira

Il fait partie du grand bassin côtier du sud-ouest du Maroc, s'étendant entre El Jadida au nord et Agadir au sud. Le Sud de ce bassin, situé entre la plaine du Souss et l'oued Tensift, correspond au Haut Atlas occidental. Les terrains affleurants sont prédominés par les formations du Crétacé dont les structures de surface marquent l'empreinte de l'orogénèse atlasique. La partie orientale du bassin et La zone côtière sont couvertes par des dépôts du Néogène et du Pléistocène. Le socle paléozoïque, enfoui profondément sous une épaisse série mésozoïque, affleure largement à l'Est du bassin, au niveau du Jebilet et du massif ancien du Haut Atlas (EL MOURTAJI Chaima,2020).

Régions	Lithologies
Haut Atlas	-Roches éruptives et métamorphiques précambriennes (granites, diorites, dolérites, andésites et rhyolites). -Schistes primaires. -Formations secondaires rougeâtres dominées par des calcaires, des grès, des marnes et des argiles.
Jbilet	-Schistes sombres souvent lités. -Schistes argileux. -Schistes gréseux avec des bancs épais de grès ou de quartzites. -Formations moins étendues notamment des conglomérats, des affleurements calcaires et siliceux, des roches éruptives comme les granites et les gabbros du Précambrien.
Plaine du Haouz	-Socle primaire schisteux est recouvert par des formations secondaires et tertiaires variées, notamment des grès rouges du Permo-Trias ainsi que des calcaires, marnes et grès du Crétacé et de l'Eocène. -Remplissage quaternaire est assuré par des épandages alluviaux caillouteux, limoneux ou sableux, dont les plus anciens sont surmontés d'une carapace calcaire.

Tableau 1 : les caractéristiques lithologiques du bassin versant de Tensift. (SARAANE – BENYAHIA,2018)

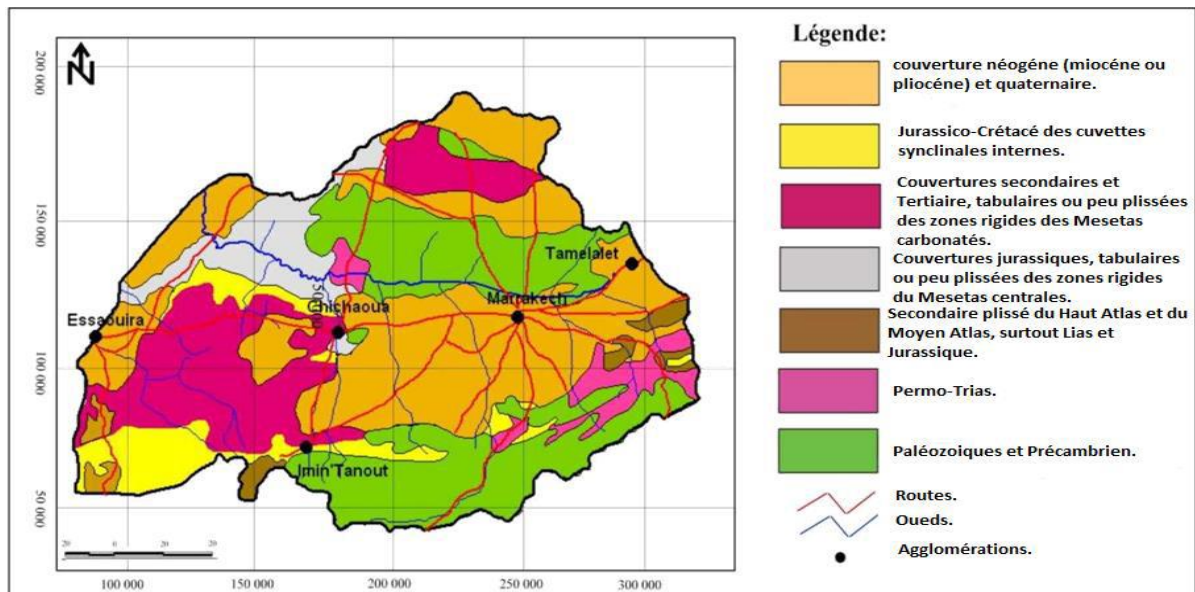


Figure 3 : Carte géologique du bassin de Tensift (Zakaria SMAIJ, 2011)

IV. Situation climatique

En raison de son étendue et de sa topographie, le bassin de Tensift se caractérise par un climat très différencié d'une zone à l'autre. Dont le fonctionnement hydrologique, il comporte trois parties contrastées : (1) au sud du bassin, le versant nord du Haut-Atlas, abondamment arrosé et enneigé (jusqu'à 600 mm/an), où les processus de redistributions de l'eau sont pour l'essentiel latéraux (crues, ruissellement, transferts sub-surface) ; (2) au centre, une vaste plaine agricole alimentées par les montagnes du Haut-Atlas, soit directement (réseaux d'irrigation modernes et séguias), soit indirectement (prélèvement dans la nappe) ; (3) au nord du bassin, les Jebilet, petite chaîne de montagnes arides couvertes par une végétation steppique peu développée, qui n'a pas d'influence majeure sur le cycle hydrologique de la région.

Les parties centrales et orientales de la plaine du Tensift (environ 3000 km²) contiennent les principaux secteurs irrigués de la région (N'FIS, Haouz et Tessaout). Par conséquent, cette zone est caractérisée par un régime climatique continental aride, avec des précipitations très variables dans le temps et l'espace de l'ordre de 250 mm en moyenne annuelle, et une demande évaporative en moyenne 6 fois plus élevée (environ 1500mm/an).

IV.1. Température

La figure (4) montre que les températures varient dans le temps et dans l'espace, avec une faible tendance à l'augmentation. La station climatologique de Albadla enregistre des températures plus ou moins élevées par rapport aux autres stations de telle façon à ce qu'elles occupent un étroit domaine allant de **19,5°C** à **21,8°C**. Ainsi que la station climatologique de Lalla Takerkoust enregistre la température la moins élevée de **17,3°C**. Tandis que les températures moyennes annuelles varient entre **17,3°C** et **21,8°C**

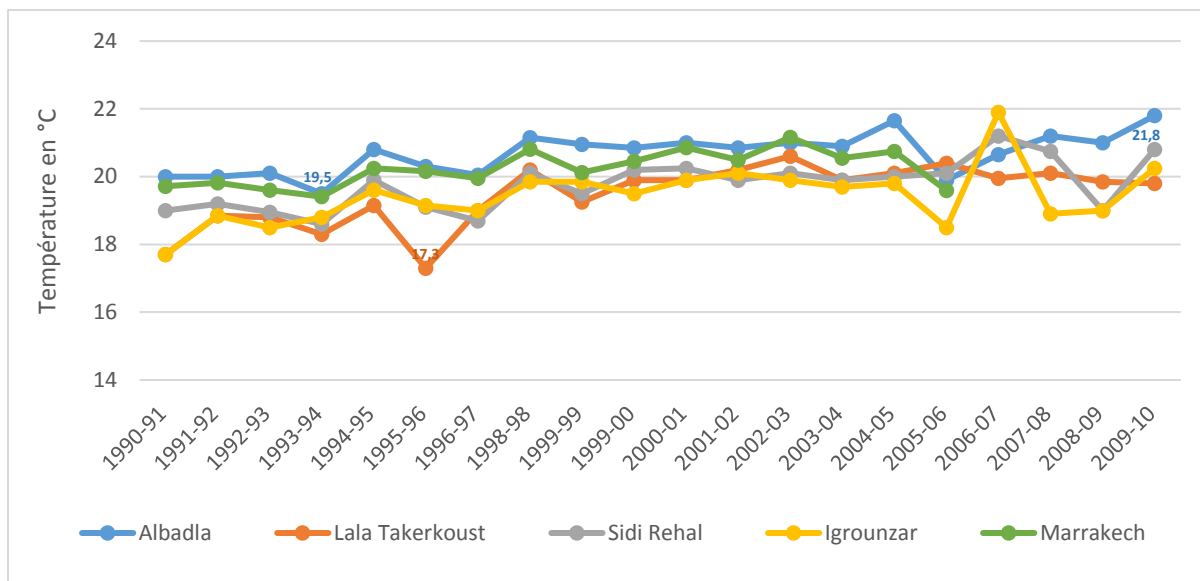


Figure 4 : Evolution de la température moyenne annuelle en °C dans cinq stations climatologiques de 1990 à 2010 (El Mourtaji Chaima, 2020)

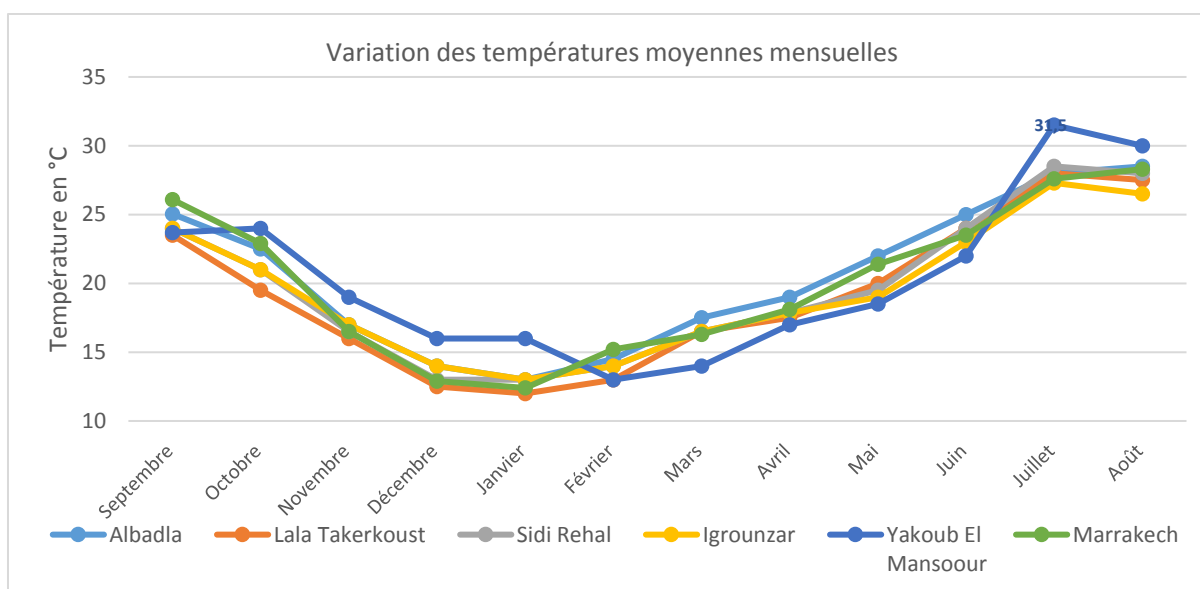


Figure 5 : Evolution de la température moyenne mensuelle en °C dans six stations climatologiques de 1992 à 2010 (El Mourtaji Chaima, 2020)

D'après la figure (5), on remarque que les mois les plus chauds sont généralement **Juillet** et **Août** avec des températures allant de **26,5°C** à **31,5°** , tandis que le mois le plus froid est celui de **Janvier**.

On observe aussi que la température enregistrée dans la station de Yakoub El Mansour est légèrement plus élevée que celle enregistrée dans les autres stations climatologiques.

IV.2. Les Précipitations

La situation climatique du bassin de Tensift est très contrastée en fonction des unités géographiques qui le composent. Il est caractérisé par des précipitations généralement variables dans le temps et l'espace.

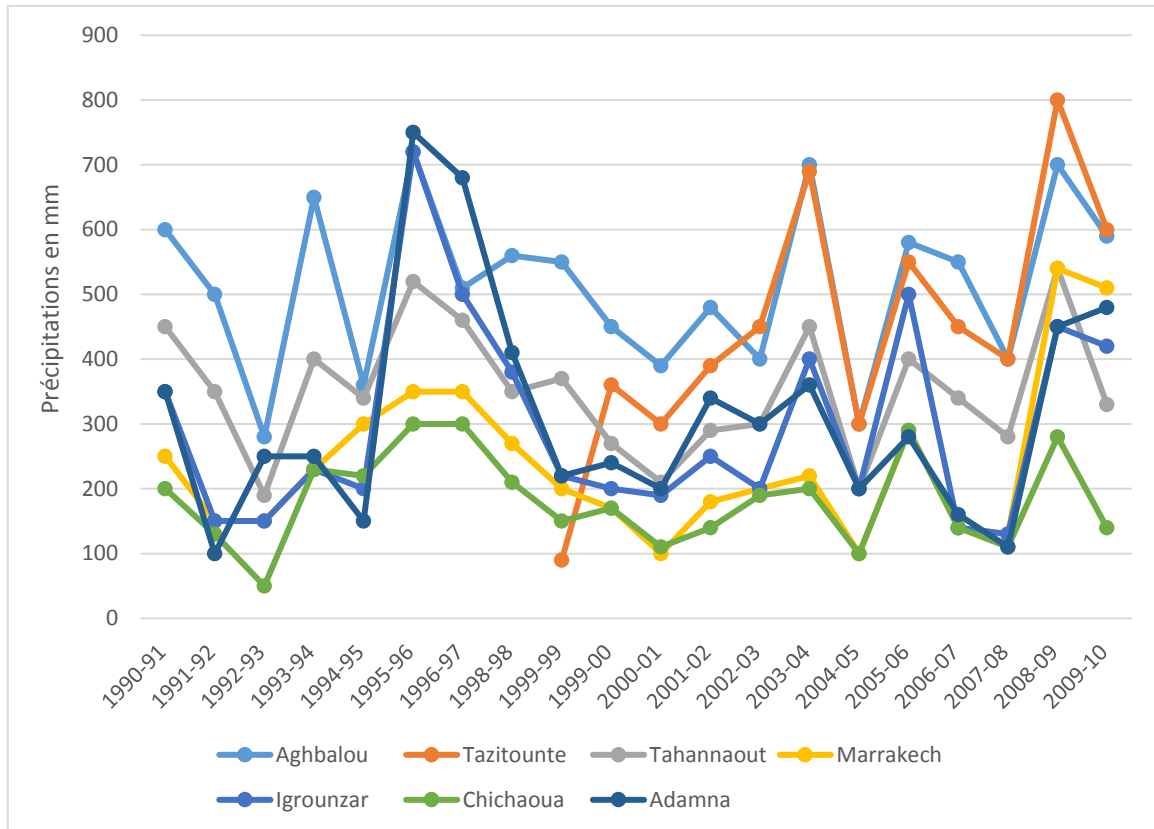


Figure 6 : Variation des précipitations moyennes annuelles dans quelques stations pluviométriques de la région de Tensift Al-Haouz de l'année 1990 à 2010 (El Mourtaji Chaima, 2020)

Les précipitations annuelles moyennes (figure 6) sont généralement faibles dans tout le bassin, elles sont de l'ordre de **250mm à 300 mm** en plaine et au long de la côte, et elles peuvent atteindre de **400 mm jusqu'à 800 mm** en haut des montagnes.

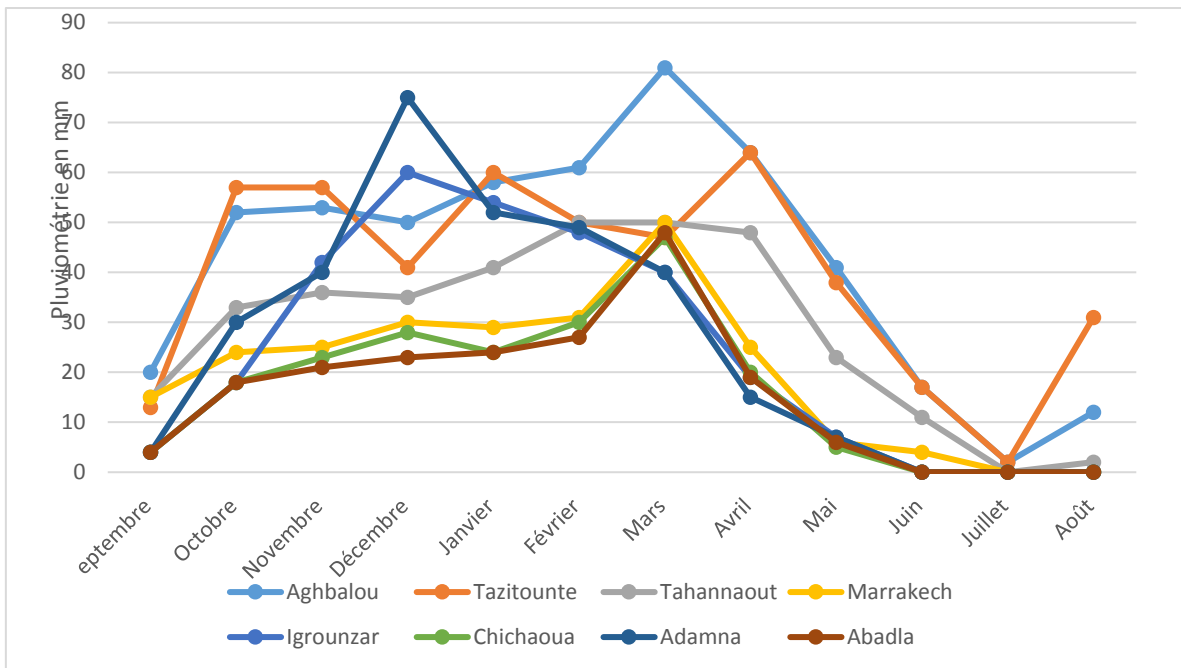


Figure 7 : Variation des précipitations moyennes mensuelles dans quelques stations pluviométriques de la région de Tensift Al-Haouz de l'année 1990 à 2010 (El Mourtaji Chaima, 2020)

On remarque que les précipitations moyennes mensuelles (figure 7) sont généralement faibles avec des valeurs qui peuvent aller jusqu'à **0mm** au mois de juin, juillet et août et elles atteignent des valeurs maximales en mois de mars. La valeur maximale de pluviométrie est enregistrée dans la station d'Aghbalou est de : **81 mm**

Ces précipitations enregistrent des variations saisonnières très importantes. Il est nettement remarquable qu'il existe deux saisons largement différenciées :

Une saison humide d'octobre à avril, où interviennent la quasi-totalité des épisodes pluvieux, soit près de 80 à 96 % de la pluviométrie annuelle

Une saison sèche de mai à septembre, avec seulement **4 à 20 %** de la pluviométrie annuelle.

IV.3. Evaporation

L'évaporation annuelle moyenne varie de 1800 mm à plus de 2500 mm respectivement sur le versant atlasique et la plaine de Haouz. L'évaporation minimale est enregistrée en janvier, tandis que l'évaporation maximale se produit en été.

IV.4. Vents

Le bassin de Tensift est principalement dominé par trois types de vent :

- Vent de Chergui, souffle de l'est
- Vent du sud, chaud et sec
- Vent Garbin / garbi, soufflant de l'ouest, il est frais et humide escorter d'une petite pluie de courte durée.

V. Ressources en eaux

L'aspect marquant les ressources en eaux dans le bassin de Tensift est l'inégalité, à cause de la grande diversité géologique du bassin versant et l'inégalité de la répartition pluviale dans la zone. D'autre part, les principales nappes sont celles du Haouz, de Mejjat, de la Bahira et du bassin d'Essaouira-Kourimate (P.D.A.I.R.E, 2009)

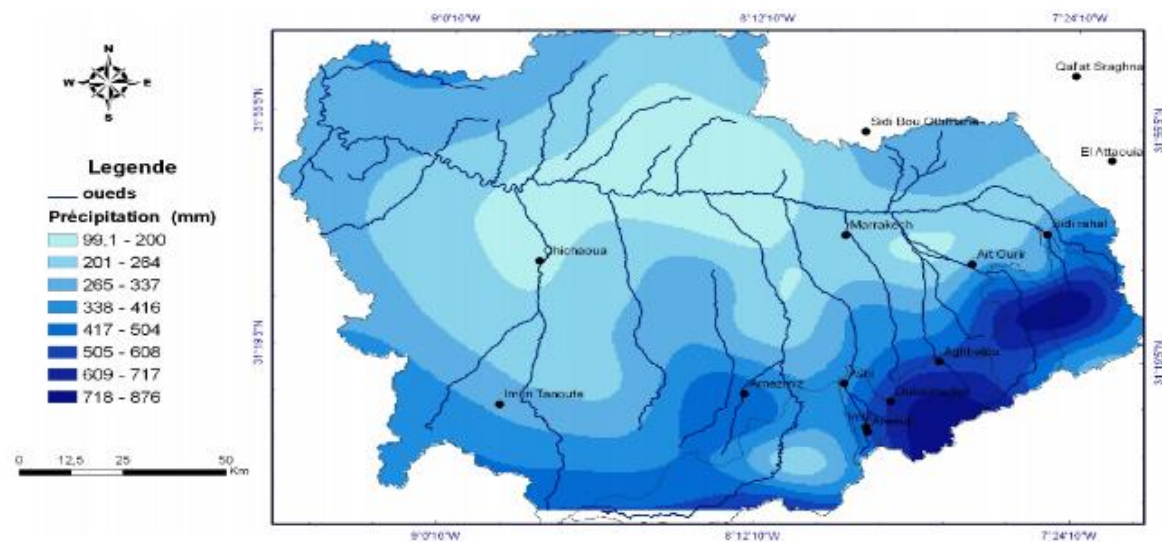


Figure 8 : Carte de répartition des précipitations moyennes annuelles dans le bassin versant du Tensift, enregistrées entre 1972 et 2002 (Boudhar, 2009)

V.1. Eaux de surface

L'Oued Tensift occupe le réseau hydrographique principal du bassin versant de Tensift, Il s'écoule d'Est en Ouest sur une longueur de 315 km, Il est alimenté dans sa grande partie par les affluents de la rive gauche du bassin. Par contre, les cours d'eau de la rive droite proviennent d'événements pluvieux violents et contribuent épisodiquement à son alimentation. Par conséquence, il en résulte un bassin versant très dissymétrique, dont la rive droite ne joue qu'un rôle hydrologique secondaire.

- **Les principaux affluents de la rivière de Tensift sont les oueds, parmi eux :**

- **Oued Ourika** : l'oued ourika, prend naissance dans la partie sud-ouest de l'atlas et coule au Nord Est sur une longueur de 43 km en passant le long de plusieurs villages. La vallée de l'oued constitue un lieu de villégiature pour la ville de Marrakech surtout en été où toute la vallée connaît une affluence de touristes très importante. L'oued Ourika est très pentu. Ce oued présente un affluent de l'oued Hadjer lui même affluent rive gauche du Tensift. Il draine un bassin versant de 503 km² à la station Aghbalou sur une longueur de 45.5 km. Le bassin est compris entre l'isohyète 500 et 800 mm, la pluviométrie moyenne sur le bassin est de 600 mm. Le bassin possède un réseau d'affluents et de chaâbats très développé (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

L'oued Ourika a un débit moyen de 5,2 m³ /s soit un volume annuel de 164 millions de m³ .

- Le débit moyen annuel maximum a été de 29,6 m³ /s (1979/80) ;
- Le débit moyen annuel minimum a été de 0,6 m³ /s (1982/83) ;
- Le débit spécifique est de 10,3 l/s/km². Il est le plus élevé de la région (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift)

- **Oued R'dat**: la vallée de l'oued R'dat s'étale sur deux principales communes rurales faisant partie de la province d'Al Haouz : Zerkten et Taderet. Le long de l'oued R'dat, qui coule sur une longueur de 51,8km depuis ses origines à 2200m en Atlas jusqu'à la station de Sidi R'hal, plusieurs douars sont implantés. Ceux qui sont menacés soit directement par l'oued ou ses affluents sont : Imizer, Dar el oued, Jeddint, Tabahggat, Tilnit, Adouz et Al Mahrouz. L'oued R'dat draine un bassin versant d'une superficie de 569 km² au niveau de la station d'observation de Sidi Rahal. Le bassin versant de l'oued R'dat est compris entre les isohyètes 400 et 800 mm. La pluviométrie moyenne sur le bassin est de 460 mm. Elle est de 355,4 mm à la station de Sidi Rahal. L'oued R'dat est alimenté à partir de cinq principaux affluents : Tichka, Iswal, Ifradane, Imzer, et Tissert (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

Le débit moyen de l'oued R'DAT au niveau de la station de Sidi Rahal est de 2.5 m³ /s, soit des apports moyens annuels de 77,2 millions de m³ . Le débit moyen annuel maximal est de 8.356 m³ /s (1970/71), soit des apports moyens maximaux annuels de 263.5 millions de m³ (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

- **Oued Rhéraya** : L'oued Rhéraya traverse trois communes rurales: My Brahim, Asni et Imlil. Les principaux villages implantés le long de cet oued sont : Asselda, Tamgounsi, tagadirt, Taghart, Tinitme et Armed. L'oued Rhéraya est un affluent atlassique rive gauche de l'oued Tensift. Il est constitué par la confluence de Assif Iminene et assif N'Aït Mizaine qui prennent naissance dans le haut Atlas à environ 3600 m d'altitude. Ce oued est très pentu, ce qui explique son caractère nival très prononcé. L'oued Rhéraya draine un bassin versant d'une superficie de 225 km² à la station d'observation hydrologique de Tahanaout. Il se classe comme l'oued le plus pentu des oueds atlasiques (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

La pluie moyenne sur le bassin de Rhéraya est de 670 mm. Le débit moyen annuel est de 1,55m³

/s à la station de Tahanaout; soit un volume annuel de : 49 millions de m³ . Le débit

moyen annuel maximal de 3,71 m³ /s a été enregistré en 1991/92.et le débit moyen annuel minimal enregistré en 2000/2001 est de 0,083 m³ /s (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

□ **Oued N’Fis** : L’oued N’Fis draine un sous bassin principal de l’oued Tensift. Ce bassin coïncide pratiquement avec la limite avale des zones de ruissellement actif. Les principaux affluents de l’oued N’Fis sont les suivants (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

- **L’oued Amezmiz**: affluent rive gauche qui draine un bassin de 105 km² à la station hydrologique Sidi Hssain .

- **Assif Ougdemot**: affluent rive gauche qui prend naissance aux environ d’Igdad à une altitude de 3616 m .

- **Oued Ouirgane**: affluent rive droite qui prend naissance dans la région de Tazaghand à une altitude de 3650 m environ

- **Assif Imigdal**: affluent rive droite qui prend naissance à l’altitude 3400 m environ ;

- **Assif N’Augrandis**: affluent rive droite qui prend naissance dans la région de Ouanoukrim à une altitude d’environ 3600 m.

L’oued N’Fis draine un bassin versant d’une superficie 1686 km² au niveau du barrage LALLA TAKERKOUST dont le bassin versant coïncide pratiquement avec la limite avale des zones de ruissellement actif. Son cours d’eau mesure 152 km jusqu’à la confluence avec l’oued TENSIFT. Le réseau hydrographique du bassin du N’Fis mesure 3322 km environ au barrage, soit une densité de drainage de 1.97 km/km². Le réseau de séguias se développe à l’aval du barrage Lalla Takerkoust et prélève environ 83 % des apports de l’oued. La pluviométrie moyenne sur le bassin du N’Fis est de : 426,4 mm Le débit moyen annuel est de 7,13 m³ /s à la station d’Imin Al Hammam; soit un volume annuel de : 225 millions de m³ . Le débit moyen varie entre un maximum de 21.05 m³/s (1987/88) et un minimum de 0.103 m³/s (2000/01). (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

- **Oued Zat**: L’oued Zat transite par la ville d’Ait Ourir, est situé à environ 40 Km à l’est de Marrakech. Les principaux villages implantés le long de cet oued sont : Talburine, Larbâa Tighedouine, Mrionet, Aït Slimane, Azgour, Ta’alwiyt, Tizart, Imiyrgn et Aït Slimane. L’oued Zat draine un bassin versant d’une superficie de 528 km² à la station d’observation hydrologique de Taferiat. IL forme avec l’oued Ourika les 2 bras principaux de l’oued Hadjar. L’oued Zat prend naissance à 3868 m d’altitude et chemine sur 94 Km avec une pente moyenne de 20%. Il se classe ainsi comme l’oued le moins pentu des oueds atlasiques. (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

La pluviométrie moyenne sur le bassin du Zat est de : 521 mm Le débit moyen annuel est de 3,9 m³ /s à la station de Taferiat; soit un volume annuel de : 113 millions de m³.

Le débit moyen annuel maximal de 8,83 m³ /s a été enregistré en 1970/71.et le débit moyen annuel minimal enregistré en 2001/2002 est de 0,532 m³ /s (Agence du Bassin Hydraulique du Tensift).

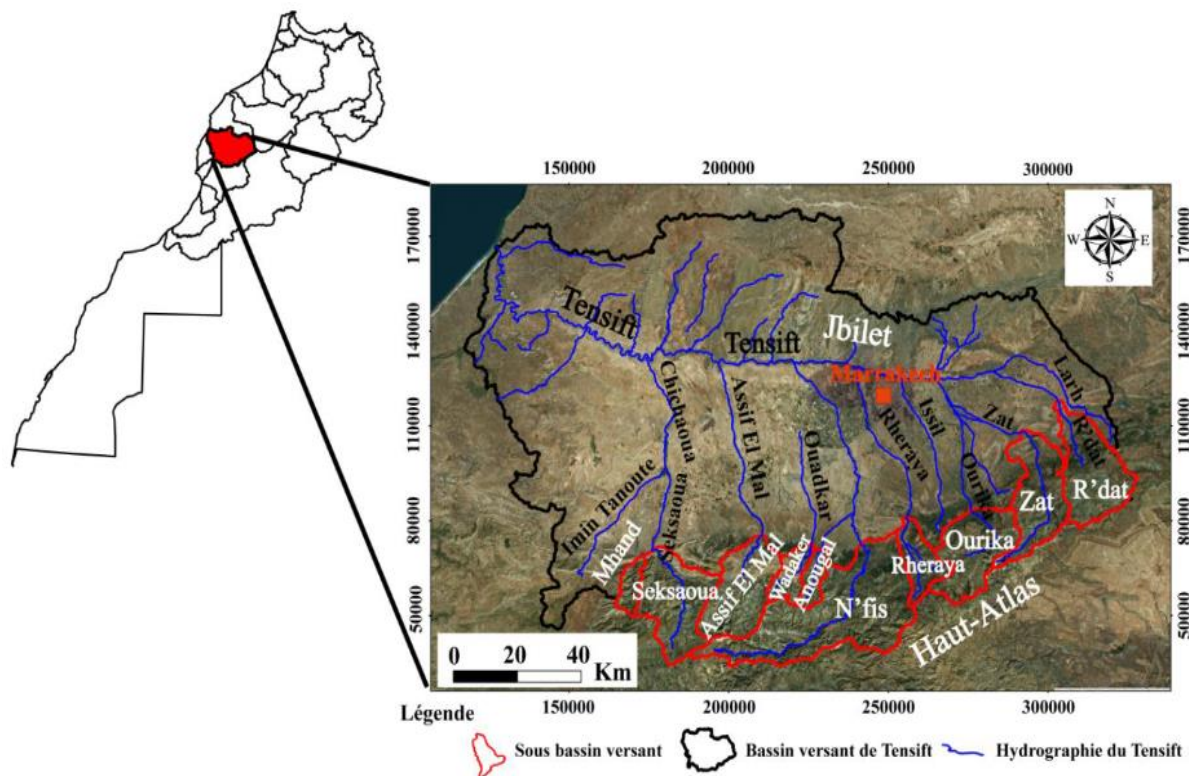


Figure 9 : les principaux affluents du bassin versant de Tensift (Youssef Hajhouji, 2018)

- **Les aménagements hydrauliques**

Le bassin du Tensift comporte deux principaux ouvrages de stockage des eaux superficielles :

Le barrage Lalla Takerkoust. Avec une retenue de **56 Mm³**, ce barrage permet de régulariser **82 Mm³**, permettant d'irriguer une superficie de l'ordre de 9 800 ha et de produire l'énergie électrique à hauteur de **15 GWh/an**. Le bassin comporte, également, des petits barrages qui permettent de mobiliser **2,4 Mm³** destinés essentiellement à l'irrigation et l'abreuvement du cheptel.

Le barrage de Wirgane a été mis en service en 2008, en amont du barrage Lalla Takerkoust, sur Oued N'Fis, pour une capacité de **72 Mm³**. Ce barrage vient dans le but de renforcer l'AEP de la ville de Marrakech.

Il faut bien noter que le barrage de Moulay Youssef ne fait pas partie du bassin de Tensift mais il est géré par l'ABHT. (Source : ABHT)

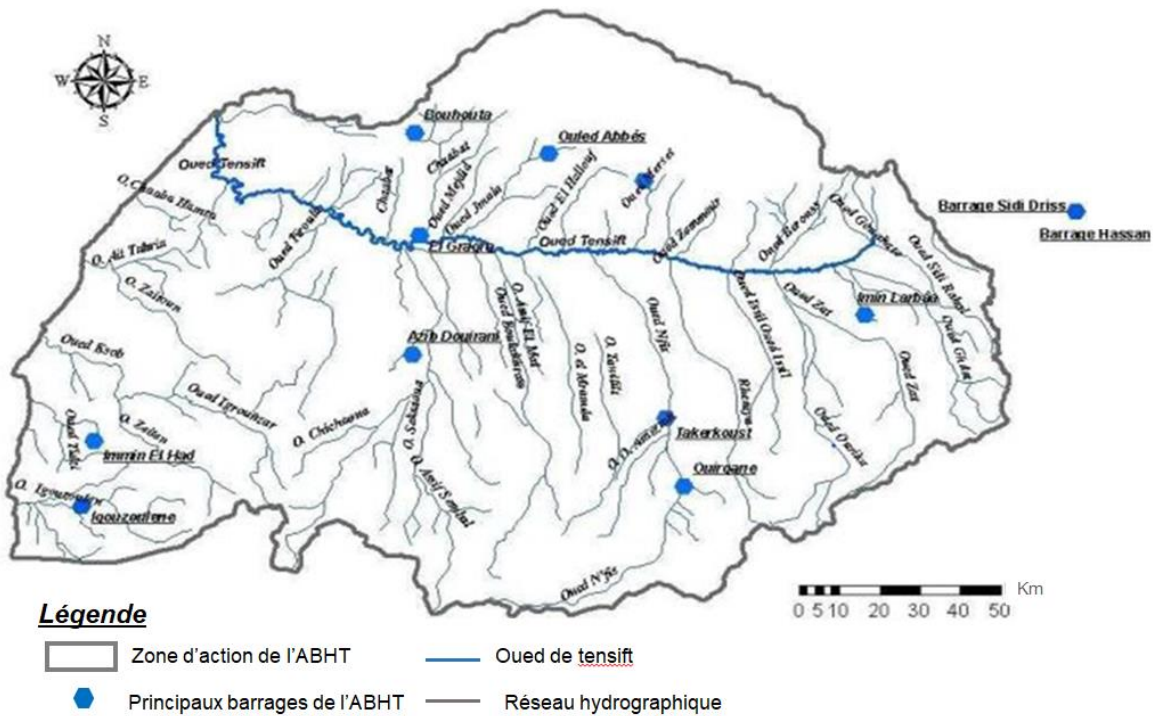


Figure 10 : Les eaux de surface et principaux barrages de la zone d'action de l'ABHT (2011) (El Mourtaji Chaima, 2020)

V.2. Eaux souterraines

Suivant le même raisonnement de la répartition inégale des précipitations dans le bassin, les eaux souterraines du bassin versant de Tensift montrent aussi une inégale répartition, parmi les nappes les plus importantes dans cette zone nous avons :

a. La nappe de Ouled Bousbaa

Elle s'étend sur une superficie dans les alentours de 2350 km², elle est délimitée par l'oued Tensift au Nord, par Oued Chichaoua à l'Est et au Sud par le Haut Atlas. Elle renferme deux aquifères :

- La nappe phréatique Plio-quaternaire ;
- La nappe Eo-crétacé.

L'alimentation de cette nappe provient essentiellement des infiltrations directes des eaux de pluie sur les aires d'affleurement et des eaux de crue des oueds d'Imintanout et d'Ameznas. L'écoulement de l'eau dans cette nappe suit une direction de Sud-Ouest au Nord-Est, en donnant naissance aux principales sources de l'oued de Chichaoua et sert à l'alimentation par infiltration de la nappe phréatique de Mejjat (El Mourtaji Chaima, 2020)

b. La nappe du Haouz

Elle s'étend sur une superficie d'environ 6 000 km², cette dernière est limitée par la province de Chichaoua à l'Ouest, les premiers versants du moyen Atlas à l'Est, la chaîne du Haut Atlas au Sud et les Jebilets au Nord. Cette nappe est caractérisée par une longueur moyenne de 40 Km et avec une direction d'Est-Ouest. Elle sillonne les alluvions du plio-quadernaires et du néogène de 50 à 80 m de puissance, arrivant jusqu'aux 120 m dans quelques endroits. En outre, les eaux des crues des oueds atlasiques infiltrées traversant la plaine et le retour des eaux d'irrigation constituent les principales ressources d'alimentation de la nappe. La nappe du Haouz est drainée par l'oued Tensift, l'écoulement global de la nappe se fait du Sud vers le Nord. (El Mourtaji Chaima, 2020)

c. La nappe du Bahira

Situé à une trentaine de kilomètres au Nord de Marrakech, c'est une aquifère multicouche qui regroupe plusieurs nappes souterraines dont les principales sont :

- La nappe phréatique de remplissage plio-quadernaire.
- La nappe de la formation marno-schisteuse de l'Yprésien supérieur et du Lutétien inférieur.
- La nappe des calcaires lutétiens.
- La nappe des niveaux phosphatés paléocènes et créacés.

La plaine de la Bahira s'étend sur une superficie de presque 5 000 km² et allongée d'Est en Ouest. Il n'appartient à la zone d'action de l'agence du bassin hydraulique de Tensift que les parties Ouest et centrale de la Bahira.

d. Les nappes du bassin d'Essaouira – Kourimate

Le bassin d'Essaouira-Kourimate est un vaste plateau d'une superficie 6 000 km², limité au Sud par le Haut Atlas occidental, au Nord par l'oued Tensift, à la l'Est par le méridien passant à l'Ouest de Sidi El Mokhtar et à l'ouest par l'Océan Atlantique. Les nappes principales de cette région sont (El Mourtaji Chaima, 2020) :

- Les nappes des grès dunaires et des calcaires coquilliers du Plio-Quadernaire, elles s'étendent le long de la côte atlantique et développée le long de l'oued Ksob ;

La nappe Cénomano-Turonien du Synclinal d'Essaouira, elle s'étend sur une superficie de 900 km² ;

La nappe de Meskala-Kourimate s'étend sur une superficie de l'ordre de 1600 km², est constituée par deux aquifères superposés, un circulant dans les calcaires de l'Eocène d'une superficie de 100km² et l'autre circulant dans des terrains dolomitiques du Crétacé d'une superficie 1600 km².

Ce système se recharge par infiltration directe des eaux pluviales et de ruissellement sur les aires d'affleurement. Globalement, l'écoulement a pour direction Nord-Ouest, contribue à alimenté l'oued Ksob et en donnant naissance à plusieurs émergences le long de sa partie aval, au niveau d'Essaouira.

d- La nappe d'Akermoud

Elle occupe une zone au long de la côte atlantique, avec une largeur de 20km et une longueur de 40km . Elle est alimentée par la drainance des aquifères sous-jacents et également par les infiltrations.

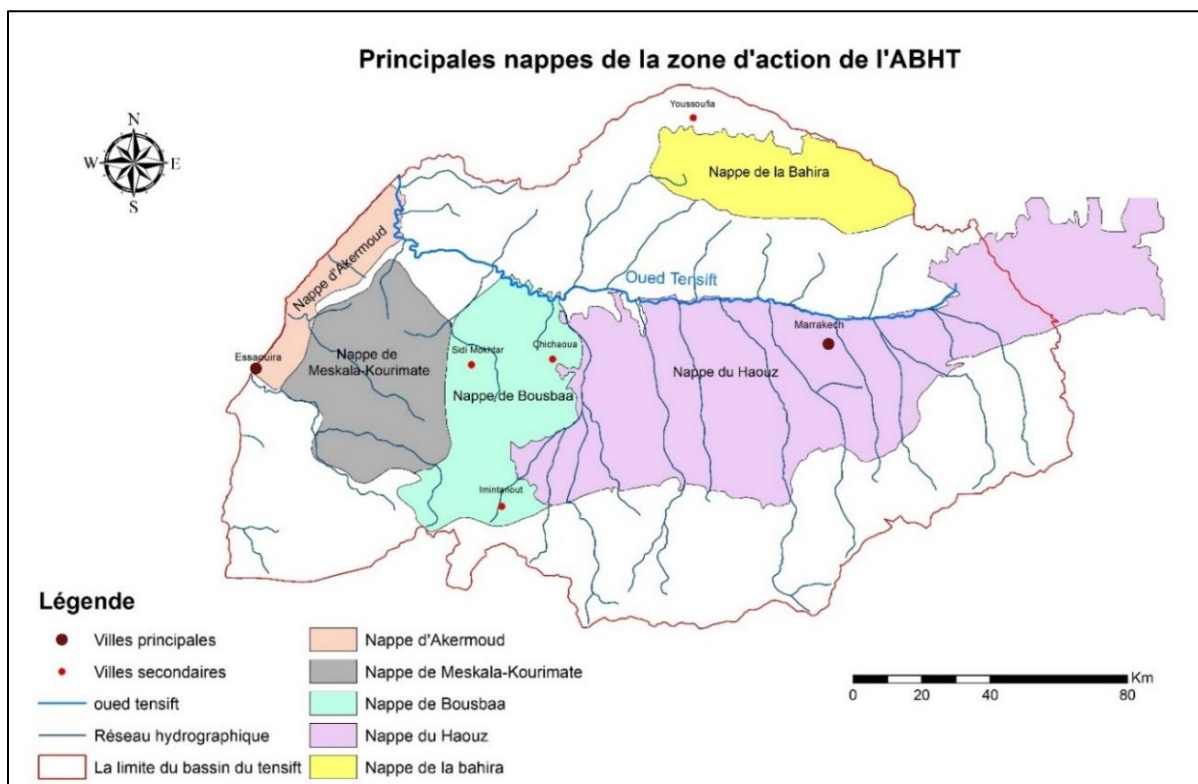


Figure 11 : Principales nappes de la zone d'action de l'ABHT (EL MOURTAJI Chaima, 2020)

VI. Qualité des ressources en eau

VI.1. Eaux de surface

Les eaux superficielles du bassin de Tensift sont de qualité généralement excellente à moyenne, excepté les points d'eau en aval des rejets de Marrakech, Amzmiz, Imintanoutet Ait Ourir ont été de qualité mauvaise à très mauvaise. Les paramètres de déclassement de la qualité des eaux de ces derniers points sont les teneurs élevés en Ammonium, Phosphore total, matières organiques, bactéries et les teneurs, faibles à nulles, de l'oxygène dissous. La répartition des stations par niveau de qualité, il en ressort que :

- 55 % des stations présentent une eau de qualité bonne à excellente.
- 11 % des stations échantillonnées sont de moyenne qualité.
- 34 % des stations échantillonnées sont de mauvaise à très mauvaise qualité. (AJDI Sara ,BOUZKIF Karima,2018)

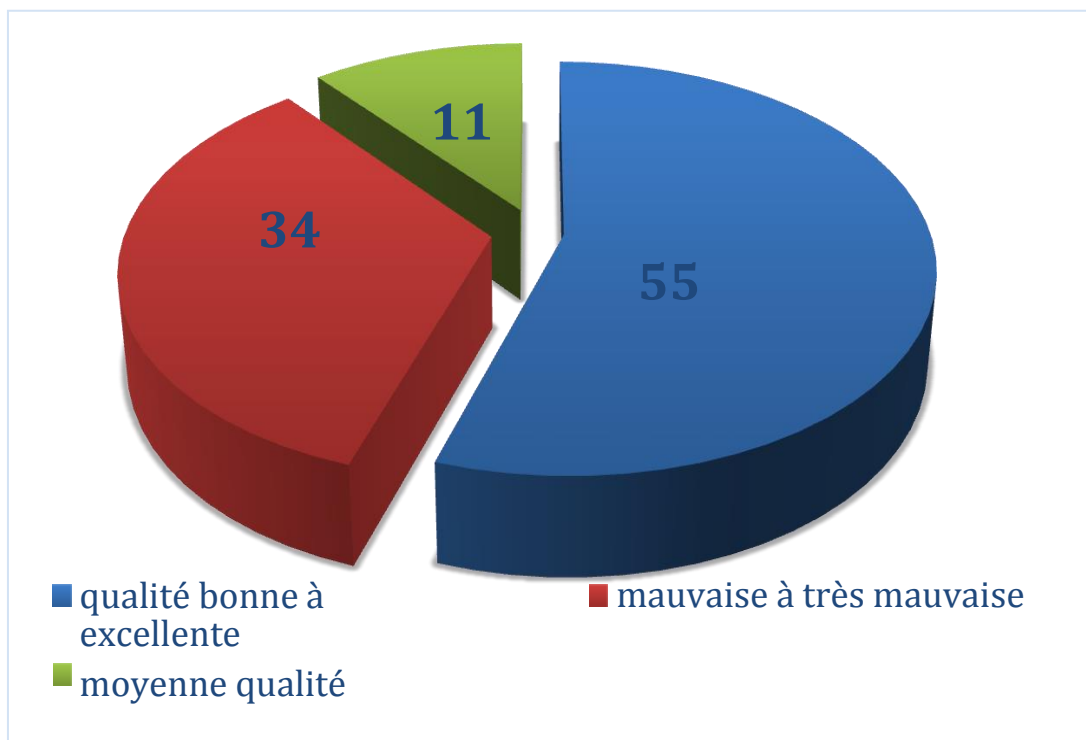


Figure 12 : Répartition des stations du bassin versant de Tensift (Maroc) par niveau de qualité (AJDI Sara, BOUZKIF Karima, 2018)

Oued	Qualité des eaux
Oued N’Fis	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l’AEP*
Oued Zat	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l’AEP*
Oued R’Dat	Eaux de qualité moyenne avec unesalinité élevée enregistrée au niveau de la station Sidi Rahal et aval Sidi Rahal
Oued Rheraya (Tahnaout)	Eaux de qualité bonne à moyenne (problème de salinité)
Oued Ourika	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l’AEP*
Cours moyens et bas Tensift (Talmest et Abdalla)	Eaux fortement polluées

Tableau 2: La qualité des ressources en eau superficielle du bassin Tensift. Maroc(AJDI Sara ,BOUZKIF Karima,2018)

***AEP : Alimentation en Eau Potable**

VI.2 : Eaux souterraines

Les nappes présentant globalement une eau de bonne qualité, aptes à tous les usages sans contraintes majeure sont celles de Meskala- Akermoud, du Haouz – Mejjate à l’exception des secteurs de bordure de l’oued Tensift au voisinage de Marrakech et au nord de R’dat.

Les nappes présentant une qualité moyenne à mauvaise sont celles du Haouz-Mejjate (Bas Tensift), de la Bahira et du bassin d’Essaouira. Les zones où les eaux sont de très mauvaise qualité chimique se limitent à certains secteurs de la nappe de la Bahira, où les teneurs en **nitrate** sont élevées et où la **salinité** dépasse 4 g/l (Direction Générale de l’Eau, 2020).

Chapitre II :

Comportement des eaux superficielles

Introduction

Les ressources en eau de surface sont très irrégulières et inégalement réparties. Le Haut Atlas constitue le château d'eau des écoulements de surface, puisque les oueds les plus importants y prennent naissance, alors que la plaine est une zone de transition et d'utilisation de l'eau. Les ruissellements à caractère torrentiel, qui se produisent suite aux orages ou aux précipitations intenses, sont collectés par le réseau hydrographique du Tensift qui les évacue vers l'Océan.

I. Hydrologie des rivières

I.1. Les régimes des débits

Le débit de la rivière de Tensift et de ses affluents commence à augmenter en novembre, après le début des pluies. Le débit maximum est observé de mars jusqu'en avril où la neige commence à fondre et un débit important reste mesuré en général jusqu'au mois de mai. Le débit de ces rivières se varie d'une saison à l'autre : plus de 80% du débit total est observé de novembre à mai et il s'épuise souvent de juillet à septembre pendant la saison sèche, y compris pour la rivière de Tensift (Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA), Mars 2007)

I.2. Les crues :

Les crues des différents oueds du bassin de Tensift sont exclusivement d'origine pluviale. Elles résultent généralement de fortes averses localisées ou non dans l'espace. La physiographie des bassins versants offre un environnement propice au développement de fortes crues : l'exposition est favorable aux précipitations, les pentes sont fortes, les substratums sont peu perméables, le couvert végétal est faible et discontinu et le réseau hydrographique est bien hiérarchisé. Cette configuration morphologique contribue à amplifier les débits de pointe observés aux exutoires (Saidi et al., 2003 & 2012). Les durées des crues sont généralement de quelques heures pour les plus brèves à deux journées pour les plus longues. Le caractère le plus redoutable des crues du Haut Tensift est leur soudaineté. Plusieurs crues ont eu des temps de montée d'une à 4 heures ; d'autres des durées de 4 à 10 heures, qui est la classe la plus fréquente pour les cinq bassins versants. Ces durées sont relativement courtes et constituent un grand risque pour les riverains et les touristes, en raison de la difficulté de déclencher à temps des alertes d'évacuation. Ces derniers ont souvent été surpris par les montées rapides et soudaines des niveaux des eaux et des vitesses d'écoulement (Mohamed El Mehdi SAIDI, Oumaima BENNANI, Amal KHAFAOUI, Fatima FNIGUIRE, Abdessamad HIQUI et Zahira BELKHARCHACH, Mai 2015)

- **La crue du 17 août 1995** : est l'une des crues les plus meurtrières et dévastatrices de l'histoire moderne du Maroc. Elle fût le résultat de violents orages qui ont éclaté dans un après-midi d'été en amont des bassins versants, sur une zone restreinte comprise entre 2 000 et 3 000 m d'altitude. La crue n'a duré que 3 heures dans le bassin de l'Ourika par exemple et le temps de montée y a été particulièrement bref (à peine un quart d'heure). Le débit de pointe a atteint à Aghbalou 1030 m³ /s et les eaux mobilisées un volume de 3,3 millions de mètre cubes pendant les trois heures de crue (Mohamed El Mehdi SAIDI, Oumaima BENNANI, Amal KHAFAOUI, Fatima FNIGUIRE, Abdessamad HIQUI et Zahira BELKHARCHACH, Mai 2015).
- **La crue du 28 octobre 1999** : elle a été semblable à celle du 17 août 1995 par des débits de pointe exceptionnels. Ces débits ont atteint un record pour l'oued N'Fis à Imin El hammam avec une pointe de 1575 m³ /s et un temps de montée de 9 heures (Mohamed El Mehdi SAIDI, Oumaima BENNANI, Amal KHAFAOUI, Fatima FNIGUIRE, Abdessamad HIQUI et Zahira BELKHARCHACH, Mai 2015)

- L'évènement hydrologique exceptionnel de novembre 2014** : Du 20 au 30 novembre 2014, Le bassin de Tensift a connu une séquence pluviométrique d'une grande ampleur. Les stations ont enregistré des hauteurs de précipitations exceptionnelles par rapport aux normes habituelles. Dans le sous bassin du N'Fis par exemple, la station d'Iguir Nkouris a enregistré un cumul de 136 mm pendant les 11 jours et 121 mm au barrage Yaacoub Elmansour. Pendant la même période, Aremd, dans le haut bassin de la Gheraya, a eu 367 mm, puis 291 à Tazitounte et même 519 mm à Tourcht dans le sous bassin de l'Ourika. Rappelons que la moyenne mensuelle du mois de novembre variait dans ces stations entre 26 mm à Iguir Nkouris et 56 mm dans le bassin de l'Ourika. Suite à ces pluies abondantes, tous les cours d'eau du bassin ont réagi par de forts gonflements hydrologiques et des débits de plus en plus importants vers l'aval (Mohamed El Mehdi SAIDI, Oumaima BENNANI, Amal KHAFLOUI, Fatima FNIQUIRE, Abdessamad HIQUI et Zahira BELKHARCHACH, Mai 2015).

II. Comportement des débits à Chichaoua

On dispose des données des débits pour la station de Chichaoua de l'année 2000 à 2015.

II.1. Débit mensuel

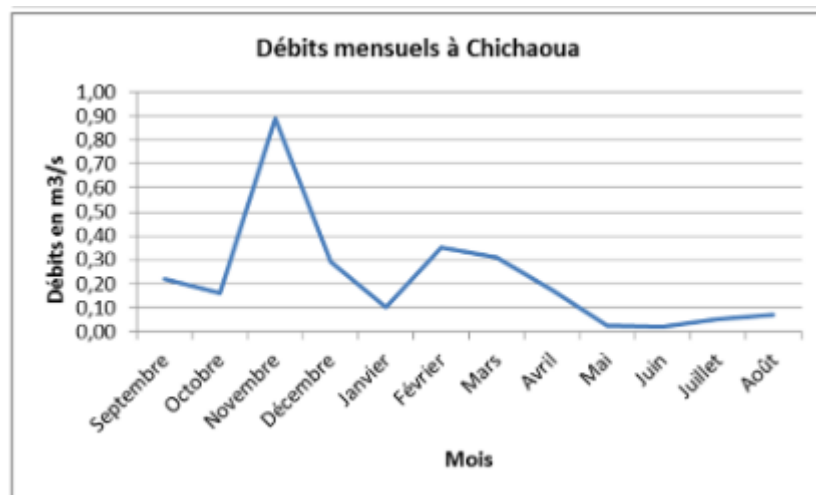


Figure 13 : Débit mensuel à Chichaoua 2000-2017 (AJDI, BOUZKIF, 2018)

D'après cette figure on remarque que le débit mensuel varie entre 0 et 0.90 m³/s, les valeurs les plus élevées sont marquées pendant les mois humides alors que les valeurs les plus faibles sont enregistrées lors des mois secs.

II.2. Débit annuel

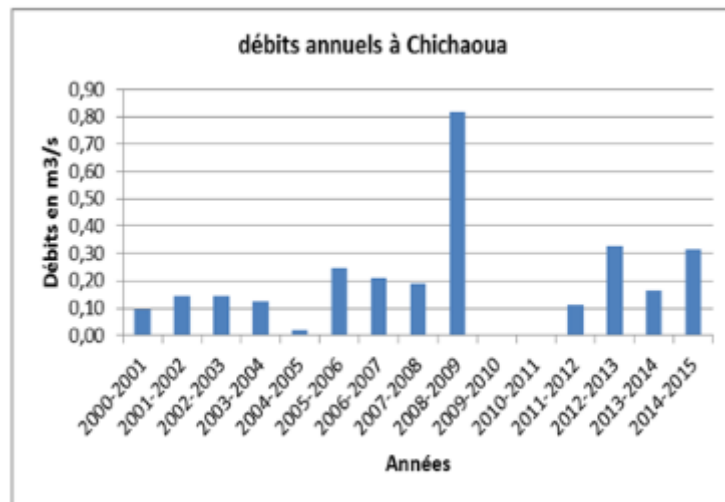


Figure 14 : Débit annuel à Chichaoua (2000-2015) (AJDI, BOUZKIF, 2018)

Cette figure montre les débits annuels à Chichaoua entre les années 2000-2015, le débit atteint son maximum avec une moyenne de 0.81 m³/s entre 2008-2009, et s'annule entre 2009-2010 et 2010-2011

III. Relation entre la pluie et le débit

III.1. Relation entre la pluie et le débit mensuels

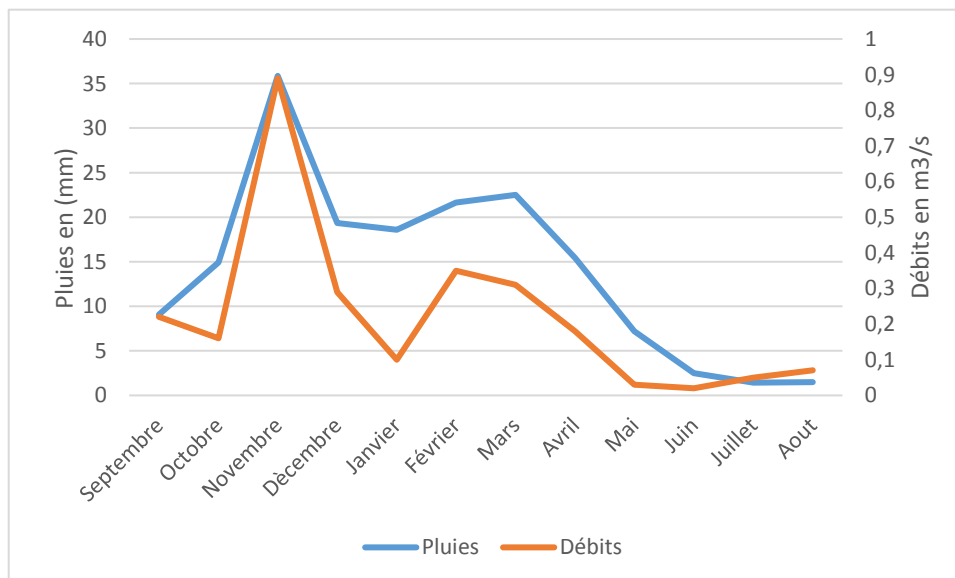


Figure 15 : Relation pluie-débit mensuels entre 2000-2017 à Chichaoua

Cette figure (15) montre que les variations mensuelles des débits suivent relativement les variations mensuelles des pluies.

III.2. Relation entre la pluie et le débit annuels

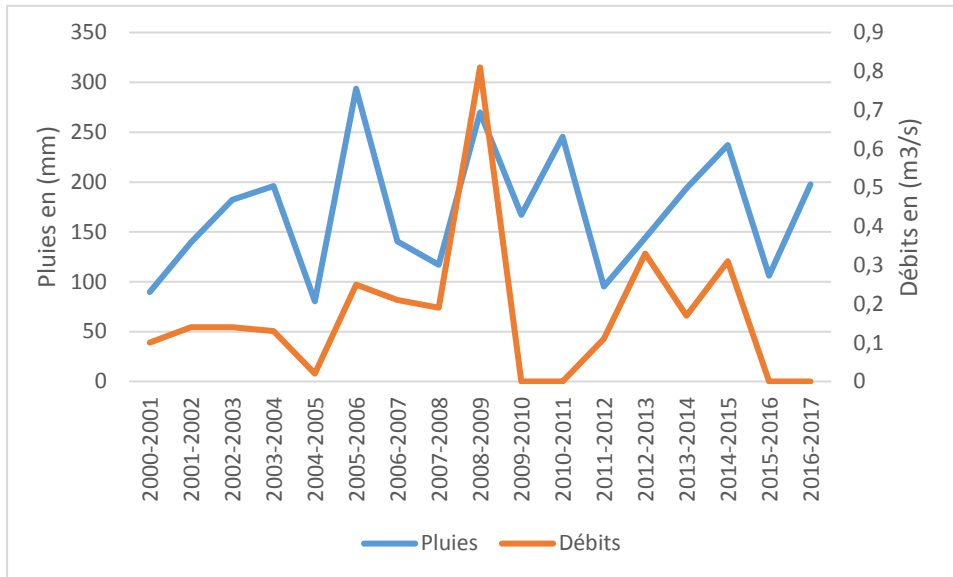


Figure 16: Relation pluie-débit entre 2000-2017 à Chichaoua

La figure ci-dessus (16) montre que les variations annuelles des débits suivent aussi relativement les variations annuelles des pluies.

Cette relativité peut être expliquée par la nature lithologique de la station de mesures qui provoque l'infiltration d'une partie des eaux des précipitations ce qui influence la variation du débit.

Chapitre III :

Etude de la nappe d'Ouled Bousbaa

INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, l'objectif est l'étude des aspects de la nappe de Ouled Bousbaa, d'une manière plus précise et plus profonde, dans son contexte géologique, géographique et climatique. Dans le cadre, d'élaboré des cartes thématiques, qui sert à mieux comprendre les aspects hydrogéologiques de la nappe tel que l'élévation, le niveau piézométrique actuelle, le facteur physique qui est la conductivité et de faire une comparaison avec les années précédentes .

I. Cadre administratif et géographique

La nappe d'Ouled Bousbaa objet de cette étude, fait partie de 33 communes de la province Chichaoua. Sur le plan administratif, cette nappe se situe dans la région de Marrakech-Safi.

Région	Province	Communes	Nappe
Marrakech-Safi	Chichaoua	CHICHAOUA, IMI N'TANOUT, ADASSIL, AFALLA ISSEN, AHDIL, AIN TAZITOUNTE, AIT HADDOU YOUSSEF, AIT HADI, ASSIF EL MAL, BOUABOUT, BOUABOUT AMDLANE, DOUIRANE, GMASSA, ICHAMRAREN, IMINDOUNIT, IROHALEN, KOUZEMT, LALLA AAZIZA, LAMZOUNDIA, MAJJAT, M'ZOUNDA, NFIFA, OUED L'BOUR, OULAD MOUMNA, RAHHALA, SAIDATE, SID L'MOKHTAR, SIDI ABDELMOUMEN, SIDI BOUZID ARRAGRAGUI, SIDI GHANEM, SIDI M'HAMED DALIL, TAOULOUKOULT, TIMEZGADIOUINE, TIMLILT, ZAOUIA ANNAHLIA	Ouled Bousbaa

Tableau 3 : Cadre administratif (MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DU TRANSPORT DE LA LOGISTIQUE ET DE L'EAU, 2021)

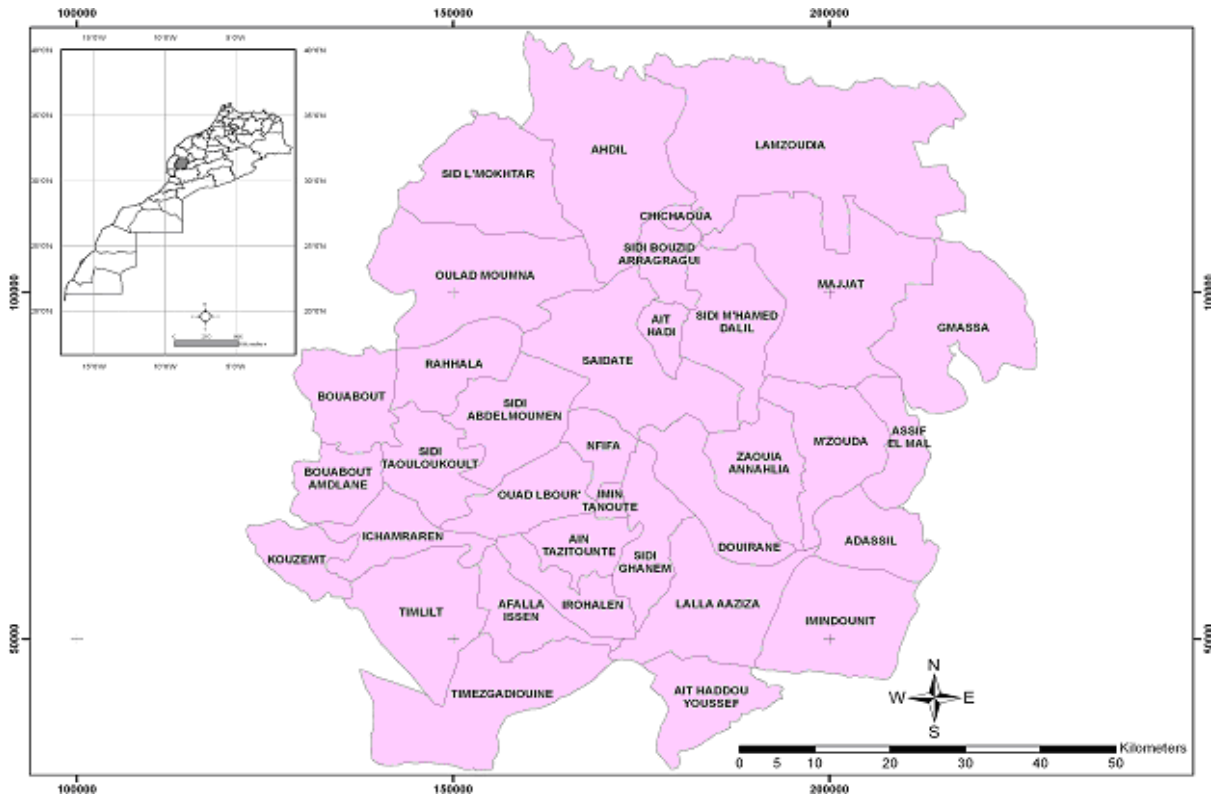
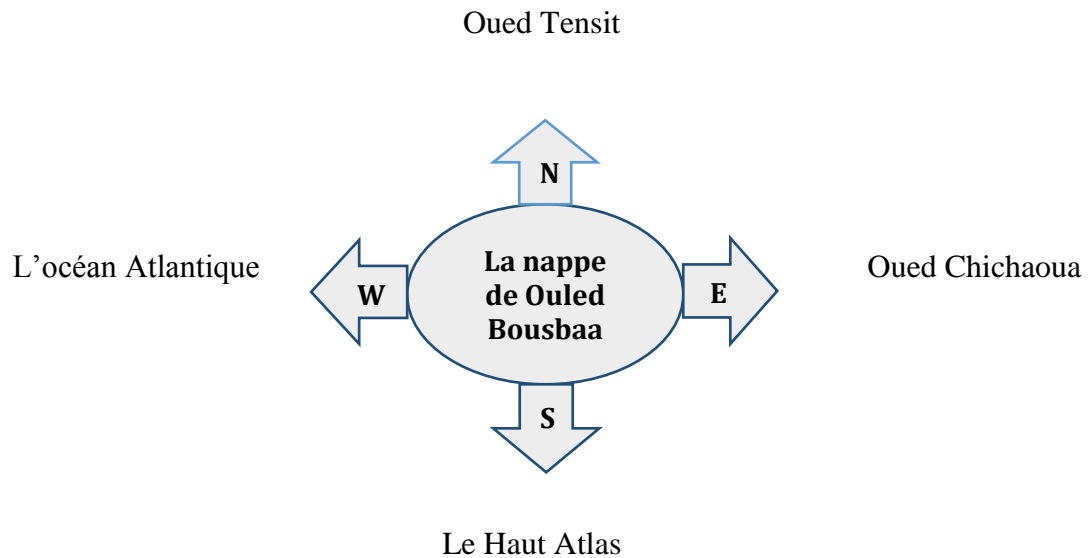


Figure 17 : Découpage administratif (MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DU TRANSPORT DE LA LOGISTIQUE ET DE L'EAU, 2021)

L'aire de l'étude est délimitée par les coordonnées Lambert conforme conique (Maroc zone 1) suivantes :

$$X \in [135000,180000] \text{ et } Y \in [70\ 000,120000].$$

La délimitation de la nappe de Bousbaa se fait comme suite :



II. Contexte climatique de la zone d'étude

La nappe d'Ouled Bousbaa contient plusieurs stations climatologiques, on va s'intéresser à la station de Chichaoua. Les données présentes couvrent une période de 10ans allant de 2010 jusqu'à 2020. Pour avoir une idée claire sur le contexte climatique dans notre zone d'étude.

II.1. Pluviométrie

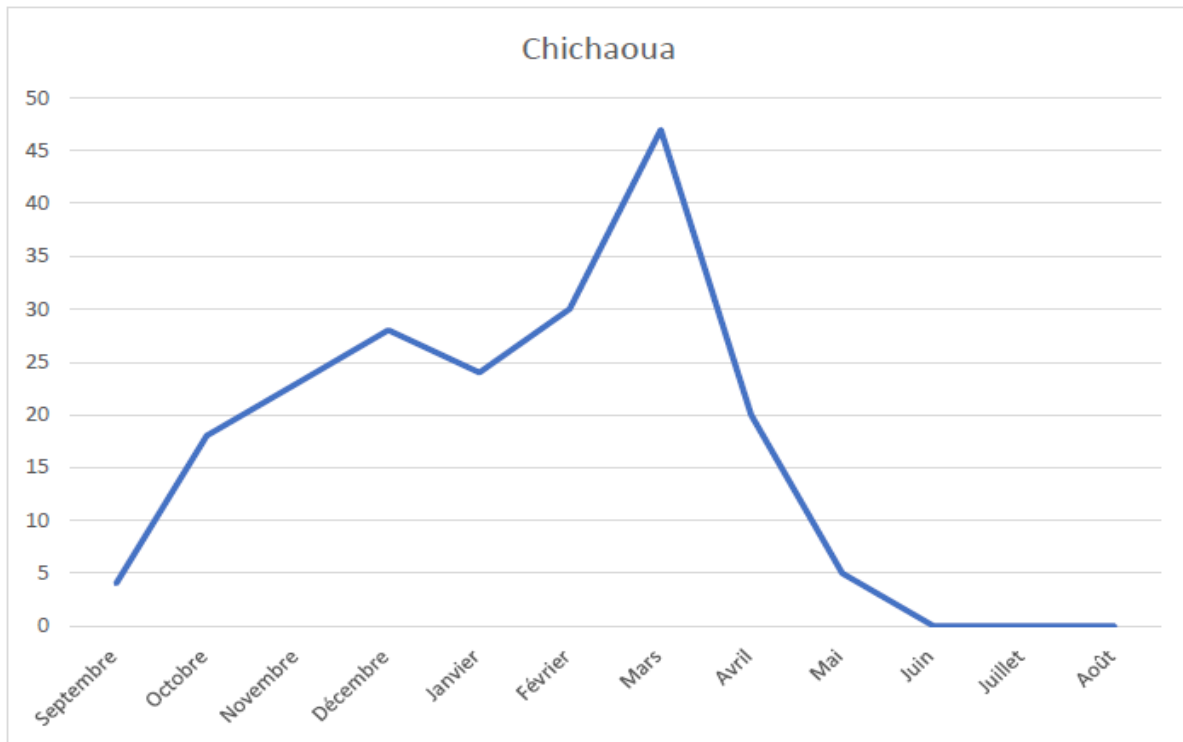


Figure 18 : Variation de la pluviométrie moyenne mensuelle (mm) de 1990-2010 à Chichaoua (ELMOURTAJI. C, 2020)

D'après cette courbe, on distingue deux périodes :

- Une période humide qui s'étend depuis le mois Novembre jusqu'au mois Avril avec des précipitations supérieures à **20 mm** et ne dépassent pas les **50 mm**.
- Une période sèche depuis Mai jusqu'au mois d'Octobre avec de hauteurs inférieures à **20 mm**.
 - Le mois le plus humide est le mois de Mars avec une hauteur de **47 mm**.

Les mois les plus arrosés sont ceux de Juin, Juillet et Août avec **0 mm** de précipitation

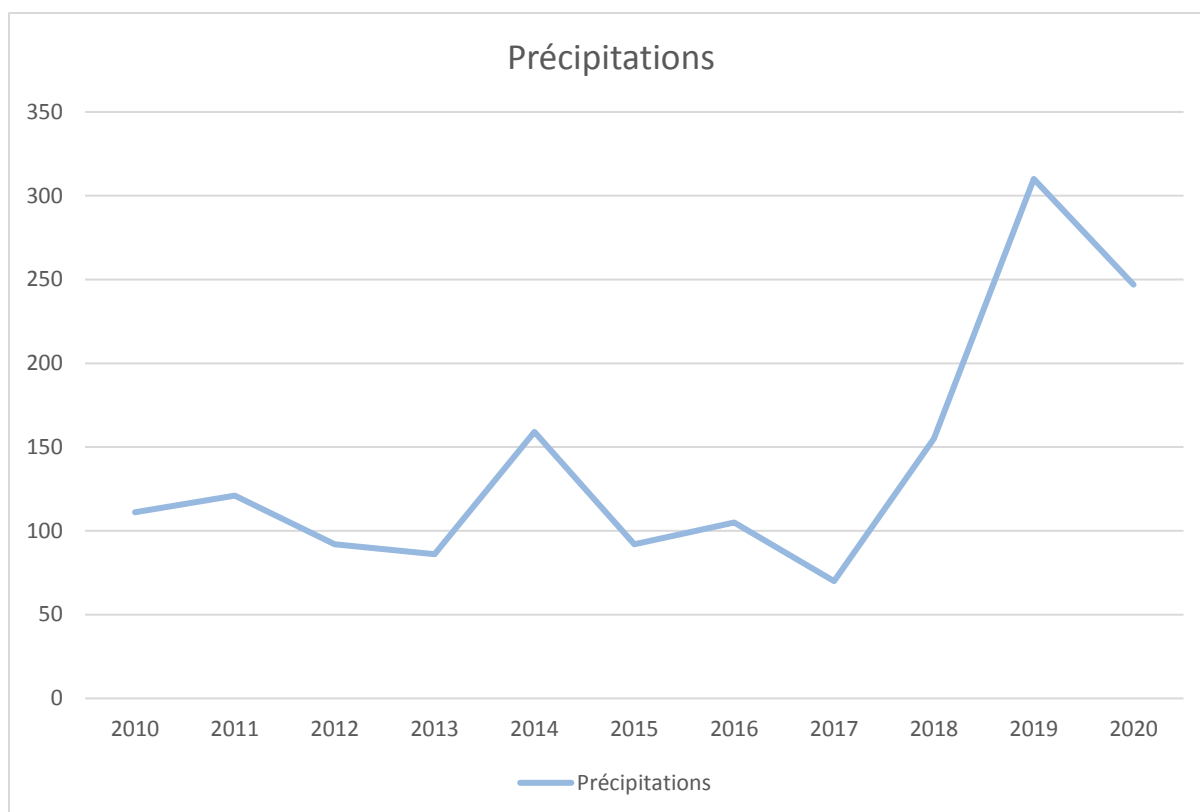


Figure 19 : Variation de la pluviométrie moyenne annuelle (mm) de 2010 à 2020 à Chichaoua (Historique-Météo,2021)

La pluviométrie au niveau du bassin de Chichaoua est instable durant la période de notre étude. Elle est généralement très basse et ne dépasse pas les 350 mm.

D'après les résultats obtenus, on peut dire que les années 2013 et 2017 ont connu une sécheresse remarquable qui atteint 90 mm et 70 mm respectivement, contrairement aux années 2018 à 2020 ont connu une période relativement humide avec un record de 310 mm en 2019 mais toujours ne dépasse pas les 350 mm.

- **Bilan hydrique de la nappe**

Nappe	Apports [Mm3]	Sorties [Mm3]	Bilan de nappe [Mm3]	Ressources en eau mobilisables [Mm3]
Ouled Bousbaa	56	52.80	3.20	46.50

Tableau 4 : Bilan hydrique de la nappe d'Ouled Bousbaa (AJDI. BOUZKIF, 2018, ABHT)

II.2. Température

Pour avoir une synchronisation entre nos résultats de pluviométrie et de la température, on va aussi se basé sur les données de 2010 à 2020

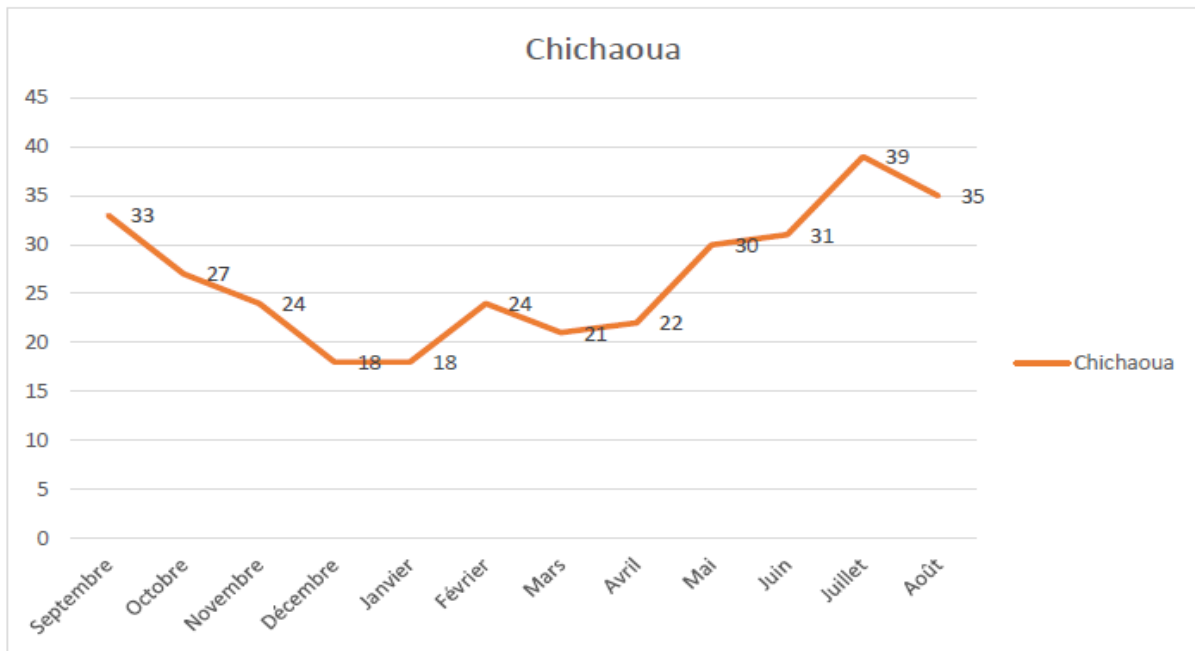


Figure 20 : Variation de la température moyenne mensuelle (C°) en 2020 à Chichaoua (Historique-Météo,2021)

La température moyenne mensuelle (figure 20) varie selon les saisons. Elle est élevée en été avec un maximum de 39 C° enregistré en juillet et faible en hiver avec un minimum de 18 C° enregistré dans les deux mois de Décembre et Janvier.

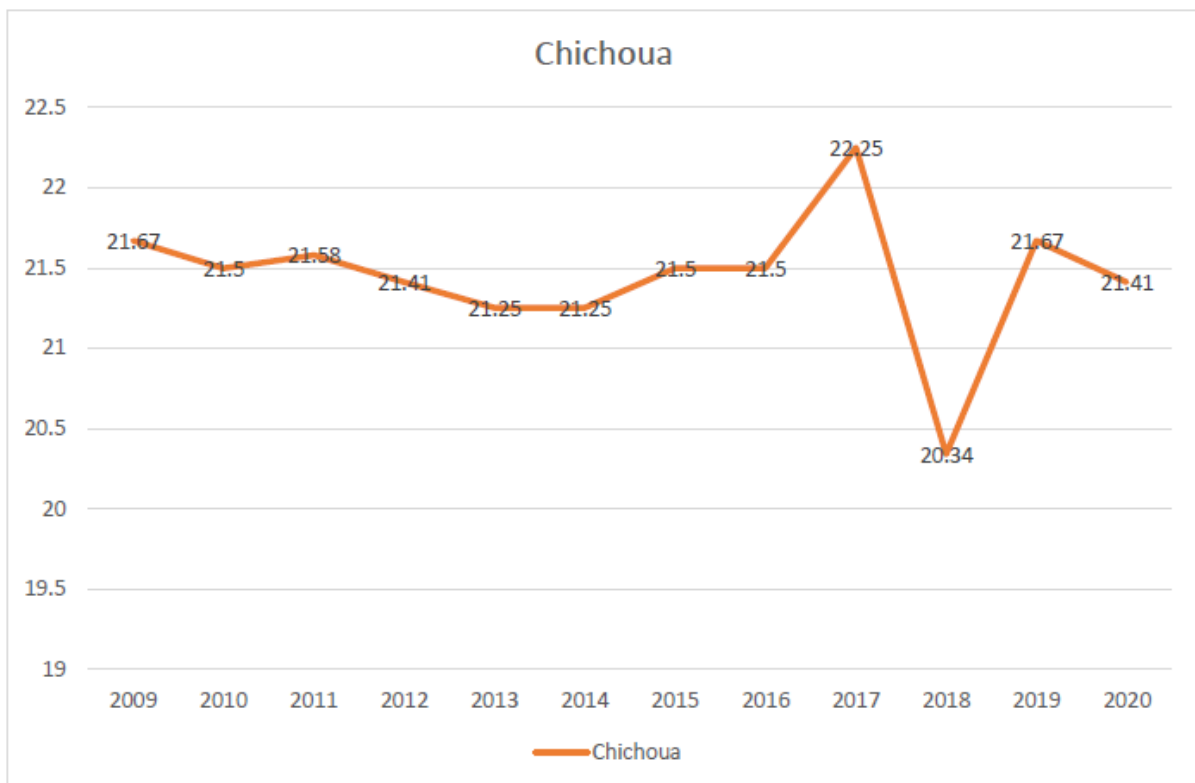


Figure 21 : Variation de la température moyenne annuelle (C°) de 2009 à 2020 à Chichaoua (Historique-Météo,2021)

L'intervalle de variation de la température (figure 21), entre 2009 jusqu'à 2016, est presque stable avec une remarquable augmentation de température de 21,5 C° en 2016 à 22,25 C° en 2017 puis une chute de température jusqu'à 20,34 C° en 2018 et puis la température revient à son état normal.

III. Contexte géologique

III.1. Socle

La nappe d'Ouled Bousbaa est caractérisée par un socle paléozoïque enfoncé sous des formations mésozoïques.

III.2. Couverture

Les formations Secondaires et Tertiaires sont celles qui dominent la couverture de la nappe de Ouled Bousbaa avec des formations Jurassico-Cretacé qui affleurent dans la partie apicale et Néogène (miocène ou pliocène) et Quaternaires au centre et une formation Jurassique à proximité de l'oued Tensift.

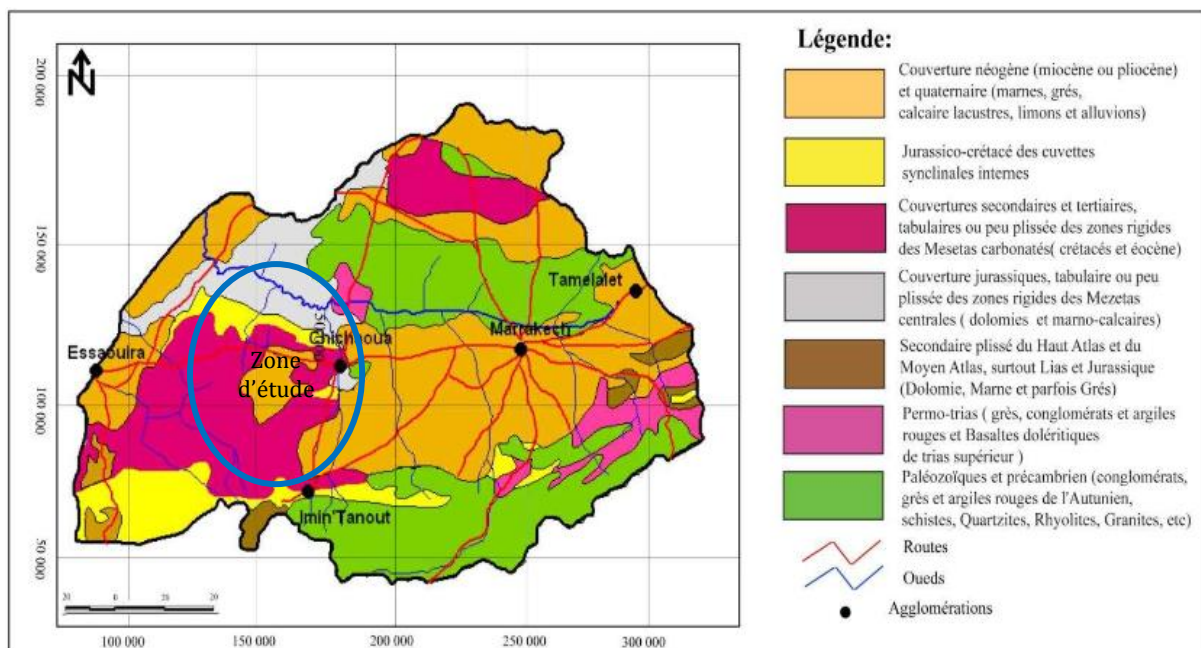


Figure 22 : Carte géologique de la zone d'étude (SMAIJ Zakaria,2011)

III.3. Système aquifère de la plaine de Chichaoua

Le tableau suivant récapitule les différentes caractéristiques de la nappe d'Ouled Bousbaa

Paramètres	Nappe d'Ouled Bousbaa
Extension	642 Km ²
Lithologie	Complexe aquifère multicouche constitué de : -La nappe phréatique des calcaires blancs du luthétien, limité par les marnes vertes de Coniacien -L'aquifère profond des calcaires turonien limités par les marnes grises du Cénomanién -L'aquifère profond des calcaires du Vraconien limitée par les marnes vertes de l'Alpién.
Transmissivité/ Productivité	Relativement faible du fait de la réduction des niveaux perméables (par rapport aux zones d'Oulad Bousbaa situées à l'ouest du sous-bassin de Chichaoua).
Nombre de points d'eau inventoriés (IRE)	720 (cadastre points d'eau jusqu'à 2005)
Réseau de suivi piézométrique	2 piézomètres (depuis 2006)

Tableau 5 : Système aquifère de la plaine de Chichaoua (AHT-RESING, 2015)

IV. Traitement des cartes topographiques de la zone

Le traitement de la nappe Ouled Bousbaa nécessite la saisie des différentes données de sondages, des forages, de piézomètres et de puits, dans le but de créer une base de données, nous permettant ainsi le traitement des données relatifs à cette nappe dans différents logiciels, notamment : Arc Gis et Global Mapper.

Pour la délimitation de la zone correspondante à la nappe de Ouled Bousbaa, on s'est basé sur une seule source des données topographiques celle des cartes topographiques au 1/50 000 appartiennent au bassin de Tensift.

IV .1. Découpage de la zone d'étude

Le découpage de la zone d'étude et le nombre de forage sont représenté par le tableau 5 :

Cartes	Titre	Nombres de forages
1	Talmest	0
2	El Arba de Sidi eL Aroussi	0
3	Telata d'Irhoud	2
4	Sidi Chiker	0
5	Tlat el Hanchan	0
6	Sidi Mokhtar	26
7	Chichaoua	44
8	Ain Bieda	0
9	El Khemis des Meskala	0
10	Bouabout	44
11	Zaouïa Sidi Abd El Moumene	51
12	Souq el had Mejjat	0
13	Aît Daoud	1
14	Ichemrarn	40
15	Imi N'tanout	0
16	Addouz	3

Tableau 6 : Découpage de la zone d'étude et le nombre de forage (ABHT,2021)

IV. 2. Utilisation du logiciel Global Mapper

On utilise le logiciel GM pour rassembler nos cartes topographiques. Il faut tout d'abord géo-référencer les 16 cartes pour que chacune d'elles se met automatiquement à sa place dans l'espace. A la fin on obtient une seule carte dont tous les cartes sont fusionnées.

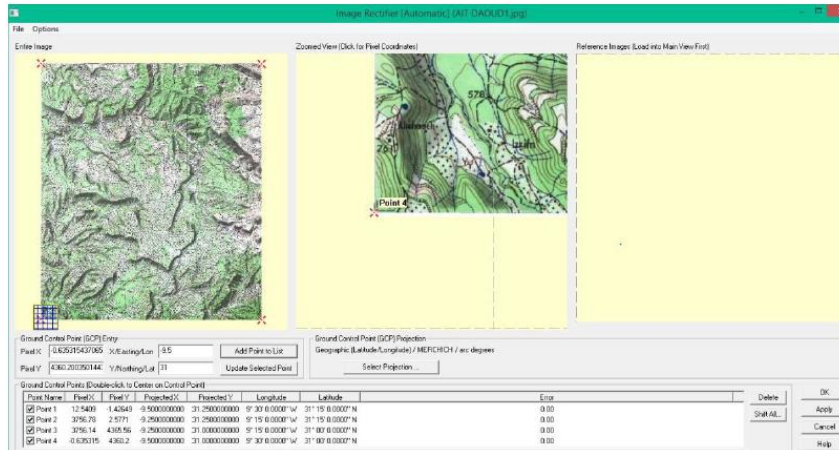


Figure 23 : Exemple du géo-référencement de la carte d'Ait Daoud par le logiciel GM

La figure suivante représente l'assemblage des 16 cartes de la zone d'étude :

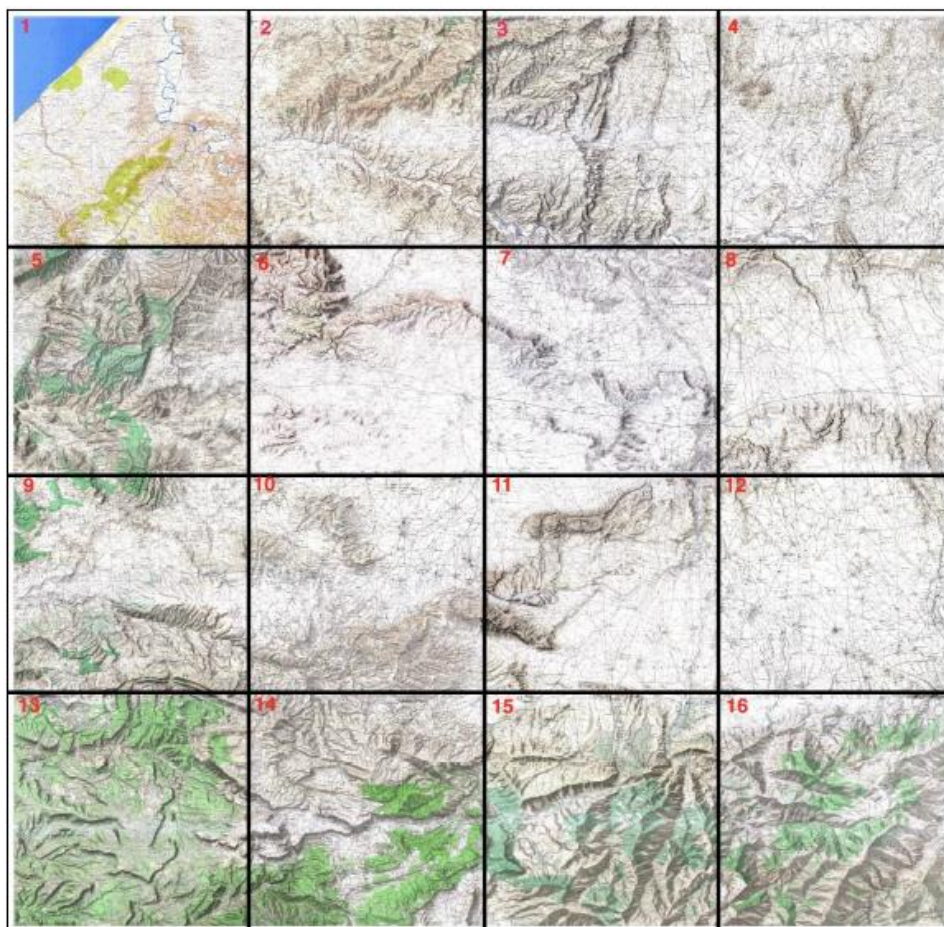


Figure 24 : Assemblage de 16 cartes topographiques par le logiciel GM

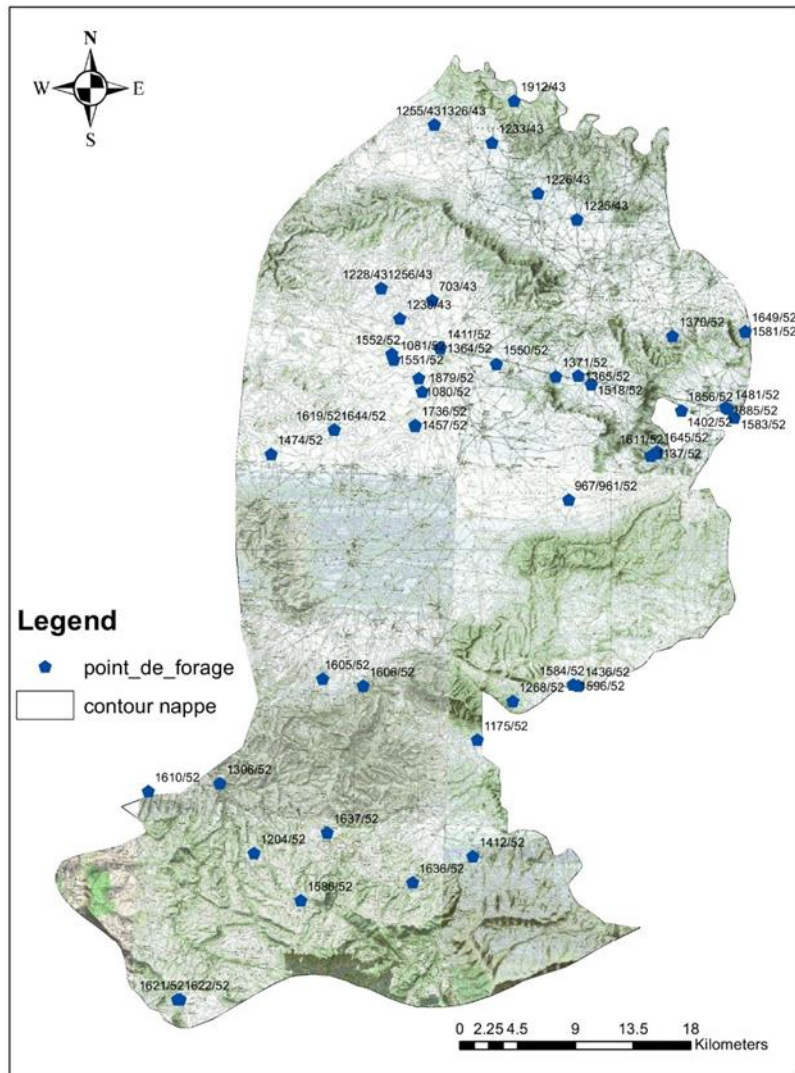


Figure 25 : Carte topographique de la nappe d'Ouled Bousbaa

V. Création d'une base de données

Après avoir reconnu et délimité la zone d'étude qui correspond parfaitement à la nappe de Ouled Bousbaa, on a eu recours à ArcGIS, afin de créer une géo-data base où on va incorporer tout fichier et toute donnée dont on aura besoin pour les analyses.

La base de données géographiques permettra évidemment de faciliter les tâches aux gestionnaires et décideurs pour la prise de décision et aussi pour mieux gérer et contrôler les ressources en eau de la nappe.

Pour ce faire, l'élaboration de la base de données est réalisée en différents étapes consistant en :

- Acquisition des données.
- Définition d'un système de coordonnées de références spatiales.

Mise en place d'un format de gestion des données sous ArcCatalog.

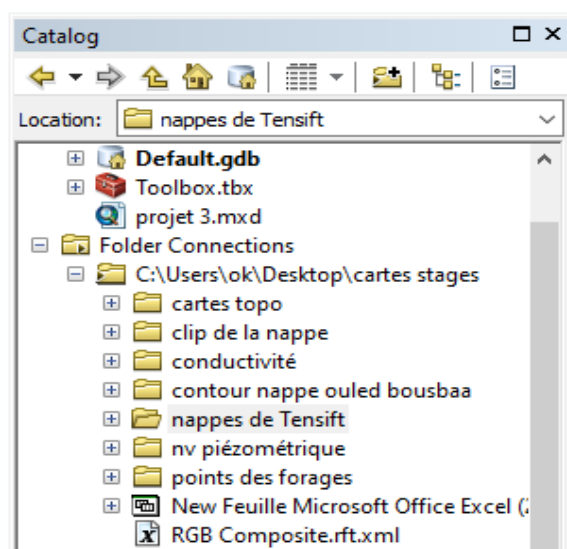


Figure 26 : Géodatabase sur ArcGIS

VI. Données de sondages

Les forages, les piézomètres et les puits réalisées au niveau de la nappe sont archivés dans des fiches portant un code unique référant à un unique forage ou piézomètre. Ces fiches comportent des données sur la date de réalisation, les coordonnées, l'altitude, la profondeur, le niveau d'eau, la conductivité et bien d'autre données allant jusqu'à la coupe lithologique. L'inventaire de ces données a été fait à travers ces fiches qui sont au nombre de 211 fiches.

Name	Easting	Northing	Elevation	Collar Elevation	Total Depth	Conductivité	Profondeur d'eau	Niveau piézométrique
1581/52	180500.00	117000.00	320.00	0.50	146.00	2400	42.15	277.85
1649/52	180500.00	117010.00	320.00	0.50	105.50	2300	32.60	287.40
1475/52	180500.00	110650.00	345.00	0.00	100.00	2300	22.00	323.00
1472/52	180500.00	110650.00	345.00	0.00	100.00	2300	22.40	322.60
1568/52	179400.00	107650.00	322.00	0.30	190.00	1700	35.40	286.60
1568/52	179400.00	107650.00	322.00	0.30	190.00	1900	38.60	283.40
1886/52	179000.00	106500.00	414.00	0.00	106.00	2600	40.00	374.00
1583/52	179650.00	110300.00	360.00	0.50	100.00	2000	20.65	339.35
1402/52	179150.00	111000.00	351.00	0.00	126.00	1130	10	341.00
1885/52	179000.00	111100.00	352.00	0.00	115.00	2000	25	327.00
1137/52	173150.00	107300.00	410.00	0.00	132.00	4220	40	370.00
1481/52	179153.00	111000.00	351.00	0.00	116.00	2200	12.3	338.70
967/961/52	166750.00	103900.00	443.00	0.50	100.00	2710	11.64	431.36
1856/52	175550.00	110850.00	375.00	0.50	180.00	2980	44.9	330.10
1370/52	174850.00	116650.00	335.00	0.00	141.00	4400	29.7	305.30
1611/52	173650.00	107500.00	400.00	0.50	175.00	3100	46.5	353.50
1645/52	173650.00	107650.00	400.00	0.50	120.00	3000	81	319.00
1518/52	168500.00	112900.00	366.00	0.00	209.00	3000	32.25	333.75
1365/52	167500.00	113550.00	384.00	0.00	150.00	2800	52.4	331.60
1371/52	165750.00	113500.00	384.00	0.00	150.00	2600	49.6	334.40
1550/52	161150.00	114450.00	405.00	0.50	135.00	2800	51.00	354.00
1364/52	156750.00	115750.00	385.00	0.00	128.00	1900	48.80	336.20
1411/52	156750.00	115700.00	385.00	0.00	128.00	1600	50.46	334.54
1080/52	155100.00	113350.00	393.00	0.00	75.00	1480	21.30	371.70
1879/52	155350.00	112300.00	405.00	0.50	102.00	3450	36.85	368.15
1457/52	154800.00	109650.00	418.00	0.00	180.00	1280	16.90	401.10
1736/52	154800.00	109700.00	415.00	0.50	140.00	1800	3	412.00

1551/52	153000.00	115250.00	380.00	0.50	156.00	1400	43.50	336.50
1552/52	153000.00	115250.00	380.00	0.80	156.00	1200	43.50	336.50
1081/52	153150.00	114800.00	381.00	0.00	72.00	1430	10.90	370.10
1619/52	148500.00	109350.00	445.00	0.50	120.00	1660	16.25	428.75
1644/52	148500.00	109340.00	445.00	0.50	103.00	3000	17.50	427.50
1474/52	143600.00	107450.00	443.00	0.00	190.00	1300	43.60	399.40
1517/52	139600.00	117300.00	380.00	0.40	164.00	1600	54.10	325.90
1517/52	139600.00	117300.00	380.00	0.40	164.00	1600	53.35	326.65
1718/52	135960.00	117100.00	460.00	0.50	135.00	1870	58.00	402.00
1358/52	135950.00	117100.00	460.00	0.60	108.00	1970	47.60	412.40
1232/43	176300.00	125400.00	226.00	0.00	100.00	4200	23.70	202.30
1225/43	167400.00	125700.00	244.00	0.00	201.00	3300	63.60	180.40
1226/43	164400.00	127750.00	255.00	0.00	132.00	3200	41.50	213.50
1233/43	160800.00	131700.00	229.00	0.00	152.00	4360	58.30	170.70
1255/43	156300.00	133100.00	200.00	0.00	120.00	3260	32.00	168.00
1326/43	156300.00	133100.00	200.00	0.00	130.00	1710	32.08	167.92
703/43	156150.00	119420.00	405.00	0.00	114.5	1480	70.60	334.40
1230/43	153600.00	118000.00	390.00	0.00	123.00	2300	42.00	348.00
1228/43	152150.00	120350.00	400.00	0.00	135.00	1980	57.00	343.00
1256/43	152150.00	120350.00	400.00	0.00	135.00	1980	58.45	341.55
1236/43	149000.00	132100.00	218.00	0.00	105.00	2970	62.4	155.60
1276/43	142900.00	124900.00	280.00	0.00	156.00	1410	25.70	254.30
1400/43	140750.00	117550.00	375.00	0.50	130.00	2500	40.00	335.00
1595/52	114400.00	85100.00	720		210	1600	71.6	648.40
1596/52	167100.00	89500.00	620		164.5	2300	54.36	565.64
1584/52	167100.00	89500.00	620		165.5	2300	31.45	588.55
1586/52	145900.00	72700.00	1360		160		76	1284.00
1605/52	147600.00	89950.00	690		156	1600	38.35	651.65
1621/52	136500.00	65000.00	1310		170			1310.00
1622/52	136300.00	65000.00	1320		174			1320.00
1637/52	147950.00	78000.00	1040		162.5	2200	78.8	961.20
1176/52	162700.00	81000.00	690		182	2720	30.15	659.85
1175/52	159650.00	85200.00	722		97	1000	41.81	680.19
1606/52	150750.00	89400.00	685		162	2400	76	609.00
1636/52	154600.00	74100.00	960		150.5	2000	48.5	911.50
1610/52	134000.00	81200.00	830		151.5	3000	20.8	809.20
1268/52	162400.00	88200.00	720		300		88.4	631.60
1204/52	142250.00	76372.00	1028		1204		80.6	947.40
1412/52	159300.00	76150.00	790		104		39.6	750.40
1459/52	140470.00	84650.00	890		60	2940	3.5	886.50
1436/52	167500.00	89400.00	610		226			610.00
1306/52	139600.00	81810.00	830		131		11.8	818.20
1305/52	162700.00	81000.00	690		174.5		34.4	655.60
1494/52	140150.00	62400.00	1198		46	1000	27	1171.00
1512/52	164550.00	65100.00	1111		90	1100	52	1059.00
1912/43	162518.00	134965.00	174		156	3000	40	134.00
1338/43	145900.00	139000.00	205		112	2200	56	149.00

Tableau 7 : Caractéristiques des sondages (ABHT,2021)

VII. Elaboration des cartes par ArcGIS

VII.1. Carte d'élévation du terrain

A l'aide d'un modèle numérique de terrain (MNT), SMRT 30m, on a pu réaliser une carte d'élévation de notre zone d'étude comme la montre la figure suivante :

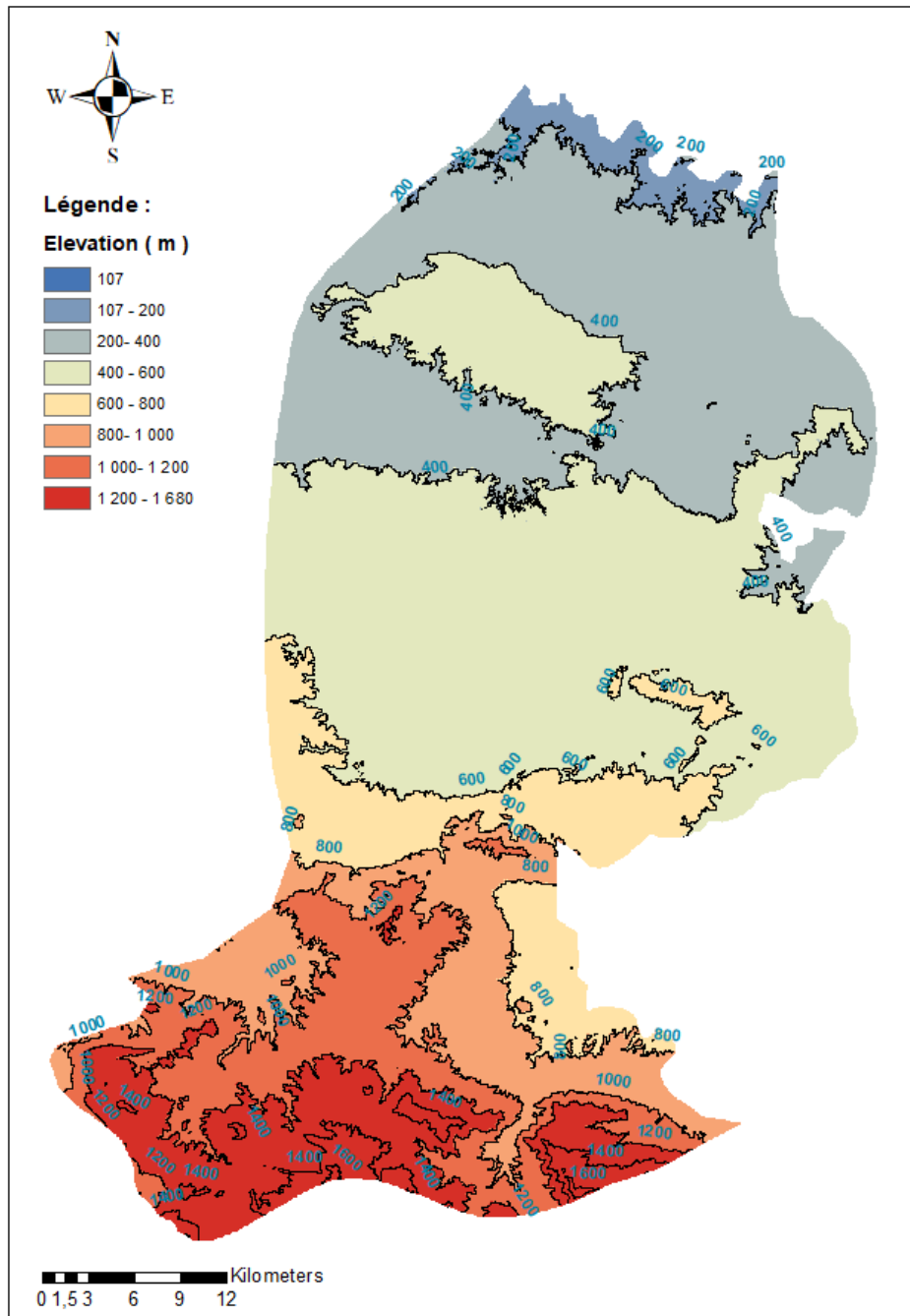


Figure 27 : Carte d'élévation de la nappe d'Ouled Bousbaa

La topographie générale du terrain est bien représentée sur la carte ci-dessus, le terrain est marqué par des points culminants dans la partie Sud, en avançant vers le Nord, les altitudes commencent à diminuer.

VII.2. Niveau piézométrique

A. Carte piézométrique de la nappe

A l'aide des points de forages réalisés dans la zone d'étude, on a pu réaliser une carte piézométrique de la nappe d'Ouled Bousbaa.

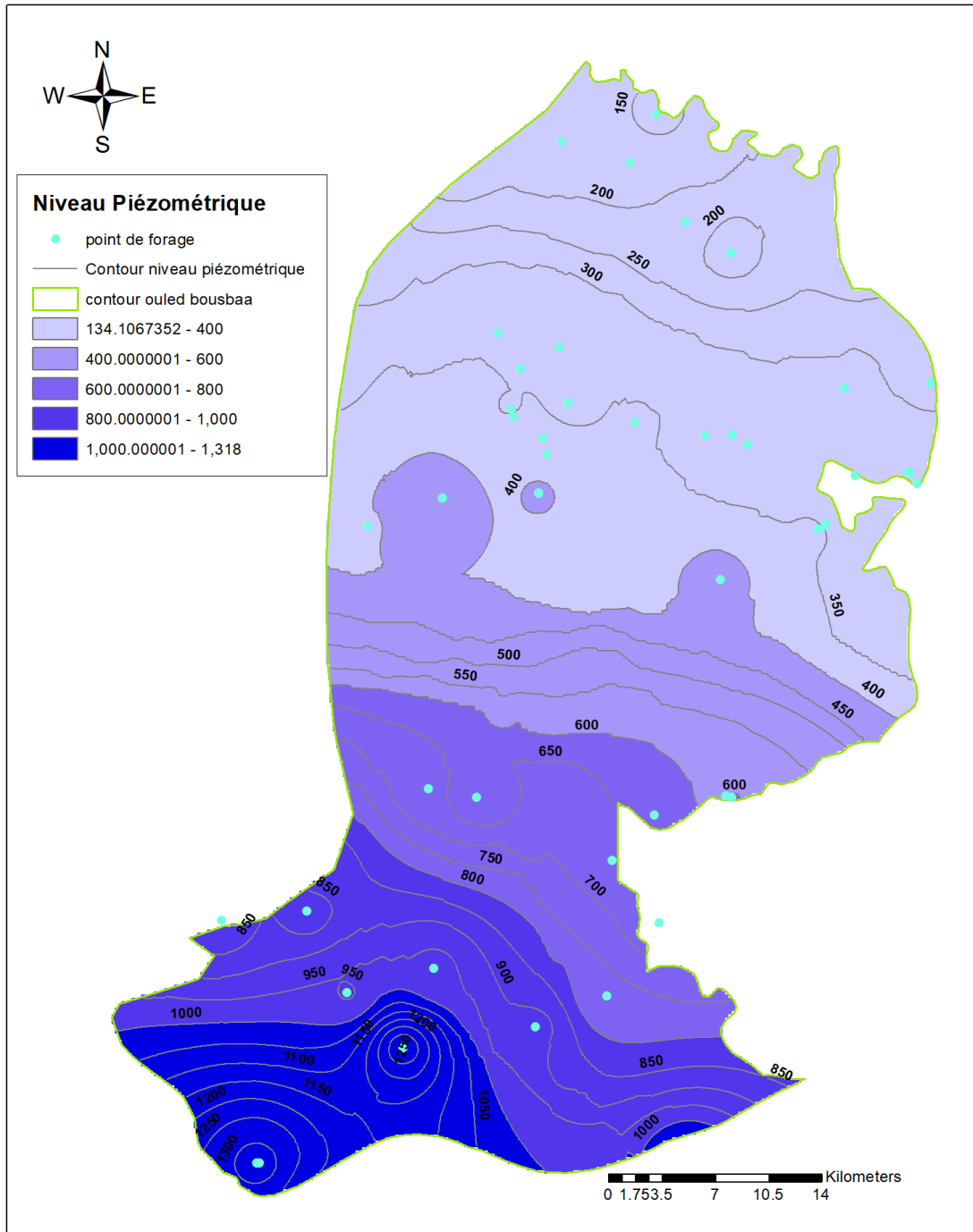


Figure 28 : Carte piézométrique de la nappe d'Ouled Bousbaa

D'après la carte ci-dessus, on peut dire que le sens d'écoulement général dans la nappe de Ouled Bousbaa est du Sud-Ouest vers le Nord –Est

B. Evolution du niveau piézométrique durant 6 mois

Dénomination	N° IRE	NP (m) Octobre 2020	NP (m) Avril 2021
Sidi Mokhtar 2	1602/52	96	93.43
Dr laadilat	1902/43	63.26	63.6
Sidi Mokhtar Sidi Boujema	2094/52	23.91	24.66
Sidi Mokhtar Sidi Mohamed	2095/52	31.77	32.8
Oulad Bou Sbaa	2096/52	68.1	68.36
Sidi Mokhtar ouled Azouz	2097/52	69.47	68.13
Sidi Mokhtar	2221/52	94.36	93.26
Ahdil remplace 1603/52	2223/52	73.1	70.85
Aghdirmnane	2705/52	121.6	121.40
Alibouaha	2713/52	70.05	69.98
Bouabout	2715/52	47.4	43.32
Sidi Abdelmoumen	2716/52	32	31.74
Touijrat	2718/52	75.65	73.15
Chichaoua	2721/53	44.83	44.45
Rahala	2722/53	111.15	113.08
AHDIL 2	2723/53	62.53	61.87
Oulad moumna	2741/52	65.1	66.23
oulad El Ayachi	2742/52	27.22	27.45
Saidate	2834/52	64.35	60.92

Tableau 8 : Caractéristiques générales des points de suivi au niveau de la nappe d'Ouled Bousbaa (Octobre 2020, Avril 2021) (Source : ABHT)

Ces mesures disponibles des années 2020 et 2021 pour quelques piézomètres repartis sur la zone d'étude montrent que généralement le niveau piézométrique de la nappe a eu tendance à baisser. Cependant cette baisse est relativement faible pour le piézomètre 2716/52 (de l'ordre de 24 cm) alors qu'elle est plus élevée pour le piézomètre 2834/52 (de l'ordre de 4 m). Cette différence de degré de rabattement du niveau piézométrique d'un piézomètre à l'autre peut être expliquée par plusieurs facteurs, notamment le pompage excessif à proximité du point de suivi, le degré de rechargeabilité de la nappe dans la zone de mesure par les précipitations.

C. Evolution du niveau piézométrique entre 2006 et 2015

Nappe	Piézomètre	Baisse entre 2006-2015 (m)	Baisse annuelle sur la période (m/an)
Ouled Bousbaa	1885/52	7	1.75
	2096/52	12	0.69
Moyenne		9.5	1.22

Tableau 9 : Evolution du niveau piézométrique de la nappe d'Ouled Bousbaa entre 2006-2015 (AHT GROUP AG-RESING, 2016)

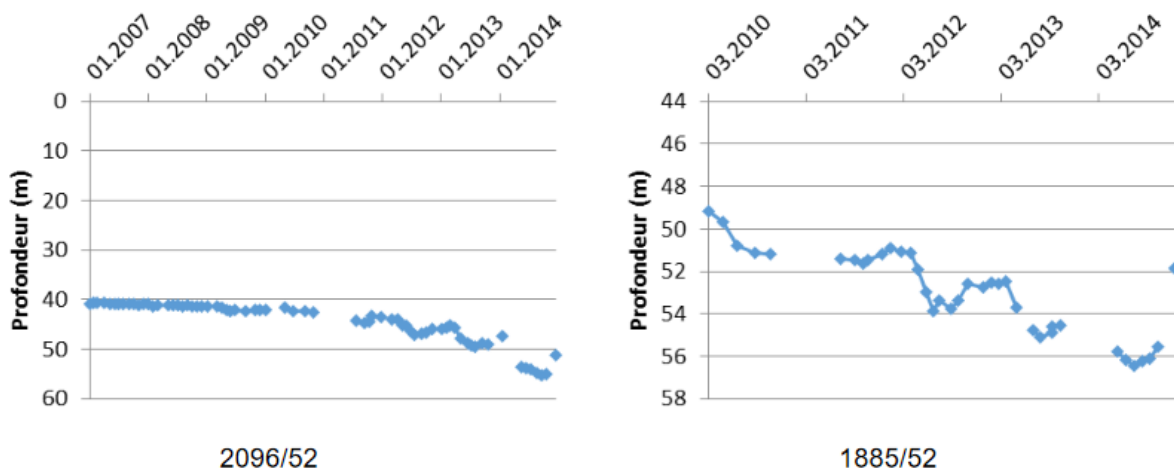


Figure 29 : Evolution des profondeurs du niveau de la nappe dans le sous-bassin de Chichaoua (nappe d'Oulad Bousbaa), Source : ABHT

D'après la figure (29) on remarque que le niveau piézométrique est en diminution continue pour les deux piézomètres, cette baisse peut être expliquée par la consommation et le pompage excessif de la nappe phréatique qui est liée aussi à la croissance démographique dans la région.

D. Relation entre la pluviométrie et le niveau piézométrique

La figure 30 montre l'influence de la pluviométrie sur les fluctuations de la nappe phréatique, et aussi le rôle important des pluies dans les mois humides par la compensation hydrique et la recharge de la nappe. L'effet des mois sèches se voit clairement sur l'enregistrement de la courbe par un rabattement qui concerne généralement les mois de mai jusqu'à septembre où les précipitations sont presque nulles et le pompage est au maximum.

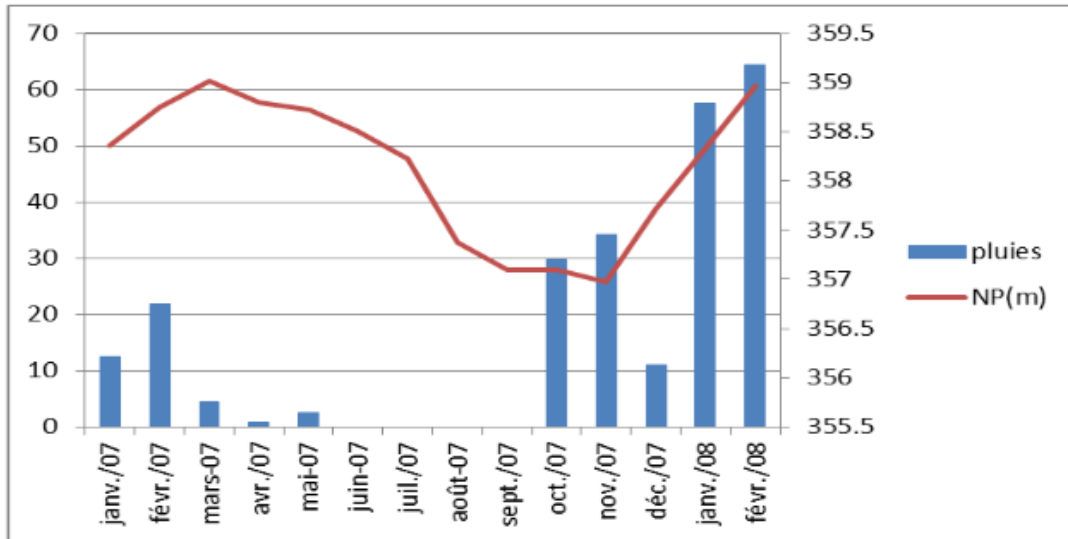


Figure 30 : Corrélation entre les variations pluviométriques (Chichaoua) et les fluctuations piézométriques (Sidi Bouzid Chichaoua) (Bencheikh-Benacha, 2018)

VII.3. Carte de conductivité

Afin de représenter la variation de la conductivité de la nappe de Ouled Bousbaa, on a utilisé le logiciel ArcGIS qui nous offrent une interpolation (IDW) entre les différentes mesures importées du fichier Excel qui englobe l'ensemble des mesures saisies à partir des fiches de sondage.

Cette carte de conductivité (figure 31) nous permet d'avoir une idée sur le taux de minéralisation de l'eau par la relation suivante : **Min.totale= 0,7. K**. Autrement dit, elle sert à déterminer la qualité d'eau dans la nappe.

Suivant les normes Marocaines relatives à la qualité des eaux d'alimentation humaine, on a classé les résultats en 5 classes :

- **Très faible** : entre 0,218 - 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- **Faible** : entre 700 – 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- **Moyenne** : entre 1400 - 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- **Elevée** : entre 2100 - 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- **Très élevée** : entre 2800 - 4395 $\mu\text{S}/\text{cm}$

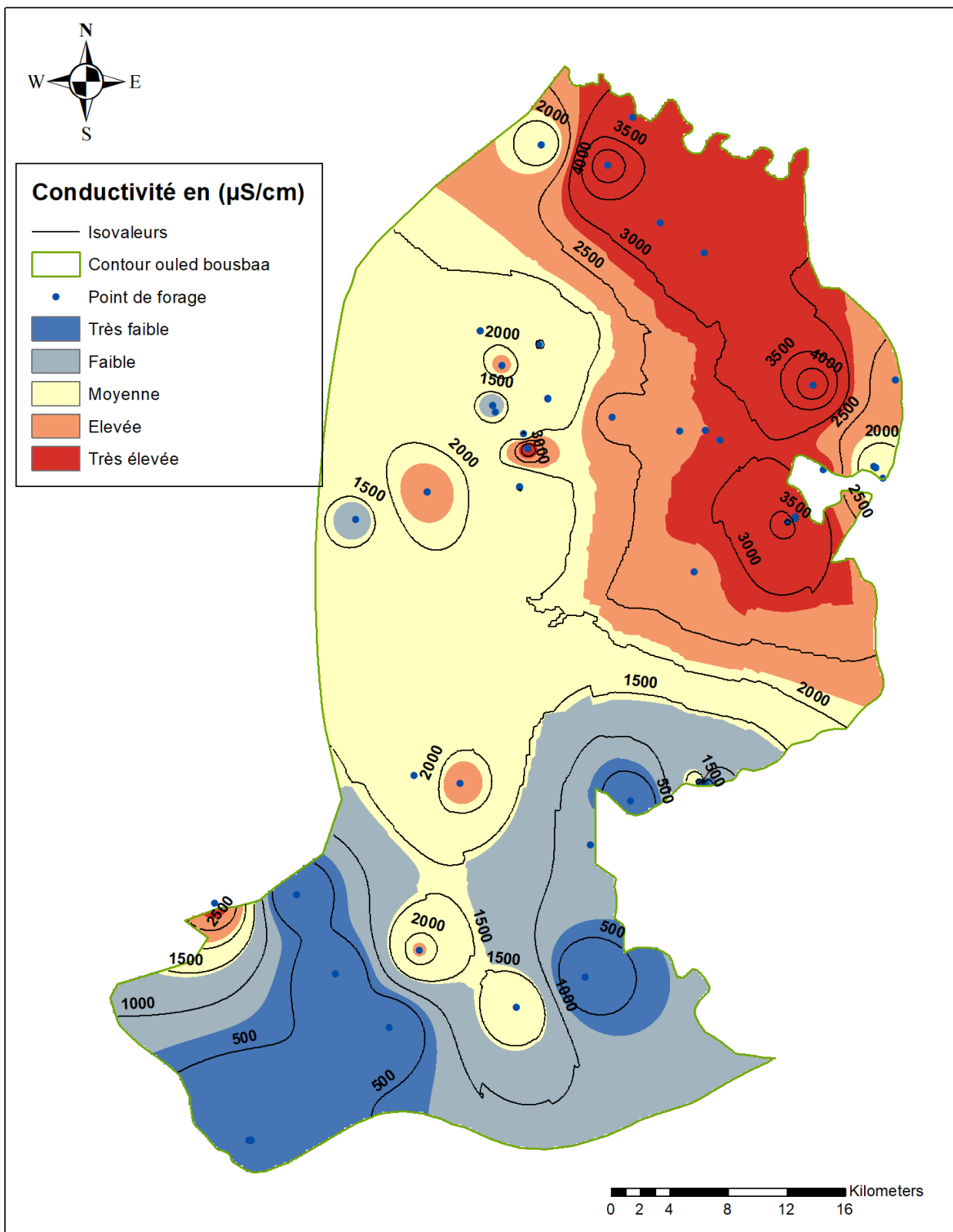


Figure 31 : Carte de conductivité de la nappe d'Ouled Bousbaa

Conclusion :

Les ressources en eaux au Maroc sont limitées et subissent une forte demande par les différents secteurs socio-économiques. Une gestion optimale qui est une nécessité devient une urgence, notamment dans un contexte de changement climatique, dont la tendance dans la région est à l'aridité.

Une gestion rationnelle de la ressource nécessite une bonne connaissance de la géométrie et du fonctionnement hydrodynamique des aquifères pour adapter les actions au contexte local et aux problématiques actuelles exprimées.

Les informations actuelles sur la nappe d'**Ouled Bousbaa** sont encore insuffisantes. Des investigations doivent être menées afin de cerner sa constitution et sa dynamique.

Ce stage a permis de comprendre quelques aspects relatifs à la nappe, notamment les formations géologiques du réservoir, le comportement de l'écoulement, la piézométrie et la conductivité. Il a également donné l'opportunité de manipuler les systèmes d'information géographique (SIG).

Ces systèmes permettent ainsi une représentation et une interprétation très simple des phénomènes liés à des aspects hydrologiques et hydrogéologiques. L'élaboration d'un SIG permettra une compréhension des interactions ayant lieu entre les différents réservoirs.

SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

- EL MOURTAJI. C, (2020)** ; synthèse hydrogéologique de la nappe Meskala-Kourimate et modélisation 3D de la nappe. Mémoire de projet de fin d'étude, master spécialisé gestion et valorisation des géoressources, faculté des sciences Ain Chock, p80
- SMAIJ. Z, (2010-2011)** ; typologie de la qualité des ressources en eaux du bassin de Tensift Al-Haouz et cadre juridique de protection et de préservation. Mémoire de projet de fin d'étude. Master Sciences et Techniques Eau et Environnement. Faculté des Sciences et Techniques Marrakech, p96
- SARAANE. A et BEN YAHIA. R (2018)** ; étude hydrologique du bassin versant du Tensift et recherche des solutions pour réduire les effets néfastes des crues extrême. Marrakech, Maroc. Mémoire de projet de fin d'étude. Licence Sciences et Techniques Eau et Environnement. Faculté des Sciences et Techniques Marrakech. p48
- AJDI. S et BOUZKIF.K (2018)** ; diagnostique de la situation des ressources en eau superficielle dans le bassin versant de Tensift. Marrakech, (Maroc). Mémoire de projet de fin d'étude. Licence Sciences et Techniques Eau et Environnement. Faculté des Sciences et Techniques Marrakech, p65
- Agence Japonaise de coopération internationale (JICA)(Mars2008).** Etude du plan de gestion intégrée des ressources en eau dans la plaine du Haouz Royaume du Maroc Rapport d'étude, 142 p.
- Karroum . M , Abdennabi. E, khattach.E , Cassas. A, Himi. M, Rochdane.S,Laftouhi M.Saidi-O.Bennani-A.Khafaoui-F.Fniguire-A.Hiqui et Z.Belkharchach(Mai 2015).** Les événements hydrologiques exceptionnels de novembre 2014 au Maroc. L'exemple des crues du bassin versant de Tensift . Article de communication, 25 p
- Agence du Bassin Hydraulique de Tensift.** ATLAS DES ZONES INONDABLES. Consulté à l'adresse http://www.eautensift.net/fileadmin/user_files/pdf/publications/Atlas_Zones-inondables.pdf
- Futura Planète (2021),** Développement durable, Hydrologie, Hydrogéologie ; consulté le 20/05/2021 à <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-bassin-versant-6628/>
- Direction Générale de l'Eau (2021),** ABH- Tensift et côtiers d'Essaouira ; consulté le 20/05/2021 à <http://81.192.10.228/ressources-en-eau/agence-de-bassins-hydrauliques-abh/abh-tensift-et-cotiers-dessaouira/>
- AHT GROUP AG-RESING(2016),** Diagnostic du sous bassin de Chichaoua

Annexes

Années	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Précipitations
2010	9	10	16	6	18	27	11	2	4	1	0	7	111
2011	2	9	11	1	6	3	15	22	37	7	3	5	121
2012	11	18	12	2	11	3	6	13	1	6	3	6	92
2013	30	4	3	4	4	4	13	6	4	1	3	7	83
2014	7	2	66	12	14	9	22	10	4	2	2	4	154
2015	8	9	6	1	13	1	28	2	10	3	5	6	92
2016	1	4	10	17	4	26	12	2	17	1	1	10	105
2017	1	2	9	6	8	11	4	18	4	2	1	4	70
2018	14	23	17	1	27	17	12	24	12	3	1	4	155
2019	56	3	15	38	3	21	94	47	17	1	4	11	310
2020	7	8	36	12	19	3	60	77	8	1	3	13	247

Tableau de la variation des précipitations moyennes annuelles entre 2010-2020 à Chichaoua

Mois	Température
Septembre	33
Octobre	27
Novembre	24
Décembre	18
Janvier	18
Février	24
Mars	21
Avril	22
Mai	30
Juin	31
Juillet	39
Août	35

Tableau des variations de la température moyenne mensuelle en 2020 à Chichaoua

Année	Température
2009	21.67
2010	21.5
2011	21.58
2012	21.41
2013	21.25
2014	21.25
2015	21.5
2016	21.5
2017	22.25
2018	20.43
2019	21.67
2020	21.41

Tableau des variations de la température moyenne annuelle entre 2009-2020 à Chichaoua

Dénomination	N° IRE	X (m)	Y (m)	Z (m)	Prof (m) Mois 10	Ecart (m)	pH	T (°C)	CE (mS/cm)
Sidi Mokhtar 2	1602/52	155571	116709	382	96	-0.36	7.24	25.2	1.4
Dr laadilat	1902/43	167368	127705	234	63.26	0.03	7.15	24.1	2.4
Sidi Mokhtar Sidi Boujemaa	2094/52	157863	105114	438	23.91	0.04	7.15	23.3	2.5
Sidi Mokhtar Sidi Mohamed	2095/52	158522.8	103265	433	31.77	0.1	7.3	24.5	3.1
Oulad Bou Sbaa	2096/52	157341	100522	440	68.1	0.05	7.28	24.5	1.3
Sidi Mokhtar ouled Azouz	2097/52	154559	109140	416	69.47	-0.3	7.21	25.1	1.1
Sidi Mokhtar	2221/52	153710	115544	374	94.36	0.02	7.17	23.6	1.7
Ahdil remplace 1603/52	2223/52	175973	111293	384	73.1	-1.1	7.2	24.7	1.8
Aghdirnane	2705/52	171691	84565	616	121.6	-0.05	7.39	23.8	0.6
alibouaha	2713/52	171544	95741	556	70.05	0.02	7.44	23.9	4.3
Bouabout	2715/52	139673	81062	836	47.4	0.16	7.3	22	0.8
Sidi Abdelmoumen	2716/52	163597	78104	726	32	-0.1	7.2	23.5	0.7
Touijrat	2718/52	148969	116589	361	75.65	-0.52	7.43	22	1.6
Chichaoua	2721/53	179321	109078	358	44.83	-0.37	7.1	24	2.4
Rahala	2722/53	151270	93769	559	111.15	0.07	7.27	23.8	1.2
AHDIL 2	2723/53	168690	112668	367	62.53	-4.72	7.11	23.8	2.6
Oulad moumna	2741/52	149831	104208	461	65.1	0.15	7.12	24.7	1.5
oulad El Ayachi	2742/52	173802	116544	331	27.22	0.06	7.06	23.4	3.6
Saidate	2834/52	174321	89878	548	64.35	-0.19	7.3	26	1

Tableau des caractéristiques générales des points de suivi octobre 2020 à Ouled Bousbaa

Dénomination	N° IRE	Prof (m)	pH	T (°C)	CE (mS/cm)
Sidi Mokhtar 2	1602/52	93.43	7.32	23.5	1.2
Dr cheikh	1901/43	-	-	-	-
Dr laadilat	1902/43	63.6	7.13	24.3	1.8
Sidi Mokhtar Sidi Boujemaa	2094/52	24.66	7.19	22.8	1.8
Sidi Mokhtar Sidi Mohamed	2095/52	32.8	7.33	23.7	2.2
Oulad Bou Sbaa	2096/52	68.36	7.29	23.7	1.2

Sidi Mokhtar ouled Azouz	2097/52	68.13	7.03	24.8	0.9
Sidi Mokhtar	2221/52	93.26	7.03	23.4	1.3
Ahdil remplace 1603/52	2223/52	70.85	7.23	26.0	1.4
Aghdirmnane	2705/52	121.40	7.33	24.4	0.6
alibouaha	2713/52	69.98	6.87	23.3	3
Bouabout	2715/52	43.32	7.29	21.5	0.7
Sidi Abdelmoumen	2716/52	31.74	7.09	23.3	0.7
Touijrat	2718/52	73.15	7.34	23.5	1.2
Chichaoua	2721/53	44.45	6.87	24.5	1.7
Rahala	2722/53	113.08	7.02	22.9	1.1
AHDIL 2	2723/53	61.87	7.13	25.0	1.8
Oulad moumna	2741/52	66.23	7.20	23.6	1.3
oulad El Ayachi	2742/52	27.45	6.93	23.5	2.6
Saidate	2834/52	60.92	7.20	24.9	0.8
Ait Hadi	2893/52	35.9	7.27	26.3	0.5

Tableau des caractéristiques générales des points de suivi Avril 2021 à Ouled Bousbaa

a. Tableau de la variation de la température moyenne annuelle dans cinq stations climatologiques de 1990 à 2010

Années	Albadla	Lala Takerkoust	Sidi Rehal	Igrounzar	Yakoub El Mansoour	Marrakech
1990-91	20	17,7	19	17,7	-	19,72
1991-92	20	18,85	19,2	18,85	-	19,82
1992-93	20,1	18,8	18,95	18,5	-	19,6
1993-94	19,5	18,3	18,6	18,8	-	19,41
1994-95	20,8	19,15	19,9	19,6	-	20,25

1995-96	20,3	17,3	19,1	19,15	-	20,16
1996-97	20,05	19	18,7	19	-	19,95
1998-98	21,15	20,2	20,1	19,85	-	20,81
1999-99	20,95	19,25	19,5	19,85	-	20,12
1999-00	20,85	19,9	20,2	19,5	-	20,45
2000-01	21	19,9	20,25	19,9	-	20,86
2001-02	20,85	20,2	19,9	20,1	-	20,49
2002-03	21	20,6	20,1	19,9	--	21,16
2003-04	20,9	19,9	19,9	19,7	-	20,55
2004-05	21,65	20,1	20	19,8	-	20,75
2005-06	19,9	20,4	20,1	18,5	-	19,59
2006-07	20,65	19,95	21,2	21,9	-	-
2007-08	21,2	20,1	20,75	18,9	-	-
2008-09	21	19,85	19	19	19,85	-
2009-10	21,8	19,8	20,8	20,25	19	-

b. Tableau de la variation de la température moyenne mensuelle dans cinq stations climatologiques de 1990 à 2010

Mois	Albadla	Lala Takerkoust	Sidi Rehal	Igrounzar	Yakoub El Mansoor	Marrakech
Septembre	25,05	23,5	24	24	23,7	26,1
Octobre	22,5	19,5	21	21	24	22,9
Novembre	17	16	16,5	17	19	16,5
Décembre	14	12,5	13	14	16	12,9
Janvier	13	12	13	13	16	12,4
Février	14,5	13	14	14	13	15,2
Mars	17,5	16,5	16,5	16,5	14	16,3
Avril	19	17,5	17,85	17,85	17	18,1
Mai	22	20	19,5	19	18,5	21,4
Juin	25	24	24	23	22	23,5
Juillet	28	28	28,5	27,3	31,5	27,6
Août	28,5	27,5	28	26,5	30	28,3

c. Tableau de la variation des précipitations moyennes annuelles dans quelques stations pluviométriques de la région de Tensift Al-Haouz de l'année 1990 à 2010

Années	Aghbalou	Tazitounte	Tahannaout	Marrakech	Igrounzar	Chichaoua	Adamna
1990-91	600	-	450	250	350	200	350
1991-92	500	-	350	150	150	130	100
1992-93	280	-	190	150	150	50	250
1993-94	650	-	400	230	230	230	250
1994-95	360	-	340	300	200	220	150
1995-96	720	-	520	350	720	300	750
1996-97	510	-	460	350	500	300	680

1998-98	560	-	350	270	380	210	410
1999-99	550	90	370	200	220	150	220
1999-00	450	360	270	170	200	170	240
2000-01	390	300	210	100	190	110	200
2001-02	480	390	290	180	250	140	340
2002-03	400	450	300	200	200	190	300
2003-04	700	690	450	220	400	200	360
2004-05	300	300	200	100	200	100	200
2005-06	580	550	400	290	500	290	280
2006-07	550	450	340	140	140	140	160
2007-08	400	400	280	130	130	110	110
2008-09	700	800	540	540	450	280	450
2009-10	590	600	330	510	420	140	480

d) Tableau de la variation des précipitations moyennes annuelles dans quelques stations pluviométriques de la région de Tensift Al-Haouz de l'année 1990 à 2010

Mois	Aghbalou	Tazitounte	Tahannaout	Marrakech	Igrounzar	Chichaoua	Adamna	Abadla
Septembre	20	13	15	15	4	4	4	4
Octobre	52	57	33	24	18	18	30	18
Novembre	53	57	36	25	42	23	40	21
Décembre	50	41	35	30	60	28	75	23
Janvier	58	60	41	29	54	24	52	24
Février	61	50	50	31	48	30	49	27
Mars	81	47	50	50	40	47	40	48
Avril	64	64	48	25	19	20	15	19
Mai	41	38	23	6	7	5	7	6
Juin	17	17	11	4	0	0	0	0
Juillet	2	2	0	0	0	0	0	0
Août	12	31	2	0	0	0	0	0