

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Filière : GEOLOGIE

Option : HYDROGEOLOGIE

Par :

Mlle. CHERGUI Zehira

Mlle. DOUCENE Melissa

Thème :

Etablissement de la carte pluviométrique récente du
Bassin Versant de l'Oued Sébaou (Tizi-Ouzou).

Soutenu publiquement le : 23/09/2023 devant le jury composé de :

M. Brahmi B.	M.C.C.A à l'UMMTO	Président
M. Kardache R.	M.C.C.A à l'UMMTO	Promoteur
M. Bouadjela M'h.	Ingénieur à A.N.R.H de Tizi-Ouzou	Co-Promoteur
M. Drouiche AM.	M.C.C.B à UMMTO	Examineur

Promotion 2022/2023

Remerciement :

Au terme de ce travail, il nous tient à cœur d'adresser nos remerciements les plus distingués aux personnes qui ont veillé de près ou de loin à ce que ce travail soit à la hauteur.

Nous tenons tout particulièrement à remercier : Notre promoteur M. Kardache R. Maître de Conférences classe A au département de sciences géologiques à la faculté de sciences biologique et des sciences agronomique, pour son aide précieuse, ses encouragements. Qu'il trouve ici nos sentiments de gratitude et de considération.

On adresse aussi nos sincères remerciements à M. Drouiche AM pour son aide précieuse et tout le temps qu'il nous a accordé.

Nos vifs remerciements s'adresse à M. Brahmi., qui a bien voulu présider le jury et notre co-promoteur M. Bouadjela M'h., ingénieur à l'ANRH de Tizi-Ouzou, pour son aide précieuse.

Nos remerciements vont également à tous les enseignants du département des sciences géologiques qui nous ont encadrés pendant notre cursus universitaire.

Nous remercions également le personnel de la direction des ressources en Eau pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et la mise à notre disposition des informations utiles pour notre travail.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers à mon cœur
qui se sont sacrifiés pour mon bonheur et ma réussite, qui m'ont
Encouragée tout au long de mon parcours et de croire en moi.

Mes parents adorés Mohamed et Zahia.

Mon frère Aïmed.

à ma meilleure amie Mélissa.

Et à toute ma grande famille

à mes camarades avec qui j'ai partagé ce parcours

Et à toute la promotion 2022-2023.

ZEHIRA.

Dédicace :

Je dédie ce travail avant tout à ma famille

à ma très chère mère, qui a œuvrée pour ma réussite, par son amour,
son soutien et ses précieux conseils

à mon très chère Abd el moumene pour tout ce qui as accomplies et
son soutien moral.

à mes frère Massy et Billel.

à ma meilleur amie Sabrina.

à toutes les personnes qui m'ont encouragé et qui m'ont aidé tout au
long de mes études.

Mélissa.

Résumé :

Notre travail se propose d'établir une étude récente des connaissances hydrogéologiques et évaluation des ressources du Bassin Versant de l'Oued Sébaou dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Nous avons mis en évidence, à travers l'étude du complexe du Bassin Versant de l'Oued Sébaou qui est sous les numéros n° 02. L'étude du complexe physique du Bassin Versant de l'Oued Sébaou, nous a permis de quantifier les différents paramètres et indices relatifs aux caractéristiques de la région étudiée.

Le Sous Bassin Versant de haut Sébaou reçoit une pluviométrie moyenne annuelle qui varie de 824mm/an avec un climat subhumide et tempéré.

Malgré le manque de données hydroclimatologiques, nous avons tout de même pu identifier le climat qui est de types méditerranéen caractérisé par deux saisons alternées, dont l'une est froide et pluvieuse et l'autre sèche et chaude régit la pluviosité de cette région.

Notre carte pluviométrique à été réalisé à partir des donnée des six (06) stations pluviométrique (Tizi-Ouzou Azazga , Larbaa Nath Irathen ,Nezlioua ,Ben Yenni ,Ait Ouabane.) fournis par l'ANRH ,elle à été réalisée avec l'utilisation du logiciel SIG ArcGis qui nous a permis d'avoir une carte qui traduit les précipitations du Bassin Versant du Sébaou de la période entre 1990 a 2019.

Mots clés :

Bassin Versant Haut Sébaou, Précipitation, bilan hydrologique, Hydroclimatologie.

Abstract:

Our Work aims to establish a recent study of hydrogeological knowledge and evaluation of the resources of the Oued Sébaou Watershed in the wilaya of Tizi-Ouzou. We have highlighted, through the study of the complex of the Oued Sébaou Watershed which is under the numbers n° 02. The study of the physical complex of the Oued Sébaou Watershed, allowed us to quantify the different parameters and indices relating to the characteristics of the region studied. The Haut Sébaou sub-watershed receives an average annual rainfall which varies from 824mm/year with a subhumid and temperate climate. The value of the ETP evaluated by the Thornthwaite method is of the order of 944.05mm. Despite the lack of hydroclimatological data, we were still able to identify the climate which is Mediterranean type characterized by two alternating seasons, one of which is cold and rainy and the other dry and hot governs the rainfall of this region. Our rainfall map was produced from data from six (06) rainfall stations (Tizi-ouzou Azazga, Larbaa Nath Irathen, Nezlioua, Benyenni, Aitouabane.) provided by the ANRH, it was produced with the use of ArcGis GIS software which allowed us to have a map which reflects the precipitation of the Sébaou Watershed for the period between 1990 to 2019.

Key word:

Sébaou Watershed, precipitation, hydrological balance, Hydroclimatology.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale	14
Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude	16
1. . Introduction	16
2. . Présentation de la zone d'étude	18
3 Le relief de la région	19
4 . La carte Altimétrique.....	21
4.1 . La Carte des pentes	23
5 . Les paramètres morphométriques	24
5.1 . Paramètres de forme.....	24
5.2 . Le rectangle équivalent	24
5.3 . Paramètres de relief	25
5.3.1 . Indice de pente de Roche	28
5.3.2 . Indice de pente globale.....	29
5.3.3 . Dénivelée spécifique	29
6 Conclusion.....	31
Chapitre 2 : Géologie de la zone d'étude	33
1 . Introduction	33
2 . Remplissage alluvial.....	34
3 . Situation de la zone d'étude dans l'orogénèse Alpine périméditerranéenne	34
4 . Géologie régional de l'Algérie du Nord.....	36
4.1 . Domain de l'Atlas Tellien	36
4.1.1 . Le tell Septentrional	36
4.1.2 . Le tell Méridional.....	40
4.1.3 . Contexte géologique de la région d'étude.....	40

5	. Conclusion.....	45
Chapitre 3 : Hydroclimatologie.....		
1	. Introduction.....	47
2	. La température.....	47
2.1	. Indice de De Martonne.....	49
2.2	. Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (1953).....	51
3	. Précipitations.....	53
3.1	. Réseau pluviométrique.....	53
3.2	. Equipements du Bassin Versant.....	53
3.3	. Loi de pluviosité moyenne.....	54
4	. Calcul de la lame d'eau moyenne tombée sur le secteur d'étude.....	64
4.1	. Méthode de la moyenne Arithmétique des précipitations.....	64
4.2	. Méthode des polygones de Thiessen.....	64
4.3	. La méthode des Isohyètes.....	67
5	. Bilan hydrologique.....	69
5.1	. Etude de l'évapotranspiration.....	70
5.1.1	. Evapotranspiration potentielle (ETP).....	70
5.1.2	. Evapotranspiration réelle (ETR).....	72
5.1.3	. Lamé d'eau ruisselée.....	77
5.1.4	. Lamé d'eau infiltrée.....	78
5.1.5	. Estimation du bilan hydrologique.....	78
6	. Conclusion.....	79
Chapitre 4 : Etablissement de la carte pluviométrique du Sébaou.....		
1	. Introduction.....	81
2	. Description du logiciel utiliser.....	81
2.1	. Définitions SIG.....	81
2.2	. Architecture générale de l'ArcGIS.....	81
2.3	. Principes de fonctionnement de l'ArcGIS.....	82
3	. Lancement du ArcMap.....	83
3.1	. L'interface ArcMap.....	84
3.2	. ArcCatalog.....	86
4	. Etapes du géoréférencement.....	87

4.1	. Récupérer les coordonnées en X Y	87
4.2	. Saisir les coordonnées	88
5	. La carte pluviométrique du Bassin Versant de l'Oued Sébaou :.....	89
6	. Interprétation de la carte.....	91
	CONCLUSION GENERALE.....	92
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Figure 1 : Situation géographique du Bassin Versant du Sébaou. (Hamad K., 2013).	16
Figure 2: Carte des principaux Sous Bassin Versant du Sébaou. (Hamad K., 2013).	17
Figure 3 : Carte des Sous Bassins Versants numérotés du Sébaou (A.N.R.H)	18
Figure 4: Les grandes unités morphostructurales de la Vallée du Sébaou (Yakoub B.,2005). .	20
Figure 5: Carte Altimétrique du Bassin Versant du Sébaou (B.Yakoub 2005).	22
Figure 6: La carte des pentes de la wilaya de Tizi-Ouzou. (Yakoub B., 2005)	23
Figure 7 : Tracé de la courbe hypsométrique du Bassin Versant de l'Oued Sébaou. (Hamad K., 2013).....	28
Figure 9 : La Carte des affleurements géologiques de la Vallée du Sébaou (ANRH Tizi-Ouzou).....	33

Chapitre 2: GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE

Figure 10: Carte des contextes géologiques de la région d'étude.	35
Figure 11 : Carte des grandes unités structurales sur le méridien de la grande Kabylie (Durand Delga M., 1969).	36
Figure 12 : Les différents domaines du nord algérien (Agrouch S., 2020).....	37
Figure 13: Carte schématique de la dorsale de la grande Kabylie (Agrouch S., 2020).....	37
Figure 14 : Colonne lithostratigraphique de la dorsale kabyle (Agrouch S., 2020).	39
Figure 15: Colonne lithostratigraphiques des flysch marsiliennes et mauritaniennes	39
Figure 16: Schéma structural de la grande Kabylie carte 1/500.000 ème (Raymond D., 1975)	40
Figure 17: Esquisse géologique du S-W de la Grande Kabylie (Bosi.G, 1980).	42
Figure 18: Structure et relief N-W de la grande kabylie (Raymond D., 1975).....	43
Figure 19 : Colonne stratigraphique synthétique de la région d'étude (Djemai M., 1985).	44

Chapitre 3: HYDROCLIMATOLOGIE

Figure 20 : Répartition des températures moyennes mensuelles d'une série récente. Seltzer (1913-1938).	49
Figure 21 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls station de Tizi-Ouzou.....	52
Figure 22: Carte de localisation des stations pluviométriques au sein du Bassin Versant	54
Figure 23: Hauteur des précipitations inter annuelles de différentes stations. (1990-2019).	59
Figure 24: Variations interannuelles des précipitations annuelles (1990-2019).	59
Figure 25: Précipitations annuelles en (mm) de la station de BeniYeni (1990-2019).....	61
Figure 26: Précipitation annuelle en (mm) de la station de Tizi-Ouzou (1990-2019).	61
Figure 27: Précipitation annuelle en (mm) de la station Azazga (1990-2019).	62
Figure 28: précipitation annuelle en (mm) de la station de LNI (1990-2019).	62
Figure 29: Précipitations annuelles en (mm) de la station d'AitOuabane (1990-2019).	63
Figure 30: Précipitations annuelles en (mm) de la station d'Aghrib (1990-2019).	63

Figure 31 : Polygone de Thiessen.	66
Figure 32: Méthode des isohyètes	68
Figure 34 : Bilan de Thornthwaite de la station de Tizi-Ouzou.	76

Chapitre 4: Etablissement de la carte pluviométrique du Sébaou

Figure 35: Visualisation des données via l'interface ArcMap.	82
Figure 36: fichiers composant d'une couche vecteur.	83
Figure 37: Interface ArcMap avec data view	85
Figure 38: Interface ArcMap	86
Figure 39: Carte topographique scannée et tableau des points localisés sur la carte	87
Figure 40 : Carte pluviométrique du Bassin Versant de l'Oued Sébaou 1990-2019.	90

Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau 1: Les Sous Bassin Versant du Sébaou. (Agrouch S., 2020).....	17
Tableau 2: Les Paramètres morphométriques du Bassin Versant du Sébaou.	26
Tableau3: Tableau des altitudes moyennes du Bassin Versant du Sébaou (Hamad K.,2013)	27
Tableau 4: Classification d'Orstom (Hamad K., 2013).	30
Tableau 5 : Température moyennes mensuelles de Seltzer (1913-1938).....	47

Chapitre 3: HYDROCLIMATOLOGIE

Tableau 6 : Valeurs de l'indice de l'aridité de DE Martonne et bioclimats correspondants.....	49
Tableau 7 : Indice annuel de DE Martonne pour les différentes stations représentatives (Seltzer 1913-1938).....	50
Tableau 8: Indice mensuel de DE Marttone, (Seltzer 1913-1938).....	50
Tableau 9: Valeurs de l'indice de DE Martonne mensuelle de la station de Tizi-Ouzou (2012-2019). (Agrouche S., 2020).	51
Tableau 10: Indice d'aridité annuel de DE Martonne station de Tizi-Ouzou (S.Agrouche)2020	51
Tableau 11 : les précipitations et les températures de la station de Tizi-Ouzou.	52
Tableau 12 : Caractéristiques des stations pluviométriques du Bassin Versant du Sébaou. (Agrouch S., 2020).	53
Tableau 13: Précipitation annuelles dans le Sébaou en (mm), (1990-2019) (Agrouch S., 2020).	56
Tableau 14: Précipitations annuelles de quelque station (1990-2019). (Agrouche S., 2020)..	58
Tableau 15: tableau du gradient pluviométrique.	64
Tableau 16: Evaluation de la lame d'eau par la méthode de Thiessen. (1990-2019).	65
Tableau 17 : Estimation des précipitations par la méthode des Isohyètes	69
Tableau 18: Valeurs de l'ETPc calculées par la formule de Thornthwaite à la station de Tizi-Ouzou (1990 - 2020).	71
Tableau 19 : Valeurs de l'ETPc calculées par la formule de Serra à la station de Tizi-Ouzou (1990-2020).....	71
Tableau 20: Récapitulatif des deux méthodes de l'ETPc	72
Tableau 21:Évapotranspiration Réelle mensuelle de la station de Tizi-Ouzou.	73
Tableau 22: Bilan simplifié de Thornthwaite de la station de Tizi-Ouzou (1990-2020)	75
Tableau 23 : Valeurs de l'ETR obtenu par les trois méthodes	76
Tableau 24 : Récapitulatif des méthodes de calcul du ruissèlement	77
Tableau 25 : Tableau récapitulatif des différents termes du bilan hydrologique de la station de Tizi-Ouzou (1990-2020)	78

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

Les ressources en eaux représentent un facteur très important dans le développement d'un pays ; cependant beaucoup de contraintes y sont liées à sa disponibilité et à sa répartition spatiale et temporelle.

La gestion des ressources en eaux est un problème très sensible dont de nombreux organismes internationaux ont souligné l'importance vitale notamment pour cette décennie.

La détérioration de la qualité constitue une réelle entrave à toute action de développement surtout pour notre pays où les ressources superficielles et sous terraines sont limitées.

Notre travail consiste à établir une carte pluviométrique récente du bassin versant de l'Oued Sébaou située dans la région de Tizi-Ouzou.

Notre travail est divisé en quatre chapitres :

- **Chapitre 1** : Présentation de la zone d'étude ; ce chapitre sera consacré à la présentation de la zone d'étude, le Bassin Versant de l'Oued Sébaou dans son cadre géographique régional et local .Comme on parlera du volet morphométrie du bassin versant où seront exposés les différents paramètres liés au Bassin Versant de l'Oued Sébaou que ce soit dimensions, hypsométrie, réseau hydrométrique ...
- **Chapitre 2** : Géologie et géomorphologie de la zone d'étude ; exposera à son tour la géologie du Bassin Versant de l'Oued Sébaou qui sera basée sur des études antérieures disponibles, comme les différents faciès géologiques, lithologie et la structure. Les formations géologiques qui présentent une importance hydrogéologique du point de vue de leur porosité, perméabilités qui peuvent être des éventuels réservoirs.
- **Chapitre 3** : Hydroclimatologie, ce chapitre présentera le contexte climatique de la région et de la synthèse des données climatiques comme (précipitation, température) et leurs variations et fonction des facteurs temps et espace et tout cela à l'aide de l'équipement du Bassin Versant de l'Oued Sébaou.
- **Chapitre 4** : La carte pluviométrique. La description du logiciel ArcGis qui nous permettra d'établir la carte pluviométrique. Ainsi que l'établissement de la carte récente du Bassin Versant de l'Oued Sébaou.

**Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDE**

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

1. . Introduction

L'eau est un bien indispensable pour la survie de l'humanité dans tous domaines confondus que ce soit économique industriel et le secteur agricole.

A l'heure actuelle, l'eau est une denrée rare avec la diminution des précipitations sur tout dans les dernières années.

La gestion des ressources en eau est l'une des grandes problématiques du XXIème siècle, liée à l'évolution démographique, à l'urbanisation et au développement économique de la société tout en tenant compte des changements du climat mondial et de pollution.

Le Bassin Versant étudié est celui du Sébaou. Il s'étend sur une superficie de 2500Km², le Bassin Versant de l'Oued Sébaou est situé au Nord d'Algérie à une centaine de kilomètres, Est de la capitale Alger. Il est limité, au Nord par la chaîne côtière, au Sud par la chaîne du Djurdjura, à l'Est par les massifs d'Akfadou et de Béni-Ghobri, à l'Ouest par le massif de Sidi Ali Bounab et Djebel Bouberak.

La connaissance de la zone d'étude ainsi que ses caractéristiques physique et géographique constituent des éléments essentiels dans le déroulement d'une étude hydrologique et c'est dans ce contexte que se présente ce chapitre.

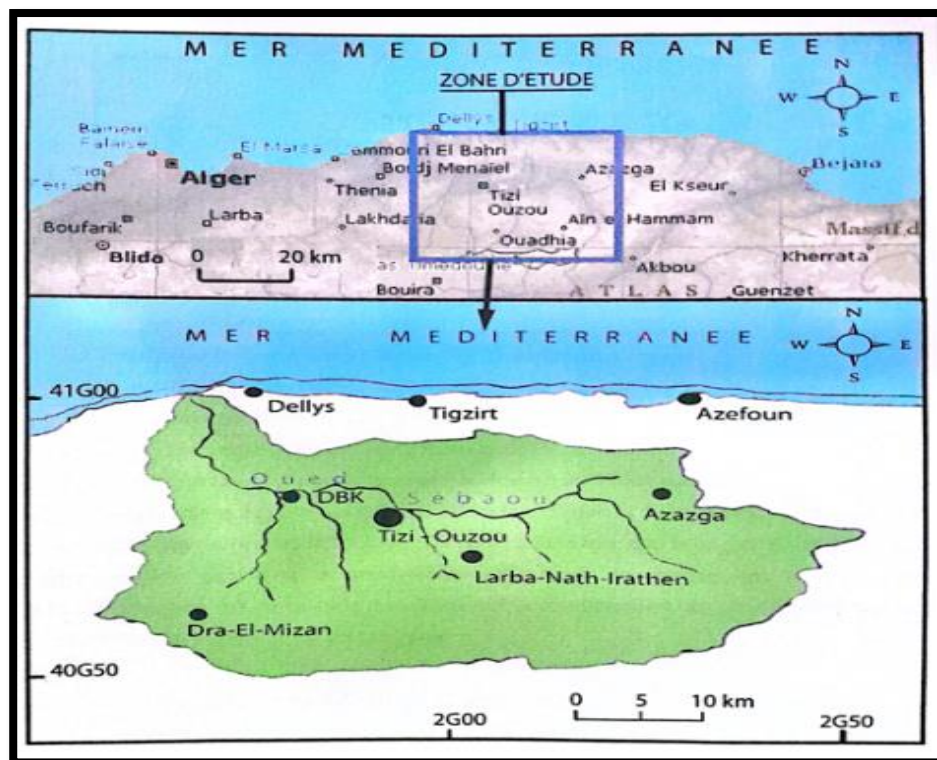


Figure 1 : Situation géographique du Bassin Versant du Sébaou. (Hamad K., 2013).

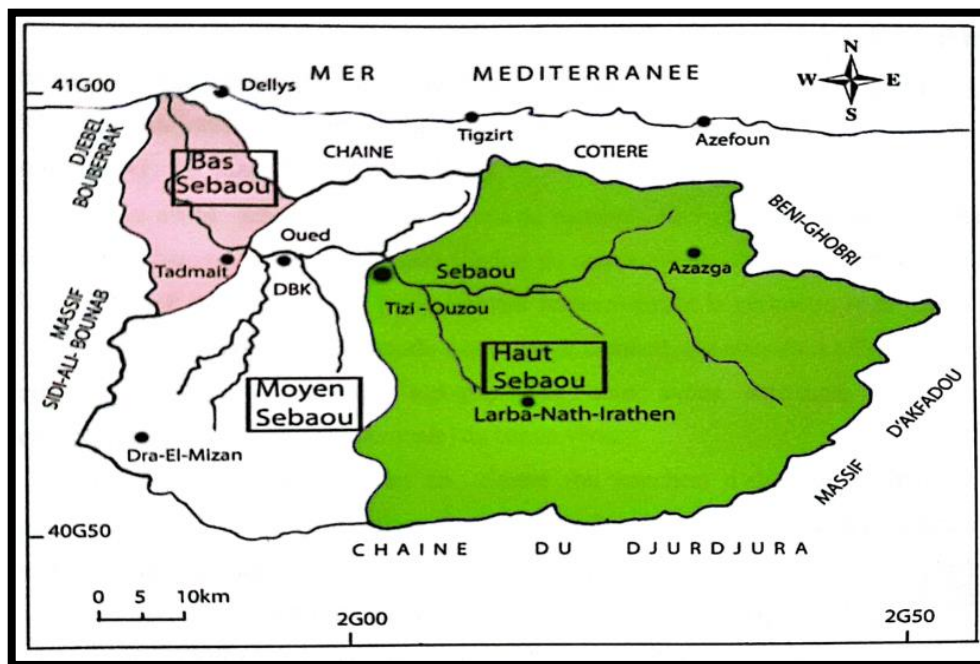


Figure 2: Carte des principaux Sous Bassin Versant du Sébaou. (Hamad K., 2013).

Tableau 1: Les Sous Bassin Versant du Sébaou. (Agrouch S., 2020)

Paramètre	Surfaces Km ²	Périmètre Km
Sous Bassin Versant		
Haut Sébaou	1432	190
Moyen Sébaou	906	147
Bas Sébaou	172	57

2. . Présentation de la zone d'étude

Le Bassin Versant du Sébaou est situé à une centaine de Km à l'Est d'Alger et s'étale sur une superficie de 2500 Km² il s'étend entre 36°27 à 36°55 de latitude nord et 2°55 à 4°35 de longitude Est. Dans le cadre du découpage hydrologique de l'Agence National Ressources Hydrauliques (A.N.R.H), il est intégré dans la partie Est du Bassin côtier Algérois le code adopté est le 02.

Les limites du bassin du Sébaou sont :

- Au Nord : La ligne de crête de la chaîne littoral.
- Au Sud : Le flanc nord de la chaîne calcaire du Djurdjura.
- A l'Est : Le massif forestier de Akfadou.
- A l'Ouest : Le massif Cristalloyphyllien de Sidi Ali Bounab.

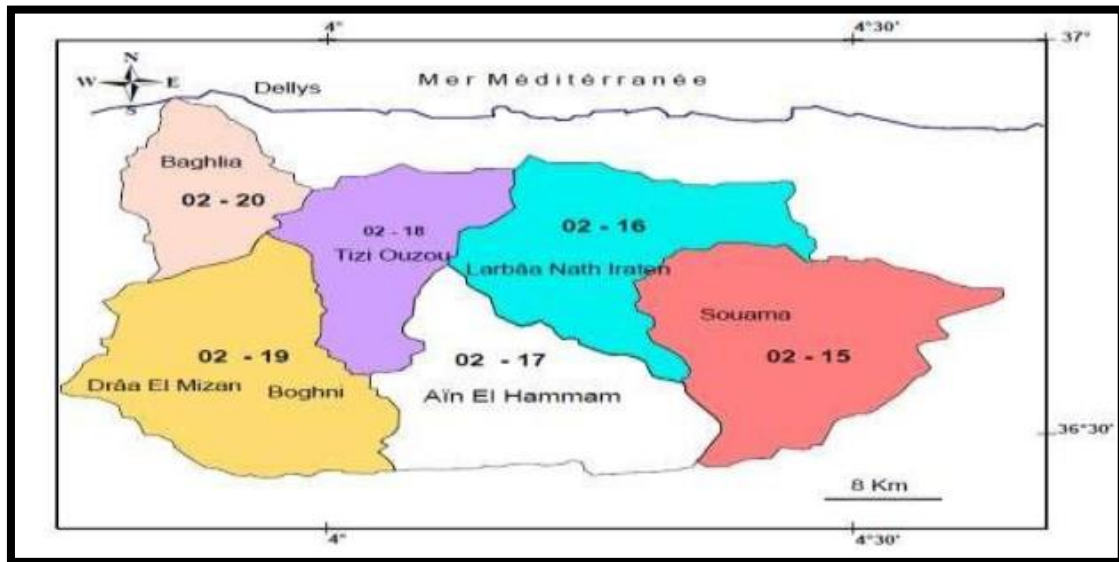


Figure 3 : Carte des Sous Bassins Versants numérotés du Sébaou (A.N.R.H)

La zone d'étude est subdivisée en plusieurs Sous-Bassins Versants importants et un exutoire ce dernier se situe dans la willaya de Boumerdes. (Agrouche S., 2020)

On retrouve :

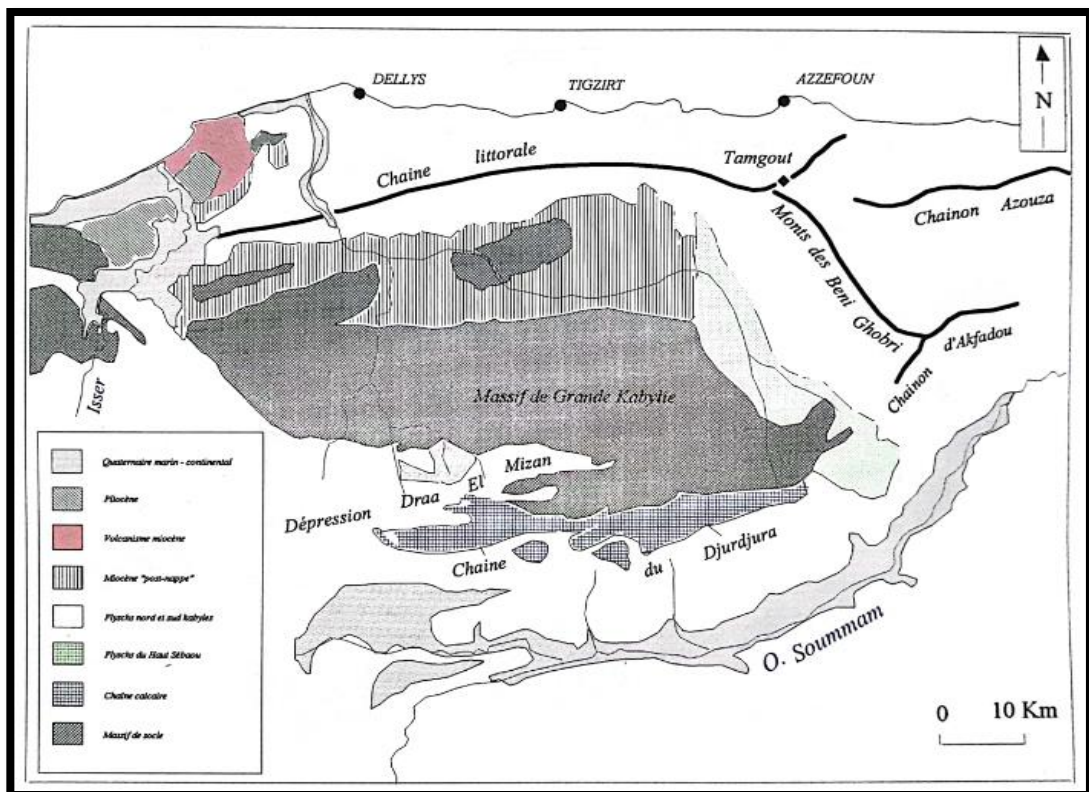
- Le Sous Bassin de l'Acif N'boubhir (02/15) avec une superficie de 533 Km².
- Le Sous Bassin de l'Oued Sébaou Rebta (02/16) avec une superficie de 433 Km².
- Le Sous Bassin de l'Oued Aissi (02/17) avec une superficie de 465 Km².
- Le Sous Bassin de l'Oued Sébaou Sebt (02/18) avec une superficie de 306 Km².
- Le Sous Bassin de l'Oued Bougdoura (02/19) avec une superficie de 535 Km².
- Le Sous Bassin de l'Oued Sébaou Maritime (02/20) avec une superficie de 229 Km².

3 Le relief de la région

Le passé géologique de la région est assez complexe et lié à l'orogénèse Alpine périméditerranéenne, qui a donné une topographie accidentée les principaux reliefs ont une orientation Est-Ouest.

Du point de vue géomorphologique, on distingue une série de compartiments assez distincts composée du Sud vers le Nord par la chaîne calcaire du Djurdjura, le massif cristallophyllien de la Grande Kabylie, et la Vallée de l'Oued Sébaou et enfin la chaîne Littoral.

- La première unité morpho structurale est la chaîne du Djurdjura, elle représente la marge méridionale de notre zone d'étude. Elle culmine à Lala- Khadîdja (2308m) et à Ras-Timedouine (2305m). La chaîne du Djurdjura se présente sous forme d'un arc, très peu étendu et étroit qui s'achève à l'Est par l'élément isolé, le massif de Chellata.
- La seconde unité est le socle kabyle, il domine le bassin de Tizi-Ouzou au Nord et assure la transition avec la chaîne du Djurdjura au Sud. Entre la chaîne littorale au Nord et le socle Kabyle au Sud, se trouve le synclinal de Tizi-Ouzou formé de marnes du Miocène post-nappe.



1
2
3
4
5
6
7
8

Légende :

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1. Quaternaire Marin-Continentale. | 6 .Flysch du Haut Sébaou. |
| 2 .Pliocène. | 7 .Chaine Calcaire |
| 3 .Volcanisme miocène. | 8 .Massif du Socle |
| 4 .Miocène Poste Nappe. | |
| 5 .Flysch Nord et Sud Kabyles. | |

Figure 4: Les grandes unités morphostructurale de la Vallée du Sébaou (Yakoub B.,2005).

4 . La carte Altimétrique

La carte Altimétrique traduit les grands traits géomorphologiques de la zone du Sébaou.

On constate que :

- Les altitudes varient du niveau marin jusqu'à des pics qui dépassent les 1400 m dans le massif du Djurdjura.
- Dans la chaîne littorale le relief est accidenté même en bordure de mer on passe à des altitudes de 600m.

La courbe altimétrique traduit parfaitement la localisation des principaux reliefs de la région : -le massif de Sidi Ali Bounab.

-La chaîne du Djurdjura.

-Le massif cristallophyllien de la Grand Kabylie.

-Les chaînons et monts du massif forestier de l'Akfadou.

- Les dépressions topographiques sont nettement visibles dans la plaine du Sébaou et ses touares, la dépression de Draa El Mizan et les cônes de Mechtras, la plaine côtière à l'Est d'Azzefoun et les terres agricoles situées à l'Ouest du Bassin Versant du Sébaou près de la région de BordjMénail.

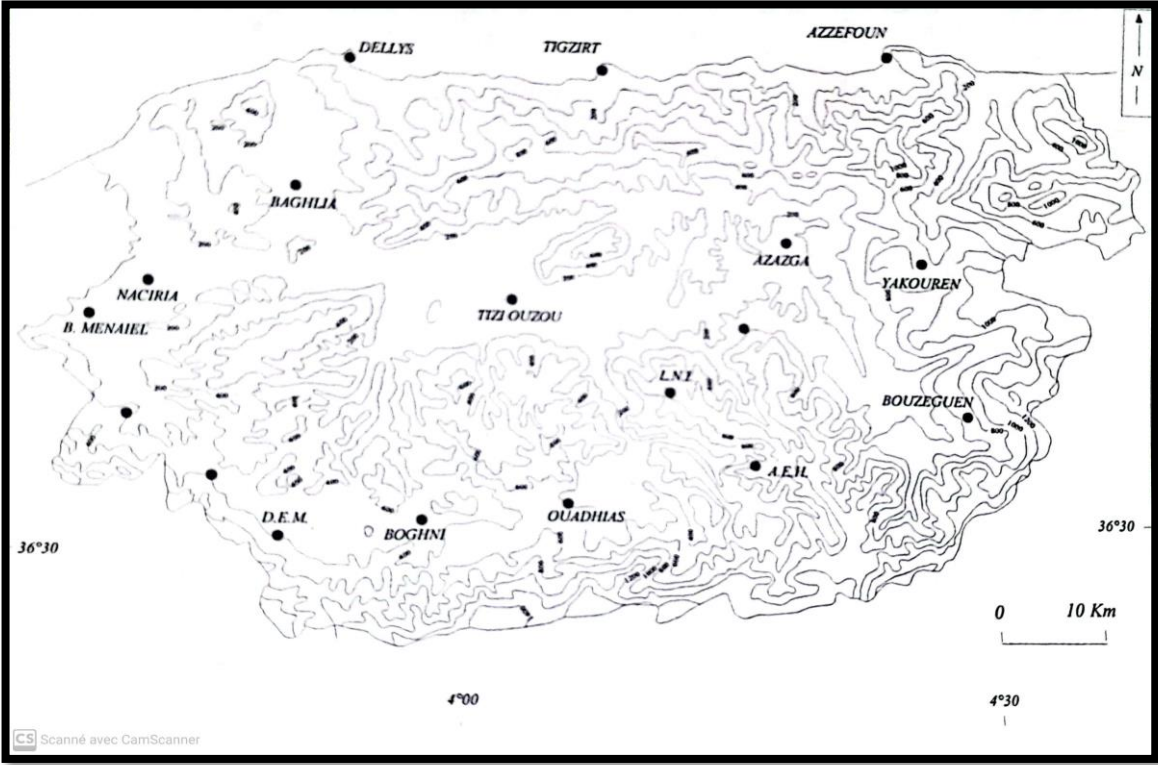


Figure 5: Carte Altimétrique du Bassin Vessant du Sébaou (B.Yakoub 2005).

4.1 . La Carte des pentes

Sur cette carte, on distingue 04 classes de pentes :

- La majeure partie de la surface est dominée par des pentes supérieures à 25 %.(52.5 % de la surface totale) : Dorsal du Djurdjura, Socle de la Grande Kabylie,monts du massif forestier d'Akfadou et la chaine littorale, socle métamorphique du Belloua et enfin le massif volcanique de Dellys et Cap Djanet.
- La deuxième classe représente les pentes de 12,5 à 25%, Les terrains sont généralement mitoyens à ceux de la classe précédente.
- La troisième classe, 3 à 12 % correspond aux piémonts et aux plaines vallonnées. Elle occupe une surface de 23,4% de la surface total de la wilaya.
- La dernière classe de 0 à 3 % est peu représentées. C'est la plaine alluviale du Sébaou.

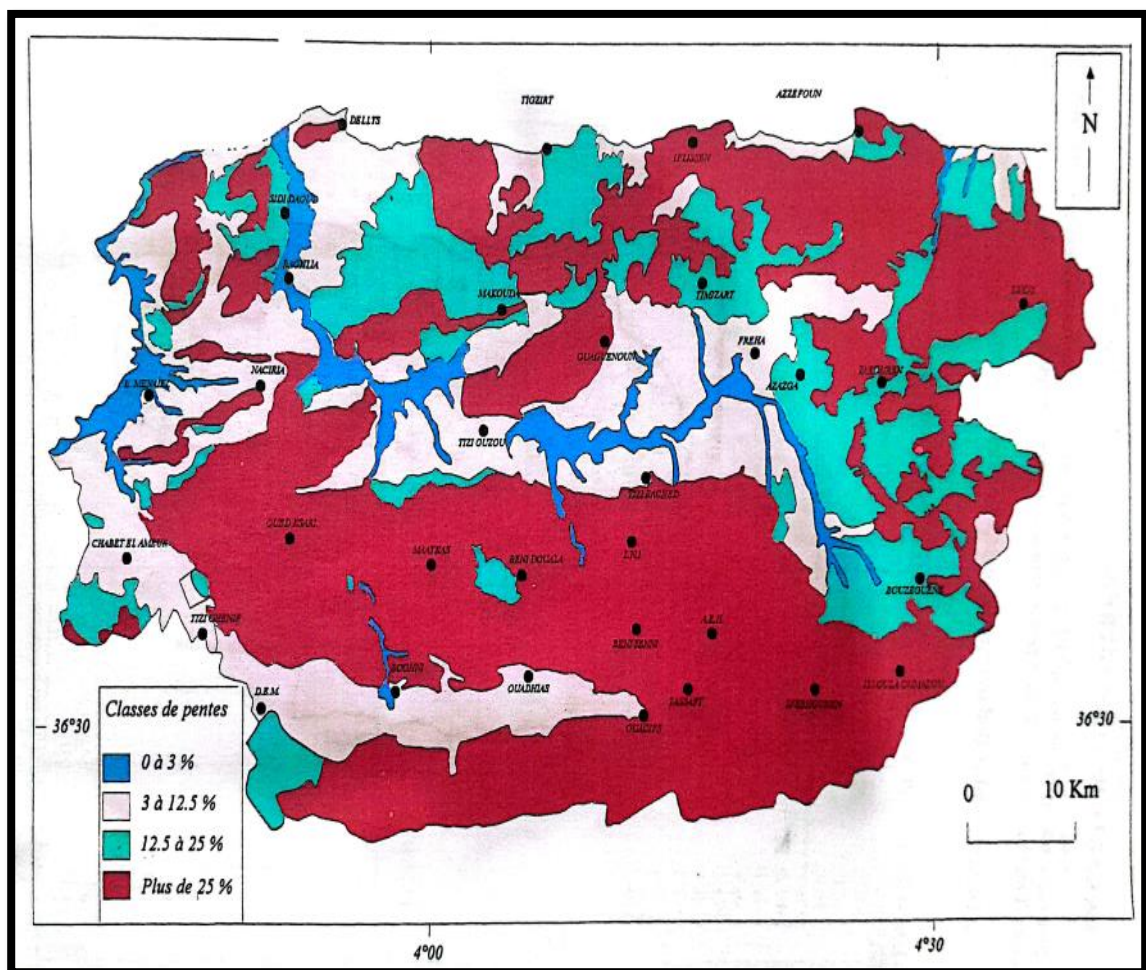


Figure 6: La carte des pentes de la wilaya de Tizi-Ouzou. (Yakoub B., 2005)

5 . Les paramètres morphométriques

5.1 . Paramètres de forme

- Indice de compacité de Gravelius :

L'indice de compacité de Gravelius (KG) est défini comme étant le rapport du périmètre(P) du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface(S).il nous permet de définir la forme de ce bassin versant.

$$S = \pi * R^2 \quad \rightarrow \quad R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Avec :

S : Surface du Bassin Versant.

P : Périmètre du Bassin Versant.

Application numérique :

$$K_C = \frac{250}{2\sqrt{3.14*2500}} = 1.41$$

Comparativement au différents indices de compacité (KG=1,41 >1,15); donc le bassin

Versant est de forme **Allongée**.

5.2 . Le rectangle équivalent

La notion du rectangle équivalent est une transformation géométrique en vertu de laquelle on assimile le bassin versant à un rectangle ayant la même surface et même périmètre. Les dimensions de rectangle du notre bassin versant sont les suivantes :

$$L+l = \frac{P}{2} = \mathbf{125 \text{ km}}$$

$$L \times l = S = \mathbf{2500 \text{ km}}$$

Telle que :

S : surface de bassin versant.

P : périmètre de bassin versant.

L : longueur de rectangle équivalent : largeur de rectangle équivalent

La connaissance de ces dimensions passe par la résolution de l'équation suivante :

$$L = k_G * \frac{\sqrt{S}}{1.12} \left[1 \pm \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{K_G} \right]} \right]$$

$l=24,707$ km

$L=101,185$ km

En remarque que la longueur est largement supérieure à la largeur de ce rectangle ce qui nous confirme que le bassin versant est de forme allongée. $L \gg l$

5.3 . Paramètres de relief

Avec l'application de la méthode du carroyage LAMBERT et assemblage de neuf

Cartes topographiques d'échelle (1/50 000) qui sont dessinées et publiées par l'Institut

Géographique National (I.G.N) pour délimiter le bassin versant, à savoir : (K. Hamad 2012/2013).

- 1- Dellys, carte n°8 (1964)
- 2- Tizi-Ouzou, carte n°23 (1967)
- 3- Azazga, carte n°24 (1963)
- 4- Djebba-Cap Sigli, carte n°25 (1965)
- 5- Dra-El-Mizan, carte n°44 (1964)
- 6- Larba-Nath-Irathen, carte n°45 (1961)
- 7- Sidi-Aiche, carte n°46 (1959)
- 8- Bouira carte n°66 (1964)
- 9- Tazmalt, carte n°67 (1967)

Les données de tableau ont permis de tracer la courbe hypsométrique du bassin versant.

L'altitude moyenne de ce bassin est calculée par la formule suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum(N_i * h_i)}{\sum N_i}$$

Tel que :

N_i : effectifs

h_i : altitude moyenne.

Les altitudes extrêmes du Bassin Versant sont déduites à partir des cartes topographiques d'échelle 1/50 000:

L'altitude minimal (Hmin) = **5 m**

L'altitude maximal (Hmax) = **2150 m**

L'altitude moyenne (Hmoy) = **547 m**

Les paramètres morphométriques relatifs à la forme le relief et de l'hydrographie sont résulté et récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 2: Les Paramètres morphométriques du Bassin Versant du Sébaou.

Sous Bassin-Versants Paramétrés	Haut Sébaou	Moyen Sébaou	Bas Sébaou
Périmètre : P(Km)	190	147	57
Surface : S (Km ²)	1432	906	172
Longueur du Rectangle équivalent (Km)	76	58	20
Indice de Compacité de Gravilius : K _p	1.40	1.37	1.22
Indice de pente globale : I _g (%)	1.76	1.53	2.2
Altitude Moyenne H(m)	656	428	180
Densité de drainage D _d (Km/Km ²)	5.23	5.74	/

Tableau 3 : Tableau des altitudes moyennes du Bassin Versant du Sébaou (Hamad K., 2013).

Classe d'altitude	Effectif Ni	Produit Ni*hi	Ni cumulés	% Surf >	Alt moy (hi) (m)	di	Surface Effectifs %	ai* di	(ai*di) 1/2
0-100	158	7900	2547	100	50	100	0,062	5,89	2,427
100-200	308	46200	2389	93,8	150	100	0,121	12,1	3,79
200-300	306	76500	2081	81,7	250	100	0,1201	12,01	3,466
300-400	345	120750	1775	69,69	350	100	0,1355	13,55	3,681
400-500	293	131850	1430	56,14	450	100	0,115	11,5	3,391
500-600	227	124850	1137	44,64	550	100	0,0891	8,91	2,985
600-700	224	145600	910	35,73	650	100	0,088	8,8	2,966
700-800	142	105600	686	26,93	750	100	0,0557	5,57	2,36
800-900	123	104550	544	21,36	850	100	0,0483	4,83	2,198
900-1000	89	84550	421	16,53	950	100	0,035	3,5	1,871
1000-1100	67	70350	332	13,03	1050	100	0,0263	2,63	1,622
1100-1200	61	70150	265	10,4	1150	100	0,024	2,4	1,549
1200-1300	52	65000	204	8	1250	100	0,0203	2	1,425
1300-1400	40	54000	152	5,97	1350	100	0,0157	1,57	1,25
1400-1500	34	49300	112	4,4	1450	100	0,0134	1,34	1,158
1500-1600	29	44950	78	3,06	1550	100	0,0114	1,14	1,068
1600-1700	18	29700	49	1,92	1650	100	0,007	0,7	0,837
1700-1800	15	26250	31	1,22	1750	100	0,0059	0,59	0,768
1800-1900	7	12950	16	0,63	1850	100	0,0028	0,28	0,529
1900-2000	6	11700	9	0,35	1950	100	0,0023	0,23	0,48
2000-2100	1	2050	3	0,12	2050	100	0,0004	0,04	0,2
2100-2200	2	4300	2	0,08	2150	100	0,0008	0,04	0,2
							1	40,057	

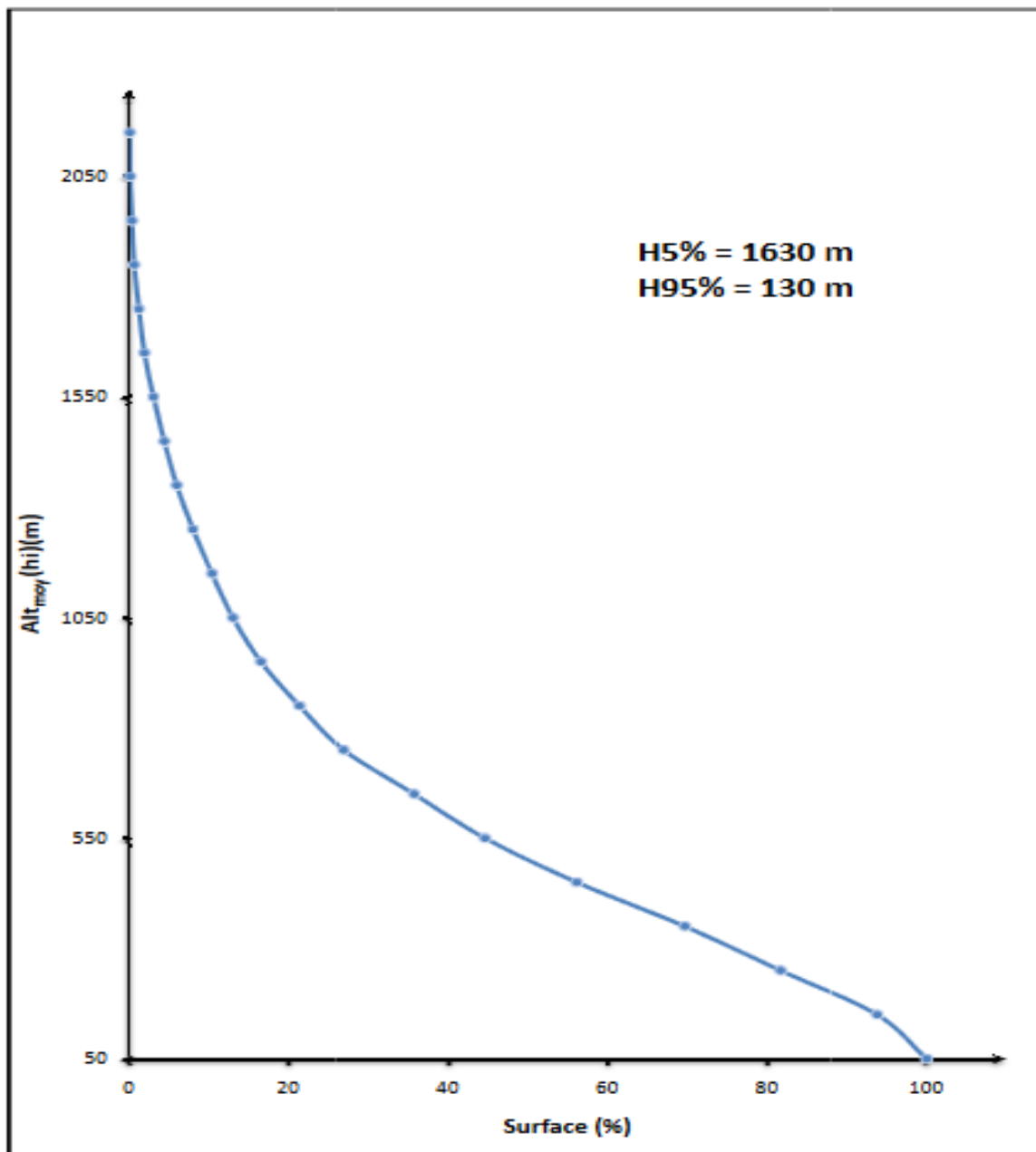


Figure 7 : Tracé de la courbe hypsométrique du Bassin Versant de l'Oued Sébaou. (Hamad K., 2013).

5.3.1 . Indice de pente de Roche

C'est la somme des racines carrées des pentes moyenne de chacun des éléments, pondérées par la surface intéressée,

Soit :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L_r}} * \sum_{i=1}^n \sqrt{a_i * d_i}$$

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{101.185 * 1000}} * 40.057 = 0.1259$$

ai : fraction de la surface totale du bassin versant en(%) comprise entre deux courbes de niveau voisines distantes de di en (m).

L_r : la longueur du rectangle équivalent en (m).

$$I_p = 0.12 \rightarrow I_p = 12\%$$

5.3.2 . Indice de pente globale

$$I_g = \frac{D}{L_r}$$

I_g : indice exprimé en (m/km) ou en (%)

L_r : la longueur du rectangle équivalent.

D : désigne la dénivelée totale exprimée en (m) :

$$D = H_{5\%} - H_{95\%}$$

$$I_g = \frac{1630 - 130}{101.185} = 14.824 \text{ m/km}$$

$$I_g = 14.82 \text{ m/km}$$

$$I_g = 1.4\%$$

5.3.3 . Dénivelée spécifique

La dénivelée spécifique nous à permis d'établir la classification d'ORSTOM et définir les différents types de bassin versant quelle que soient leurs surfaces, elle est définie comme suit :

$$D_s = I_g * \sqrt{S}$$

Avec :

D_s : la dénivelée spécifique en (m).

I_g : l'indice de pente globale exprimé en m/km.

S : la surface totale du bassin versant, exprimé en km².

$$D_s = 14.824 * \sqrt{2500} = 741.216m$$

Tableau 4: Classification d'Orstom (Hamad K., 2013).

R1	Relief très faible	$D_s < 10m$
R2	Relief faible	$10 m < D_s < 25 m$
R3	Relief assez faible	$25m < D_s < 50m$
R4	Relief modéré	$50m < D_s < 100m$
R5	Relief assez fort	$100m < D_s < 250m$
R6	Relief fort	$250m < D_s < 500m$
R7	Relief très fort	$500m < D_s$

Selon les résultats obtenue au paravent du calcul de la Dénivelé spécifique qui est égale a $D_s=741.216m$, on déduit que le type de Relief du Bassin Versant selon la classification d'Orstom est de type très fort.

Le tableau suivant résume les paramètres morphologiques et morphométrique du Bassin Versant de l'oued Sébaou :

Tableau 5: Paramètres morphologique et morphométriques du Bassin Versant du Sébaou (Hamad K., 2013)

Caractéristiques	symbole	unités	valeurs
Superficie	S	Km ²	250
Périmètre	P	Km	2500
Rectangle équivalent	L	Km	101,185
	l	Km	24,707
L'altitude minimale	H_{min}	m	5
L'altitude moyenne	H_{moy}	m	547
L'altitude maximale	H_{max}	m	2150
Indice de compacité de Gravilius	Kg	/	1,41
Indice de pente de Roche	I_p	%	12
Indice de pente Global	I_g	m/Km	14,824
Dénivelé spécifique	D_s	m	741,216

6 Conclusion

L'étude du complexe physique du Bassin Versant de l'oued Sébaou, nous a permis de connaître les différents paramètres et indices relatifs aux caractéristiques de la région étudiée. Le Bassin Versant du Sébaou est de forme allongée et drainée. Il est drainée par un réseau hydrographique dense.

L'importance du relief est apparue grâce au tracé de la courbe hypsométrique, d'où l'indice de pente globale qui est de 12% donc le relief est à forte pente.

On a déduit après le calcul de la dénivelé spécifique que le relief de l'Oued Sébaou est un relief très fort (**Ds=741.216m**).

**Chapitre 2: GEOLOGIE DE LA ZONE
D'ETUDE**

Chapitre 2 : Géologie de la zone d'étude.

1 . Introduction

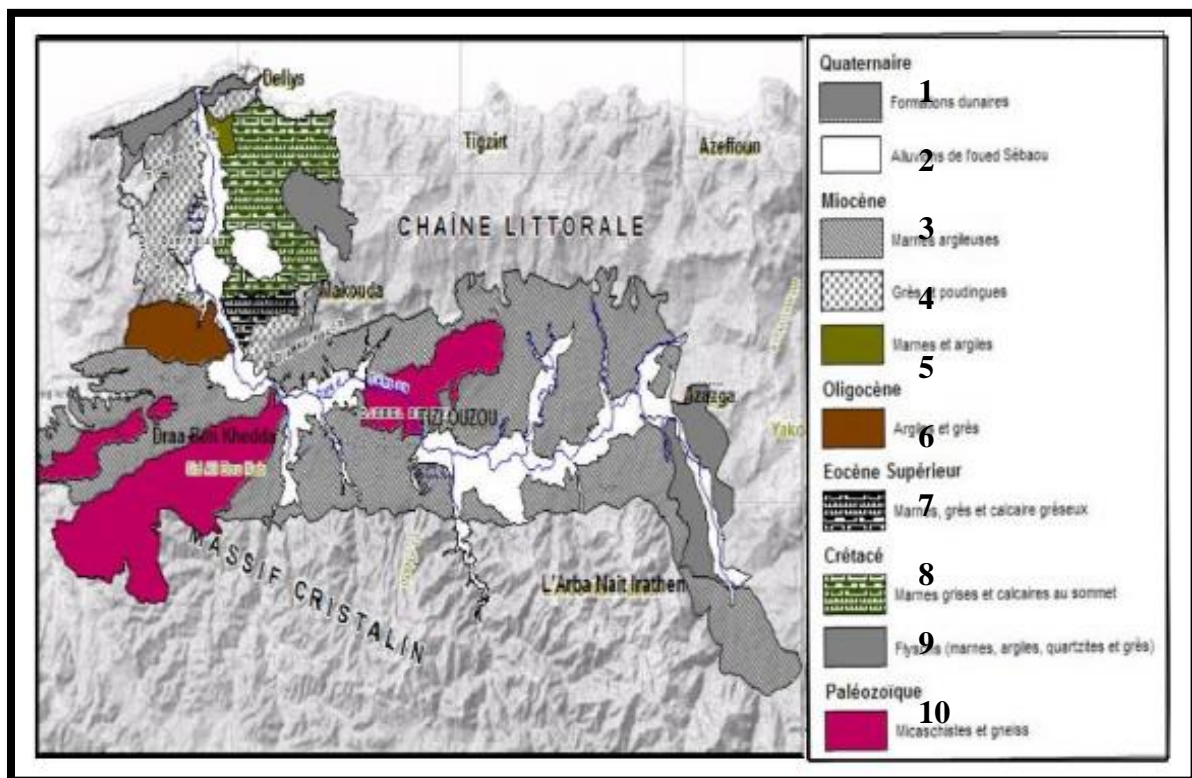
La connaissance des différentes formations constituant la géologie d'un bassin versant est très importante, du point de vue emmagasinement des ressources en eau (porosité, perméabilité.) et économique.

Une étude géologique bien détaillée sur tous le Bassin Versant est très complexe nous nous limitons aux définitions les plus importantes.

La dépression du Bassin Versant du Sébaou correspond à une large cuvette synclinale, dont les marnes du Miocène occupent la plus vaste surface. Ce modèle est né à la suite d'événements tectoniques importants ayant affecté la grande Kabylie.

Les grands ensembles géologiques qui caractérisent la région sont les suivants :

la vallée de l'Oued Sébaou fait partie des Maghrébides et appartient à la branche sud Méditerranéenne de l'orogénèse Alpine. Elle s'étend d'Azazga à Dellys et occupe la grande zone synclinale miocène au nord de la grande Kabylie. Dans la chaîne des Maghrébides on y distingue : les zones internes, les zones externes et le domaine des flysch.



- | | | |
|---|---|---------------------|
| 1. Formation dunaires | 2.alluvions de l'Oued Sébaou | 3.Marnes Argileuses |
| 4. Grés et poudingues | 5.Marnes et argiles | 6.Argiles et grés |
| 7. Marnes grés et calcaires gréseux | 8.Marnes gréseuse et calcaire au sommet | |
| 9. Flysch (marnes, argiles, quartzites et grés) | 10.Micaschistes et gneiss. | |

Figure 8 : La Carte des affleurements géologiques de la Vallée du Sébaou (ANRH Tizi-Ouzou).

2 . Remplissage alluvial

La recherche des ressources hydriques dans une formation géologique est liée à la connaissance de la lithologie qui permet de connaître sa porosité et son degré de perméabilité, de sa dimension et extension qui permet de savoir l'importance des réservoirs susceptibles d'être exploitées.

Dans le cas de la vallée de l'Oued Sébaou, la formation aquifère correspond à des dépôts détritiques du quaternaire ayant eu lieu dans un synclinal à cœur miocène qui est représenté par les marnes du miocène poste-nappe et qui se constitue d'un substratum imperméable pour ce qu'il s'agit de la haute et moyenne vallée de l'oued Sebou et dans le cas de la basse vallée le substratum imperméable est constitué par un matériel détritique local représenté par des lambeaux de grès numidiens que l'on retrouve dans l'argile .

3 . Situation de la zone d'étude dans l'orogénèse Alpine périméditerranéenne

La structure géologique actuelle de l'Algérie du Nord est héritée en partie de l'orogénèse Alpine ayant entraîné l'individualisation des grands ensembles morpho structuraux (Durand Delga, M.1969). Selon cette schématisation, on peut distinguer du Nord au Sud, à l'échelle de la Méditerranée occidentale, du fossé de Guadalquivir aux monts du Hodna, la disposition des affleurements géologiques.

1 - Au centre, une zone interne où prédominent les roches métamorphiques (socle de Cordillères bétiques et du Rif, de Grande et de petite Kabylie). Ce domaine est recoupé par la mer d'Alboran et le Bassin Algérien.

2- Sur les marges Nord-Ouest, Ouest et Sud apparaissent successivement:

a)- La chaîne calcaire (dorsale Kabyle) constituée par des séries sédimentaires, primaires, Secondaires et tertiaires.

b)- La zone des nappes (zone externe)

3-A la périphérie de ces ensembles les domaines paraautochtones et autochtones : Mesetas Ibérique et Marocaine, auxquelles on peut rattacher en Algérie, le domaine de l'atlas saharien.

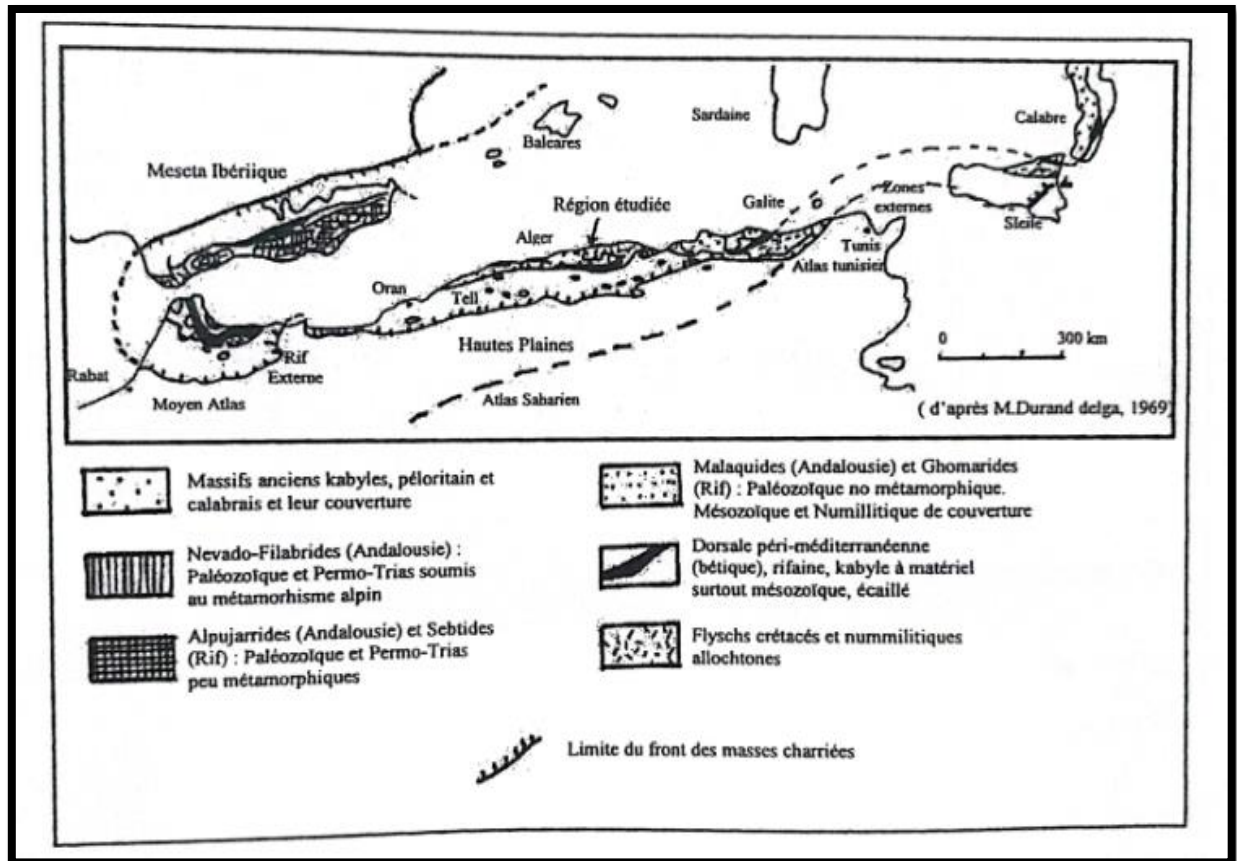


Figure 9: Carte des contextes géologique de la région d'étude.

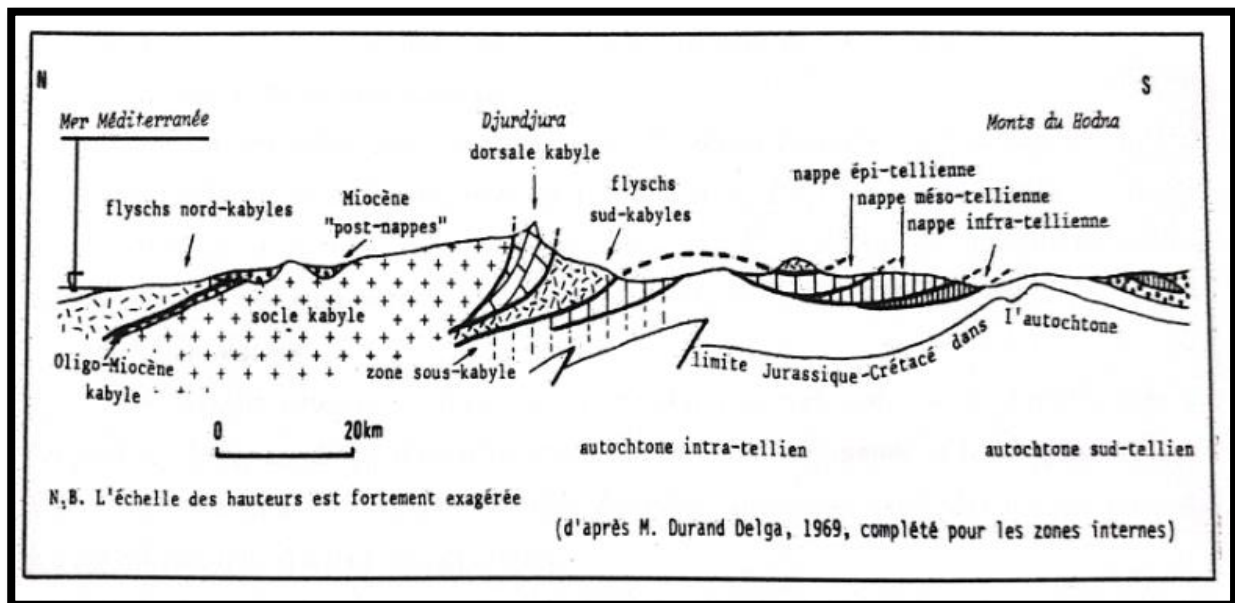
(Durand Delga. M., 1969).

4 . Géologie régional de l'Algérie du Nord

On peut distinguer quatre ensembles structuraux caractérisent l'Algérie, on peut les mettre en évidence dans une coupe Nord Sud (Durand Delga M., 1969).

On parle donc du domaine de l'atlas tellien, des hautes plaines, de l'atlas saharien et de la plate forme saharienne, dans le cadre de notre travail on s'intéressera plus précisément au domaine de l'atlas tellien, c'est-à-dire le tell septentrional au sein duquel s'intègre notre zone d'étude.

Figure 10 : Carte des grandes unités structurales sur le méridien de la grande Kabylie (Durand



Delga M., 1969).

4.1 . Domain de l'Atlas Tellien

Le domaine de l'Atlas tellien comprend deux ensembles :

4.1.1 . Le tell Septentrional

C'est un ensemble à structure complexe qui se localise au nord de l'atlas tellien il comprend :

4.1.1.1 . Le Socle kabyle

Les massifs primaires kabyles, formations essentiellement métamorphique (schiste, micaschistes, gneiss) ou volcanique d'âge Cambrien supérieur-Ordovicien inférieur ils sont très répandus en Grande et Petite Kabylie.

4.1.1.2 . La Chain calcaire (Dorsal Kabyle)

C'est une zone discontinue qui correspond à un empilement d'écaillés liées à l'Orogenèse Alpine de l'Eocène moyen et du Miocène, les sédiments sont d'âge secondaire à tertiaire. La dorsale kabyle se subdivise en trois dorsales : Interne, Médiane, Externe. Figure 14

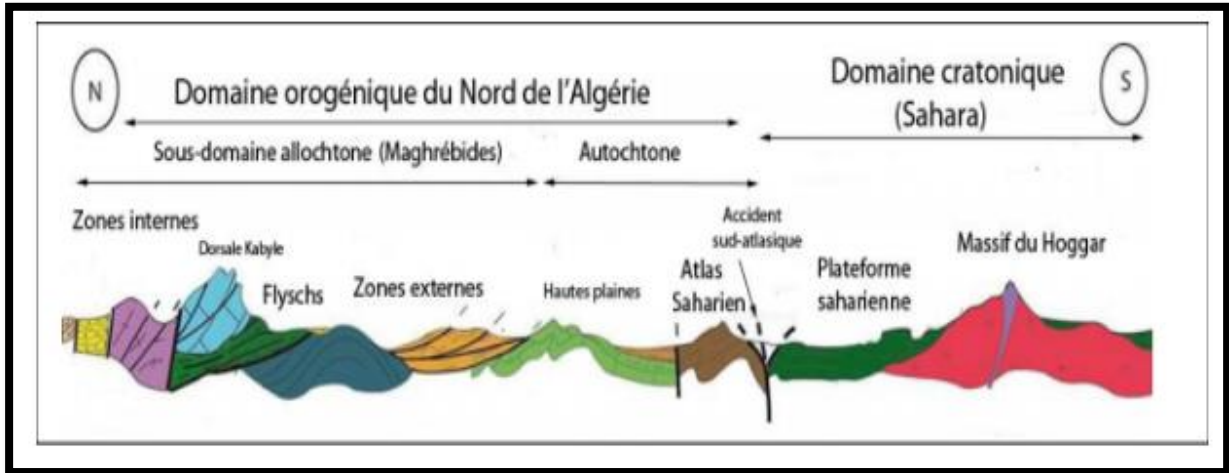


Figure 11 : Les différents domaines du nord algérien (Agrouch S., 2020)

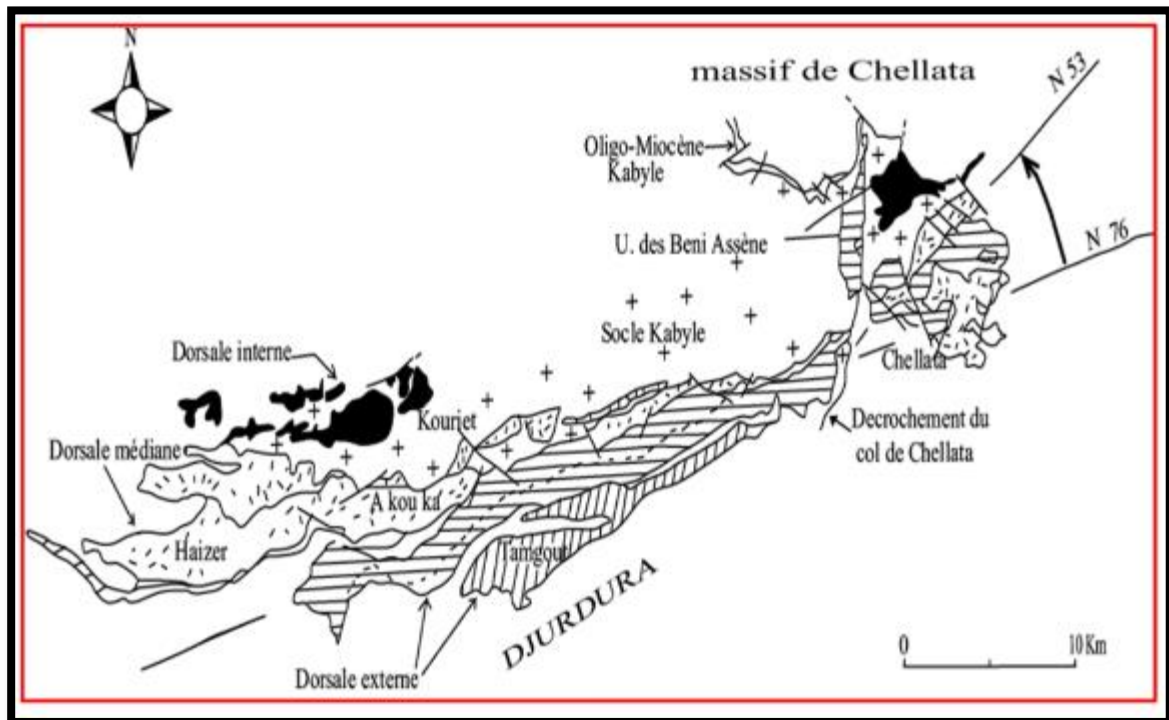


Figure 12: Carte schématique de la dorsale de la grande Kabylie (Agrouch S., 2020).

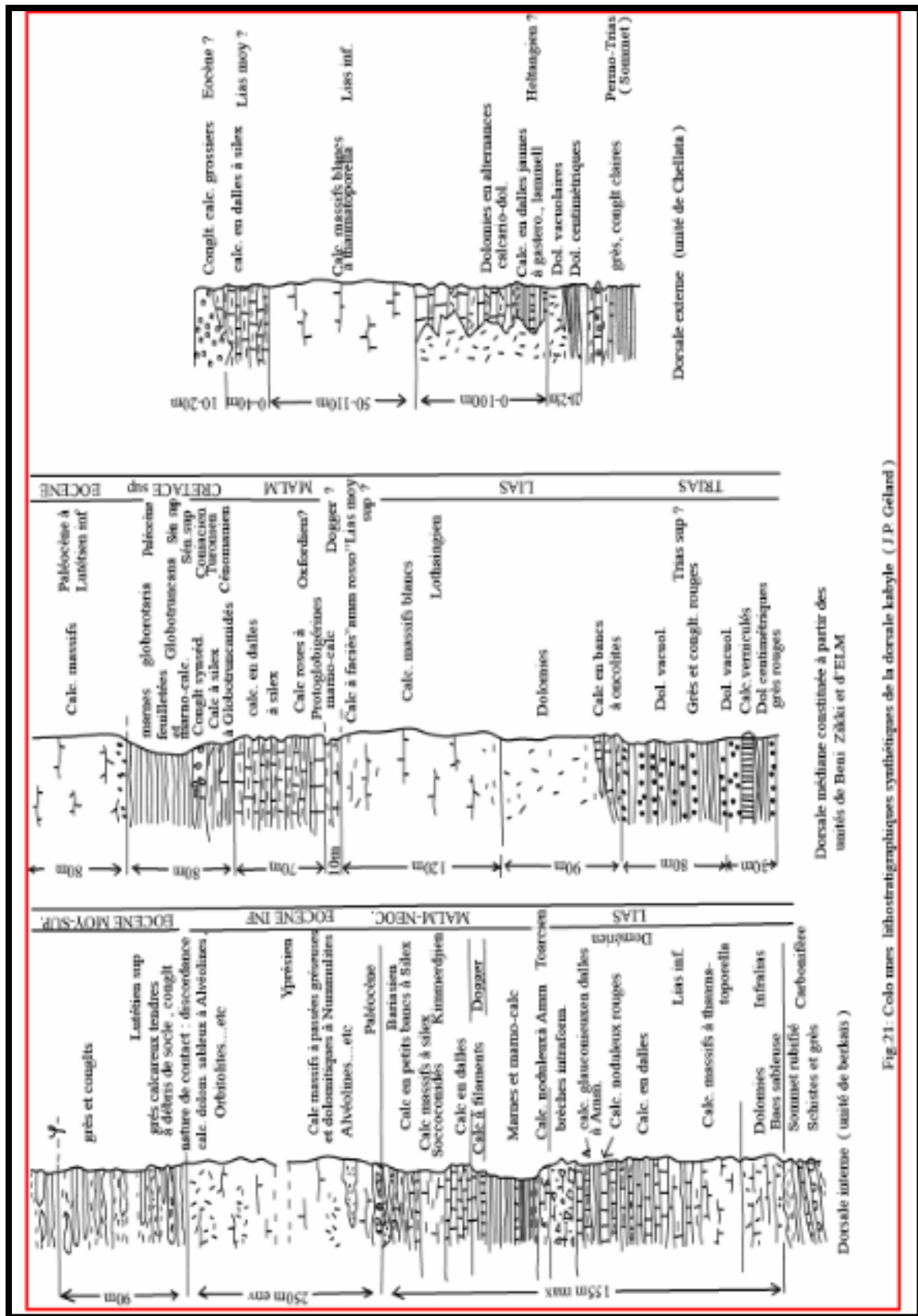


Fig. 21 - Cedo mnes lithostratigraphiques synthétiques de la dorsale kabyle (J.P. Gelard)

Figure 13 : Colonne lithostratigraphique de la dorsal kabyle (Agrouch S., 2020).

4.1.1.3 . L'Oglio miocène Kabyle

C'est un ensemble qui est discordant sur le socle il est d'âge Stampien-Aquitanien (Gelard J.P et al, 1973) qui comprend a la base des conglomérats et au sommet des calcaires silicifiés.

4.1.1.4 . Les Flysch

Les flysch peuvent se présenter en contact normal, soit sur la dorsale, soit sur l'Oligocène, ils se subdivisent en deux série : Flysch Mauritanienne et la série Massylienne.

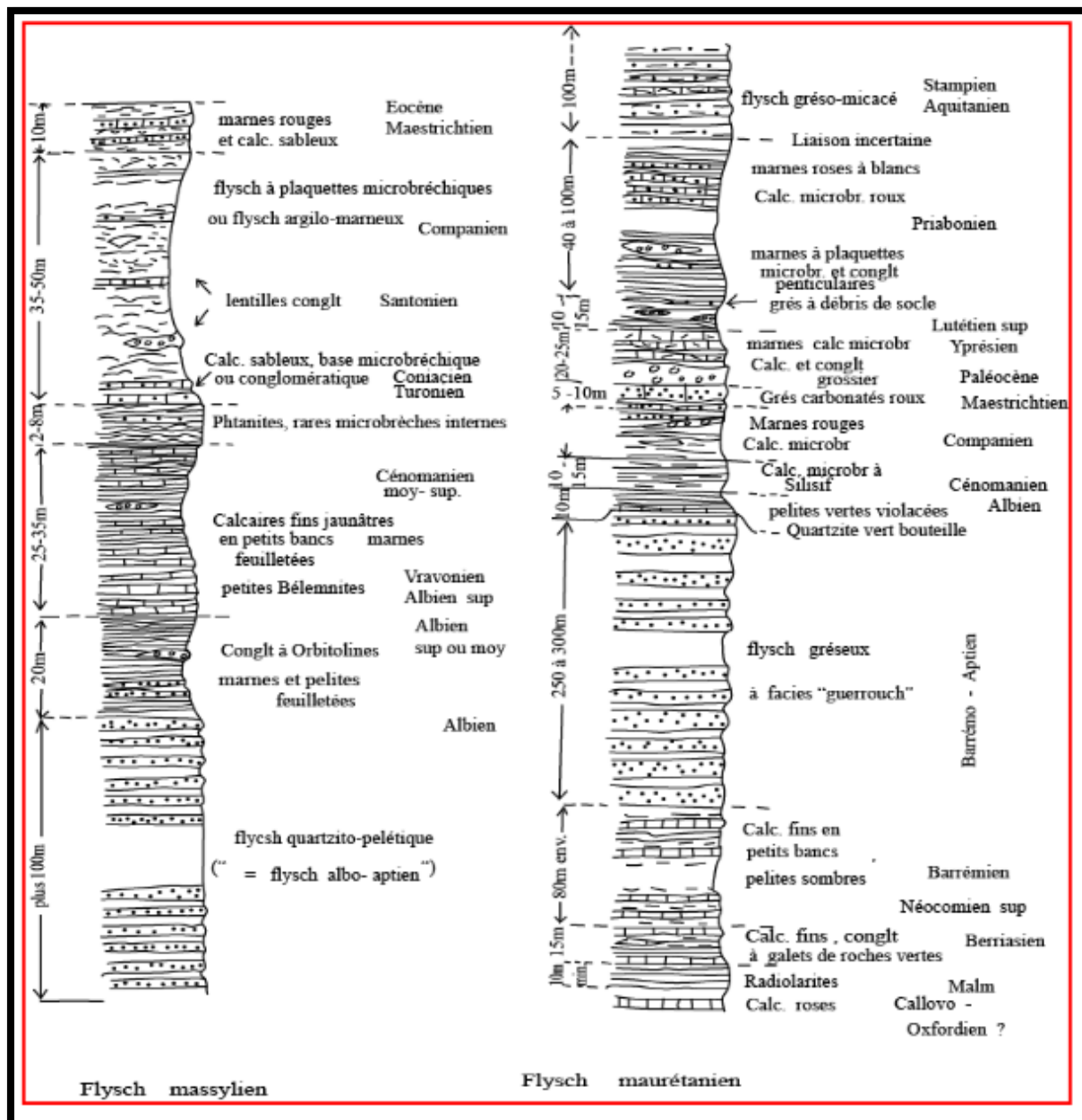


Figure 14: Colonne lithostratigraphiques des flysch marsiliennes et mauritaniennes

(Agrouch S., 2020).

4.1.2 . Le tell Méridional

Le tell méridional comprend :

4.1.2.1 . Les unités autochtones

Elles sont constituées de terrains mésozoïques ou paléozoïque, ils sont d'extension réduites et apparaissent en différents endroit : littoral Oranais, massif du Chélif, de l'Algérois, de l'Ouarsenis et des Bibans.

4.1.2.2 . Les unités telliennes (Masses allochtones)

Les nappes telliennes sont des empilements de nappes relatives à différentes unités tectonique .Ce sont des nappes du Crétacé supérieur à matériel marno-calcaire ; et les nappes à faciès flysch (Crétacé-Miocène) elle ce situe généralement au dessus des précédentes.

4.1.3 . Contexte géologique de la région d'étude

4.1.3.1 . Lithostratigraphie

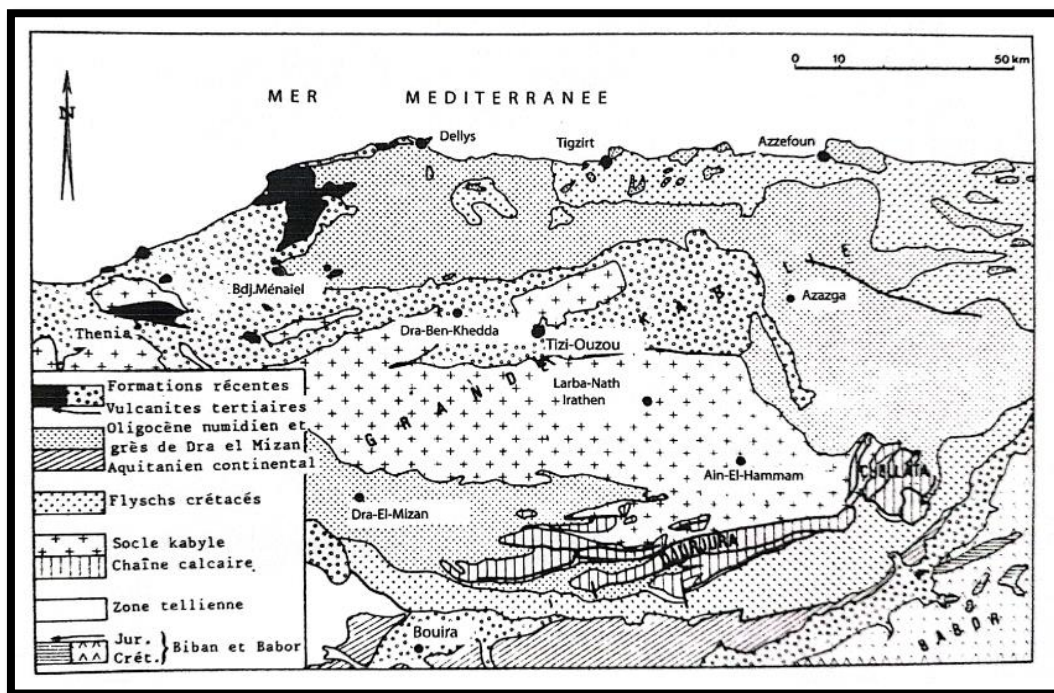


Figure 15: Schéma structural de la grande Kabylie carte 1/500.000 éme (Raymond D., 1975)

A travers les études antérieures qui se rapportent sur la région d'étude, on peut distinguer les caractéristiques lithostratigraphiques essentielles et la chronologie des dépôts comme suit :

4.1.3.1.1 . Le paléozoïque et le précambrien

Ils sont représentés par le socle métamorphique que l'on retrouve au nord de la dorsale et au sud de la chaîne littorale le noyau : Djebel Balloua, Djebel Aissa-Mimoun et le massif de Sidi-Ali-Bounab.

4.1.3.1.2 . Le Mésozoïque

- Il est représenté à l'Est et au niveau de la chaîne calcaire par le trias avec les formations de grés rouges et de calcaires dolomitiques ; le jurassique avec les formations de calcaire à cargneules, calcaires massifs, dolomies litées et le crétacé (Berriasien-Sénonien) avec des formations marneuses, marno-calcaire, flysch (schistes et quartzites).
- Au niveau de la chaîne littorale par le crétacé inférieur avec les flysch argileux-quartziteux et le cénoomanien avec les phanites, et le Turonien-Sénonien, le crétacé supérieur avec les flysch argilo-calcaire-microbrèche de l'unité d'AffirAzzefoun. Les flysch du haut Sébaou étant des flysch argilo-calcaire.

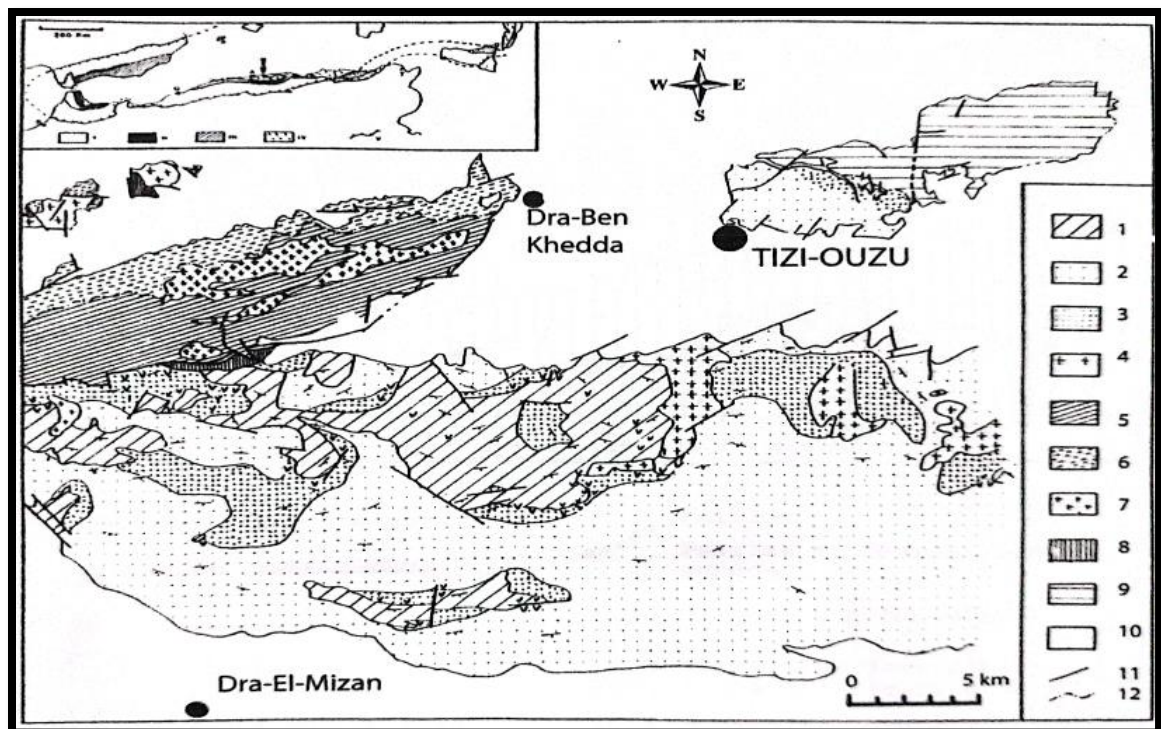


Figure 16: Esquisse géologique du S-W de la Grande Kabylie (Bosi.G, 1980).

Légende :

- 1 – Série gneissique.
- 2-Série schisteuse, zone à Chlorite.
- 3- Série schisteuse, zone à Biotite.
- 4-Granite de Taboudrist.
- 5-Blastomylonites.
- 6-Roche à catalase dominant sur la recristallisation.
- 7-Granite de Sidi-Ali-Bounab.
- 8-Zone broyées sans structures apparentes.
- 9- Cambro-ordovicien.
- 10- Miocene.
- 11Failles.
- 12-contacte géol. Majeur.

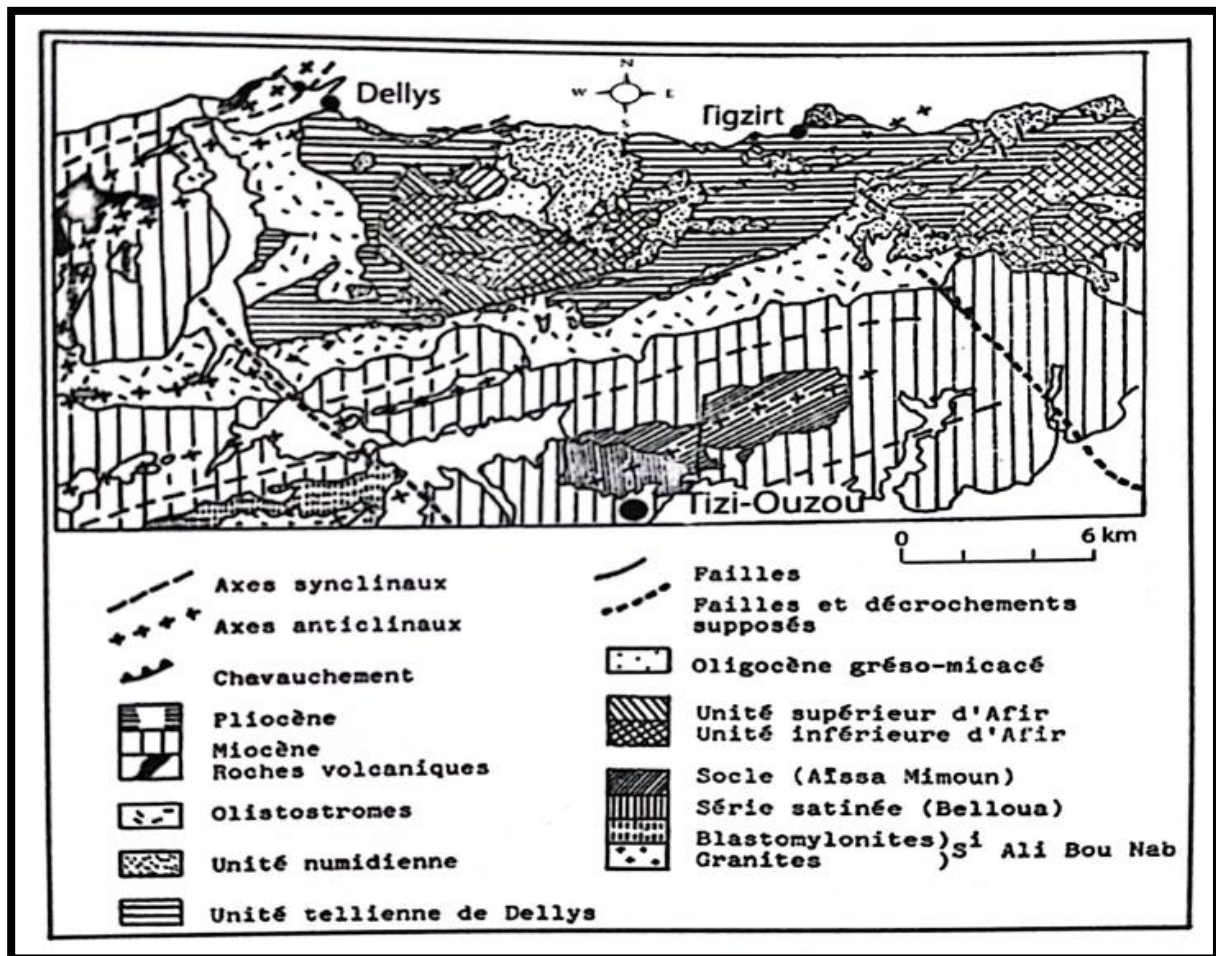


Figure 17: Structure et relief N-W de la grande kabylie (Raymond D., 1975)

4.1.3.1.3 . Le Cénozoïque

Au niveau de la chaîne du Djurdjura le cénozoïque est représenté par :

- Le Lutétien : avec le calcaire massif à nummulites, les marnes et marno-calcaire à nummulites, les calcaires gréseux, les grés et les conglomérats.
- L'Oligocène : avec les grés, les conglomérats, les marnes, les argiles sableuses les calcaires et les microsbrèches.
- L'Aquitano-Burdigalien avec les conglomérats et les argiles sableuses rouges.

Par contre le reste de la zone d'étude, le cénozoïque est représenté par :

- Le Stampien-chattien : avec les flyschgrés-micacées de la région de Fréha, les nappes de grés numidiennes (DjbelTamgout, de Tizi N'chréa et de la forêt d'Akfadou) .
- L'Aquitarien à la base et les Calcaires silicifiés au sommet OMK (Oligo Miocène Kabyle) à Ain-el Bir et Igounen Amer, dans le haut Sebaou en bordure du socle (Gery.B et al, 1981).
- Burdigalien terminal avec les marnes à la base suivie de conglomérat, de molasse et se termine par des marnes à Boudjima et à Makouda.

- Langhien-Serravalien avec à la base des grés discordants sur le socle à Tikoubain et au nord-est de la ville de Tizi-Ouzou et au sommet les marnes qui tapissent le synclinal de Tizi-Ouzou.

4.1.3.1.4 . Le Quaternaire

Il est représenté par des dépôts alluvionnaires anciens, moyens et récents les âges sont datés du quaternaire ancien Salétien, Moulouyen du Quaternaire moyen Amirien, Tensiftien et du quaternaire récent Rharbvien, soltanien.

Ces dépôts se présentent sous forme de terrasses alluviales emboîtées ou étagées relatant les différentes phases d'érosion et de dépôt.

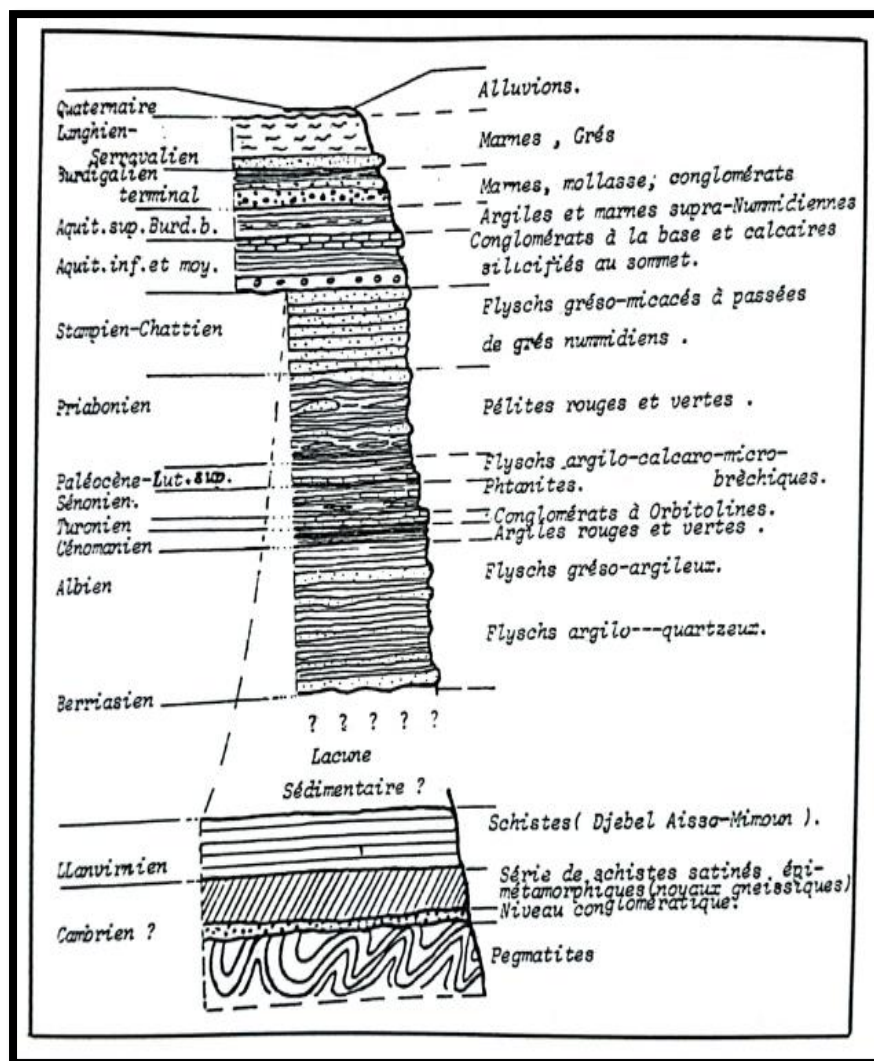


Figure 18 : Colonne stratigraphique synthétique de la région d'étude (Djemai M., 1985).

5 . Conclusion

En conclusion, la géologie de la zone d'étude est présente sous divers facies lithologiques en allant du plus ancien qui est le Cambro-ordovicien représentant le socle, au plus récent qui est le Quaternaire (les Alluvions).

La connaissance de la formation perméable et imperméable au sein du bassin versant influe sur les coefficients de vidange des nappes d'écoulement de crue. Ces derniers ont une relation directe avec le coefficient de tarissement.

Les Calcaires du Djurdjura et les dépôts alluvionnaires de l'Oued Sébaou et ses affluents sont les réservoirs connus et exploités. L'âge du réseau hydrographique est postérieur à la phase fin-Miocène ayant donnée des plis longitudinaux.

Chapitre 3 : HYDROCLIMATOLOGIE

Chapitre 3 : Hydroclimatologie**1 . Introduction.**

Dans le chapitre 3, nous nous intéressons aux principales caractéristiques hydroclimatologiques du Bassin Versant du Sébaou : la température et les précipitations.

Le climat résulte de la confrontation de deux types de facteurs : les facteurs météorologiques et les facteurs géographiques, notamment ceux qui rentrent dans l'équation du bilan hydrologique (Précipitations, évaporation). En général, la répartition des précipitations est soumise à l'influence de certains facteurs comme l'orientation des vallées, l'exposition des versants et l'éloignement de la mer. On peut définir un gradient pluviométrique pour chaque région.

La pluviosité augmente avec l'altitude jusqu'au seuil optimal. La région du Sébaou est soumise à l'influence d'un climat méditerranéen, caractérisé par :

- Des précipitations d'origine cyclonique apportées par les vents nord-ouest du mois de Décembre à Février.
- Des pluies orageuses en automne et au printemps.

L'évapotranspiration réelle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle à l'échelle annuelle. Le régime des cours d'eau est caractérisé par une alternance de crues courtes et brutales et une période d'étiage sévère soutenue par les sources karstiques, la fonte des neiges ou par les nappes aquifères.

Le climat de l'Algérie est variable selon le déplacement des masses d'air Polaire (Atlantique nord) froid et humide qui est responsable des baisses de températures et de chutes de pluies abondantes et durables en automne, hiver et aussi au printemps, Tropical Océanique qui est chaud et humide liées à l'anticyclone des Açores qui arrivent de l'Ouest et Tropical continental en provenance du Sud et du Sud-ouest .

Bien que le nombre et la répartition de ces stations paraissent à première vue satisfaisante pour mener une étude climatique sérieuse, la réalité est autre, car les informations que fournissent ces stations sont incomplètes pour la période d'observation considérée, exception faite pour les précipitations.

En raison des lacunes que comportent certaines stations climatiques, on s'y retrouve contraints de nous référer aux données antérieures élaborées par P.Seltzer (1913-1938).

2 . La température

La température est un facteur très important dans le conditionnement hydroclimatologique d'une région. Ce paramètre conditionne l'évaluation du déficit d'écoulement qui intervient dans l'estimation du bilan hydrologique.

Tableau 6 : Température moyennes mensuelles de Seltzer (1913-1938).

Station	T°C	Aghrib	Ain-El-Hammam	Larba-Nath-Irathen	Tizi-Ouzou	Moyenne Mensuelle
Septembre	min	16.6	15.2	16.9	17.8	
	max	26.7	27.6	25.8	32.2	
	moy	21.6	21.4	21.4	25.0	22.35
Octobre	min	13.0	11.0	12.1	13.4	
	max	21.2	21.3	19.7	25.6	
	moy	17.1	16.2	15.9	19.5	17.1
Novembre	min	6.5	6.8	8.1	9.5	
	max	15.6	14.7	13.8	19.1	
	moy	12	10.8	11.0	14.3	12.02
Décembre	min	5.3	3.30	4.6	6.4	
	max	11.4	10.6	9.3	16.4	
	moy	8.4	7.0	7.0	10.5	8.22
Janvier	min	4.7	2.7	3.9	5.4	
	max	10.5	9.6	8.9	14.0	
	moy	7.6	6.2	6.4	9.0	7.3
Février	min	5.1	3.4	4.4	6.2	
	max	11.7	10.7	10.3	16.1	
	moy	8.4	7.0	7.4	11.2	8.5
Mars	min	6.5	4.7	5.8	7.5	
	max	13.9	13.3	12.9	18.5	
	moy	10.2	9.0	9.4	13.0	10.4
Avril	min	8.3	6.9	8.2	9.4	
	max	17.0	16.3	15.9	21.0	
	moy	12.7	11.6	12.5	15.2	13
Mai	min	11.8	10.4	11.9	12.6	
	max	20.8	20.2	21.4	25.2	
	moy	16.3	15.3	16.7	18.9	16.8
Juin	min	15.5	14.3	15.7	15.8	
	max	24.6	25.2	25.0	30.2	
	moy	20.0	19.8	20.4	23.0	20.8
Juillet	min	18.3	19.1	19.8	19.1	
	max	29.1	31.0	30.0	35.2	
	moy	23.7	25.0	24.9	27.2	25.2
Aout	min	19.2	19.2	20.4	19.9	
	max	30.0	32.0	30.7	35.5	
	moy	24.6	25.6	26.6	27.7	26.1
Moyenne Annuelle	min	11.1	9.8	11.0	11.9	
	max	19.4	19.4	18.6	23.9	
	moy	15.0	14.6	15.0	17.9	15.6

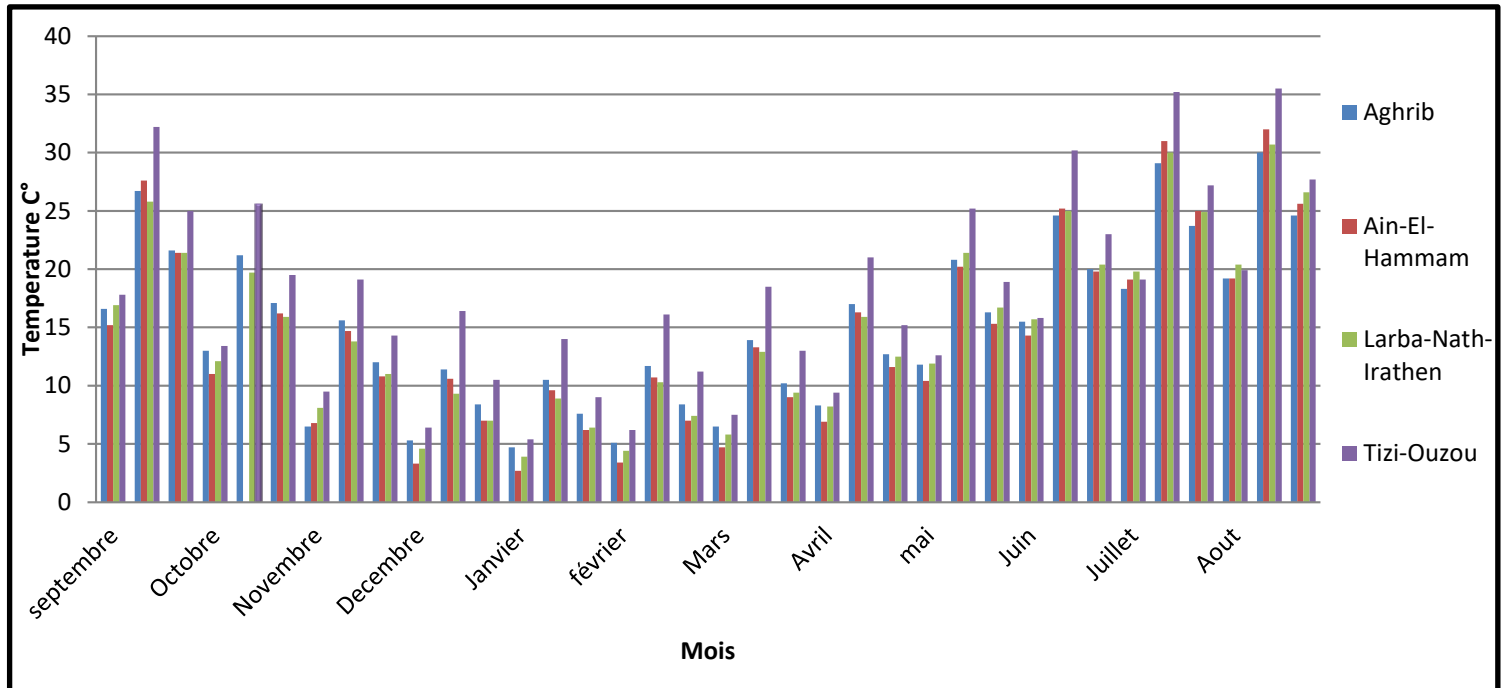


Figure 19 : Répartition des températures moyennes mensuelles d'une série récente.Seltzer (1913-1938).

Le graphique est construit à partir des données consignées dans le tableau 5 qui montre que pour la station de Tizi-Ouzou, le mois d'août est le plus chaud avec une moyenne mensuel de 28 °C et le mois de janvier est le plus froid dont la moyenne mensuel est 8 °C.

Les températures maximales sont enregistrées au mois d'Août à la station de Tizi-ouzou à 35,5 °C et les minimales à la station de Ain El Hammam à 2,7°C et Larbaa-Nath-Iratenà 3,9° C.

Les températures de Larbaa-Nath-Irathen sont proches de celle d'Ain-El-Hammam, ceci peut être expliqué par la proximité de ces deux régions et leurs altitudes voisines. Les températures de la station de Tizi-Ouzou sont élevées, cela est dû à sa faible altitude par rapport aux stations sus citées.

2.1 . Indice de De Martonne

Cet indice permet d'évaluer le degré d'aridité, et d'exprimer la relation chaleur humidité dans une région. Il est fonction de la hauteur annuelle des précipitations (P) en (mm), et de la température moyenne annuelle (T) en (°C). Sa formule est donnée comme suit:

$$A = 12 \frac{P}{T+10}$$

P : Précipitations moyennes mensuelle (mm)

A : indice de Martonne

T : Température moyenne annuelle (°C)

Tableau 7 : Valeurs de l'indice de l'aridité de DE Martonne et bioclimats correspondants.

Valeur de l'indice	Type de bioclimat	Valeur de l'indice	Type de bioclimat
0-5	Hyper-Aride (HA)	20-30	SubHumide(SH)
5-10	Aride(A)	30-55	Humide(H)
10-20	Semi-Aride (SA)	>55	PerHumide(PH)

Les résultats obtenus par cette relation dans les différentes stations représentatives sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Indice annuel de DE Martonne pour les différentes stations représentatives (Seltzer 1913-1938).

Stations	Pluviométries	Températures	L'indice (I)	Type de climat
Baghlia	723.9	17.2	26.6	Subhumide
Berber et makouda	905.9	18.5	31.8	Humide
Ain El Hammam et LNI	916.4	15	36.7	Humide
Azazga et Tagma	1059.4	15	42.4	Humide

Tableau 9: Indice mensuel de DE Marttone, (Seltzer 1913-1938).

Stations	janvier	fevrier	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
Baghlia	59.7	45.0	35.8	32.8	22.1	2.7	1.1	2.5	12.7	26.3	49.3	71.8
Berber et Makouda	78.1	60.0	50.3	42.5	19.9	2.7	1.1	2.6	12.3	28.7	56.7	95.6
AEH ET LNI	95.8	77.5	61.0	53.4	30.4	6.1	1.1	3.7	16.2	34.5	65.8	101.1
Azazga et Tagma	106.3	78.7	72.0	61.1	33.5	4.4	1.5	2.9	17.7	38.7	73.3	127.8

Légende	HA	A	SA	SH	H	PH
---------	----	---	----	----	---	----

On remarque que dans toutes les stations qu'il ya trois mois (juin, juillet, Aout) à part un cas particulier à la station représentative (AEH et LNI) où le mois de Juin est aride avec un indice de (6,1). Le mois de Décembre est semi-aride pour toutes les stations avec un indice compris entre 11 et 18 et le mois de Mai avec un indice constant de 19.9 pour les stations de (Berbère et Makouda).

Les mois de (Novembre, Décembre, Janvier et Février) sont Perhumide et les mois (Février, Mars, Avril) sont Humides.

Tableau 10: Valeurs de l'indice de DE Martonne mensuelle de la station de Tizi-Ouzou (2012-2019). (Agrouche S., 2020).

Station de Tizi-Ouzou	Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
	T (C°)	24.6	20.9	15.1	11.8	10.6	10.5	13.4	16.3	19.4	24.4	28.2	28.3	18.63
P (mm)	34.9	70.2	113.8	123.1	129.3	98.7	82.3	81.4	69.2	10.5	2.2	8.4	824	
A	12	27.26	54.4	67.76	75.32	57.77	42.2	37.14	28.24	3.66	0.69	2.63	34.09	

Les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus montrent, à l'échelle mensuelle, l'existence de deux périodes :

- Une période hyperaride (de juin à Aout) ;
- Un climat semi-aride pendant le mois de septembre ;
- Une période aride climat désertique (octobre, mai)

Quant à l'échelle annuelle, les valeurs de l'indice de Martonne indiquent que le Bassin Versant du Haut Sébaou se caractérise par un climat humide et tempéré.

Tableau 11: Indice d'aridité annuel de DE Martonne station de Tizi-Ouzou (S.Agrouche) 2020

Stations	P (mm)	T°C	I	Régime
Tizi-Ouzou	824	18.6	34.09	Tempéré

2.2 . Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (1953)

Pour déterminer la période sèche et la période humide, Gaussen et Bagnouls, ont établi un diagramme en combinant la température et la pluviométrie, le diagramme composé de trois axes :

- L'axe des abscisses : les mois de l'année.
- Le premier axe des ordonnées : les précipitations moyennes mensuelles.
- Le deuxième axe des ordonnées : le double des températures moyennes mensuelles.
- La détermination de cette période sèche est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau (voire la période d'irrigation des plantes).

Tableau 12 : les précipitations et les températures de la station de Tizi-Ouzou.

MOIS		janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Tizi ouzou	P(mm)	129.3	98.7	82.3	81.4	69.2	10.5	2.2	8.4	34.9	70.2	113.8	123.1
	T(°C)	10.6	10.5	13.4	16.3	19.4	24.4	28.2	28.3	24.6	20.9	15.1	11.8

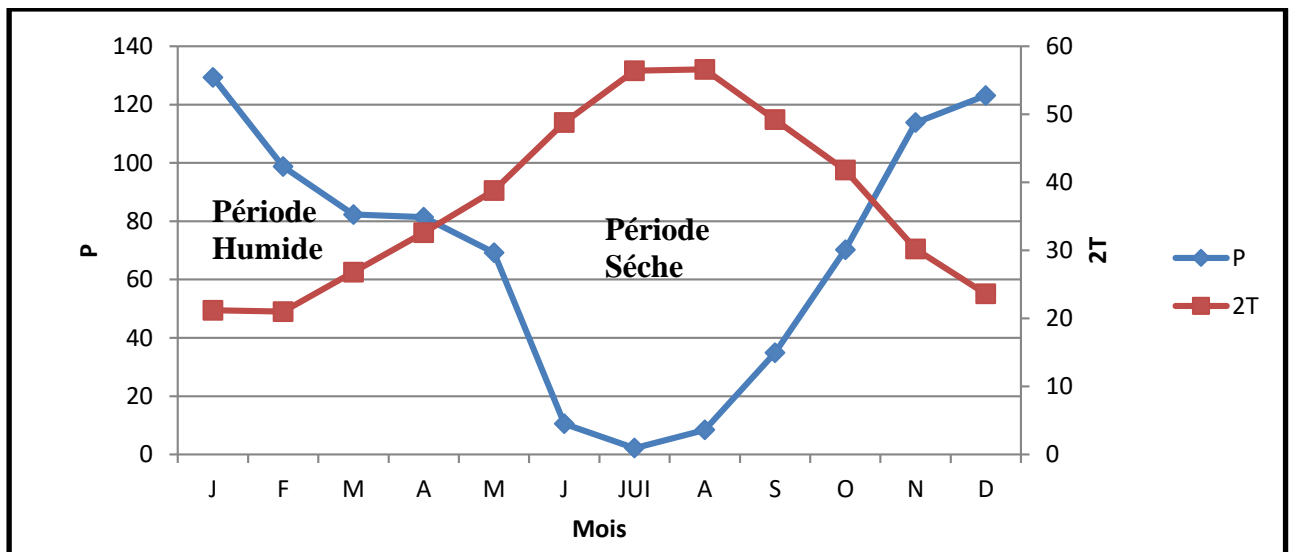


Figure 20 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls station de Tizi-Ouzou.

A partir de ce diagramme, on remarque que la station de Tizi-Ouzou présente une année hydrologique caractérisée par une période plus sèche en été de juin jusqu'à août, et une période humide s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai.

Selon Seltzer, les données des stations étudiées sont presque les mêmes à l'échelle annuelle pour une longue période et varient relativement à l'échelle mensuelle.

Les maxima sont enregistrés en mois d'août à la station de Tizi-Ouzou 35°C et les minima sont relevés à la station d'Ain-El-Hammem 2,7°C.

La station de Tizi-Ouzou est l'une des stations qui présente dans notre étude une année hydrologique qui est caractérisée par une période plus sèche en été de juin jusqu'à août où les précipitations varient de 2,2 mm en juillet à 10,5 mm en juin et une période humide qui s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai avec une précipitation qui varie entre 34,9 mm au mois de septembre à 129,3 mm en décembre.

3 . Précipitations

Les précipitations renouvellent les stocks d'eau et entretient l'écoulement dans les systèmes hydrologiques. L'unique source d'alimentation des nappes souterraines est l'eau des précipitations efficaces. L'évaluation de la ressource en eau souterraine sollicite une étude minutieuse des paramètres hydrologiques.

Le terme précipitation signifie toutes les eaux qui tombent sur la surface de la terre sous ses différentes formes : Liquides (pluies, brouillard) et Solide (neige, grêle). Le Sébaou reçoit deux formes de précipitation bien distinctes :

- La première c'est la pluie et c'est la plus réponde dans tout le Bassin Versant.
- La deuxième est la neige que l'on retrouve sur les reliefs montagneux du Djurdjura au sud. Pour ce qui s'agit du Bassin Versant du Sébaou.

Les précipitations constituent l'un des éléments les plus importants pour toute étude concernant les ressources en eau.

3.1 . Réseau pluviométrique

Le Bassin Versant du Sébaou est suffisamment équipé en station pluviométriques avec des interruptions mensuelles ou annuelles, même si de par leurs emplacements, ne couvrent pas généralement la totalité de sa superficie et ne traduisent pas tout les détails de ce dernier. En général ce sont des pluviomètres de type association et enregistreurs.

En plus des stations qui sont facile d'accès, y'as d'autres qui datte de la période coloniale qui ont été remis en marche ils sont localisée en hauteurs de la chaine du Djurdjura mais ils sont inaccessible en hiver ils sont visitables beaucoup plus au printemps.

Les stations choisies pour l'étude du bilan sont assez bien réparties à l'échelle du bassin et présentent des données exploitables sur une période d'observation suffisamment longue.

3.2 . Equipements du Bassin Versant

Tableau 13 : Caractéristiques des stations pluviométriques du Bassin Versant du Sébaou. (Agrouch S., 2020).

Stations	Code	Altitude Z (m)	Coordonnées Lambert	
	A.N.R.H		X(Km)	Y(Km)
Tizi-Ouzou A.N.R.H	02-18-10	219	620,366	379,749
Azazga	02-15-04	430	649,25	383,90
Ben Yenni	02-17-12	760	635	365,25
Aghrib	02-16-01	680	645,1	391,25
LNI	02-17-05	980	634,9	370,8
Ait Ouabane	02-17-16	960	643,3	354,7

Le Bassin Versant du Sébaou à une superficie de 2500 Km² elle est équipée de station pluviométrique et y'as celle qui sont associer avec des pluviographes, qui fournissent des données à différents pas de temps d'une façon plus ou moins continue.

3.3 . Loi de pluviosité moyenne

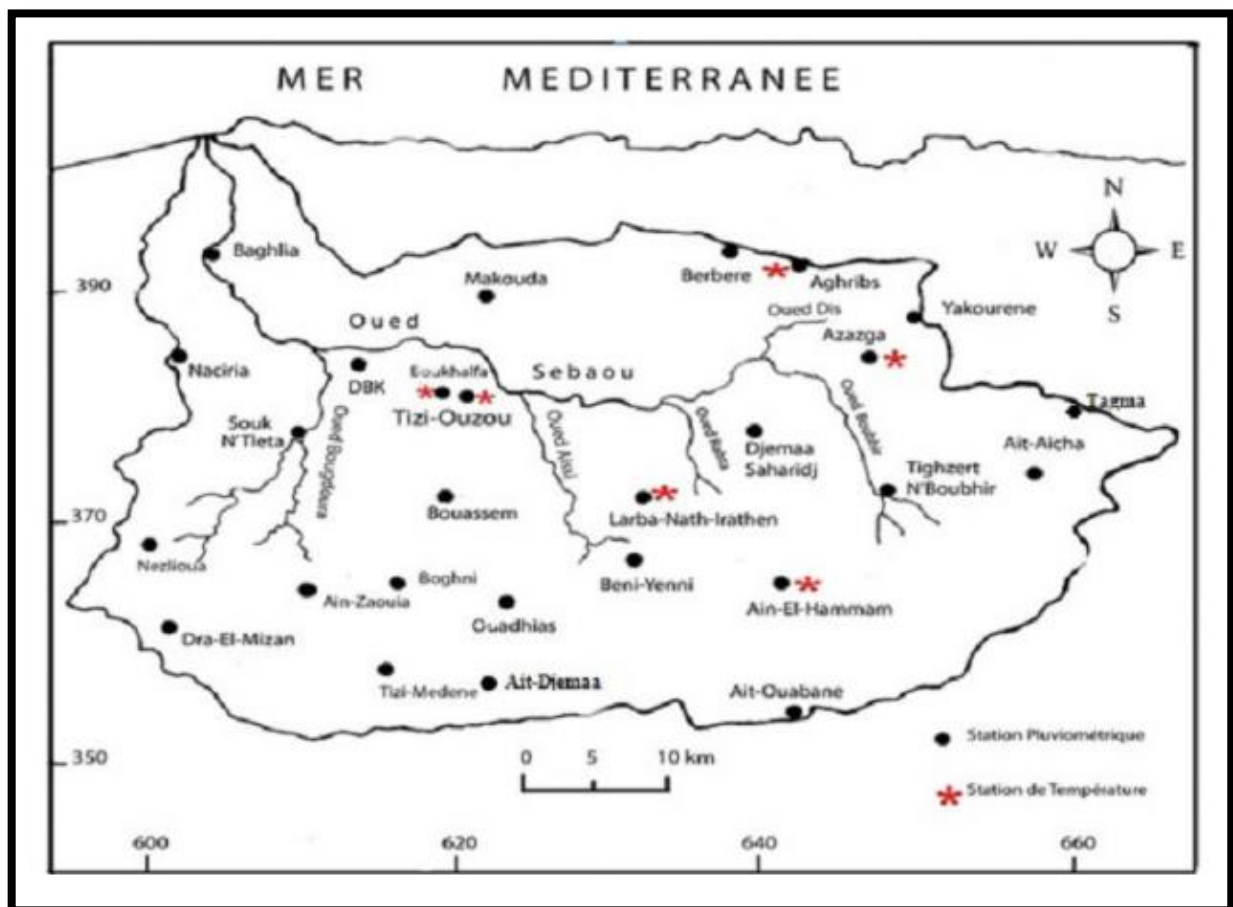
L'eau provient des précipitations qui sont sous différentes formes pluies neiges et grêle et des phénomènes physiques, l'évaporation et physiologique la transpiration.

En Algérie la pluviosité augmente avec l'altitude ce qui veut dire que ce sont des pluies d'origines Orographique, comme elles sont aussi soumises à l'influence des continents et de la latitude en allant en direction de la mer.

Cela veut dire que la répartition des pluies obéit aux lois suivantes :

- La pluie augmente avec l'altitude et elle est plus élevée sur les versants exposés à des vents humides.
- Augmente de l'Ouest vers l'Est.
- Augment en se rapprochant vers le littoral.

Figure 21: Carte de localisation des stations pluviométrique au sein du Bassin Versant



du Sébaou. (Agrouhe S., 2020).

Les stations représenté dans le tableau présentent des données du Bassin Versant du Sébaou, et qui ont fourni des données plus ou moins nombreuses, sont au nombre de 06. Leurs relevés pluviométriques sont assurés quotidiennement par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques), de sorte qu'à la fin de chaque mois nous disposons d'un total pluviométrique mensuel pour chaque poste. Les données de ces stations couvrent des périodes variables de 1990 à 2019.

	Aghrib	Ait Ouabane	Azazga	BenniYenni	Tizi-Ouzou	LNI
code de l'ANRH	21601	21716	21504	21712	21810	21705
1990	1063	1377,7	890	842,8	755,6	831,2
1991	1044,1	1113,2	828,2	725,6	766,6	821,4
1992	1030	898,6	867,7	702	689,3	786,8
1993	781,6	955,4	679	618,9	551,3	667,7
1994	1132,9	1259,9	1001,2	922,5	865	899,9
1995	*	1287,8	1098,1	890,8	822,8	1100,9
1996	738,6	809,5	591,8	505,5	500	664,1
1997	1656,5	1711,8	1317,9	1192,3	1113,2	1319,6
1998	1140,4	1168,3	855,3	768,4	689,5	859,7
1999	884	880,7	780,6	624,2	556,4	604,9
2000	992	1100	826,6	785,3	606,9	706
2001	761,5	798,2	521	479,6	461,8	522,7
2002	1630,6	*	1535,8	1366,5	1217,5	1255
2003	*	*	999,6	903,6	832,6	968,9
2004	*	1124,6	1178,2	879,5	696,3	815,3
2005	*	1393,6	896,9	754,2	732,6	814,6
2006	*	1265,6	1055,7	698,2	793,1	868,6
2007	1250,5	1110,3	1250,3	955,5	931,6	994
2008	*	*	1348,2	1185,8	1010,8	1166,9
2009	*	1435,2	1075,8	925,8	963,8	957,1
2010	1247,2	1831,7	941,4	1113,2	1016,6	1209
2011	1359,5	*	*	1023,9	1033,9	*
2012	*	*	*	980,9	936,8	*
2013	*	*	*	922,2	835,2	*
2014	*	1465,5	*	1068,1	969,4	*
2015	*	1211,7	*	811,2	772,1	*
2016	*	*	*	680,7	618,7	*
2017	*	*	*	968,9	947,8	*
2018	*	*	*	*	634,3	*
2019	*	*	*	688,1	639,8	*

Tableau 14: Précipitation annuelles dans le Sébaou en (mm), (1990-2019) (Agrouch S., 2020).

Le tableau suivant à été repris du travaille de S. Agrouch (2020) qui a réalisé le comblement des lacunes des précipitations des stations cité au paravent, elle à utilisé la méthode d'extension des données, la méthode en elle-même consiste à avoir une station qui contient toute les donnés que l'on considère comme station de référence. Dans ce cas c'est la station de Tizi-Ouzou, sur laquelle on s'appuie pour estimer les moyennes des pluies inconnues de certaines années.

Pour cela il faut mettre en évidence les résultats qui existent entre les deux séries d'observations dans un système de coordonnées en ce référentiel entre les couples de valeurs des deux séries. On décèle une corrélation linéaire entre elles, prise en couple, et on obtient une fonction de type linéaire : $y = (ax) + b$, pour laquelle on détermine ses paramètres **a** et **b** en utilisant la méthode des moindres carrés. Cette méthode à permis d'avoir les résultats récapitulés dans le tableau, cette étapes est très importante pour pouvoir continuer le travail et les calculs.

Tableau 15: Précipitations annuelles de quelque station (1990-2019). (Agrouche S., 2020).

Année	Tizi-Ouzou	BenniYani	Azazga	Aghribs	L N I	Ait Ouabane
1990	755,6	842,8	890	1063	831,2	1377,7
1991	766,6	725,6	828,2	1044,1	821,4	1113,2
1992	689,3	702	867,7	1030	786,8	898,6
1993	551,3	618,9	679	781,6	667,7	955,4
1994	865	922,5	1001,2	1132,9	899,9	1259,9
1995	822,8	890,8	1098,1	549,6	1100,9	1287,8
1996	500	505,5	591,8	738,6	664,1	809,5
1997	1113,2	1192,3	1317,9	1656,5	1319,6	1711,8
1998	689,5	768,4	855,3	1140,4	859,7	1168,3
1999	556,4	624,2	780,6	884	604,9	880,7
2000	606,9	785,3	826,6	992	706	1100
2001	461,8	479,6	521	761,5	522,7	798,2
2002	1217,5	1366,5	1535,8	1630,6	1255	*766
2003	832,6	903,6	999,6	*557,4	968,9	*551,6
2004	696,3	879,5	1178,2	*448,1	815,3	1124,6
2005	732,6	754,2	896,9	*477,2	814,6	1393,6
2006	793,1	698,2	1055,7	*525,8	868,6	1265,6
2007	931,6	955,5	1250,3	*660,5	994	1393,6
2008	1010,8	1185,8	1348,2	*700,4	*1166,9	1265,6
2009	963,8	*925,8	*1075,8	*662,7	*975,1	1110,3
2010	1016,6	1113,2	941,4	*720,8	*1209	1265,6
2011	1033,9	1023,9	827,9	1250,5	*1149,3	*1110,3
2012	936,8	980,9	*759,3	*641	*1050	*609,6
2013	835,2	922,2	*687,6	*559,5	*946,1	*553,1
2014	969,4	1068,1	*782,3	*667,1	*1083,4	1465,5
2015	772,1	*811,2	*643	*508,9	*881,5	1211,7
2016	618,7	680,7	*534,7	*385,9	*724,6	*432,5
2017	*947,8	968,9	*767,1	*649,8	*1061,3	*615,8
2018	634,3	614,7	*545,9	*398,6	*740,6	*441,3
2019	*639,8	688,1	*549,6	*402,8	*746,2	*444,2
Moyenne Anuelle	798,71	853,296667	887,89	693,483333	871,146667	1012,72

*

Valeurs obtenue par comblement.

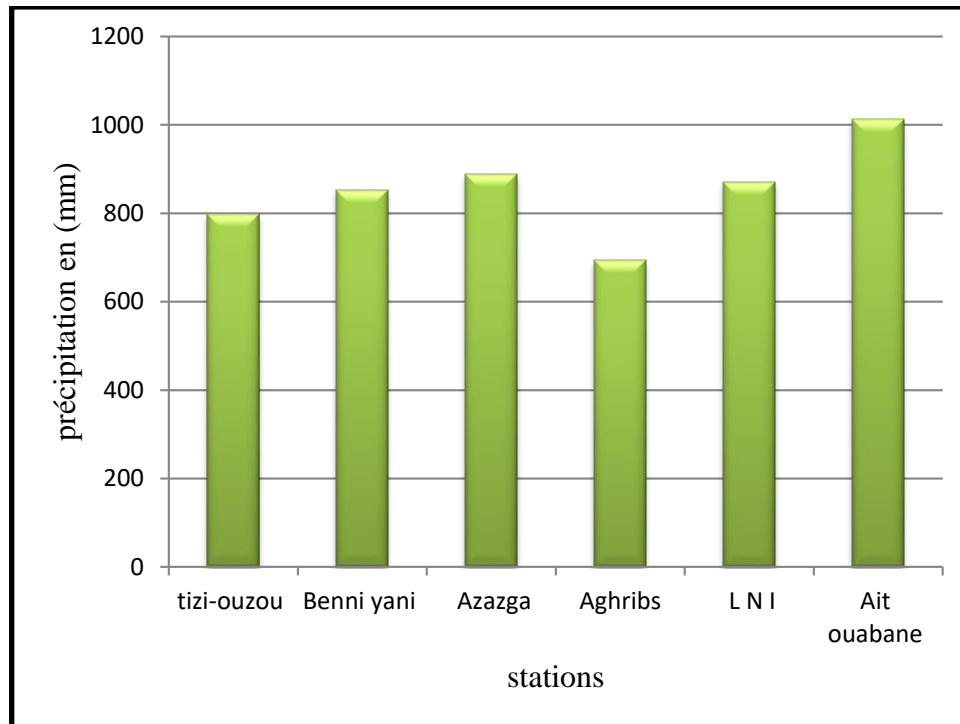


Figure 22: Hauteur des précipitations inter annuelle de différentes stations. (1990-2019).

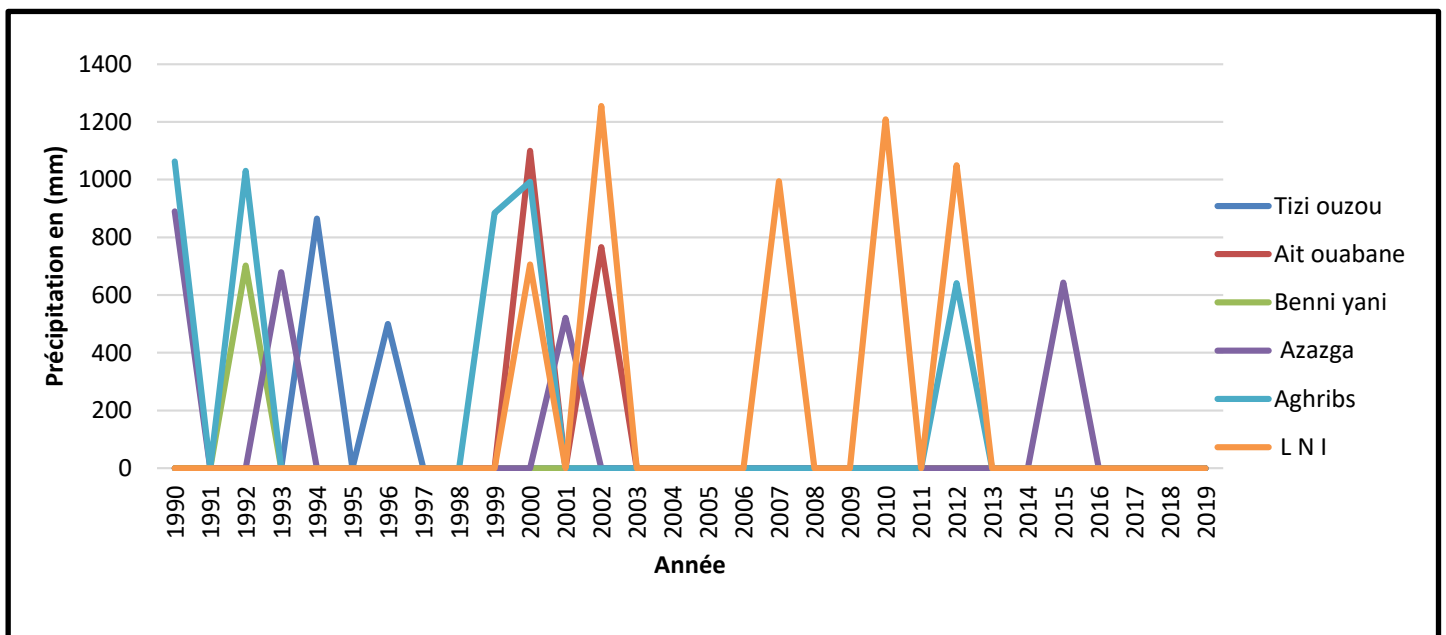


Figure 23: Variations interannuelles des précipitations annuelles (1990-2019).

A Partir des données relatives aux différentes stations nous avons construit les graphiques des variations interannuelles des précipitations sur lesquels nous remarquons une hauteur des précipitations annuelles maximales dans la station de Tizi-Ouzou durant la période 2001/2002 égale à 1217,5mm.

Pour l'année hydrologique 1996/1997 ; les apports en quantité de pluie annuelle ont enregistré une nette augmentation qui ont atteint 1711,8mm pour la station Ait Ouabane tandis que la valeur minimale remarqué en 2016 est de 432,5mm

- BéniYenni : La valeur maximale des précipitations observée pendant l'année 2001/2002 est de 1366,5mm; l'année 2001 seulement 479,6mm de pluie ont été enregistrés.
- Azazga : les précipitations maximales sont de 1535, 8 mm enregistrés en 2002 dans cette station la valeur minimale annuelle est remarquée en 2001 avec 521mm
- Aghrib : Au cours de l'année 2002/2003 ; une augmentation des précipitations a été enregistrée pour atteindre 1656,5mm en 1997 et une valeur minimale de 385,9 mm en 2016
- L.N.I : La valeur maximale des précipitations est observée pendant l'année 1997 avec 1319,6 mm; la valeur minimale annuelle est remarquée en 2001 avec 522,7 mm.

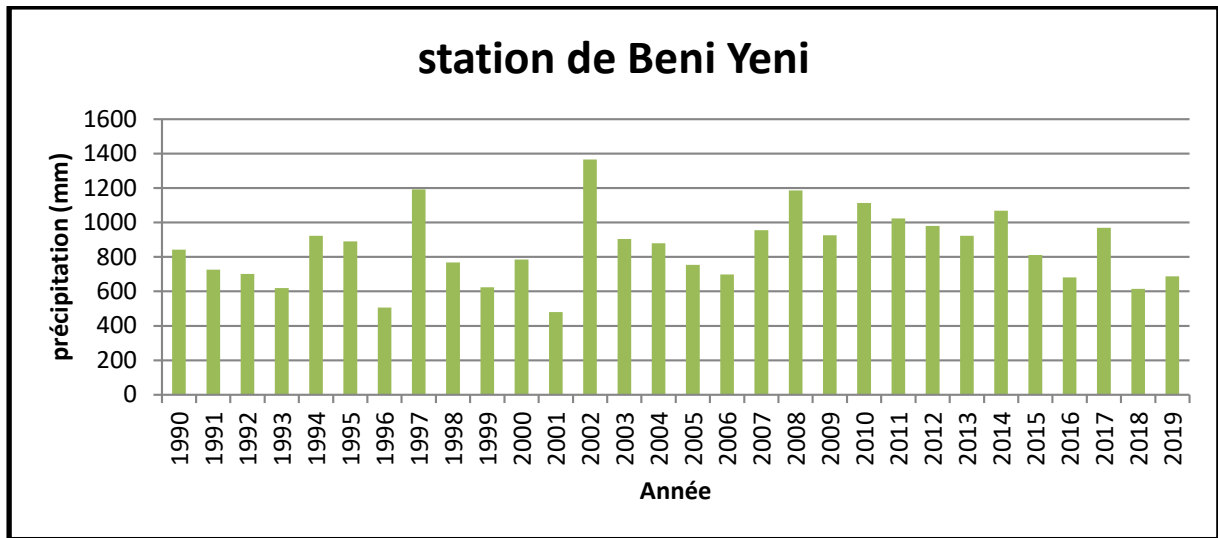


Figure 24: Précipitations annuelle en (mm) de la station de BeniYeni (1990-2019).

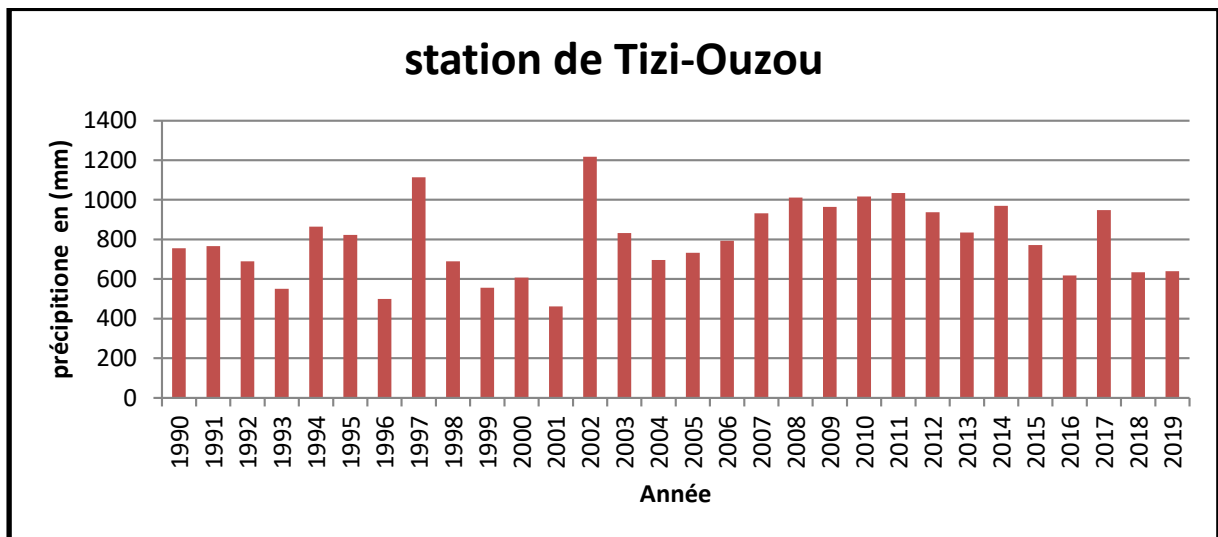


Figure 25: Précipitation annuel en (mm) de la station de Tizi-Ouzou (1990-2019).

Pour les stations Tizi-Ouzou et BeniYeni, les piques de précipitations ce trouvent dans chaque une des années 1997 et 2002 avec des valeurs de 1217,5 mm et 1366,5mm pour Tizi-Ouzou et Beni Yeni respectivement pour l’année 2002 pour ce qui s’agit de 1997 les précipitations sont de 1113,2mm et 1192,3mm pour chaque une des stations.

Alor que les années les moins pluvieuses sont 1996 et 2001 avec des valeurs entre 461,8mm pour Tizi-Ouzou et 479,6mm pour BeniYeni pour 2001 et de 500mm à 505,5mm pour chaque une des stations respectivement pour 1996.

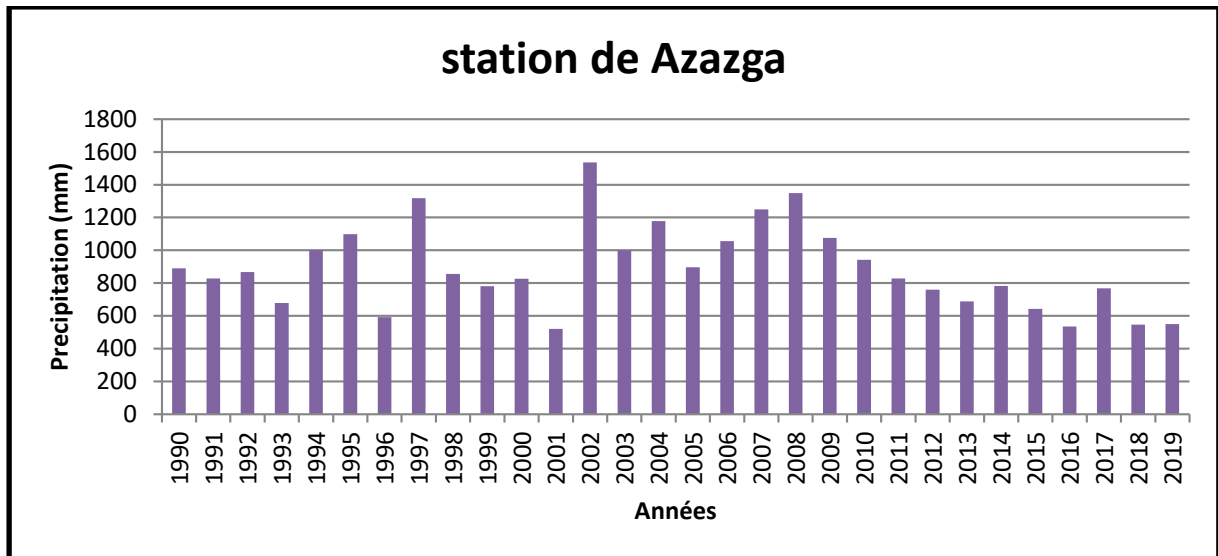


Figure 26: Précipitation annuel en (mm) de la station Azazga (1990-2019).

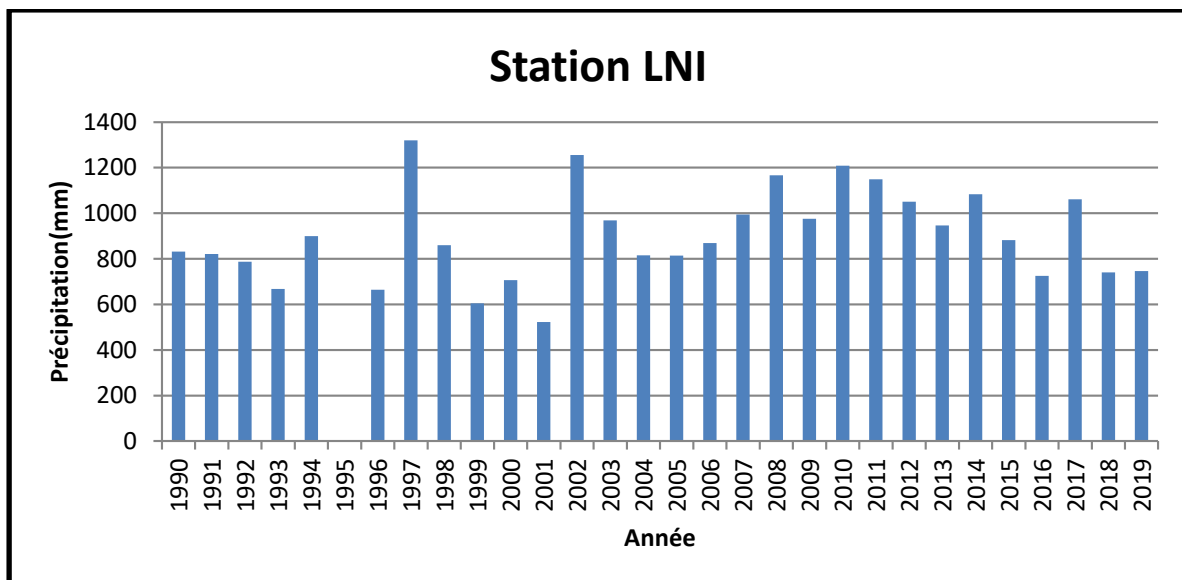


Figure 27: Précipitation annuel en (mm) de la station de LNI (1990-2019).

Les stations d’Azazga et LNI les pics de précipitations se trouvent dans chaque une des années en 1997 et 2002 avec des valeurs de 1317,9 mm à 1319,6 mm pour les deux stations respectivement pour l’année 1997 pour ce qui s’agit de 2002 les précipitations sont de 1535,8mm et 1630 mm pour chaque une des stations.

Alor que l’année la moins pluvieuses est 2001 avec des valeurs entre 521mm pour Azazga et 522,7 mm pour LNI.

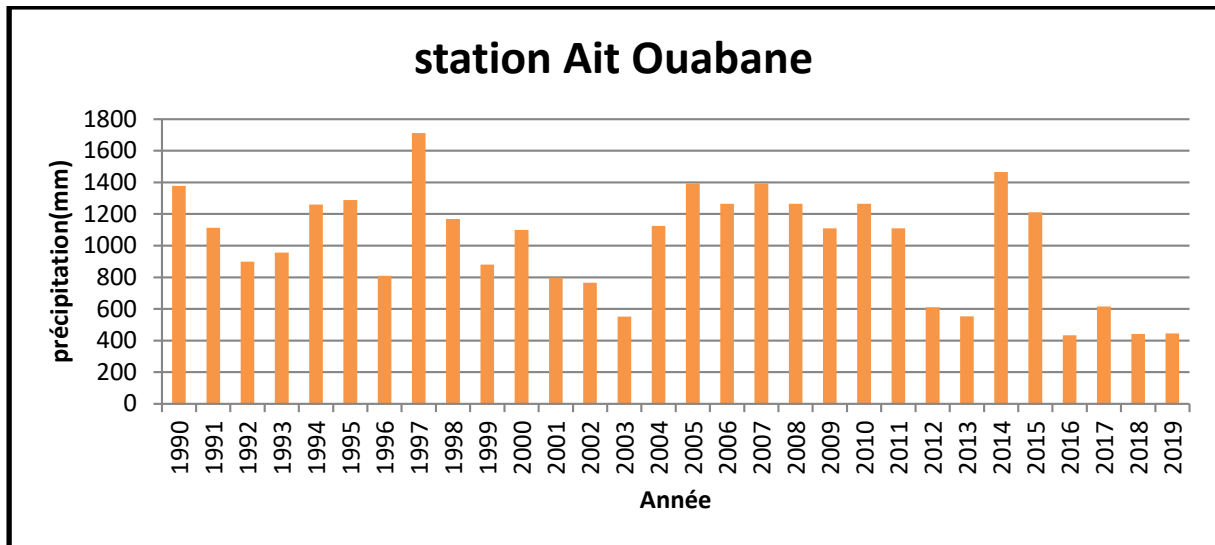


Figure 28: Précipitations annuel en (mm)de la station d'AitOuabane (1990-2019).

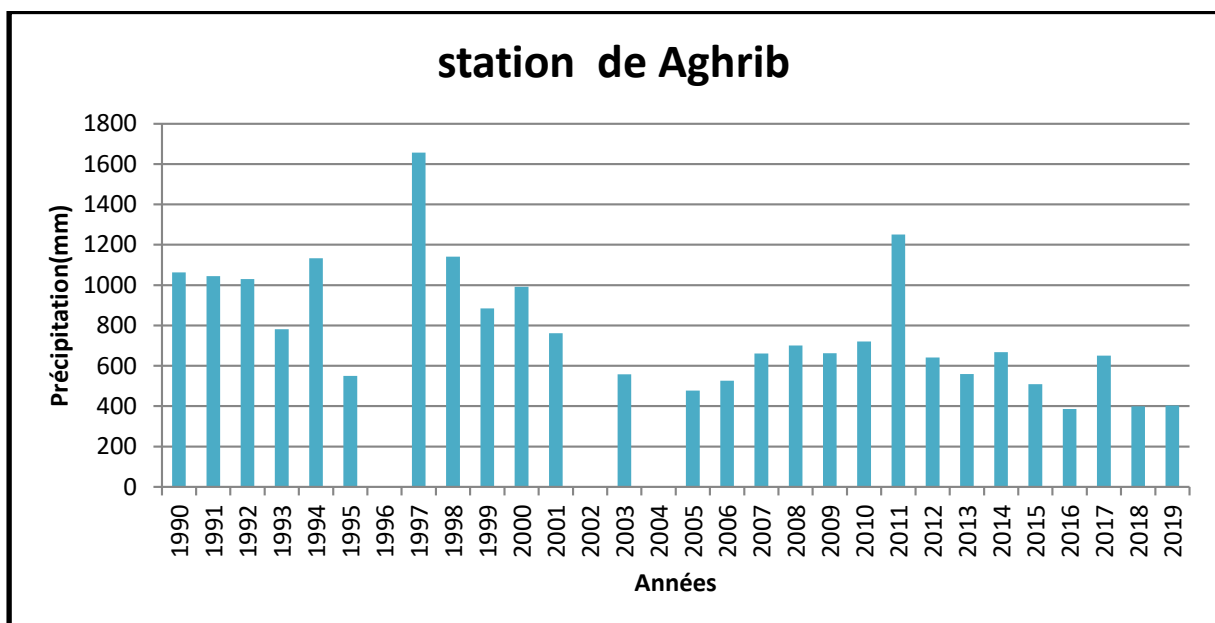


Figure 29: Précipitations annuel en (mm) de la station d'Aghrib (1990-2019).

Dans les histogrammes d'Ait Oabane et Aghrib les pics de précipitations se trouvent dans chaque une des années en 1997, 2011 et 2014 avec des valeurs de 1656,5 mm à 1711,8 mm pour les deux stations respectivement pour l'année 1997 pour ce qui s'agit de 2014 pour la station de Ait Ouabane les précipitations sont de 1711,8mm et pour la station d'Aghrib en 2011 la valeur est de 1250,5mm. Alor que l'année la moins pluvieuses est 2016 avec des valeurs entre 385,9mm pour Ait Ouabaneet432, 5mm pour Aghrib.

On conclut donc a partir des histogrammes de toutes les stations respectivement que les années ou y'as eu le plus de précipitations sont 1997 et 2002 avec des précipitations maximale avec une valeur de 1711,8mm et les moins pluvieuses sont 2001et2016 avec une valeur de 461,8 mm pour la station de Tizi-Ouzou.

4 . Calcul de la lame d'eau moyenne tombée sur le secteur d'étude

Tableau 16: tableau du gradient pluviométrique.

	1	2	3	4	5	6
Station	Tizi-Ouzou	Azazga	Aghribs	Beni Yenni	Ait ouabane	L.N. I
Altitude(m)	189	430	680	760	960	980
P (mm)	798,71	887,89	787,40	853,30	1012,72	907,84

La lame d'eau moyenne tombée sur un bassin, est égale au quotient de la précipitation en millimètre par la superficie en mètre carré.

4.1 . Méthode de la moyenne Arithmétique des précipitations

La méthode la plus simple consiste à calculer la moyenne arithmétique des hauteurs de précipitations relevés dans le même intervalle de temps aux diverses stations du bassin. Elle s'obtient à partir de la formule :

$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i S_i$$

Où :

P_i : précipitation moyenne annuelle à la chaque station (mm).

N : nombre des stations utilisées.

La Moyenne Arithmétique est de l'ordre de : **874,64mm**

4.2 . Méthode des polygones de Thiessen

C'est l'une des méthodes les plus rapides et les plus utilisées, elle consiste à diviser la surface du bassin versant en polygones. Ce polygone correspond à la zone d'influence. Un poids proportionnel qui permet d'affecter à chaque poste pluviométrique.

Un point situé dans cette zone soit le plus près en distance horizontale du pluviomètre correspondant que tout autre pluviomètre. C'est une méthode qui tient compte de la répartition spatiale des stations, de ce fait elle est plus précise que la méthode de la moyenne arithmétique. La construction des polygones se fait de la façon suivante :

- Les stations disponibles étant reportées sur une carte.
- On trace une série de droites reliant les stations deux à deux.
- Au milieu de chacune de ces droites on trace une perpendiculaire médiatrice.

- Les intersections de ces médiatrices déterminent un certain nombre de polygones, pour lesquels, la hauteur de la précipitation moyenne est prise égale à celle de la station comprise à l'intérieur du polygone.

En supposant que la pluviométrie moyenne annuelle à chaque station est uniformément répartie sur le polygone correspondant. La lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin versant est donnée par la formule suivante :

$$\bar{P} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N P_i S_i$$

Tel que :

S : surface totale du bassin versant.

P_i : précipitations moyennes annuelles de la station à l'intérieur du Polygone.

S_i : surface du polygone considéré.

Tableau 17: Evaluation de la lame d'eau par la méthode de Thiessen. (1990-2019).

Stations	la moyenne P(mm)	surface du polygone (Km ²)	Pi.Si
Tizi-Ouzou	798,71	404,622971	323176,4132
Azazga	887,89	283,554187	251764,9271
Aghrib	787,4	176,265314	138791,3082
Benniyeni	853,3	966,165999	824429,4469
Ait Ouabane	1012,72	298,582277	302380,2436
LNI	907,84	381,360317	346214,1502
		2510,551065	2186756,489

La lame d'eau résultante avec cette méthode est la suivante : **$\bar{P}=871,02\text{mm}$** .

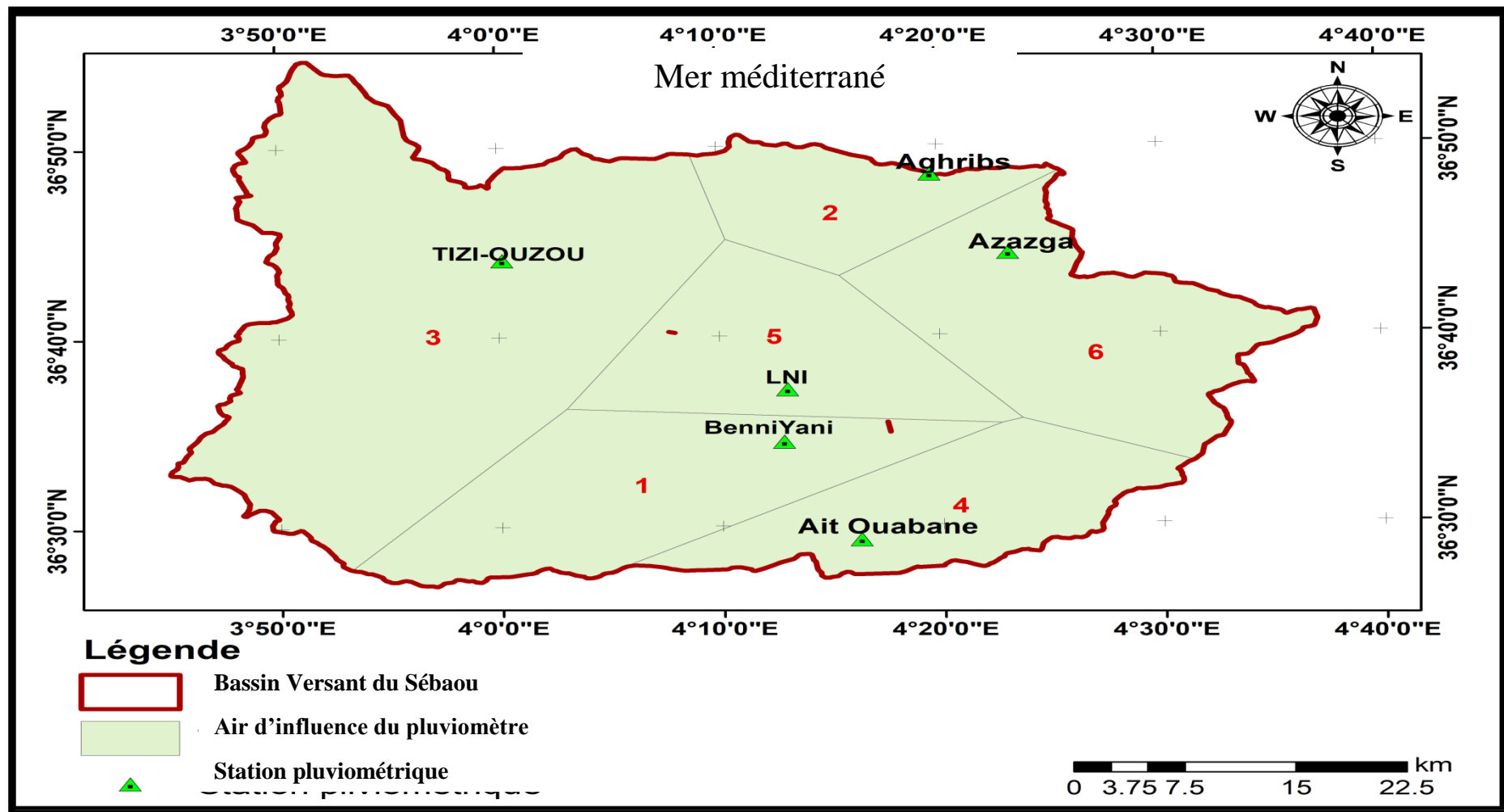


Figure 30 : Polygone de Thiessen.

4.3 . La méthode des Isohyètes

L'étude plus au moins précise des variations spatiales des précipitations annuelles moyennes passe par l'élaboration d'une carte en isohyètes, avec la série pluviométrique.

On appelle isohyètes les lignes d'égale hauteur de précipitation, l'utilisation des isohyètes est le procédé le plus rationnel et le plus précis, il tient compte de la répartition spatiale et de l'altitude.

Pour passer à la pluie moyenne précipitée sur la surface totale du bassin versant, on planimètre chacune des surfaces élémentaires délimitées par les isohyètes

On calcul la moyenne précipitée sur la surface du Bassin Versant en prenant la précipitation moyenne entre les deux isohyètes successives, par la surface comprise entre ces isohyètes, en totalisant ces produits et en divisant sur la surface totale du bassin versant.

La lame d'eau précipitée sur le bassin versant est donnée par la relation suivante :

$$\bar{P} = \frac{1}{S} \sum P_i S_i$$

Tel que :

Si : surface inter-isohyètes.

Pi : pluviométrie moyenne inter-isohyètes considérées.

S : surface totale du bassin versant.

Les résultats de cette méthode sont donnés dans le tableau

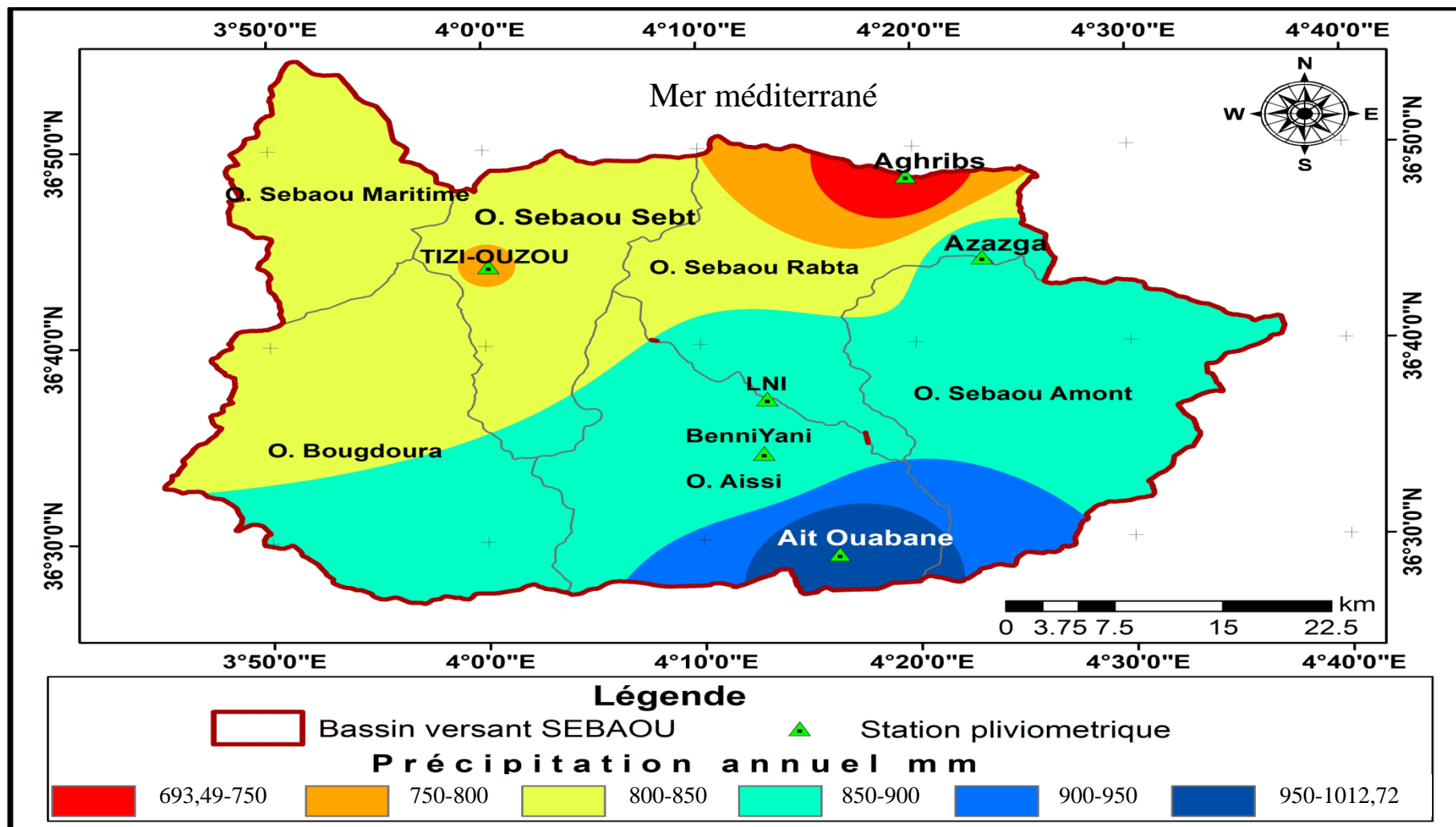


Figure 31: Méthode des isohyètes

Tableau 18 : Estimation des précipitations par la méthode des Isohyètes

La zone inter- isohyète (mm)	Pluviométrie moyenne inter- isohyètes (mm) Pi	Surface inter- isohyètes (Km ²) Si	Pi*Si
693,49 - 750	721,745	39,24	28321,2738
750 - 800	775	98,29	76174,75
800 - 850	825	992,54	818845,5
850 - 900	875	1136,78	994682,5
900 - 950	925	154,99	143365,75
950 - 101,72	981,36	88,79	87134,9544
		2510,63	2148524,728

Donc d'après les résultats obtenus par les différentes méthodes :

La méthode Arithmétique : $\bar{P} = 874,64$ mm.

La méthode de Thiessen : $\bar{P} = 871,02$ mm

La méthode des Isohyètes : $\bar{P} = 855,77$ mm.

La moyennes des trois méthodes utilisée est égale a : $\bar{P} = 867,14$ mm

On remarque donc que les moyennes calculées ne représentent pas une grande différence.

5 . Bilan hydrologique

L'étude du bilan hydrologique permet d'évaluer la répartition des volumes d'eau entre les différents composants du cycle de l'eau dans un bassin versant (écoulement, infiltration et évaporation), sur une période d'observation, suffisamment longue. La formule classique du bilan hydrologique s'écrit comme suit: $P = ETR + R + I \pm \Delta S$

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm),

R : Ruissellement moyen annuel en (mm),

I : Infiltration moyenne annuelle en (mm),

ETR : Evapotranspiration réelle en (mm),

ΔS : Variation de la réserve

5.1 . Etude de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est l'une des plus importantes composantes du bilan hydrologique. Elle englobe l'ensemble des phénomènes d'évaporation directe par retour dans l'atmosphère, à partir des réservoirs de surface (lacs, mers...etc.), souterrains (nappes aquifères) et de transpiration des plantes. Ce paramètre climatique conditionne l'abondance ou la disette en eau pour la végétation (représente la somme de toutes les pertes par transformation de l'eau en vapeur et résulte de la combinaison de deux phénomènes, l'un physique : l'évaporation et l'autre biologique : la transpiration)

L'évapotranspiration est un paramètre difficile à mesurer, il dépend de plusieurs facteurs variant dans le temps et dans l'espace. Les principaux paramètres qui conditionnent l'évapotranspiration sont : La température, les précipitations, l'état du sol et la végétation. Il est très important de quantifier les précipitations et l'évapotranspiration sur un bassin versant, ça nous aide à reproduire son bilan hydrologique, et aussi d'estimer les réserves de sol et déterminer les aires d'alimentation. Ces informations sont très utiles pour les futurs projets à impacts socio-économiques.

5.1.1 . Evapotranspiration potentielle (ETP)

C'est la quantité d'eau susceptible d'être évaporée par une surface d'eau libre ou par un couvert végétal dont l'alimentation en eau n'est pas le facteur limitant. La détermination de

L'ETP se fait en utilisant une méthode simple, qui ne fait intervenir que la température. C'est la formule de Thornthwaite qui s'exprime par l'expression suivante

➤ Calcule de l'ETP selon la formule de Thornthwaite

A partir des expériences réalisées sous différents climats subhumides, Thornthwaite propose la formule suivante pour calculer l'ETP :

$$ETP = 1,6 \left(10 \frac{T}{I}\right)^a * K$$

Avec :

ETP : Évapotranspiration potentielle corrigée en (mm)

T : Température moyenne mensuelle en (°C)

a = $6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239$

I : indice thermique annuel : $I = \sum_{i=1}^{12} i$

I : indice thermique mensuel : $i = (T/5)^{1,514}$

K : Coefficient de correction dépendant de la latitude de la station hydroclimatique.

ETPc = Evapotranspiration potentielle corrigée obtenues par la formule de Thornthwaite.

Les valeurs mensuelles de l'ETP ainsi calculées sont multipliées par un facteur de correction K qui tient compte à la fois du nombre de jours par mois et de la durée du jour en fonction de la latitude.

Les valeurs obtenues par l'application de cette formule sont récapitulées dans le tableau 16

Tableau 19: Valeurs de l'ETPc calculées par la formule de Thornthwaite à la station de Tizi-Ouzou (1990 - 2020).

Station de Tizi-Ouzou	Mois	septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Annuel
	Para.													
	T moy	24,6	20,9	15,1	11,8	10,6	10,5	13,4	16,3	19,4	24,4	28,2	28,3	18,6
	a	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	
	K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	
	ETPc2	119,3	81,0	37,4	22,3	18,6	17,8	35,2	55,7	87,0	139,0	188,9	178,0	980,2

L'application de la formule de Thornthwaite a permis d'estimer l'ETPc annuelle à 980,2 mm. Le tableau montre que les valeurs moyennes mensuelles de l'ETPc varient entre 17,8 mm et 188,9 mm enregistrées, respectivement, aux mois de Février et Juillet. Pour un indice thermique annuel de 91,82 mm.

Tableau 20 : Valeurs de l'ETPc calculées par la formule de Serra à la station de Tizi-Ouzou (1990-2020)

Station de Tizi-Ouzou	Mois	septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Annuel
	Para.													
	T moy	24,6	20,9	15,1	11,8	10,6	10,5	13,4	16,3	19,4	24,4	28,2	28,3	18,62
	i	11,2	8,7	5,3	3,7	3,1	3,1	4,4	6	7,8	11	13,7	13,8	91,8
	I	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	
	a	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	
	ETPc 1	119,3	78,4	36,7	22	18,5	17,7	34,7	54,5	84,5	133,8	180,8	170,3	951,1

L'application de la formule de Serra a permis d'estimer l'ETPc annuelle à 951,1 mm. Le tableau montre que les valeurs moyennes mensuelles de l'ETPc varient entre 17,7 mm et 180,8 mm enregistrées, respectivement, aux mois de Février et Aout.

Tableau 21: Récapitulatif des deux méthodes de l'ETPc

	ETPc 1	ETPc 2	Moy en (mm)
mm	951,1	980,2	965,6

5.1.2 . Evapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration réelle est la quantité d'eau évaporée effectivement par le sol, les végétaux et les surfaces d'eau libre.

L'estimation de l'ETR est facilement accessible grâce à des formules empiriques qui utilisent les données faciles à quantifier comme la température et les précipitations.

5.1.2.1 . Méthode de Turc

La formule du Turc a été déduite du bilan hydrologique de 254 bassins répartis à travers la surface du globe. Cette relation est applicable à tous les climats, elle est fonction des précipitations et des températures moyenne mensuelles.

L'évapotranspiration réelle est déterminée d'après l'expression suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec :

ETR : évapotranspiration réelle annuelle (mm) ;

P : précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : Température moyenne annuelle (°C).

L : fonction de la température moyenne annuelle en °C (Pouvoir évaporant)

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3.$$

On prenant la température moyenne annuel enregistrée à la station de Tizi-Ouzou est de

18,62° C et P = 824 mm,

L'application numérique donne :

$$L = 1088,28$$

L'ETR annuel selon Turc est égale 678,9 mm.

Tableau 22:Évapotranspiration Réelle mensuelle de la station de Tizi-Ouzou.

MOIS	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
L	1706,25	1158,24	473,1	620,38	561,45	650,24	734,9	855,59	1110,06	1483,35	1986,2	2055,2
ETR	774,05	694,8	415,46	504,83	471,51	520,53	561	609,53	684,05	749,53	795,8	800,05

5.1.2.2 . Formule de M. Coutagne

Cette formule est exprimé par $ETR = P - \lambda P^2$, exige une condition pour qu'elle soit applicable d e la formule suivante :

P mm : 824
P m : 0,824
T °C : 18,62
 Λ :0,28572
 $1/2\lambda$:1,750
 $1/8\lambda$:0,437

$$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda} \quad ; \quad \lambda = \frac{1}{0,8+0,145t} = 0,28572$$

t : La température moyenne annuelle exprimée en ° C.

L'application de ces expressions ce fait par la prise de la précipitation moyenne (824 mm) et la température (18,62°C) mesuré à la station de Tizi-Ouzou on aboutit aux résultats suivants :

$$0,437 < 0,824 < 1,750$$

On constate que la condition de l'application de la méthode de Coutagne est vérifiée.

On a : $ETR = P - \lambda P^2$

ETR annuel est de **630 mm**

5.1.2.3 . Bilan simplifier de de Thornthwaite

Le bilan hydrique permet de quantifier les transferts d'eau issus des précipitations, entre ruissellement, infiltration et évaporation et de caractériser un sol du point de vue sècheresse ou humidité.

Pour établir ce bilan, il faut d'abord calculer la (**RFU**) qui est la réserve nécessaire pour le bon fonctionnement physiologique des plantes.

La quantité d'eau nécessaire pour qu'un sol soit saturé est équivalente à une tranche d'eau de (100mm) (c'est la réserve utile généralement adoptée).

A partir des valeurs des pluies mensuelles et de l'évapotranspiration potentielle **ETP**, le calcul de bilan se fait en suivant le raisonnement on distingue trois cas :

- 1^{er} cas : Si : $P \geq ETP$, on pose $ETR = ETR$, et l'excédent des précipitations sur ETR est emmagasiné dans l'humidité du sol et donc il augmente les réserves jusqu'à ce que ce dernier soit saturé et le reste s'écoule,
- 2^{er} cas Si : $P < ETP$, ETR mobilise alors l'ensemble des réserves du sol jusqu'à ce qu'elle devienne égale à l'ETP
 - Si $P + RFU \leq ETP$, $ETR = P + RFU$
 - Si $P + RFU > ETP$, $ETR = ETP$
- 3^{er} cas : Si $P = ETR$, une fois la réserve d'humidité du sol épuisé, l'ETR devient égale aux précipitations, on obtient alors un déficit du bilan (Thornthwait 1948).

L'estimation des réserves utiles est basée sur la structure du terrain et le couvert végétal. Le bilan hydrologique est effectué par rapport au sol, des apports d'eau (pluie, remontées capillaires à partir de la nappe...), et des pertes d'eau (évapotranspiration, ruissellement, infiltration...). Il exprime la différence entre les apports et les pertes d'eau dans le sol qui est égale à la variation de la réserve d'eau.

Tableau 23: Bilan simplifié de Thornthwaite de la station de Tizi-Ouzou (1990-2020)

<i>Mois</i>	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Annuel
<i>P(mm)</i>	34,9	70,2	113,8	123,1	129,3	98,7	82,3	81,4	69,2	10,5	2,2	8,4	824
<i>ETPc</i>	119,3	81,0	37,4	22,3	18,6	17,8	35,2	55,7	87	139	188,9	178,0	980,2
<i>P-ETPc</i>	-84,4	-10,8	76,4	100,8	110,7	80,9	47,1	25,7	-17,8	-128,5	-186,7	-169,6	
<i>ETR</i>	34,9	70,2	37,4	22,3	18,6	17,8	35,2	55,7	87	92,7	2,2	8,4	482,4
<i>RFU</i>	0	0	76,4	100	100	100	100	100	82,2	0	0	0	
<i>Déficit agricole (Da)</i>	84,4	10,8	0	0	0	0	0	0	0	46,3	186,7	169,6	497,8
<i>Excédent (Ex)</i>	0	0	0	77,2	110,7	80,9	47,1	25,7	0	0	0	0	341,6

L'analyse du tableau 20 du bilan hydrologique, nous permet de constater que l'ETPc est élevé au mois de mai jusqu'à mois de octobre, avec une valeur maximale de 188,9 mm enregistrée au mois de juillet. À partir du mois de novembre, on assiste à une reconstitution du stock qui s'accompagne d'une augmentation de la RFU. Cette dernière, atteint, son maximum entre les mois de décembre à avril .Au-delà de cette période, on assiste à une baisse de la RFU à partir du mois de juin, traduisant un épuisement du stock.

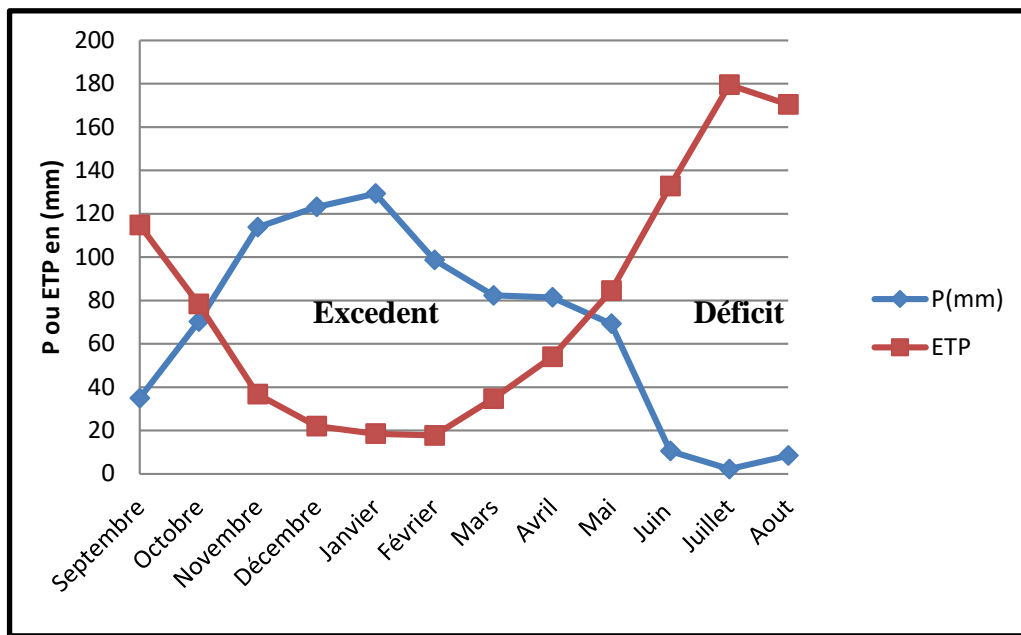


Figure 32 : Bilan de Thornthwaite de la station de Tizi-Ouzou.

Le graphique du bilan hydrologique (méthode de Thornthwaite) qui illustre les résultats du tableau 20 pour la station de Tizi-Ouzou permet de souligner les observations suivantes :

- On remarque que si la réserve facilement utilisable (RFU) est totale, il y aura un surplus d'eau donnant naissance à un ruissellement. Quand la RFU commence à diminuer, il y a un épuisement du stock au point où la RFU = 0. Il y aura alors un déficit agricole au début du mois de mai jusqu'à la fin du mois de novembre.
- L'évapotranspiration potentielle (ETP) dans la région d'étude atteint son maximum au mois de juillet 188,9mm et avec un minimum de 17,8 mm au mois de février.

Tableau 24 : Valeurs de l'ETR obtenu par les trois méthodes

Méthodes	Thornthwaite	Turc	Coutagne
ETR en mm	482,4	678,9	630

Les trois valeurs de l'ETR calculées par 03 méthodes Turc et Coutagne et Thornthwaite sont proches, on prend la moyenne de ces résultats :

ETR_{moy} = 597,1 mm

5.1.3 . lame d'eau ruisselée

Le ruissèlement de surface est le volume d'eau, qui au cours d'une période de précipitation échappe à l'infiltration et l'évapotranspiration.

Cette lame d'eau ruisselée sera calculée par la formule de Tixeront-Berkaloff qui s'écrit comme suit :

$$R_1 = \frac{P^3}{3(ETPc^2)} \quad \text{Si } P < 600$$

$$R_1 = \frac{P^3}{3(ETPc)^2} \quad \text{Si } P > 600$$

Avec :

R : Ruissellement annuel (mm),

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

ETPc : Evapotranspiration potentielle annuelle corrigée en (mm)

Comme on a dans la station de Tizi-Ouzou une précipitation de **0,824 mm** ($P > 600$ mm), on applique la première formule, qui nous donne un ruissellement de **$R_1 = 186,5$ mm**.

Cette lame d'eau ruisselée sera calculée par la formule de Sogreah qui s'écrit comme suit :

P : 824 mm

$$R_2 = 720 * ((P - 250 / 1000) * 1,85) = 257,8 \text{ mm}$$

Tableau 25 : Récapitulatif des méthodes de calcul du ruissellement

	R₁	R₂	Moy mm
mm	186,5	257,8	222,2

5.1.4 **Lame d'eau infiltrée**

De la même manière que le ruissellement, nous avons essayé d'estimer l'infiltration en sachant que ce paramètre est très difficile à déterminer quand on ne dispose pas de mesures directes (par exemple : mesure à l'aide d'un lysimètre).

L'infiltration a été déterminée en tirant sa valeur de l'équation du bilan hydrologique :

$$P = ETR + R + I \pm \Delta S$$

Pour une période d'observation assez longue, la variation de la réserve est négligeable (ΔS), l'équation du bilan hydrologique s'écrit comme suit :

$$P = ETR + R + I \quad \text{d'où} \quad I = P - (ETR + R)$$

Avec :

P : Précipitations moyennes annuelles (mm) ; P= 824mm

ETR : Evapotranspiration réelle moyenne (mm) ; ETR=597,1mm

R : Lame d'eau ruisselle (mm) ; R= 186,5mm

I : Lame d'eau infiltrée (mm).

L'application numérique donne $I = 824 - (597,1 + 186,5) = 40,4$ mm

5.1.5 . Estimation du bilan hydrologique

Le calcul du bilan hydrologique basé sur la série des données de la station de Tizi-Ouzou, nous a permis de tirer des informations sur les composantes de ce bilan (précipitations, infiltration, évapotranspiration réelle et le ruissellement). Tableau 21 : Tableau récapitulatif des différents termes du bilan hydrologique, station de Tizi-Ouzou (1990-2020)

Tableau 26 : Tableau récapitulatif des différents termes du bilan hydrologique de la station de Tizi-Ouzou (1990-2020)

	P	ETR	R	I
%	100	72,5	22 ,6	4,9
mm	824	597,1	186,5	40,4

Il est à noter que réellement l'infiltration dans la zone d'étude est un peu plus importante que la valeur donnée dans le tableau ci-dessus, car on n'a pas tenu compte des infiltrations par excès d'irrigation et d'éventuelle alimentation de la nappe par l'Oued (relation Oued-Nappe).

6 . Conclusion

A la fin de notre chapitre hydroclimatologie on peut déduire que :

Le Bassin Versant du haut Sébaou possède un réseau pluviométrique assez dense mais dont les données sont parfois manquantes.

L'étude des données climatiques nous a permis de définir deux saisons différentes à savoir :

- Une saison chaude, avec un climat sec.
- Une saison froide, avec un climat humide tempéré.

Le sous bassin versant de haut Sébaou reçoit une pluviométrie moyenne annuelle qui varie de 824mm/an avec un climat subhumide et tempéré.

La valeur de l'ETP évaluée par la formule de Thornthwaite est de l'ordre de **980,2 mm**.

Quant à l'ETR il est estimé par la moyenne des résultats des trois méthodes **597,1 mm**.,

La lame d'eau ruisselée calculée par la formule de Tixeront-Berkaloff modifié par Roman Tchouk (1974) est de 186,5 mm, cependant la formule de SOGREAH donne une valeur de **222.2mm**.

Le Sous Bassin Versant du Haut Sébaou reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de **824mm** avec un climat subhumide à tempéré.

Grâce à des données de températures relatives à la période 2012-2019 mesurées à la station de Tizi-Ouzou, on a pu évaluer la température moyenne annuel qui est de l'ordre de à **18.62°C**.

La température maximale est de 28,3 °C enregistrée au mois d'août et la température minimale de 10,5 °C est observée au mois de février.

Les années pluviométriques les plus arrosées correspondent à 1997 et 2002 avec un apport de **1711,8 mm** à la station d'Ait Ouabane. Quand à l'année la plus sèche, on l'identifie à la station d'Aghrib dont la précipitation était de 398,6 mm en 2016.

L'estimation des différents termes du bilan hydrologique de la zone d'étude a relevé une infiltration de 40,4 mm, soit 4,9 % des précipitations, qui participent dans le renouvellement des eaux souterraines.

On conclut, il est recommandée de reprendre les pluviomètres totalisateurs de la zone du Djurdjura pour inclure les précipitations sous forme de neige dans le bilan hydrologique et de compléter l'équipement de certaines stations représentatives dans le Bassin Versant par l'évaporomètre et le thermomètre.

**Chapitre 4 : ETABLISSEMENT DE LA CARTE
PLUVIOMETRIQUE**

Chapitre 4 : Etablissement de la carte pluviométrique du Sébaou

1 . Introduction

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, ArcGIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. ArcGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque.

2 . Description du logiciel utiliser

2.1 . Définitions SIG

C'est la traduction de l'acronyme anglais GIS, qui signifie à la fois :

- Géographique Information Systems
- Géographique Information Science

Pour pouvoir réaliser correctement un travail de SIG, Cinq composantes majeures doivent se réunir à savoir : les logiciels, les données, le matériel informatique, le savoir-faire ou les méthodes de travail et les utilisateurs. Ainsi, le SIG est un outil de travail très gourmand de concepts (technologie, programmation, géomatique, des connaissances dans plusieurs d'autres domaines)

les logiciels SIG sont conçus d'une manière à assurer leurs principales fonctions (acquisition, manipulation, création et la gestion de la données géographique, cartographie, ... ; cf. supra) Le nombre de logiciels SIG existant sur le marché est important ; on les a divisé auparavant en logiciels libres, propriétaires à accès gratuits et propriétaires commerciaux (ArcGIS, MapInfo, GeoConcept, ...)

2.2 . Architecture générale de l'ArcGIS

Le logiciel ArcGIS peut être réparti en trois grands compartiments, à savoir :

1. **ArcCatalog** : assure l'organisation et la gestion des données SIG ;

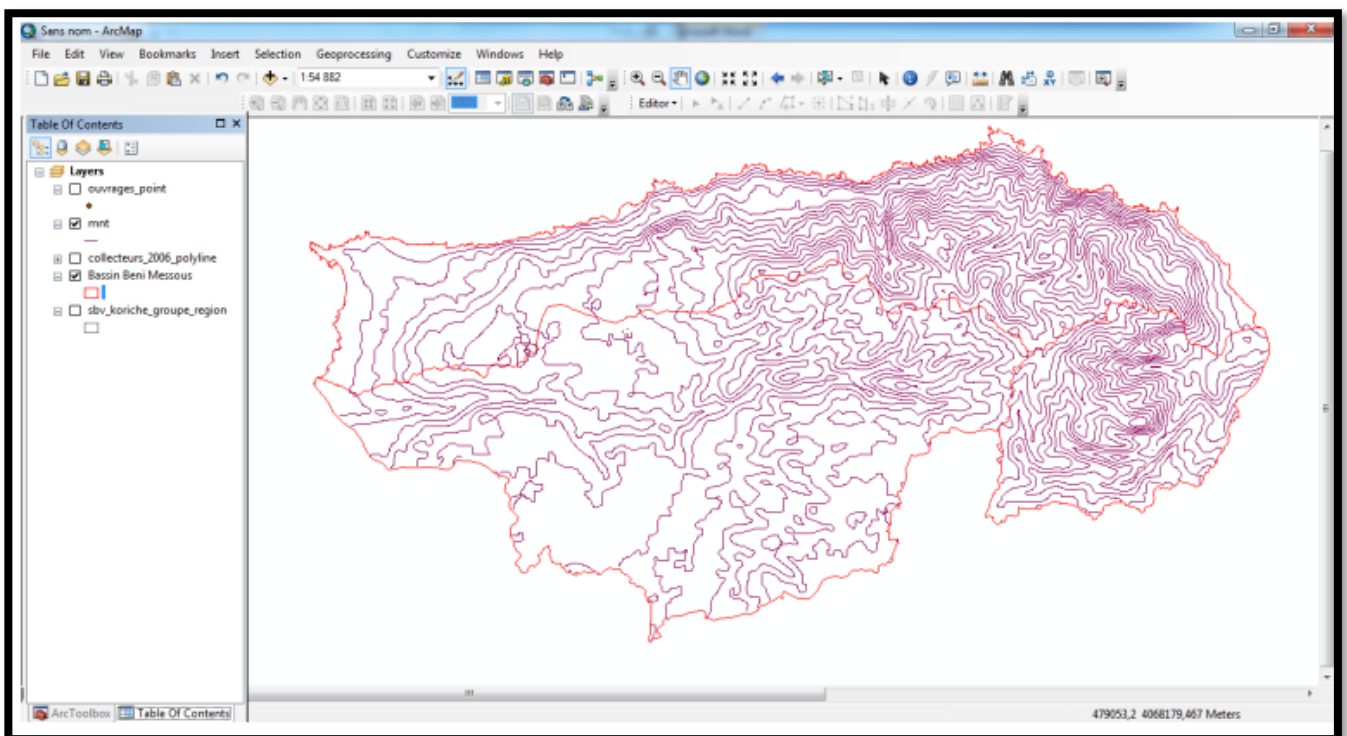
2. **ArcMap** : c'est l'application centrale d'ArcGIS, dont elle assure à la fois la visualisation et le traitement (analyse, édition,...) des données dans la fenêtre « data view ». La mise en page des cartes est réalisée dans la fenêtre « layoutview ».

3. **ArcToolbox** : « boîte à outils », c'est là où ils sont regroupés l'ensemble des outils de géotraitements

2.3 . Principes de fonctionnement de l'ArcGIS

- a. Acquisition des données Acquisition de la donnée non numérique : scan des cartes, géoréférencement, digitalisation et la création des tables attributaires. Acquisition de la donnée numérique : importation de fichiers, Coordonnée GPS,
- b. Analyse des données Cette fonction est l'une des premières missions du SIG
Requêtes : sélection toutes les zones où il y a des écoles. Analyses spatiales ou géotraitements : création de zones tampon, calculs des surfaces,
- c. Représentation des données Visualisation des données : une interaction avec la carte est possible (zoom, déplacement, ...

Figure 33: Visualisation des données via l'interface ArcMap.



Calculs dans les tables attributaires : calculs des densités de la population à partir des colonnes nombres de population par wilaya et surface de wilaya.

Pour ajouter, visualiser ou analyser la donnée on lance souvent ArcMap. En lançant ce dernier, on crée automatiquement un document ArcMap, qui sera le lien vers les données qu'on y rajoute.

Le document ArcMap (.mxd) présente la face émergée du SIG. Les fichiers de document ArcMap contiennent la présentation des fichiers de forme, des détails sur les données IGS utilisées, les informations d'affichage (échelle, symbologies des données et étiquetage, ...) et d'autres éléments utilisés dans ArcMap

Chaque document (.mxd) a besoin de plusieurs fichiers, dont les principaux sont ():

- Fichiers de formes (min 3 fichiers ; .shx, shp, .dbf) : source des données brutes des couches en particulier géométrie et attributs.
- D'autres fichiers sont créés au fur et à mesure d'ajouter des informations.







 BV.dbf	13/10/2011 18:50	Fichier DBF	1 Ko
 BV.prj	13/10/2011 18:50	Fichier PRJ	1 Ko
 BV.sbn	13/10/2011 18:50	Fichier SBN	1 Ko
 BV.sbx	13/10/2011 18:50	Fichier SBX	1 Ko
 BV.shp	13/10/2011 18:50	Fichier SHP	8 Ko
 BV.shp	13/10/2011 18:50	Document XML	9 Ko

Figure 34: fichiers composant d'une couche vecteur.

Première partie :



: Nom du fichier ici BV

Deuxième partie :

Après le point (dbf) désigne l'extension du fichier, dont les indispensables ou Fichiers de formes sont :

- .shp(shape) : contient la géométrie des entités (coordonnées X et Y) ;
- .dbf(database file ou fichier de base de données) : contient les données attributaires des entités (caractéristique) .
- .shx(shape index ou index des formes) : ordre de lecture des données, assure le lien entre les données géométriques et données attributaires.

3 . Lancement du ArcMap

Selon les emplacements définis par l'utilisateur, l'ArcMap peut être démarré à partir de :

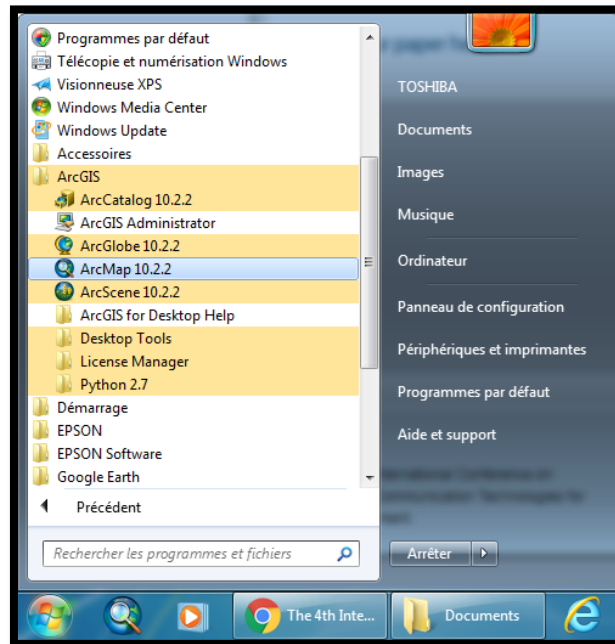


- Raccourci ArcMap sur le bureau



- de l'épingler au niveau de la barre des tâches

- Menu démarrer \Rightarrow Tous les programmes \Rightarrow ArcGIS \Rightarrow ArcMap

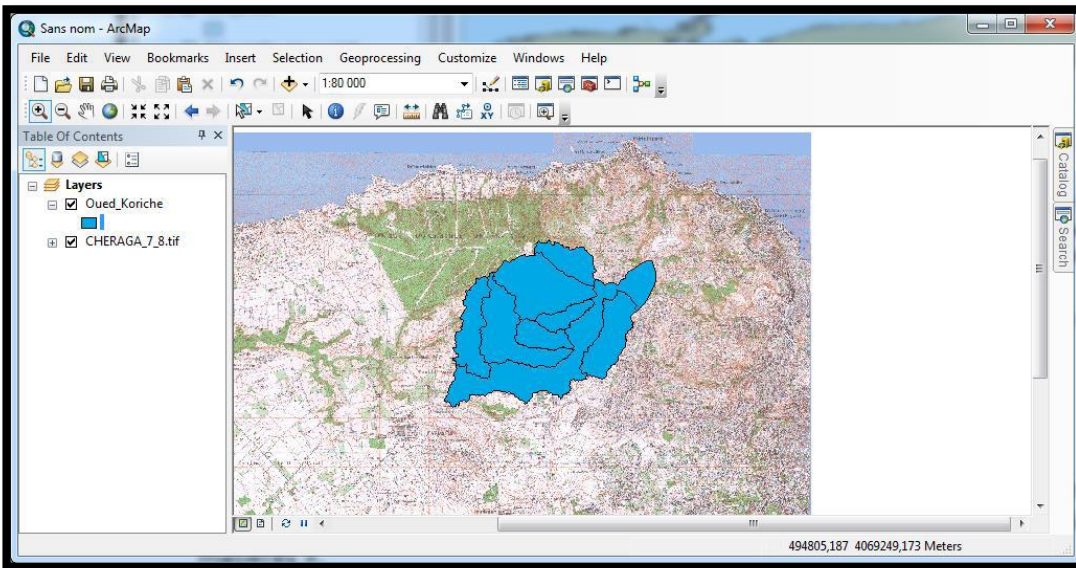


3.1 . L'interface ArcMap

Cette interface s'organise en deux possibles fenêtres d'affichage :

1. Une **barre de menu** comprenant un ensemble de fonctionnalités ;
2. Des **barres d'outils**, permettant diverses opérations, en activant (ou désactivèrent) les outils selon le besoin. Les outils sont activés ou désactivés avec un clic droit sur la barre d'outil ;
3. Une fenêtre principale est une fenêtre de **visualisation spatiale** des données ouvertes et sélectionnées dans la Table des matières,
4. Table des matières » « *Table of Contents* » reprenant la liste des fichiers ouverts dans le projet ArcMap.

Figure 35: Interface ArcMap avec data view



1. Barre de menus,
2. Barre d'outils,
3. Fenêtre principale,
4. Table des matières.

3.2 . ArcCatalog

L'ArcCatalog permet d'organiser et de gérer les fichiers (création, suppressions, modification du système de projection...)

Lancement du ArcCatalog : Selon les emplacements définis par l'utilisateur, l'ArcMap peut être démarré à partir de :

Raccourci ArcCatalog sur le bureau



- De l'épingler au niveau de la barre des tâches
- Menu démarrer \Rightarrow Tous les programmes \Rightarrow ArcGIS \Rightarrow ArcCatalog
- L'interface d'ArcCatalog s'organise en cinq principales parties

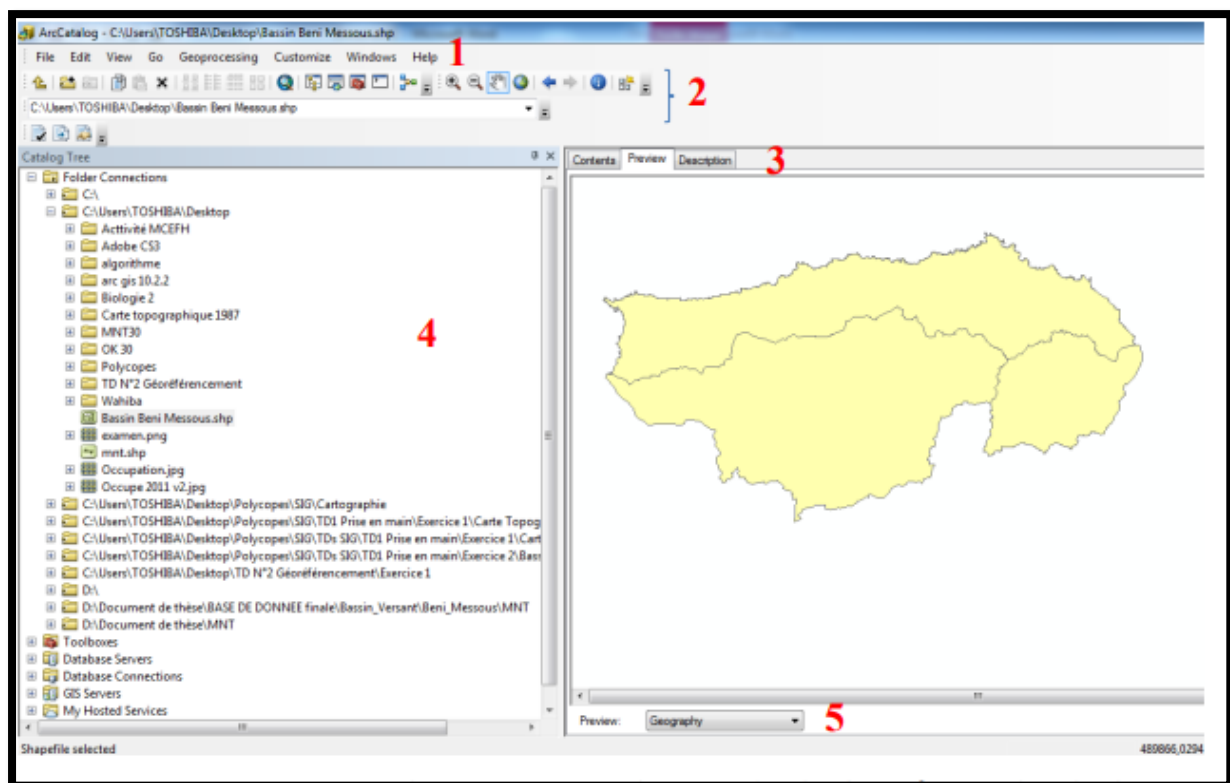


Figure 36: Interface ArcMap

1. Barre de menus,
2. Barre d'outils,
3. Fenêtre de visualisation
3. onglets : Contents, Preview, Description ou les métadonnées),
4. Fenêtre d'exploitation,
5. Mode de prévisualisation (géographique, tabulaire).

4 . Etapes du géoréférencement

Chacune des méthodes de géoréférencement, à sa propre démarche de réalisation. Néanmoins, l'outil et certaines étapes sont communs entre les différentes méthodes.

4.1 . Récupérer les coordonnées en X Y

Pour récupérer au préalable les coordonnées d'une zone donnée, il existe plusieurs possibilités: à partir d'un document géoréférencé qui couvre la même zone, mesures sur le terrain grâce à un GPS, données satellitaires, Avec l'arrivée de Google Earth cette tâche devient extrêmement facile, vue qu'il couvre tout (ou presque) le globe terrestre avec un niveau de précision très acceptable



Figure 37: Carte topographique scannée et tableau des points localisés sur la carte

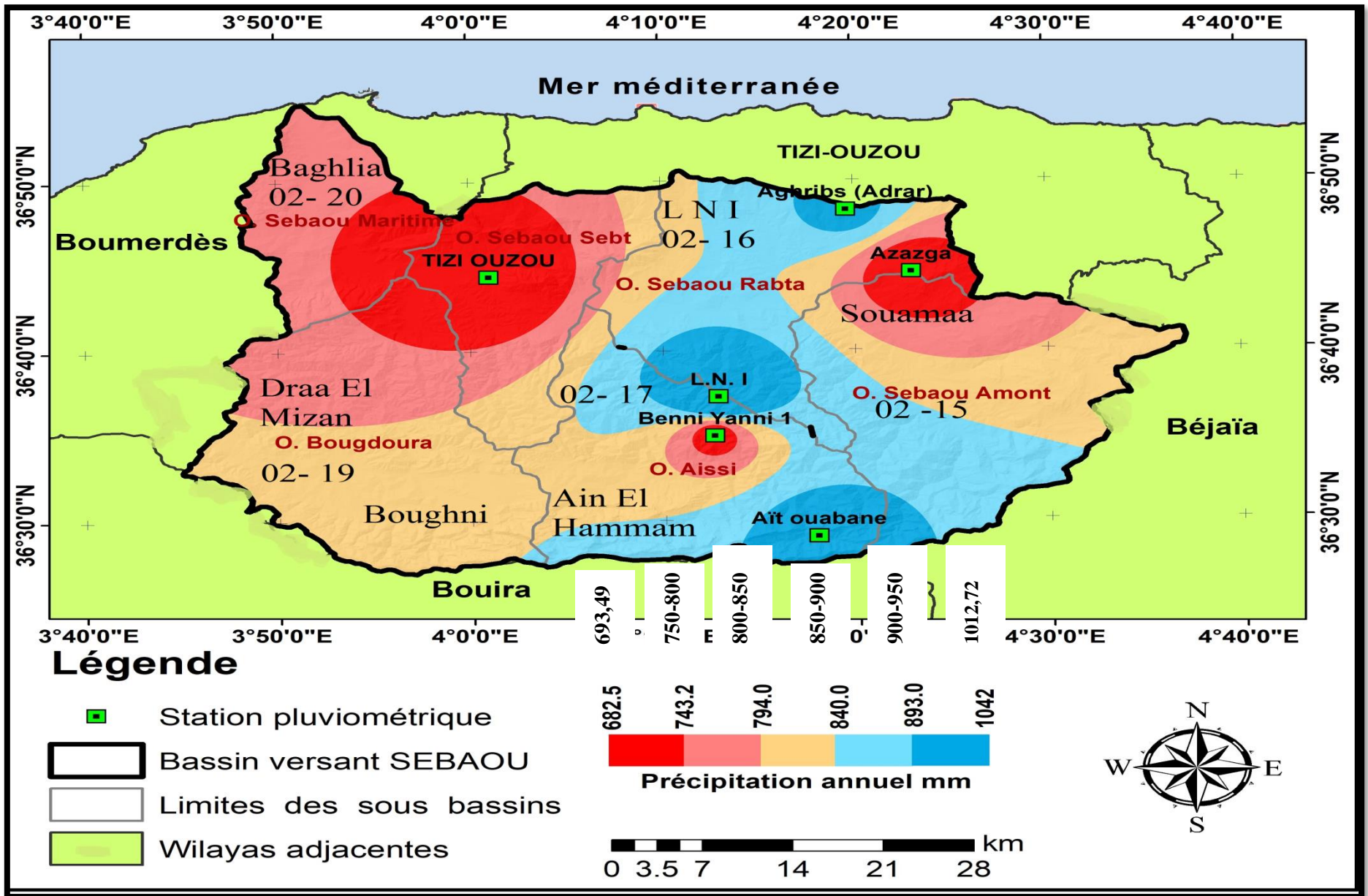
4.2 . Saisir les coordonnées

1. Identification et changement de système de projection : Dans une démarche de géoréférencement, ainsi que d'autres tâches qu'on veut effectuer en SIG, il faut absolument développer le réflexe de vérifier dans quel système de projection sont définies nos couches.
2. Ajouter les points de contrôles Activer l'outil Georeferencing / choisir la carte à géoréférencer. A noter ici que l'outil Georeferencing prend par défaut la dernière couche ajoutée à ArcMap, donc il faut toujours vérifier au niveau de la barre d'outil Georeferencing (case Layer) qu'on travaille sur la bonne couche.
3. Création de la nouvelle carte géoréférencée Cliquer sur géoréférencement rectifier (Georeferencing / Rectify) : ArcGis crée une nouvelle image géoréférencée qui reprendra le nom de l'ancienne carte et ajoutera le chiffre 1. Néanmoins, le nom, l'emplacement et le format peuvent être définis par l'utilisateur.

Le SIG est devenu un outil d'étude et de gestion incontournable en hydraulique. Mais pas uniquement, ESRI développe de plus en plus de fonctionnalités qui permettent de réaliser des calculs de bases en hydrologie.

5 . La carte pluviométrique du Bassin Versant de l'Oued Sébaou :

Pour pouvoir établir la carte pluviométrique de notre région d'étude on a eu besoin des données pluviométrique des différentes stations pluviométriques étudiées dans notre travail, les tableaux utilisés sont le tableau 12 page 49, qui englobe les caractéristique des stations pluviométriques (altitude et coordonné Lambert) pour pouvoir situé les stations sur la carte et le tableau 14, page 52 qui représente les précipitations des différentes stations.



6 . Interprétation de la carte

La carte pluviométrique constitue un outil de travail très important. Les difficultés principales lors de la cartographie des précipitations résident d'une part dans la fiabilité des données et d'autre part dans la disponibilité des séries de mesures sans trop de lacunes.

On dispose ainsi d'une représentation des précipitations qui permet d'avoir une vision globale du phénomène et de connaître les valeurs ponctuelles des pluies.

Le relief force les masses d'air à s'élever sur les versants exposés au vent. Ils sont alors très pluvieux. Quand au relief sous le vent, ils sont plus secs et reçoivent moins de précipitations.

Le vent donc se charge d'humidité et devient porteur de pluie principalement sur les versants occidentaux.

On remarque que les régions les plus arrosées ou les plus pluvieuses (hauteur moyenne annuelle des précipitations qui avoisinent les 1012,72 mm par an) dans les régions qui sont concernées se trouvent au centre de (Larbaa Nath Irathen) et au sud la station (d'Ait Oabane).

Pour le reste des régions du Bassin Versant du Sebaou les hauteurs des précipitations vont en décroissance entre 950 mm à 693,49 mm.

La connaissance de la formation perméable et imperméable au sein du bassin versant influe sur les coefficients de vidange des nappes d'écoulement de crue. Ces derniers ont une relation directe avec le coefficient de tarissement.

Références Bibliographiques

Conclusion générale

A la fin de cette étude, nous avons mis en évidence, à travers l'étude du complexe du Bassin Versant de l'Oued Sébaou qui est sous les numéros 02. L'étude du complexe physique du Bassin Versant de l'Oued Sébaou, nous a permis de quantifier les différents paramètres et indices relatifs aux caractéristiques de la région étudiée.

La forme du Bassin Versant du Sébaou est de forme allongée et drainée, par un réseau hydrographique dense, d'où l'importance du relief qui est apparue grâce au tracé de la courbe hypsométrique, d'où l'indice de pente globale qui est de 12% donc le relief est à forte pente.

Comme on a déduit après le calcul de la Dénivelé spécifique que le relief du Oued Sébaou est un relief très fort il est égale à $D_s=741.216m$.

En conclus donc que la géologie de la région est présente sous divers facies lithologiques en allant du plus ancien qui est le Cambro-ordovicien qui représente le Socle, au plus récent qui est le Quaternaire qui est représenté par les Alluvions.

Les données des stations étudiées sont presque les même à l'échelle annuel pour une longue période et varie relativement à l'échelle mensuelle.

La station de Tizi-Ouzou est l'une des stations qui présente dans notre étude une année hydrologique qui est caractérisé par une période plus sèche en été de Juin jusqu'à aout ou les précipitations varie de 2.2 mm en Juillet à 10,5mm en Juin et une période humide s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai qui varie entre 34.9 mm au mois de Septembre à 129.3mm en Décembre.

L'étude du bilan hydrologique a révélé que plus de 72,5 pourcent des précipitations rejoint l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, 22,6 pourcent ruissellent dans le réseau hydrographique du Sébaou et 4,9 pourcent assure le renouvellement de la réserve en eau souterraines.

Le Sous Bassin Versant de haut Sébaou reçoit une pluviométrie moyenne annuelle qui varie de 824mm/an avec un climat subhumide et tempéré.

La valeur de l'ETP évaluée par la méthode Thornthwaite est de l'ordre de **886,82** mm.

Malgré le manque de données hydroclimatologiques, nous avons tout de même pu identifier le climat qui est de types méditerranéen caractérisé par deux saisons alternées, dont l'une est froide et pluvieuse et l'autre sèche et chaude régit la pluviosité de cette région.

la carte pluviométrique a été fait à partir des donnée des six (06) stations pluviométrique (Tizi-Ouzou, Azazga, Larbaa Nath, Irathen, Nezlioua, BenYenni, Ait Ouabane.) fournis par l'ANRH, elle à été réalisée avec l'utilisation du logiciel SIG ArcGis qui nous a permis d'avoir une carte qui traduit les précipitations du Bassin Versant du Sébaou de la période entre 1990 à 2019.

Il est recommandé pour notre zone d'étude de placer plus de pluviomètre dans toute la région de façon à avoir des données plus précises sans comblement qui touche toute la zone.

Références Bibliographiques

Comme il est recommandé aussi de faire un suivi régulier des stations et de réaménager les stations qui sont à l'arrêt depuis une longue durée.

Référence Bibliographique

Références Bibliographiques

Agrouche S ., (2019/2020) : Etude Hydrogéologique et évaluation des ressources du Haut Sébaou (Wilaya de Tizi-Ouzou Nord Algérie).Mémoire du master ,132p, Université de MOULOUD MAMMERIE de Tizi-Ouzou.

Bouadjla. M ., (2013) : Relevés piézométriques dans la Vallée de Sébaou, 21p, ANRH Tizi-Ouzou.

Chkir N., (1994) : Mise au point d'un modèle hydrologique conceptuel intégrant l'état hydrique du sol dans la modélisation pluie-débit. Mémoire du Doctorat ,348p, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées de Paris

Djemai .M ., (2008) : Bilan physico chimique des eaux de la vallée de l'oued sébaou et son environnement immédiat impact de l'urbanisation, l'agriculture et l'industrie sur la qualité des eaux en grande kabylie. . Thèse du Doctorat, 184p, Université de MOULOUD MAMMERIE de Tizi-Ouzou.

Djemai.M ., (1985) : Hydrologie de bassin versant Haut Sébaou, hydrogeologie des formations alluviales (Algérie). Thèse du Doctorat ,255 p, université de Grenoble.

Djemai .M ., (2012) :Bilan physico-chmique des eaux de la vallée de l'oued Sébaou et son environnement immédiat. Thèse de doctorat d'état option géologie appliquée option hydrogéologie 188 page.

Dubreuil. P., (1974) : Initiation à l'analyse hydrologique. Edition Masson et Cie ORSTOM, Paris ; 215page.

Durand Delga M (1968) :Mèise au point sur la structure de Nord Est de la bérberie.

Hamad. K., (2012-2013) : BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SEBAOU

Mémoire du master ,124p, Université de MOULOUD MAMMERIE de Tizi-Ouzou.

Mokrane. A., (2012-2013) : Etude du tarissement : cas du bassin versant de l'oued sébaou. Mémoire du master ,104page, Université de MOULOUD MAMMERIE de Tizi-Ouzou.

Mansouri. Z., (2017) : Étude hydrogéologique et gestion intégrée des eaux de la source de Tinibaouine (Wilaya de Batna Nord Est Algérien).Thèse du Doctorat, 106page, Université Batna2.

Si Smail A ., (2014) : Caractérisation hydrodynamique des sols de la Vallée du Haut Sébaou (Algérie) : Inversion numérique des données de l'infiltration, approche analytique et expérimentale. Thèse du Doctorat, 115page, Université de MOULOUD MAMMERIE de Tizi-Ouzou.

Références Bibliographiques

Site internet : Caractéristiques hydrodynamiques du Haut Sébaou

- <https://resources.arcgis.com/fr/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

<https://www.ummto.dz/>

- <https://www.google.com/search?client=firefox-b-e&q=le+bassin+versant+du+s%C3%A9baou>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sebaou>
- <https://dspace.ummto.dz/server/api/core/bitstreams/f0663d5d-6f3f-4b9d-9a74-712d2168a26d/content>
- <http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/10591/M-HYD.URB-2021-07.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <https://www.google.com/search?client=firefox-b-e&q=carte+pluviom%C3%A9trie+alg%C3%A9rie>

