

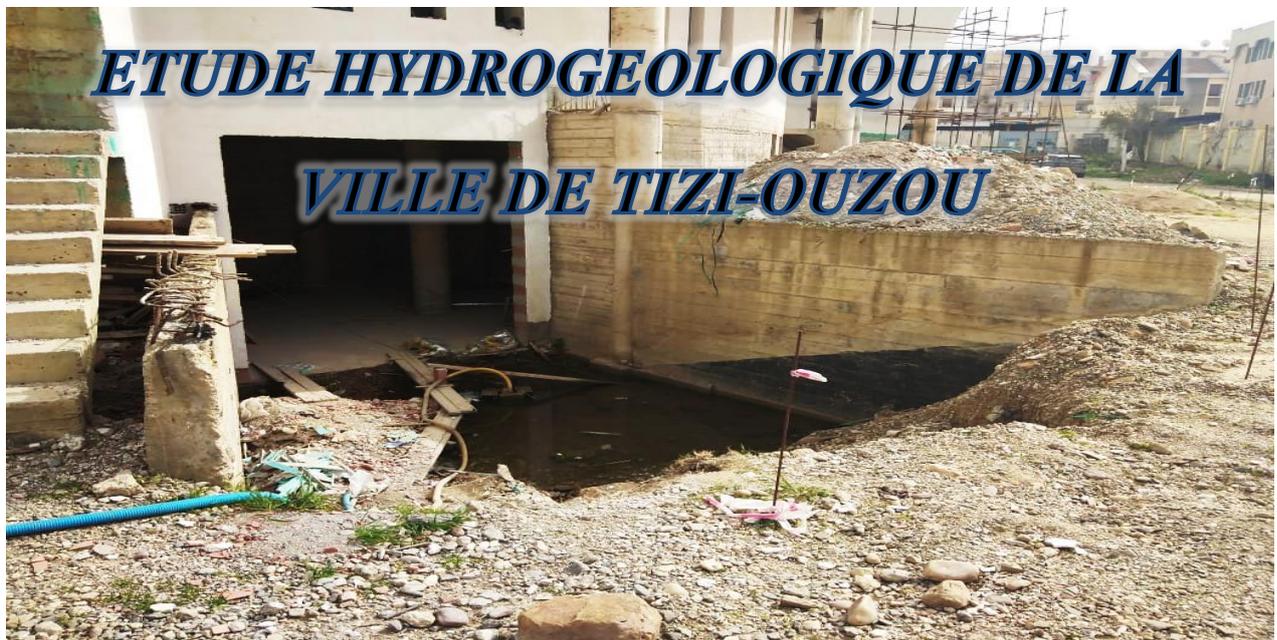
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : HYDROGEOLOGIE

Thème :



Emergence de la nappe au niveau d'un chantier au niveau du musée régional à la sortie Ouest Tizi-Ouzou.

Réalisé par :

AIT OUAHIOUNE Lydia

HAMRIOUI Liza

Membres du jury :

AIGOUN Chabane Maître Assistant : Président

BENNABI Mohamed Saïd Maître Assistant : Examineur

ABDESSELAM Malek Maître de Conférences : Encadrant

Promotion : 2020-2021

Remerciements

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

Nous tenons tout particulièrement à remercier :

Notre promoteur, Mr ABDESSELAM Malek, Maître de Conférences à la faculté de sciences biologique et des sciences agronomique de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir proposé ce thème, pour son aide précieuse, ses encouragements. Qu'il trouve ici nos sentiments de gratitude et de considération.

Nous remercions également les membres du jury: Mr AIGOUN C. et Mr BENNABI MS. de l'honneur qu'ils nous ont accordé de lire et juger notre travail.

Ainsi que tous les enseignants du département des sciences Géologiques.

Mr HALBI M., directeur de l'ONM de Tizi-Ouzou, pour son aide.

Le personnel de la Direction des ressources en Eau, de nous avoir accueilli et mis à notre disposition des informations précieuses.

Mr KISSOUM chef du service AEP de la Direction des ressources en Eau.

Mr MOUFFOK M. chef d'antenne du LCTP Tizi-Ouzou, pour nous avoir accordé l'accès aux rapports de sondages.

Mr LOUMI S. Ingénieur au LCTP Tizi-Ouzou, pour nous avoir accordé de son temps.

Mme DEKHAL R. Chef de service de l'Hygiène et de la Prévention,
APC Tizi-Ouzou, pour son aide.

Le personnel de la Direction de l'Équipement Public, de nous avoir
accueilli et mis à notre disposition des informations précieuses.

Le personnel de la Direction de l'Urbanisme et de la Construction de
la Wilaya de Tizi-Ouzou, de nous avoir accueilli et mis à notre
disposition des informations précieuses.

Le personnel du Laboratoire National de l'Habitat et de la
Construction, de nous avoir accueilli et mis à notre disposition des
informations précieuses.

Le personnel de l'ANRH, de nous avoir accueilli et mis à notre
disposition des informations précieuses.

Le personnel de l'ADE, de nous avoir accueilli et nous avoir permis
d'accéder à leur puits pour faire les mesures.

Et enfin nous tenons à remercier tous les gens qui nous ont
accueilli et ouvert leurs portes pour accéder à leurs puits, pour faire nos
mesures.

Dédicaces

*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 Kamel et Hacera.

Mes petites sœurs chéries Fetta et Sara.

À ma précieuse camarade Lydia.

À toute ma grande famille.

À mes amis les plus proches.

À mes camarades avec qui j'ai partagé ce parcours notamment :

B. Lynda, L. Aghiles, N. Yassine, D. Mhenna, O. Mourad, A.

Sabrina, B. Sabrina, B. Sophia, B. Ahlem Alias Dahbia.

Enfin à ceux et celles dont les noms n'ont pas été cités.

Liza.

Dédicaces

*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 Ahmed et Fatima.

Mes sœurs chéries Saadia et Zoubida

Mon petit frère Mokran.

A mon bout de chou et neveux Amages

A ma précieuse camarade Liza

A toute ma grande famille.

A mes amis les plus proches : Yacine, Ouiza, Sofiane El Mehdi et

Cylia

A mes camarades avec qui j'ai partagé ce parcours notamment :

B. Lynda, O. Mourad, A. Sabrina, B. Sabrina, B. Sophia, B. Ahlem

Alias Dahbia.

Enfin à ceux et celles dont les noms n'ont pas été cités.

Lydia .

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.....	
Introduction :.....	3
1.1 Présentation de la zone d'étude :	4
1.2 Climat général de Tizi-Ouzou :.....	4
1.3 Géologie générale de Tizi-Ouzou :.....	4
1.4 Morphologie de la région de Tizi-Ouzou :.....	5
1.4.1 La chaîne côtière :	5
1.4.2 La vallée de l'oued Sébaou :.....	5
1.4.3 Le massif de Grande Kabylie :.....	5
1.4.4 La zone collinaire de Tizi-Ouzou :.....	5
1.4.5 La dépression de Tizi-Ouzou :.....	5
Chapitre II : Géologie de la Zone d'étude.....	
Introduction :.....	6
I. Géologie Générale :.....	6
I.1 Morphologie :.....	6
I.2 Aspects structuraux :.....	6
I.3 Cadre géologique :.....	6
I.4 Evolution géodynamique :.....	7
I.5 Stratigraphie :.....	7
I.5.1 Le paléozoïque :.....	7
I.5.1.1 Paléozoïque inférieur :	8
I.5.1.1.1 Dévonien	9
I.5.1.1.2 Carbonifère.....	9
I.5.1.2 Mésozoïque	9
I.5.1.2.1 Trias	9
I.5.1.2.2 Jurassique.....	9
I.5.1.3 Crétacé	9
I.5.1.4 Le cénozoïque :.....	9
I.5.1.4.1 Eocène	10
I.5.1.4.2 Oligocène-Miocène	10
I.5.1.4.3 Le Pliocène et le Quaternaire :	10
I.6 Evolution structurale :.....	10

[Tapez le titre du document]

I.7	Chaîne plissées et style tectonique :	10	
I.7.1	Le domaine Tellien :	10	
I.7.2	L'Allochtone	10	
I.7.3	Domaine des flyschs	11	
I.7.4	Nappes Telliennes	11	
I.8	Les phases tectoniques Alpines :	11	
I.8.1	Phases préliminaires.....	11	
I.8.2	Phases paroxysmales.....	11	
II.	Géologie du site d'étude :	12	
II.1	Analyse de la carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou à 1/50 000 (Daniel Raymond 1976):.....	12	
II.1.1	Les Marnes :	12	
II.1.2	Les Grès :	12	
II.1.3	Les Schistes :	12	
II.1.4	Les Alluvions :	13	
II.1.5	Les Eboulis et colluvions:.....	13	
II.2	Analyse de la carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou à 1/50 000 (Ficheur E. 1906):	14	
II.2.1	Les Marnes :	14	
II.2.2	Les Grés :	14	
II.2.3	Les argiles bleues :	15	
II.2.4	Les Alluvions :	15	
Chapitre III : Hydro-Climatologique.....			
Introduction.....			16
I.1	Les caractéristiques hydro-climatologiques :	16	
I.1	Les précipitations :	16	
I.1.1	Les précipitations annuelles :	16	
I.1.2	Les précipitations mensuelles :	17	
II.1	Les températures :	19	
III.1	Courbe Ombrothermique :	23	
IV.	L'évapotranspiration :	23	
IV.1	L'évapotranspiration potentielle (ETP) :	23	
IV.2	Evapotranspiration réelle (ETR) :	23	
V.	Le Bilan Hydrique :	23	
VI.	Le Vent :	23	
VII.	Humidité Relative :	23	
Conclusion :			23
Chapitre IV : Hydrogéologie			
Introduction :			26

[Tapez le titre du document]

I.1	Hydrographie de la zone d'étude :.....	37
I.1	La nappe aquifère de la ville de Tizi-Ouzou :.....	26
I.2	Inventaire des points d'eau :.....	26
II.1	Alimentation en eau potable (AEP) de la ville de Tizi Ouzou :.....	37
III.1	Paramètres Mesurés in-Situ :.....	37
III.	La Température :.....	37
III.2	La Conductivité électrique :.....	37
III.3	Le pH :.....	37
III.4	Les nouvelles mesures :.....	37
IV.1	Etude Piézométrique :.....	37
IV.1	La carte piézométrique :.....	37
IV.2	Interprétation :.....	37
V.	Les sources de pollution :.....	37
V.1	Les eaux usées :.....	37
V.2	Réseau d'assainissement :.....	40
VI.	Impacts des eaux souterraines sur l'urbanisation :.....	41
VI.1	Les difficultés rencontrées :.....	41
VI.1.1	L'infiltration :.....	41
VI.1.2	Ruissellement :.....	41
VI.1.3	Glissement de Terrain :.....	41
VI.1.3.1	Glissements au niveau du CHU Mohamed Nedir :.....	42
VI.1.3.2	Glissements de Tala Allam :.....	42
VII.	Les solutions :.....	42
	Conclusion :.....	43
	Conclusion Générale.....	44
	Recommandations.....	45
	Références Bibliographiques.....	46
	Annexe.....	48
	Résumé :.....	52

Liste des figures

Figure 1 : Situation de Tizi-Ouzou dans la Wilaya.	4
Figure 2 : Situation cartographique de Tizi-Ouzou.....	4
Figure 3 : Partie de la carte de la ville de Tizi-Ouzou qui représente notre zone d'étude.	4
Figure 4 : Extrait de la carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou (à 1/50 000) (Daniel Raymond 1976).	9
Figure 5 : Coupe montrant les différentes parties géologiques de Tizi-Ouzou. (Daniel Raymond 1976).	9
Figure 6 : Extrait de la carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou à 1/50 000 (Ficheur E. 1906).	9
Figure 7 : Coupe montrant les différentes parties géologiques de Tizi-Ouzou (Ficheur E. 1906).....	9
Figure 8 : Carte pluviométrique CHAUMONT de Tizi-Ouzou moyenne de 50 ans (1913/1963).....	23
Figure 9 : Roses des vents à Tizi-Ouzou (in Moali/Kaci Moussa 2019).....	23
Figure 10 : Carte topographique 1/10000, INCT, 1973 de la zone d'étude, représentant les talwegs et les points d'eau.	37
Figure 11 : Plan général de l'A.E.P. de Tizi Ouzou (source : PDAU).	37
Figure 12 : Carte piézométrique en période des hautes eaux (Janvier-Mars) de notre étude de l'agglomération de Tizi-Ouzou.....	37
Figure 13 : Coupe -1- NNE-SSW.....	37
Figure 14 : Coupe -2- ENE-SW	37
Figure 15 : Coupes des forages du musée régional de Tizi-Ouzou (Boulevard Stiti) (A) et du CHU à la sortie Est de la ville (B).....	37
Figure 16 : Schéma démontrant la pollution urbaine. (www.cotebleue.org).....	37
Figure 17: Plan général des principales conduites d'assainissement de Tizi Ouzou (Source : PDAU) et position des STEP.	37
Figure 18 : Schéma qui résume le procédé de drainage de l'eau vers le réseau d'assainissement qui se trouve dans un niveau supérieur.	37

Liste des Photographie

Photographie 1 : Puits chez un particulier ; dans la rue Khadri Ali ; P4.	1
Photographie 2 : Puits chez un particulier ; dans la rue Khadri Ali ; P4.	1
Photographie 3 : émergence de la nappe au niveau d'un chantier au niveau du musée régional à la sortie Ouest Tizi-Ouzou	1
Photographie 4 : émergence de la nappe au niveau d'un chantier de la haute ville dans Tizi-Ouzou.	1
Photographie 5 : Affleurement géologique à proximité du CHU, Tizi-Ouzou	9
Photographie 6: Puits au niveau de la rue Harchaoui Salah : P2.....	37
Photographie 7 : Puits au niveau de la mosquée « Djemaa El Aatik » le boulevard Kaci Ihddadene: P1.	37
Photographie 8 : Puits chez un particulier ; dans la rue Hadj Ali Boulou ; P5.....	37
Photographie 9 : Puits chez un particulier ; dans la rue Rassoul Meziane ; P3.....	37
Photographie 10 : Puits chez un particulier ; dans la rue Khadri Ali ; P4.	37
Photographie 11 : Puits chez un particulier ; dans la rue Azouzi Ali ; P8.....	37
Photographie 12 : Puits au niveau de l'ADE Tizi-Ouzou ; P11.	37
Photographie 13 : Puits au niveau de l'université Hasnaoua ; P10.	37
Photographie 14 : Puits inaccessible chez un particulier ; au-dessus de l'Hôtel .Amraoua ; P12.....	37
Photographie 16 : Fontaine Aïn Zellal ; rue Redjaouana. F2.....	37
Photographie 15 : Fontaine Zoudj Ayoune ; rue Khadri Ali. F3.....	37
Photographie 17 : Fontaine Aïn Hallouf rue Yahia Cherif Yahia. F1.....	37
Photographie 18 : Venue d'eau à la sortie est de Tizi-Ouzou, visible au niveau du CHU.....	37

Photographie 19 : Mise à nue de la nappe au niveau du chantier du musée national au niveau du boulevard Stiti, Tizi-Ouzou (septembre 2021).....	37
Photographies 20 : émergence de la nappe dans des chantiers respectivement à la grande rue ; Boulevard Stiti et haute Ville.	37
Photographie 21 : Le glissement de terrain au niveau du CHU.	37
Photographie 22 : Pompe d'évacuation de l'eau du CTS et au de la DLEP, Boulevard Stiti Tizi-Ouzou.	38
Photographie 23 : Pompage de l'eau vers le réseau d'assainissement dans un chantier à la rue de la paix.	38

Liste des tableaux

Tableau 1 : Moyennes mensuelles des précipitations pour la période 1984-2021 (source ONM).	23
Tableau 2: Comparaison des pluviométries moyennes mensuelles de SELTZER (1913/1938) et ONM (1984/2021).	23
Tableau 3: Cumul des précipitations et le nombre de jour de pluie (NJP) pour l'année 2020/2021.	23
Tableau 4 : Températures moyennes mensuelles (°C) à la station ONM de T.O pour la période 1989-2021 (source ONM).	23
Tableau 5 : températures moyennes mensuelles de SELTZER pour la période (1913/1916—1920/1938).	23
Tableau 6: Précipitations moyennes mensuelles et des températures moyennes mensuelles pour la période (1989-2021) (ONM TO).....	23
Tableau 7 : l'ETP calculé à partir de la formule de THORNTHWAITE pour l'année 2020-2021.....	23
Tableau 8 : Bilan simplifié de THORNTHWAITE pour la période 2020/2021.	23
Tableau 9 : vitesse des vents en m/s pour la période de 1989/2020 (source ONM Tizi-Ouzou).	23
Tableau 10 : vitesse des vents en m/s (1913/1938 P. SELTZER, 1946).....	23
Tableau 11 : Humidité relative moyenne mensuelle en % pour la période (1989/2021) (source ONM, Tizi-Ouzou).....	23
Tableau 12 : Liste des points d'eaux suivis dans l'agglomération de Tizi-Ouzou.	37
Tableau 13 : Quelques indications sur la relation existant entre la minéralisation et la conductivité des eaux. (J. Rodier, 1984).....	37
Tableau 14 : Listes des points mesurés dans l'agglomération de Tizi-Ouzou en début Septembre 2021.	37

Liste des graphiques

Graphique 1 : Variations inter-annuelles des Précipitations (mm) à Tizi-Ouzou (1984/2021 ONM). .	23
Graphique 2 : Précipitations mensuelles et leurs cumuls (mm) à Tizi-Ouzou (2020/2021 et moyennes 1984/2021 ONM).	23
Graphique 3 : Evolution des températures moyennes mensuelles (°C) pour la période 1989-2021 (ONM).	23
Graphique 4 : Courbe ombrothermique pour la période 1989/2021 (ONM Tizi-Ouzou).	23
Graphique 5 : Graphique illustrant le bilan hydrologique de Thornthwaite (2020/2021, ONM Tizi-Ouzou).	23
Graphique 6 : Variation de l'humidité moyenne relative en % de la station de l'ONM Tizi-Ouzou pour la période 1989/2021.....	23

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en Eau Potable

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

ASA: Accident Sud Atlasique

CHU : Centre Hospitalo-Universitaire

CTS : Centre de Transfusion Sanguine

DLEP: Direction de l'Équipement Public

ENE : Est-Nord-Est

ETP: Evapotranspiration Potentielle

ETR : Evapotranspiration Réelle

HR : Humidité Relative

INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection

LCTP: Laboratoire Central des Travaux Publics

LNHC: Laboratoire Nationale de l'Habitat et de la Construction

NGA: Nivellement Général de l'Algérie

NJP: Nombre de Jours de Pluie

NNE: Nord-Nord-Est

OMK: Oligo-Miocène Kabyle

ONM: Office National de la Météorologie

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement d'Urbanisme

pH : Potentiel Hydrogène

RFU: Réserve Facilement Utilisable

SSW : Sud-Sud-Ouest

TO: Tizi-Ouzou

Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'eau constitue plus de 70% de la planète, sous différentes formes, nous la retrouvons partout, dans les rivières, les lacs, les Oueds, sous terre sous forme de nappes souterraines.

Le développement urbain, qui s'est expansé très rapidement ces dernières années, impacte l'hydrogéologie de la zone, en modifiant son fonctionnement. La ville de Tizi-Ouzou n'échappe pas à ce développement et les conséquences qui en découlent. Dans notre étude, nous allons voir si il y'a une nappe aquifère dans la ville, comme le démontre ces photographies ci-dessous, prises lors de nos observations.

Le flux de ruissellement augmente à cause de l'imperméabilisation des sols, dont le résultat est le risque d'inondation. Cela affecte également la qualité de ces eaux qui se chargent de polluants au contact des matériaux ; véhicules, le mobilier urbain, revêtement de sol...



Photographie 1 : Puits chez un particulier ; dans la rue Khadri Ali ; P4.

Photographie 2 : Puits chez un particulier ; dans la rue Khadri Ali ; P4.



Photographie 4 : émergence de la nappe au niveau d'un chantier de la haute ville dans Tizi-Ouzou.



Photographie 3 : émergence de la nappe au niveau d'un chantier au niveau du musée régional à la sortie Ouest Tizi-Ouzou.

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence la nappe aquifère. Ensuite nous allons discuter de la problématique de cette eau dans le domaine de la construction, que ce soit dans un chantier ou après la finalisation de la bâtisse. On cite, l'infiltration de l'eau qui cause des dégâts matériels lors de la construction, particulièrement si elle est agressive. L'eau peut transporter des matériaux de différents types et de tailles ce qui peut causer des colmatages. Nous avons également noté les inondations des sous-sols des bâtiments. Ces derniers sont complètement inutilisables.

Nous allons tenter de rapporter des solutions à cette problématique ; comment rabattre la nappe souterraine pour éviter l'infiltration de l'eau et l'inondation sous les fondations et dans les sous-sols des bâtiments? Comment récupérer cette eau ? La stocker ? La traiter ? Et la valoriser ?

Ainsi, notre mémoire de fin d'étude s'organise autour de 4 chapitres et d'une conclusion générale.

Introduction générale

- **Le premier chapitre**, est consacré à la présentation de notre zone d'étude. On abordera le contexte géographique afin de se situer. La géologie et le climat général de la région et la géomorphologie de Tizi-Ouzou.
- **Le deuxième chapitre**, est consacré à la géologie. D'abord, nous parlerons de la géologie régionale du Nord Algérien, ensuite, nous parlerons de la géologie du site d'étude, soit l'agglomération de Tizi-Ouzou.
- **Le troisième chapitre**, est consacré à l'hydro-climatologie de notre site d'étude où nous parlerons de tous les paramètres climatologique: Précipitations, Températures, Evaporations, le vent et l'humidité relative. Enfin, nous établirons un bilan hydrique.
- **Le quatrième et dernier chapitre**, Où nous parlerons de l'hydrographie, de l'hydrogéologie de notre site et de la nappe aquifère. Nous allons aussi voir l'inventaire des points d'eau (puits, forages et sources). Des paramètres mesurés in-Situ : la température, la conductivité électrique et le pH. Faire une carte piézométrique. Ensuite, nous allons voir les sources de pollutions. Puis, nous allons voir les impacts des eaux souterraines sur l'urbanisation, et les solutions utilisées et une conclusion.

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale qui répondra à notre problématique et des recommandations.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction :

La Commune de Tizi-Ouzou se situe à 20 km au Sud des côtes méditerranéennes, à 89 km à l'est de la capitale Alger et à 26 km au Nord du massif du Djurdjura. Elle se situe pratiquement au centre géométrique de la wilaya dont elle est l'une des 67 communes. Sa superficie s'étend sur 102,36 km² pour une population estimée à 156 775 habitants dont : Urbaine 121 058 habitants et rurale 35 717 hab (source Annuaire statistique de la Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire de la Wilaya de Tizi-Ouzou Année 2018).

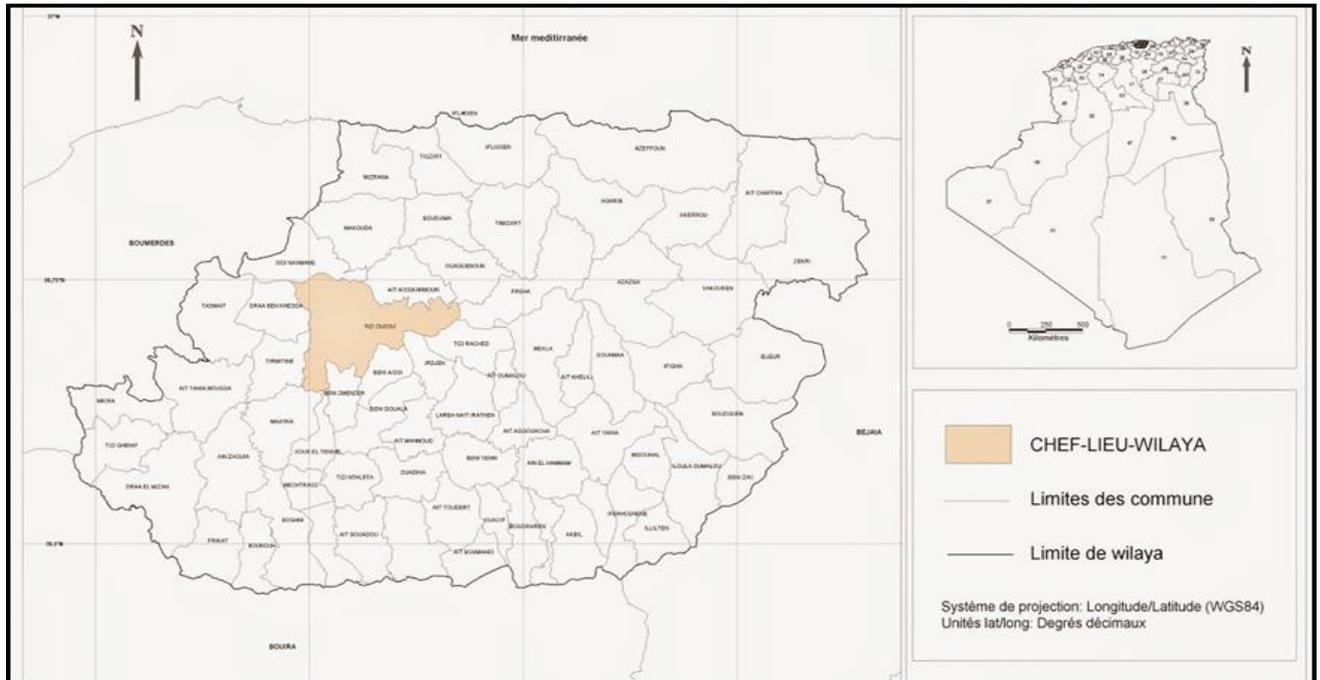


Figure 1 : Situation de Tizi-Ouzou dans la Wilaya.

La ville de Tizi Ouzou est comprise dans le bassin versant du Sébaou où elle prend une position médiane entre la haute et basse vallée du Sébaou. Elle est aussi dominée par le Djebel Belloua (700 m), qui la surplombe d'environ, auquel s'adosse la partie Nord de la ville (Haute Ville).

Elle est localisée entre les coordonnées 36°45' N - 36°40'N et 04°00' E – 04°05'E. En coordonnées UTM, plus pratiques : en longitude 4 065 – 4 062 km et en latitude 591 – 596 km. Son altitude est entre 250 m à la Haute ville, 188m au col lui-même (Jet d'eau), 150m au boulevard Stiti et 114m au carrefour du 20 avril 1980 au Campus Hasnaoua- UMMTO.

Notre zone d'étude est le centre de la commune avec : Au Nord, la Haute ville, au Nord-Est, les lotissements Hamoutene, à l'Est M'Douha (cité universitaire filles), au Sud Boulevard Krim Belkacem, à l'Ouest Boulevard Stiti, au Nord-Ouest, environs Hôtel Amraoua.



Figure 2 : Situation cartographique de Tizi-Ouzou

1.4 Morphologie de la région de Tizi-Ouzou :

Le relief de Tizi-Ouzou est marqué par la succession et la juxtaposition de différents ensembles topographiques, du Nord au Sud, disposés de la manière suivante :

1.4.1 La chaîne côtière :

Elle présente une orientation Est-Ouest bien distincte sous forme d'arc montagneux parallèle au littoral, traversée par des dépressions. L'altitude maximale se situe dans la partie Est au niveau de Djebel Tamgout (1.278 m).

1.4.2 La vallée de l'oued Sébaou :

Cette vallée occupe la partie Centre-Nord de la wilaya. L'oued Sébaou prend sa source dans la chaîne du Djurdjura. Il coule d'Est en Ouest entre le massif montagneux de la grande Kabylie et la chaîne côtière. Il traverse une large vallée présentant un relief peu accidenté ou les pentes sont inférieures à 12.5 % et les altitudes inférieures à 300m. Cette régularité topographique est cependant brisée par le Djebel Aissa Mimoun/Belloua situés au Nord de Tizi-Ouzou et dont le point culminant atteint 700.5 m au Belloua. Les structures géomorphologiques présentent des nuances naturelles entre le Haut-Sébaou où l'on rencontre des terrasses alluviales étagées et le Bas-Sébaou où les terrasses sont emboîtées.

1.4.3 Le massif de Grande Kabylie :

Il constitue le centre de la Grande Kabylie et est bordé au Nord par la vallée de l'oued Sébaou et au Sud par la chaîne du Djurdjura. Le massif Kabyle est un vaste ensemble découpé par d'étroites vallées. Les pentes dépassent 20 % sur l'ensemble de cette zone. Avec un point culminant à Tirourda (1895 m). L'altitude moyenne de ce massif varie cependant entre 600 et 700m. Au pied de ce massif, donc sur le piémont, s'étendent des collines argileuses, appelées communément Touares.

1.4.4 La zone collinaire de Tizi-Ouzou :

Cette zone est constituée de terrains gréseux à intercalations marneuses. Elle se caractérise par un relief mamelonné dont l'altitude moyenne est située entre 100 et 300 m. alors que les pentes sont généralement comprises entre 12.5 et 25 %.

1.4.5 La dépression de Tizi-Ouzou :

C'est une étroite vallée comprise entre le Belloua au Nord et Beni Douala-Hasnaoua-Maatka au Sud. Les pentes oscillent entre 3 et 12.5 % sur l'ensemble de la zone et l'altitude moyenne est de l'ordre de 70 m. Le point le plus bas (114 m) boulevard Krim Belkacem est situé au niveau de l'oued Alma Misnou.

Chapitre II : Géologie de la Zone d'étude

Chapitre II : Géologie de la zone d'étude

Introduction :

L'histoire géologique des bassins sédimentaires algériens s'inscrit dans le processus de géodynamique globale de la tectonique des plaques qui a structuré l'Algérie en deux domaines :

□ Un domaine méridional : le Sahara, où affleurent les socles précambriens du Hoggar et des Eglab, et leur couverture phanérozoïque la plate-forme saharienne. Leur équivalent marocain correspond à l'Anti-Atlas.

□ Un domaine septentrional : la zone atlasique, comportant un :

- Atlas saharien au Sud, qui se prolonge à l'Ouest (Maroc) par le Haut Atlas et à l'Est par l'Atlas tunisien.

-Au Nord, l'Atlas tellien, domaine varié et très complexe ayant aussi des équivalents au Maroc (le Rif et le Pré-Rif) et en Tunisie (Kroumirie et Nefza). Entre les deux Atlas affleurent les Hautes plaines qui se terminent à l'est par la chaîne du Hodna et se continuent à l'Ouest par la Meseta oranaise et au-delà des Atlas (Haut et moyen Atlas) par la Meseta marocaine, qui se noie dans l'Atlantique.

Entre les ensembles Sud (plate-forme saharienne) et Nord (l'ensemble atlasique), un énorme accident de valeur continentale est connu; l'Accident Sud Atlasique (ASA), qui va d'Agadir (Maroc), jusqu'à Gabes (Tunisie). Il passe en Algérie aux environs de Biskra, Laghouat...

I. Géologie Générale :

Nous empruntons la description géologique générale au document de SONATRACH.

I.1 Morphologie :

Le pays comprend quatre grands domaines du Nord au Sud:

- l'Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chelif à l'ouest et le Seybouse à l'est;
- les Hauts Plateaux;
- l'Atlas saharien forme une longue suite de reliefs orientés NE-SO s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie;
- le Sahara, qui recèle l'essentiel des ressources en hydrocarbures, est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Oriental et Erg Occidental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme El Oued, Ghardaïa et Djanet (Ph. 1). Le massif des Eglab à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est forment, pratiquement, la limite méridionale du Sahara algérien.

I.2 Aspects structuraux :

Le Nord de l'Algérie est délimité par les éléments suivants: au Sud, l'Atlas saharien, une chaîne de montagnes d'origine alpine; au centre, des plate-formes comme la Méséta oranaise à l'ouest et le môle d'Ain Regada à l'est; dans la partie septentrionale, l'Atlas tellien est une zone complexe constituée de nappes mises en place au Miocène inférieur. Des bassins néogènes tardifs comme le Chélif et le Hodna se sont installés sur ces nappes.

I.3 Cadre géologique :

Le domaine septentrional est constitué de reliefs jeunes, modelés au cours du Tertiaire par les mouvements alpins.

L'Algérie alpine est composée des ensembles structuro-sédimentaires suivants, du Nord au Sud:

Chapitre II : Géologie de la zone d'étude

- Le plateau continental algérien réduit, à dépôts tertiaires et quaternaires (1000 à 3500 m), repose sur un socle métamorphique.
- L'Atlas tellien est le domaine des nappes, avec des bassins de type intramontagneux (ex. bassin du Chélif), dont la série sédimentaire s'étend du Jurassique au Miocène.
- Le Hodna est un bassin d'avant-fosse dont la séquence de remplissage débute par des dépôts continentaux d'âge Eocène et Oligocène et se poursuit par un Miocène marin.
- Les hauts plateaux, avant-pays alpin, à couverture sédimentaire réduite, où les processus locaux de distension ont permis la formation de bassins intramontagneux comme ceux de Telagh et de Tiaret. L'objectif pétrolier principal est le Lias; l'Atlas saharien est né d'un long sillon subsidant pincé entre les hauts plateaux et la Plate-forme Saharienne. Au Mésozoïque, ce sillon fut comblé par une puissante série sédimentaire (7000 à 9000 m). Durant le Tertiaire, une tectonique compressive réactive les structures extensives antérieures en failles et structures inverses aboutissant à la formation de cette chaîne montagneuse. L'objectif pétrolier principal est le Jurassique.

I.4 Evolution géodynamique :

La formation des chaînes alpines méditerranéennes y compris le tronçon algérien de cette chaîne est liée à la rotation de l'Afrique par rapport à l'Eurasie. Cette rotation est une lente dérive des deux continents l'un vers l'autre. Les stades initiaux de cette convergence, décelés dès le Jurassique inférieur, ne se sont clairement manifestés qu'à partir du Jurassique supérieur (150 Ma.).

La tectonique est celle de la collision Afrique-Europe. La chaîne alpine algérienne, qui demeure adossée à la frange Nord du bloc méridional, est née de cette collision.

C'est un tronçon de la chaîne alpine des Maghrébides, dont la nature et la structure du substratum sont peu connues par suite de la complexité de sa géologie. Le substratum n'a été reconnu nulle part dans l'Atlas Saharien. La chaîne atlasique est le produit d'une inversion tectonique d'âge fini-éocène. Elle s'est édifiée sur un bassin mésozoïque très subsidant (5000 à 10 000 m), structuré en blocs basculés. Tout au Nord, dans le domaine tellien, notamment dans les zones les plus internes de la dorsale kabyle et le massif de Jijel-Skikda, un socle indifférencié, comportant du Paléozoïque très peu métamorphique à métamorphique, schistosé et injecté de granites sécants, a été reconnu. Sa relation structurale avec le reste de la série est mal définie. D'une manière générale, le substratum des bassins sédimentaires d'Algérie serait de nature éburnéenne au SO (Tindouf- Reggane), panafricaine sur la majorité de la Plate-forme Saharienne et probablement hercynienne au Nord.

I.5 Stratigraphie :

Le Nord de l'Algérie s'insère dans l'évolution géologique du bassin mésogéen. L'avant pays comporte quatre ensembles paléogéographiques ou structuraux, soit:

- la Méséta oranaise;
- l'Atlas Saharien au sens large;
- le Sud-est constantinois;
- le domaine tellien.

La stratigraphie du Nord de l'Algérie a été définie dans ces domaines à partir des données de terrain et de sondage :

I.5.1 Le paléozoïque :

Il n'affleure essentiellement que dans la partie septentrionale (Monts de Ghar-Rouban, Tiffrit, Traras, Chenoua et Kabylie). Il est constitué de gneiss, de micaschistes, de grès et de quartzites, datés par endroits (Ordovicien, Dévonien, Carbonifère, Permien).

I.5.1.1 Paléozoïque inférieur :

Il existe peu de données sur le Paléozoïque inférieur. Un certain nombre d'affleurements, en petite Kabylie par exemple, montre un cristallophyllien visible sur 4000 à 5000 m. Ce socle est recouvert d'un conglomérat de base suivi de schistes à Graptolites et de calcaires à Tentaculites et Orthocères permettant d'attribuer un âge anté-silurien à ce métamorphisme.

I.5.1.1.1 Dévonien

Il débute par des éléments bréchiques et se poursuit par un ensemble schisto-gréseux dans lequel apparaissent des calcaires récifaux (Ghar-Rouban). Des flyschs se déposent dans les sillons.

I.5.1.1.2 Carbonifère

Il n'est pas présent partout. Dans le Djurdjura, il n'est connu que sous des faciès essentiellement continentaux. Dans les régions de Ghar-Rouban, de Tlemcen, etc., le Viséen est représenté par des schistes, localement des conglomérats ainsi que des séquences éruptives interstratifiées. Les autres séries du Carbonifère semblent aussi être présentes dans le Chenoua.

I.5.1.2 Mésozoïque

I.5.1.2.1 Trias

Il n'est connu in situ que dans quelques forages où il consiste en une série gréseuse à la base suivie d'une puissante série évaporitique comprenant des passées calcaréo-dolomitiques et des intercalations volcaniques basiques au sommet. En grande Kabylie, le Trias inférieur, probablement en partie Permien, est représenté par des grès rouges auxquels succèdent les calcaires du Muschelkalk, en bancs épais ou en plaquettes, eux-mêmes suivis de grès rouges parfois intercalés de roches doléritiques. Plus au Sud, dans la région des Babors, le Muschelkalk est surmonté par les formations salifères et gypsifères du Keuper. Le régime lagunaire des Babors s'étend dans toute la zone tellienne. A l'est, le Trias lagunaire essentiellement argilo-détritique, comprend cependant des séquences sommitales carbonatées attribuées au Muschelkalk. Dans le Hodna et le Constantinois, des argiles bariolées s'intercalent dans ces mêmes séquences. A la fin du Trias, à l'exception de quelques zones stables (Doui Zaccar, Beni Snassene, etc.), les faciès évaporitiques se généralisent.

I.5.1.2.2 Jurassique

Dans la majeure partie du Nord de l'Algérie, il débute par un Lias transgressif.

▪ Lias:

Après l'épisode évaporitique du Trias supérieur, le caractère marin s'accroît durant le Lias. Le faciès calcaréodolomitique évolue progressivement vers les marnes du Lias supérieur. Le caractère marin du Lias s'affirme par l'apparition de calcaires dolomitiques et oolithiques indiquant un milieu ouvert aux influences pélagiques sans pour autant être très profond. Le Lias débute par un niveau carbonaté qui coiffe les séquences évaporitiques du Keuper. En divers points de l'Atlas saharien, ce niveau est d'âge Rhétien. Dans les zones méridionales de la chaîne, Hodna et Bousaada, les dépôts essentiellement carbonatés comblent la fosse atlasique. La zone tellienne occidentale et la Plateforme Saharienne voient la sédimentation carbonatée se poursuivre avec un Hettangien-Sinémurien calcaire qui atteint, par endroits, 200 m. A l'Hettangien-Pliensbachien, la transgression atteint son maximum avec des calcaires à silex, des calcaires rouges à Ammonites, des calcaires à polypiers, des algues et enfin des dolomies calcaires (200 m). Au Domérien, l'Algérie est entièrement sous environnement marin. Les faciès ammonitico-rosso apparaissent dans le Djurdjura.

▪ Dogger:

Il est réparti, du Nord au Sud, en différents domaines paléogéographiques. Le domaine kabyle à dépôts carbonatés réduits, suivi par la zone tellienne à sédimentation argilo-carbonatée relativement épaisse, par les hauts plateaux et le môle constantinois à dépôts surtout carbonatés et enfin par la

Chapitre II : Géologie de la zone d'étude

fosse atlasique, à faciès argilo-gréseux dépassant souvent 2000 m d'épaisseur. Dans la partie Sud des hauts plateaux oranais et de l'Atlas saharien occidental, on relève au Bajocien supérieur les traces d'une sédimentation détritique qui traduit la proximité d'une activité fluvio-deltaïque.

▪ **Malm:**

L'extension des faciès gréseux vers le Nord montre que la régression, amorcée dans la fosse atlasique à la fin du Dogger, s'accroît. Durant cette période, s'opposent les domaines marins au Nord et les domaines continentaux ou deltaïques au Sud. Dans ces derniers, on relève cependant dans les hauts plateaux et la fosse atlasique, des faciès d'influence marine sous forme de sables et grès, d'argiles et de calcaires. A l'est du méridien passant par Sedrata-Laghouat, un milieu marin franc sans apport détritique persiste durant tout le Jurassique supérieur.

I.5.1.3 Crétacé

Il affleure dans l'Atlas saharien. Ses sédiments détritiques et siliceux connaissent leur plus grand développement dans l'Atlas saharien occidental avec des épaisseurs de 1200 m.

▪ **Néocomien-Barrémien:**

Cette période est caractérisée par une régression maximum au Barrémien avec un retrait de la mer de l'Atlas tellien, du môle constantinois et du NE de la fosse atlasique. Les faciès présentent le plus souvent des alternances d'épisodes argilo-gréseux et de niveaux carbonatés.

▪ **Aptien:**

Dans le Hodna et les Aurès, c'est un bref épisode marin transgressif à carbonates et récifs. Vers le Sud et l'ouest, les faciès gréseux dominent et traduisent un régime fluvio-deltaïque. Cependant, dans la fosse atlasique, rien ne permet de distinguer l'Aptien de l'Albien, sauf dans la région de Laghouat où des dépôts calcaires ont été retrouvés.

▪ **Albien:**

Deux ensembles lithologiques se distinguent. Dans l'Atlas Saharien, l'Albien gréseux à la base, évolue vers des faciès flysch vers le Sud. Dans le Tell, il est représenté par un faciès argilo-gréseux et enfin dans le Sud-est Constantinois, là où la transgression est déjà amorcée, l'Albien est carbonaté. Dans l'Albien supérieur, des dépôts de marnes et de calcaires succédant aux faciès gréseux du Tell et de l'Hodna, annoncent la transgression majeure du Crétacé supérieur.

▪ **Cénomaniens:**

Après la transgression albienne, la mer se stabilise. Dans le Sud, une diminution de la tranche d'eau entraîne une sédimentation évaporitique. Ailleurs, la tendance est nettement marine. Dans l'Atlas tellien, les dépôts sont des marnes (1000m) à faune pélagique. Le Cénomaniens est néritique dans les régions du Telagh et de Tiaret et carbonaté (300 à 400 m) dans les Monts du Hodna.

▪ **Turonien:**

À l'exception de certaines zones des hauts plateaux et du Constantinois, la mer recouvre tout le Nord de l'Algérie et le Sahara. Les faciès cénomaniens sont remplacés par des marnes à lamellibranches et échinodermes.

▪ **Sénonien:**

Il s'agit d'une sédimentation marno-calcaire à lumachelles. La paléogéographie précédente persiste jusqu'au Sénonien supérieur, avec un léger approfondissement marin et, à nouveau, une microfaune pélagique abondante.

I.5.1.4 Le cénozoïque :

I.5.1.4.1 Eocène

En Algérie, les formations éocènes sont très importantes tant par leurs surfaces que par leurs épaisseurs. Dans le Tell, l'Eocène comprend des marnes riches en microfaune, des calcaires et des argiles. Le Lutétien et le Thanétien sont représentés par les niveaux à nummulites classiques dans ces régions. Au Sud du Hodna, l'Eocène inférieur est composé de marnes à gypse, de calcaires phosphatés et de calcaires à silex. Le Lutétien se présente sous un faciès de marnes à huîtres.

Chapitre II : Géologie de la zone d'étude

I.5.1.4.2 Oligocène-Miocène

▪ Oligocène:

Il est caractérisé par des apports importants de matériel essentiellement gréseux.

▪ Miocène inférieur:

Il est le siège d'une vaste transgression prenant en écharpe, suivant une ligne sensiblement EO, tout le domaine algérien de la région de Tlemcen à la dépression saharienne de Biskra. Il est constitué d'une épaisse série de marnes bleues (plus de 1000m) passant latéralement à des grès argileux marins. Au sein de cette immense zone immergée, s'individualisent des bassins, la Tafna, le bas et le moyen Chelif, le Hodna, les Sébaou, etc.

▪ Miocène supérieur:

La régression du Burdigalien est suivie d'une transgression progressive à l'échelle du Chelif. Le Miocène supérieur comprend des faciès divers (marnes noires ou bleues, sables, grès, calcaires, diatomites et gypse).

I.5.1.4.3 Le Pliocène et le Quaternaire :

Au Pliocène, dans le Chelif et la Mitidja la mer dépose des marnes bleues à intercalations gréseuses (1000m). Dans le reste de l'Algérie, le Pliocène est lagunaire et passe vers le haut aux formations quaternaires continentales.

I.6 Evolution structurale :

La structure du Nord de l'Algérie, plus complexe que celle du Sahara, est caractérisée par des reliefs jeunes et une sismicité active. On voit, en plusieurs endroits du Tell à la lisière du Sahara, des terrains pliocènes et quaternaires redressés à la verticale. Le système orographique est guidé par deux longues chaînes situées au Sud et au Nord du 35^{ème} parallèle et culminant vers 2000m. L'une, correspondant à l'Atlas Saharien, allongée NE-SO, l'autre, au Tell, de direction E-O. Le Nord de l'Algérie fait partie de l'orogène alpin d'Afrique du Nord. Elle est comprise entre le bassin océanique de la Méditerranée occidentale, créé à l'Oligocène, et la flexure Sud-atlasique qui la sépare de la Plate-forme Saharienne.

I.7 Chaîne plissées et style tectonique :

I.7.1 Le domaine Tellien :

Il correspond à la zone comprise entre la Mer Méditerranée au Nord et l'autochtone présaharien au Sud. Cette limite Sud est soulignée par une suite de bassins miocènes s'étalant d'ouest en est depuis la plaine des Ghossels à Sellaoua. Cette succession de bassins constitue les restes d'une avant fosse actuellement recouverte par les nappes de charriages.

I.7.2 L'Allochtone

L'allochtone du domaine tellien comprend un chapelet de massifs anciens bordé par une dorsale calcaire qui, par ses caractères originaux, garantit l'unité orogénique de ce domaine. Postérieurement à l'Aquitaniien, ce domaine a été découpé en blocs plus mobiles. Il se compose d'un socle gneissique et d'une couverture phylladique discordante. Ces éléments sont suivis en discordance par les termes sédimentaires d'un paléozoïque à peu près complet. Le Paléozoïque est surmonté en discordance par le Trias à faciès Verrucano, les carbonates liasiques et de minces témoins du Dogger- Malm, le Crétacé et le Paléogène que surmonte enfin la masse calcaire du Lutétien à Nummulites. Cette dernière passe au Sud à des faciès plus profonds et plus marneux permettant ainsi de délimiter les zones paléogéographiques et structurales de cette dorsale. Le calendrier tectonique se termine par une phase finieocène qui morcelle le domaine. Les structures acquises sont fossilisées sous une puissante série dite oligocène. A la suite de la formation de la

Chapitre II : Géologie de la zone d'étude

Méditerranée, un affaissement entraîne une resédimentation en deux olistostromes successifs. L'un d'âge oligo-aquitain à klippes de flyschs et d'ultratellien, l'autre d'âge burdigalien où flyschs ultratellien et numidien se mêlent. Enfin, une phase tardive du Miocène supérieur déforme l'ensemble du substratum et les dépôts post-nappes en plis d'orientation N 70°.

I.7.3 Domaine des flyschs

Il forme une bande presque continue située au Sud des massifs anciens. Il est scindé en trois unités affleurant dans trois positions, soit en bandes coincées entre domaines kabyle et tellien, soit en superstructures tectoniques reposant sur l'allochtone tellien (flysch Numidien) et enfin en éléments resédimentés dans les olistostromes Nord-kabyles.

I.7.4 Nappes Telliennes

La nomenclature adoptée ici tient compte de la position des éléments dans l'édifice structural, de leurs faciès et de leurs positions paléogéographiques d'origine. Les nappes de flyschs (Numidien, Mauritanien, Massylien) sont nommées d'après leur faciès. Les nappes ultra telliennes sont constituées de formations claires et d'âge crétacé. Les nappes épitelliennes sont, pour leur part, faites des séries sombres d'âge crétacé et éocène. Enfin, les nappes mésotelliennes sont constituées des faciès néritiques éocènes proches de l'autochtone présaharien. L'allochtone est mis en place au Burdigalien et au Langhien inférieur. La mise en place fut plus tardive au Sud qu'au Nord où les dépôts post-nappes indiquent un âge anté-burdigalien supérieur. Une phase antérieure a été récemment reconnue dans la zone de Beni Chougrane dans des bassins syno-gériques priabono-oligocènes.

I.8 Les phases tectoniques Alpines :

L'histoire alpine d'Afrique du Nord comprend les événements paroxysmaux Eocène supérieur-Miocène et les phases préliminaires et tardives qui les encadrent.

I.8.1 Phases préliminaires

Une première phase, définie dans les Babors à la limite Jurassique-Crétacé, est exprimée par des discordances. Elle est connue dans l'Atlas Saharien et au Sahara. La seconde phase, située à l'Albien moyen, est responsable de plis d'orientation NNO-SSE. Enfin, la troisième phase, dite Emsherienne, a été mise en évidence dans le Hodna.

I.8.2 Phases paroxysmales

A la fin de l'Eocène, l'affrontement Afrique-Europe produit une chaîne de collision.

La phase majeure, rapportée au Lutétien supérieur-Priabonien, est connue dans le Tell et dans le domaine atlasique. Dans les Aurès, elle ébauche des anticlinaux vite démantelés par l'érosion et des synclinaux où viennent s'accumuler les produits d'érosion. L'analyse des séries continentales locales montre que la déformation est progressive. Dans l'avant pays atlasique et aurésien, cette phase est responsable des grandes structures coffrées, orientées NE-SO. Elle est suivie par une distension anté-Miocène (Oligocène) qui est à l'origine des petits grabens transverses aux directions des structures atlasiques. Une nouvelle phase, d'âge Miocène, s'exprime par la poursuite des flambages et par de grands décrochements entraînant des plis, ainsi que des torsions et des décalages des axes des structures.

La dernière phase, une compression N-S, affecte les séries post-villafranchiennes. Ses effets sont visibles sur toute l'Algérie, le long de la flexure saharienne entre Négrine et Biskra et dans l'Oranais (Tafraoui).

Chapitre II : Géologie de la zone d'étude

II. Géologie du site d'étude :

Notre zone d'étude se situe au niveau du bassin Miocène post nappe, donc on retrouvera essentiellement de la Marne à la base et du Grès au sommet. Dans la ville de Tizi-Ouzou se développe un versant-glacis. Il se raccorde au Djebel Belloua par une rupture de pente nette vers 260m et s'achève vers l'aval à 170m. La rupture de pente amont marque le contact brutal avec le socle. Il existe un petit glacis-versant près de Talla Allam.

Le socle de micaschistes est fracturé en de multiples endroits livrant un matériel prêt à être mobilisée. L'accumulation de débris débute brutalement en s'appuyant en socle où elle forme une rupture de pente très nette. La couverture du versant est très rubéfiée. La matrice, de texture limoneuse, emballe des blocs non roulés de schistes et de grès miocène et des débris de schistes.

A partir des cartes géologiques, nous allons étaler la lithologie de notre zone :



Photographie 5 : Affleurement géologique à proximité du CHU, Tizi-Ouzou

II.1 Analyse de la carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou à 1/50 000 (Daniel Raymond 1976):

En analysant la carte géologique de Dellys-Tizi-Ouzou (figure 5), qui couvre la partie Nord, de notre site, nous a permis d'identifier :

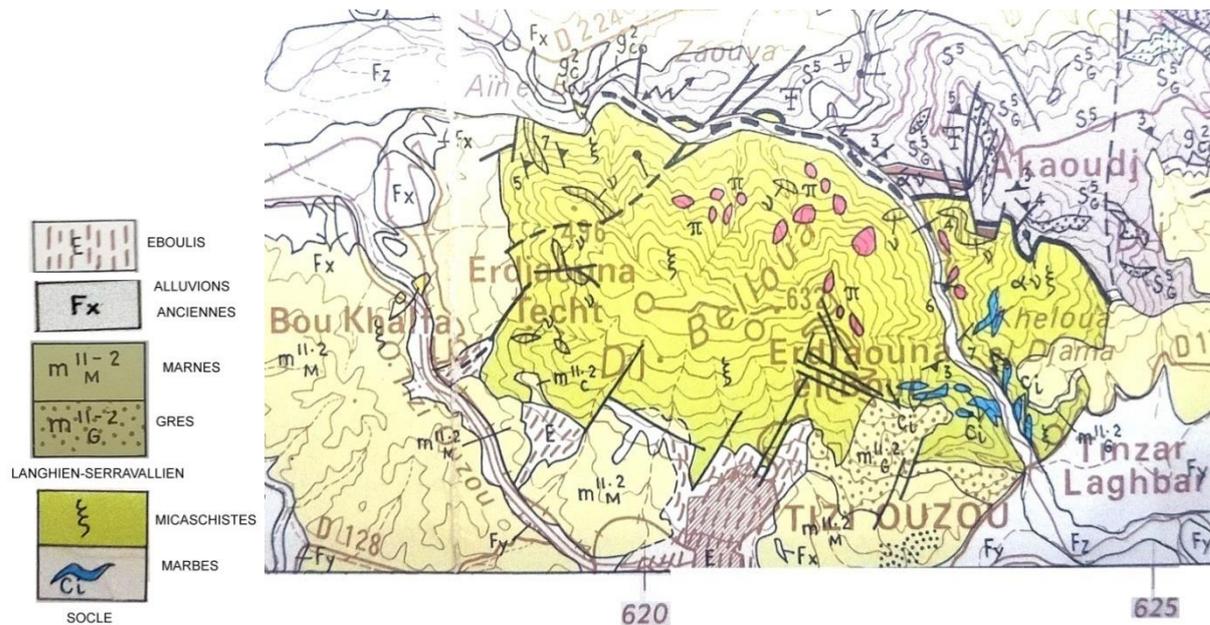


Figure 4 : Extrait de la carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou (à 1/50 000) (Daniel Raymond 1976).

II.1.1 Les Marnes :

Les marnes sont des roches sédimentaires, constituées d'un mélange de 50% Calcaire et 50% d'Argile. Elles sont tendres, finement poreuses, plastiques lorsqu'elles sont humides et friables lorsqu'elles sont sèches. Elles se désagrègent facilement.

Le terrain est essentiellement couvert de marnes, souvent de couleurs grisâtre d'âge Langhien – Serravallien. Les marnes de cet âge-là, sont représentées sur la carte (figure 4) par le signe m^{II-2}_M .

II.1.2 Les Grès :

Les Grès sont des roches sédimentaires, granuleuse, très poreuse sont souvent des réservoirs d'eau. Dans cette partie de notre zone d'étude, on les retrouve à l'extrémité, au NNE. Ils sont d'âge Langhien – Serravallien. Sur la carte (figure 4), ils sont représentés par le signe M^{II-2}_G .

II.1.3 Les Schistes :

Un schiste est une roche qui a pour particularité d'avoir un aspect feuilleté, et de se débiter en plaques fines ou « feuillets rocheux ». On dit qu'elle présente une schistosité. Il peut s'agir d'une roche sédimentaire argileuse, ou bien d'une roche métamorphique.

On retrouve beaucoup de Schistes dans notre zone dans le socle. On distingue des :
- Micaschistes et, Marbres ou Marbres Dolomitiques (Cipollins), représentés respectivement sur la carte par ξ et Ci (figure 4). Ils sont de la série du socle Kabyle.

II.1.4 Les Alluvions :

Une alluvion est un dépôt de débris (sédiments), tels du sable, de la vase, de l'argile, des galets, du limon ou des graviers, transportés par de l'eau courante de forme arrondis.

Ce sont des formations Quaternaires, mais ils sont les plus anciennes des alluvions. Dans la carte (figure 4), elles sont représentées par le signe Fx . Dans notre cas, on les retrouve au niveau du boulevard Krim BELKACEM, vers l'université de Hasnaoua.

II.1.5 Les Eboulis et colluvions:

Ce sont des formations Quaternaires. On les retrouve, au Nord de la zone, au niveau d'Aïn Hallouf, en **dépôts de pente** sous forme d'éboulis, accumulations de fragments rocheux (schistes, grès et calcaires) pierre par pierre par gravité emballés dans une matrice limoneuse, détachés des hauteurs d'Ardjaouna et Belloua. Sur la carte (figure 4), ils sont représentés par le signe E .

Chapitre II : Géologie de la zone d'étude

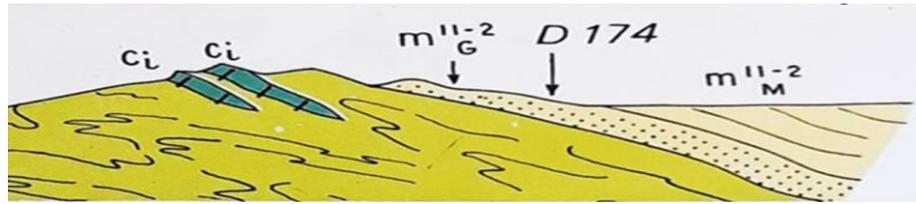


Figure 5 : Coupe montrant les différentes parties géologiques de Tizi-Ouzou. (Daniel Raymond 1976).

II.2 Analyse de la carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou à 1/50 000 (Ficheur E. 1906):

Dans partie Sud, nous nous baserons sur l'ancienne carte de Ficheur (figure 6),

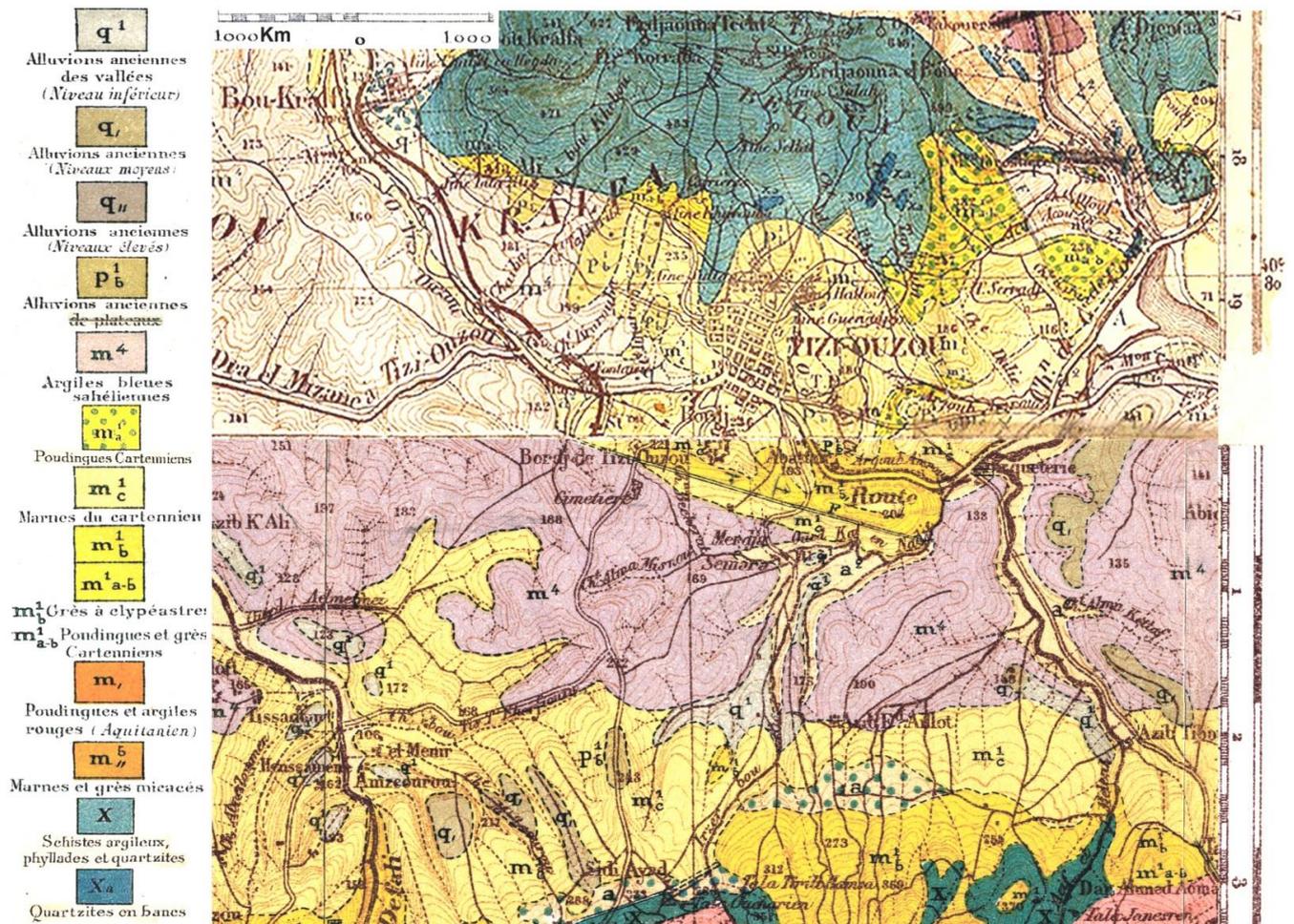


Figure 6 : Extrait de la carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou à 1/50 000 (Ficheur E. 1906).

II.2.1 Les Marnes :

On trouve des Marnes dites marnes du Cartennien, qui représentent Langhien – Serravallien, dans la carte récente (figure 5). Dures, conchoïdes, formant des talus rigides dans les ravinements. Sur la carte (figure 6), on les reconnaît sous le signe m^1_c .

II.2.2 Les Grès :

Cette zone est également couverte par des Grès Cartennien (Langhien – Serravallien, dans la carte récente, figure 5). Sur la carte, ils sont représentés par le signe $m^1_{a/b}$.

II.2.3 Les argiles bleues :

Représentées par le signe m^4 , sur la carte, on remarque qu'elles sont à grande dominance dans cette partie qui sont en fait des marnes gris-bleues. La couleur bleue provient de la présence de fer notamment le Fe^{2+} .

II.2.4 Les Alluvions :

Nous retrouvons des Alluvions anciennes, du niveau inférieur, reposant sur les Grès et Argiles bleues. Sur la carte, elles sont représentées par le signe q^1 .

Nous retrouvons ci-dessous, la coupe géologique qui résume ce que nous avons vu.

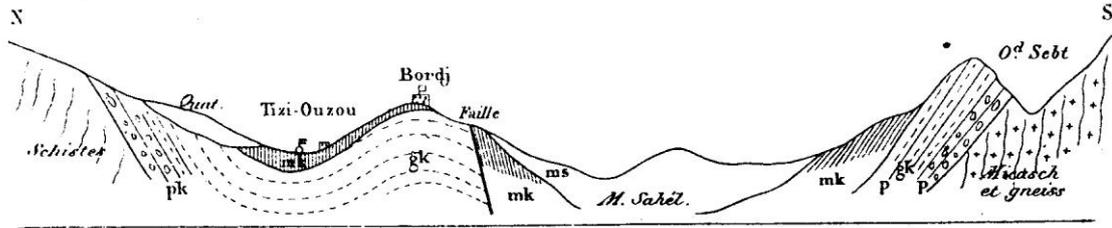


Fig. 10. — Coupe à Tizi-Ouzou.

gk. Grès carteniens. — mk. Marnes carteniennes. — ms. Marnes sahéliennes.

Figure 7 : Coupe montrant les différentes parties géologiques de Tizi-Ouzou (Ficheur E. 1906).

Chapitre III : Hydro-Climatologique

Introduction

Dans cette partie nous allons définir les caractéristiques hydro-climatologiques de l'agglomération de Tizi-Ouzou : Précipitations, Températures, Vent, Humidité et Evapotranspiration. Pour cela nous avons utilisé des données de la station climatologique de l'ONM de Tizi-Ouzou. Ces données nous permettront d'établir un bilan hydrique.

Tizi-Ouzou se situe dans la zone du climat méditerranéen, caractérisée par deux saisons : hiver humide et froid et un été chaud et sec.

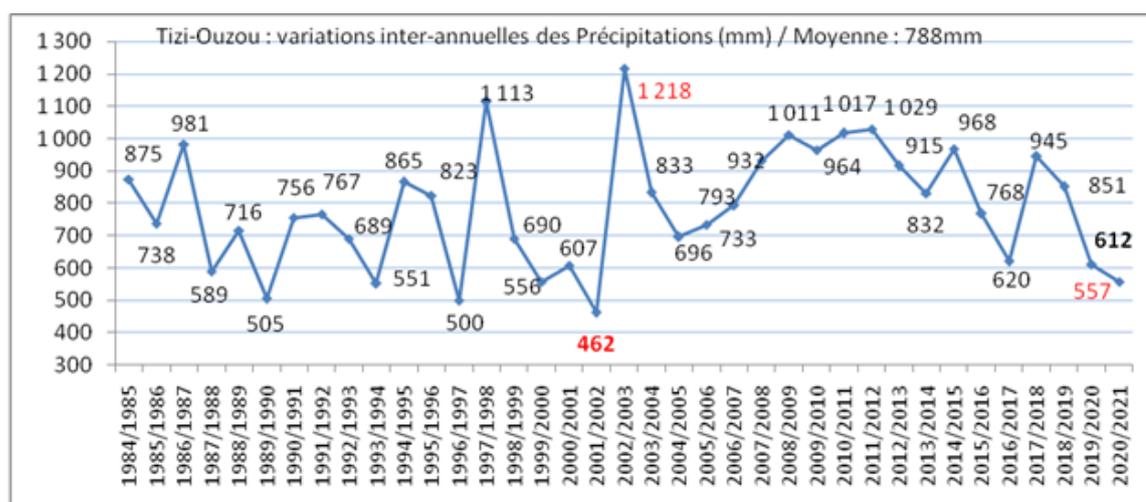
En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, en été la chaleur peut être suffocante car l'air marin ne pénètre pas et se heurte au relief montagneux qui l'empêche d'atteindre la ville. Sur les hautes altitudes de 1000 m et plus, il neige chaque année en hiver entre novembre-décembre et février-mars.

I.1 Les caractéristiques hydro-climatologiques :

I.1 Les précipitations :

I.1.1 Les précipitations annuelles :

La pluviométrie annuelle évolue entre 461,8mm en 2001/2002 et 1217,5mm l'année suivante, ce qui montre sa grande variabilité. Ces dernières années on assiste à une baisse continue des totaux annuels, autour de 600 mm/an et même moins (557 cette année). C'est le caractère du climat méditerranéen. (Graphe 01 ci-dessous).



Graphique 1 : Variations inter-annuelles des Précipitations (mm) à Tizi-Ouzou (1984/2021 ONM).

La comparaison des précipitations moyennes de Tizi-Ouzou entre les données pluviométriques de l'ONM pour la période (1984/2021), les données de la carte de CHAUMONT (1913/1963) et les données de P.SELTZER pour la période 1913/1938 montre :

- D'après la carte pluviométrique de CHAUMONT (figure2) les précipitations moyennes à Tizi-Ouzou étaient de 910 mm/an.
- D'après les données de SELTZER, pour la période 1913/1920, la moyenne totale annuelle est de 893 mm.
- D'après les données de l'ONM de Tizi-Ouzou pour la période 1984/2021, la moyenne totale annuelle est de 786 mm soit des baisses de 12 à 13,6 %.

Les précipitations cette année 2020/2021 (557mm) ont baissé de 29.1 % par rapport à la période 1984/2021. La diminution est de 38% par rapport aux données anciennes. Un déficit de pratiquement un tiers se constate donc dans la région.

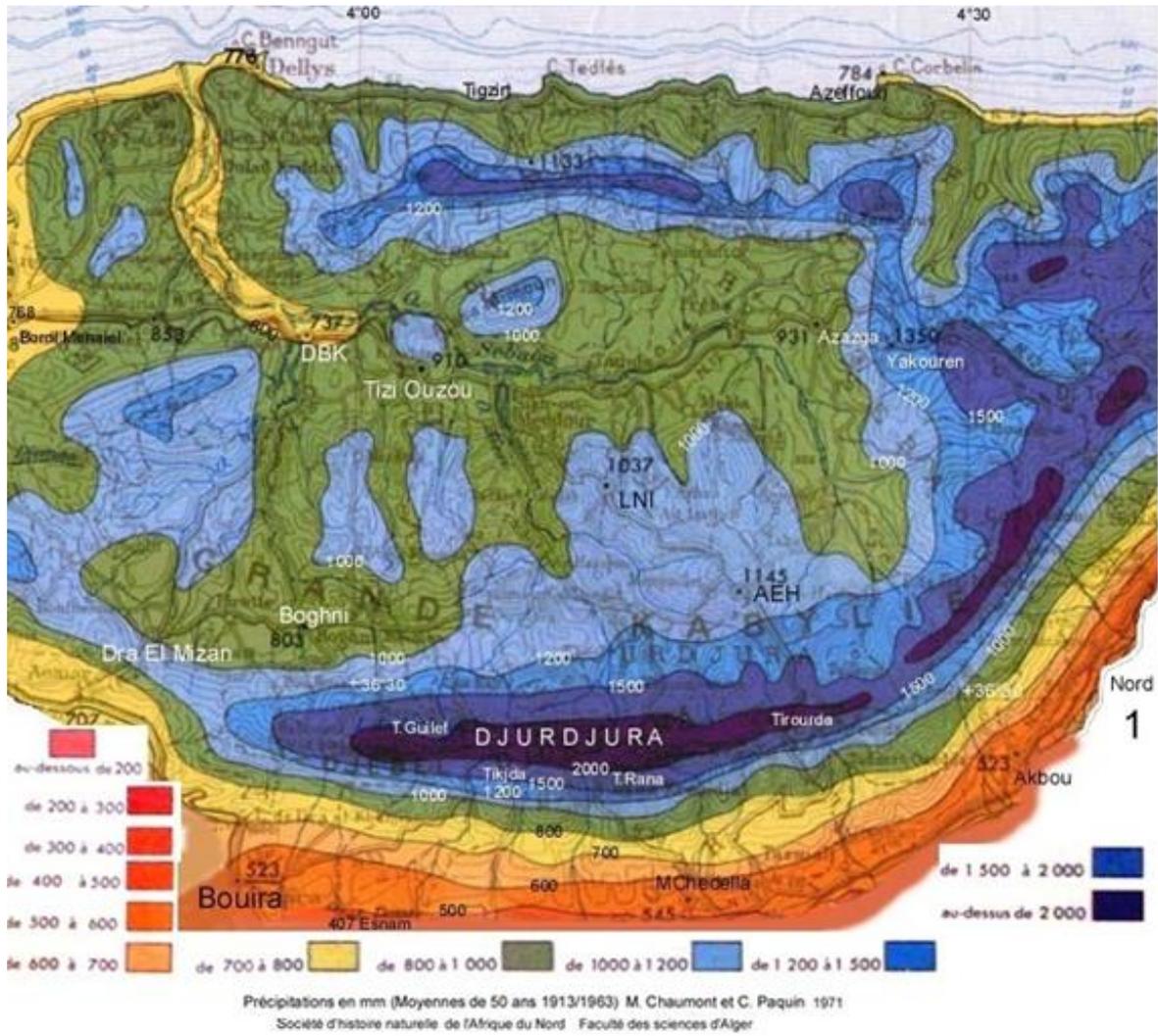


Figure 8 : Carte pluviométrique CHAUMONT de Tizi-Ouzou moyenne de 50 ans (1913/1963).

I.1.2 Les précipitations mensuelles :

Nous avons établi des moyennes mensuelles des précipitations sur la période de 36ans (1984/1985 et 2020/2021), les minimums, maximums, Ecart-type et les Coefficients de Variation (tableau et figure suivants).

Tableau 1 : Moyennes mensuelles des précipitations pour la période 1984-2021 (source ONM).

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
Moyenne	34.2	63.7	109.4	127.6	121.7	93.7	85.9	76.0	51.6	11.5	3.2	7.1	785.7
Cumul	34.2	98.0	207.4	335.0	456.7	550.3	636.2	712.2	763.8	775.4	778.6	785.7	
Min	2.9	5.6	7.8	0.0	8.7	0.0	2.6	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	461.8
Max	153.1	241.7	227.2	302.3	316.2	311.7	258.6	204.5	231.1	48.6	25.4	51.6	1 217.5
Ecart-type	29.4	50.5	58.3	75.5	80.2	75.5	66.9	53.7	48.6	13.2	5.4	9.9	185.6
Cv %	0.86	0.79	0.53	0.59	0.66	0.81	0.78	0.71	0.94	1.14	1.65	1.38	0.24

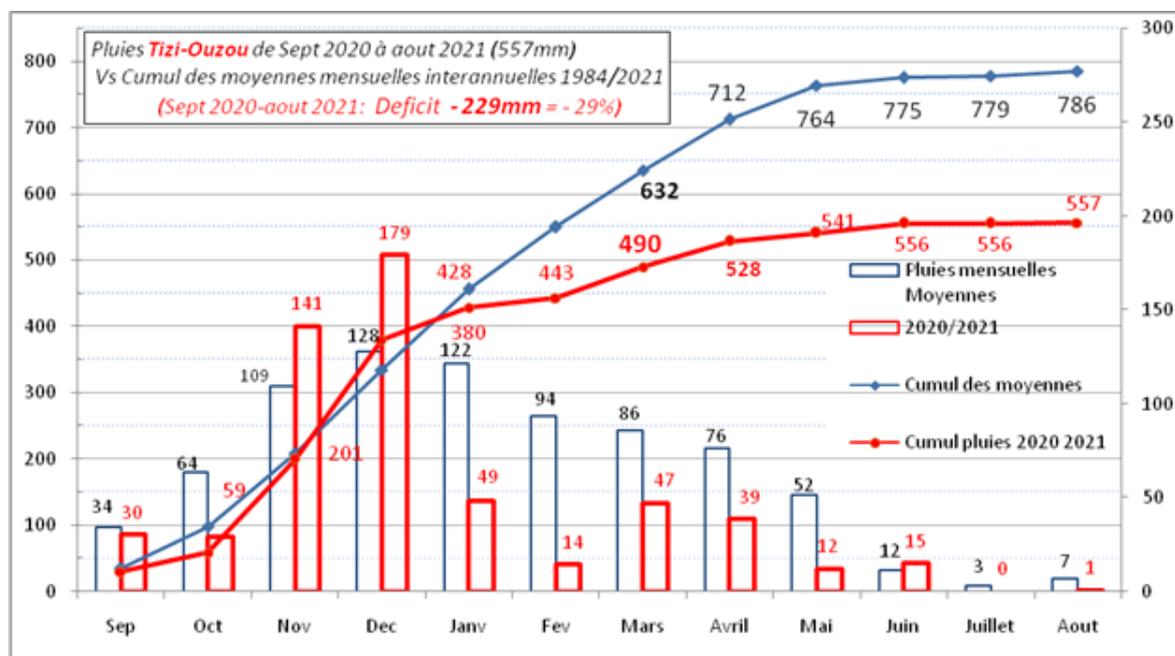
D'après le graphique des précipitations mensuelles ci-dessous nous relevons une variabilité mensuelle.

Les coefficients de variation mensuels (CV), rapport de l'écart-type à la moyenne, sont élevés et montrent une grande dispersion autour de la moyenne. Il est faible pour l'annuel.

Chapitre III : Hydro-Climatologie

Les pluies sont plus intenses à partir du mois de novembre jusqu'au mois d'avril et les mois les plus secs sont juin, juillet et aout.

Nous pouvons avoir des mois de la saison pluvieuse à secs comme en février 1990 et décembre 2015. D'autres années ces mêmes mois peuvent totaliser pour chacun plus du tiers du total annuel.



Graphique 2 : Précipitations mensuelles et leurs cumuls (mm) à Tizi-Ouzou (2020/2021 et moyennes 1984/2021 ONM).

Le graphique ci-dessus montre qu'à partir du mois de mai, les apports sont insignifiants et même à partir de février-mars cette année 2021.

La comparaison des pluviométries moyennes mensuelles montre que pratiquement tous les mois montrent des baisses de la pluviométrie lors de la période (1984/2021) par rapport à la période de 1913/1938.

Tableau 2: Comparaison des pluviométries moyennes mensuelles de SELTZER (1913/1938) et ONM (1984/2021).

P Moy. (mm)\mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
SELTZER	37	75	127	173	152	100	95	59	49	19	1	6	893
ONM	34.2	63.7	109.4	127.6	121.7	93.7	85.9	76.0	51.6	11.5	3.2	7.1	785.7

Nous constatons que de juin à aout et même à septembre, il n'y a pratiquement pas d'apports en pluies.

Durant l'année hydrologique 2020/2021, la période avec absence presque totale de précipitation englobe février et tout le printemps.

Tableau 3: Cumul des précipitations et le nombre de jour de pluie (NJP) pour l'année 2020/2021.

Mm/mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
2020/2021	30.3	29.0	141.3	179.1	48.6	14.3	47.3	38.6	12.2	15.0	0.0	0.8	556.5
Cumul	30.3	59.3	200.6	379.7	428.3	442.6	489.9	528.5	540.7	555.7	555.7	556.5	
NJP	9	8	5	17	16	5	10	9	6	4	0	1	90.0

Chapitre III : Hydro-Climatologie

Chaque année on enregistre près de 100 jours de chutes de pluies (NJP). Durant l'année 2020/2021 le NJP est de 90 jours. Plus de la moitié s'est produit entre décembre et avril. Il a plu pratiquement tous les 3 jours durant cette période mais les totaux ont été faibles. La végétation s'est bien développée donnant l'impression d'abondance en eau.

II.1 Les températures :

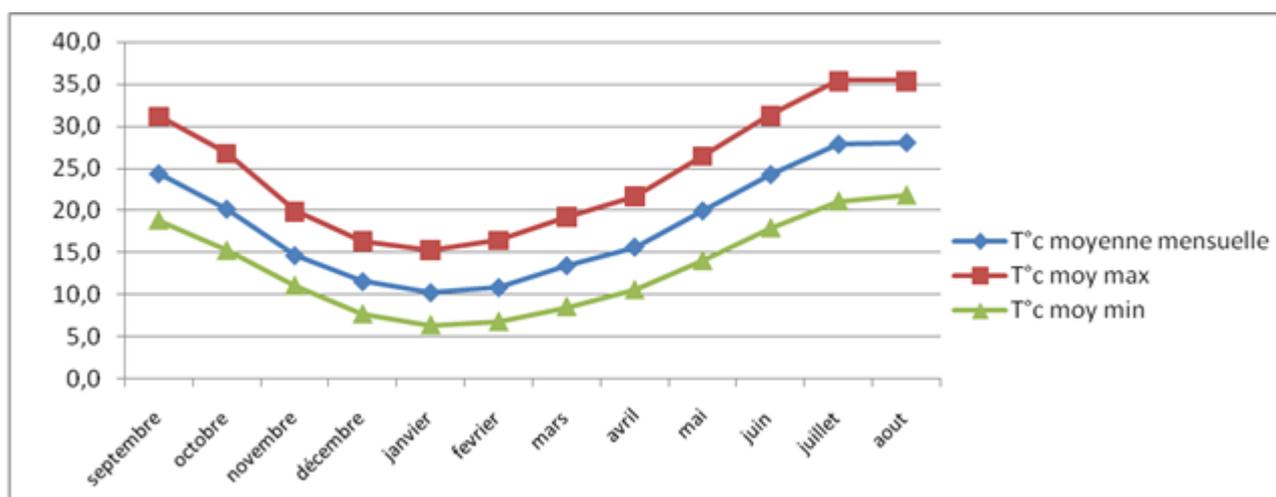
C'est le second facteur qui conditionne l'hydro-climatologie d'une région. Ce paramètre nous permet d'évaluer les paramètres intervenant dans le bilan hydrologique.

Le tableau et le graphique ci-dessous montrent les valeurs mensuelles moyennes, maximales et minimales ainsi que la moyenne annuelle enregistrée à la station de l'ONM de Tizi-Ouzou.

Tableau 4 : Températures moyennes mensuelles (°C) à la station ONM de T.O pour la période 1989-2021 (source ONM).

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
T°C Moy.	25.15	21.1	15.5	12.05	10.85	11.55	13.95	15.88	20.35	24.705	28.3	28.65	19.05
T°C max.	31.4	26.9	19.9	16.4	15.3	16.3	19.3	21.7	26.6	31.4	35.4	35.4	24.7
T°C min.	18.9	15.3	11.1	7.7	6.4	6.8	8.6	10.06	14.1	18.01	21.2	21.9	13.3

L'analyse des données montre que les températures les plus basses sont enregistrées aux mois de décembre, janvier et février. Les températures les plus hautes sont enregistrées aux mois de juillet et août.



Graphique 3 : Evolution des températures moyennes mensuelles (°C) pour la période 1989-2021 (ONM).

Comparaison des données des températures moyennes mensuelles pour les deux périodes (1989/2020) de l'ONM de Tizi-Ouzou et celle de SELTZER (1913/1916—1920/1938).

Tableau 5 : températures moyennes mensuelles de SELTZER pour la période (1913/1916—1920/1938).

SELTZER	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
T°C Moy.	25	19.5	14.3	10.5	9.7	11.2	13	15.2	18.9	23	27.2	27.7	17.9
T°C max.	32.2	25.6	19.1	14.6	14	16.1	18.5	21	25.2	30.2	35.2	35.5	23.9
T°C min.	17.8	13.4	9.5	6.4	5.4	6.2	7.5	9.4	12.6	15.8	19.1	19.9	11.9

La comparaison des températures moyennes annuelles pour les deux périodes montre une augmentation de la température moyenne de l'ordre de 1,1°C.

Chapitre III : Hydro-Climatologie

Remarque : Entre Juillet et Août 2021, 22 jours où la température a été supérieure à 40°C. En Août 2021, elle atteint 47.4°C.

Nous avons eu dans certaines années précédentes des températures maximales absolues très élevées :

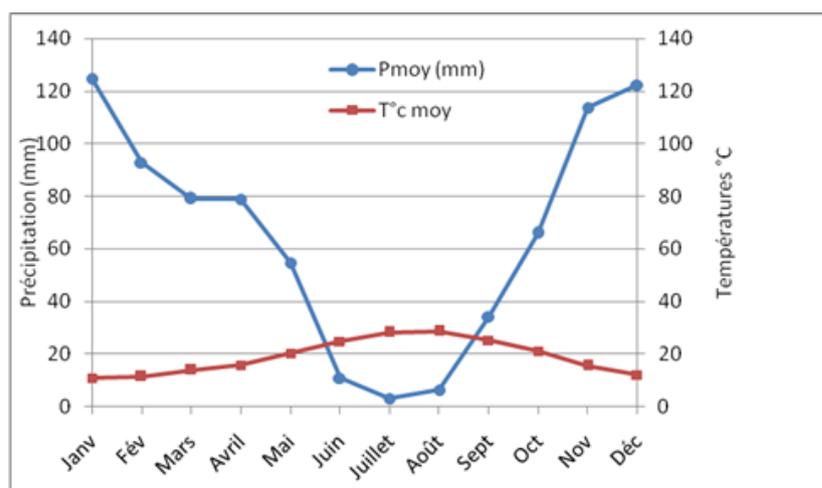
- Juillet 2017 : 47.2°C
- Juin 2020 : 42.7°C
- Juillet 2020 : 43°C
- Juillet 2021 : 45.7°C
- Août 2021 : 47.4°C

III.1 Courbe Ombrothermique :

La courbe Ombrothermique est le rapport des Précipitations moyennes mensuelles/ températures moyennes mensuelles.

Tableau 6: Précipitations moyennes mensuelles et des températures moyennes mensuelles pour la période (1989-2021) (ONM TO).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
PMoy. (mm)	124.8	92.8	79.1	78.9	54.7	10.9	3.0	6.3	34.3	66.0	113.7	122.3
T°C Moy.	10.8	11.5	13.9	15.8	20.3	24.7	28.3	28.6	25.1	21.1	15.5	12.1



Graphique 4 : Courbe ombrothermique pour la période 1989/2021 (ONM Tizi-Ouzou).

La courbe ombrothermique réalisée montre que les températures moyennes mensuelles et les précipitations moyennes mensuelles évoluent proportionnellement en sens inverses, et que la zone sèche s'étend aux mois de Juin et Août.

IV. L'évapotranspiration :

C'est l'alimentation de l'atmosphère en vapeur d'eau émise par le sol, les cours d'eau les lacs (évaporation) et les végétaux (transpiration). Elle est contrôlée par différents facteurs :

- Facteurs climatiques : pluies, intensité et durée de l'ensoleillement, humidité relative et couverture neigeuse.
- Facteurs liés au bassin versant : nature et épaisseur du sol, présence et nature du couvert végétal, hydrographie et position géographique.

Chapitre III : Hydro-Climatologie

L'évaluation de ce paramètre permet d'apprécier les lames d'eau disponibles pour l'écoulement et l'infiltration et le besoin en eau des plantes. (Le Climat de l'Algérie du Nord et les ressources en eau, M. Abdesselam, UMMTO).

Il y a deux types d'évapotranspiration :

IV.1 L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

C'est l'évaporation maximale possible si l'eau est toujours disponible (surface humide en permanence).

L'ETP est évaluée expérimentalement (bac de sol maintenu constamment humide dont on mesure les apports et les percolations, l'évaporomètre Piche, évapotranspimètre. Elle est également calculée par des formules empiriques en utilisant des paramètres tels que température, insolation, vent, humidité...

Les plus utilisées sont :

- ✓ La formule de Turc (1961) et la formule de Thornthwaite (1954).

Thornthwaite, que nous avons utilisé ici, a proposé une formule basée essentiellement sur la température de l'air :

$$ETP=16. (10t/I)^a .k$$

Avec :

$$i=(t/5)^{1.5} \text{ et } I = \sum_{12} i \quad a=(1.6/100)+0.5$$

- t : la température moyenne mensuelle du mois considéré ;
- ETP : évapotranspiration potentielle du mois considéré (en mm d'eau) ;
- K : est un coefficient d'ajustement mensuel.

Le tableau 7 ci-dessous présente les valeurs d'ETP mensuelle pour l'année 2019-2021 calculées en se basant sur la formule de THORNTHWAITE.

Tableau 7 : l'ETP calculé à partir de la formule de THORNTHWAITE pour l'année 2020-2021.

mois	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Total
T°C	27.05	22.5	21.3	15.4	16.35	18.95	18.6	21.8	25.6	29.1	34.2	35.4	-
i	12.9	9.7	9.0	5.5	6.0	7.5	7.3	9.3	11.9	14	18.4	19.4	-
a	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	-
K	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	-
ETP	115.3	58.4	45.0	16.9	19.8	27.6	33.2	55.9	84.5	110.6	155.3	154.6	877.6
ETP corrigée	126,8	52,6	36,0	11,8	13,8	22,1	33,2	67,1	109,9	143,8	201,9	185,5	1005,0

IV.2 Evapotranspiration réelle (ETR) :

C'est la quantité effectivement évapotranspirée selon la disponibilité de l'eau. Elle est considérée comme un déficit d'écoulement par rapport aux précipitations et aux débits mesurés aux exutoires. Elle est estimée par plusieurs méthodes dont la méthode du bilan hydrique simplifié de THORNTHWAITE que nous appliquerons dans notre travail.

C'est une adaptation de la méthode du calcul de l'ETP. Comme il ne pleut pas tous les jours donc la quantité de l'eau dans le sol peut être nulle (sec), THORNTHWAITE introduit la partie stockée dans ce sol : c'est la réserve facilement utilisable (RFU = 100mm dans notre cas).

Elle est maximale (sol saturé) alors le surplus s'infiltré et/ou ruisselle ou nulle.

Chapitre III : Hydro-Climatologie

Selon les cas on aura :

- ✓ Quand les précipitations (P) sont supérieures à l'ETP ($P > ETP$) : $ETR = ETP$, l'excédent des précipitations sur l'ETP va alimenter le stock du sol jusqu'à sa saturation (recharge de la réserve). La RFU sera maximale. S'il reste encore un excédent, il sera disponible pour alimenter le ruissellement et l'infiltration.
- ✓ Quand les précipitations (P) sont inférieures à l'ETP ($P < ETP$) ; $ETR = P + X$, le complément (X) sera puisé de la réserve (RFU) jusqu'à son épuisement ; l'ETR sera égale à P à laquelle s'ajoutera la réserve disponible (de la RFU) jusqu'à atteindre l'ETP.
- ✓ Si la RFU est épuisée : $ETR = P$ et $ETR < ETP$.

V. Le Bilan Hydrique :

Nous allons utiliser le Bilan simplifié de THORNTHWAITE.

Tableau 8 : Bilan simplifié de THORNTHWAITE pour la période 2020/2021.

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
P (mm)	30.3	29.0	141.3	179.1	48.6	14.3	47.3	38.6	12.2	15.0	0.0	0.8	556.5
T°C	27.05	22.5	21.3	15.4	16.35	18.95	18.6	21.85	25.6	29.1	34.2	35.45	-
ETP corr. (mm)	126,8	52,61	36,04	11,87	13,87	22,13	33,25	67,15	109,91	143,86	201,93	185,53	1005,05
EvapoPiche	116	107	73.6	49.2	55.9	79.2	60.5	65.2	114.1	156	205.5	212	1294.2
RFU	0	0	100	100	100	92.17	100	71.45	0	0	0	0	-
ETR (mm)	30.30	29	36.04	11.87	13.87	22.13	33.25	67.15	83.65	15	0	0.8	343.06
Déficit	96.57	23.61	0	0	0	0	0	0	26.26	128.86	201.93	184.73	661.96
Excédent	0	0	5.26	167.23	34.73	0	6.22	0	0	0	0	0	213.4

L'infiltration se calcule par la formule suivante :

$$P = ETR + E + I \quad \longrightarrow \quad I = P - (ETR + E).$$

Dont : P : Précipitations annuelles (mm).

ETR : Evapotranspiration annuelle (mm).

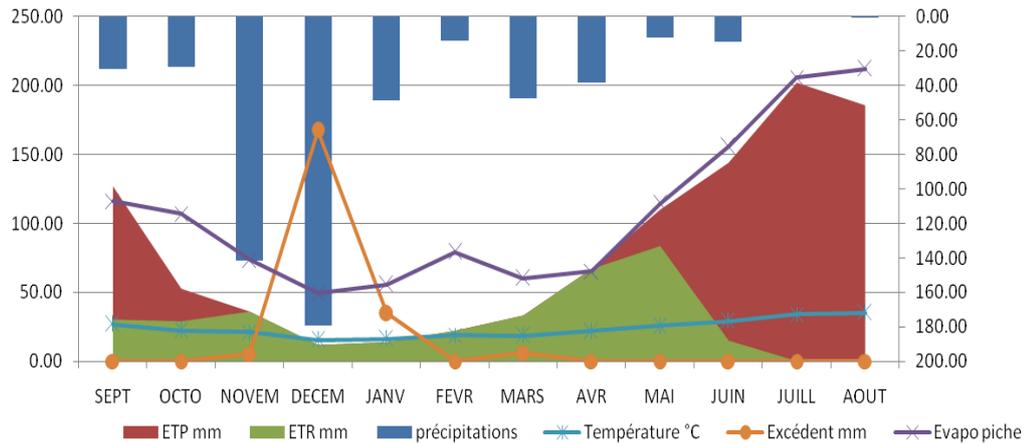
E : Excédent annuel (mm) regroupe l'Écoulement et l'Infiltration

A partir du bilan du tableau 8 ci-dessous, nous avons :

Dans notre cas, comme notre zone d'étude est à 75% urbanisée, donc le sol est imperméable, ce qui favorise l'écoulement superficiel de 160,1mm. Donc sur 213,4mm, 75% s'écoulent laissant 25% soit 53.4 mm pour l'infiltration.

Ce que nous avons relevé aussi bien dans les nappes alluviales que dans l'agglomération de Tizi-Ouzou, ont vu leur niveau baisser sans être nul.

Chapitre III : Hydro-Climatologie



Graphique 5 : Graphique illustrant le bilan hydrologique de Thornthwaite (2020/2021, ONM Tizi-Ouzou).

Du bilan tiré du tableau et du graphique ci-dessus (tableau 7), nous pouvons conclure que :

- Les précipitations annuelles pour l'année 2020/2021 sont de 556,5 mm.
- L'évapotranspiration réelle annuelle est de 343,06 mm.
- Un déficit d'écoulement de 661,96 mm.
- Un excédent de 213,44 mm des précipitations annuelles concentré sur fin novembre et début décembre comme le montre le pic sur le graphique

VI. Le Vent :

Il se définit comme étant un déplacement d'air provoqué par une différence de pressions d'un lieu à un autre.

Le vent est mesuré dans les stations météorologiques par des anémomètres enregistreurs des vitesses instantanées, une girouette donnant la direction du vent. La vitesse moyenne du vent est estimée à partir d'une échelle empirique (l'échelle de Beaufort) :

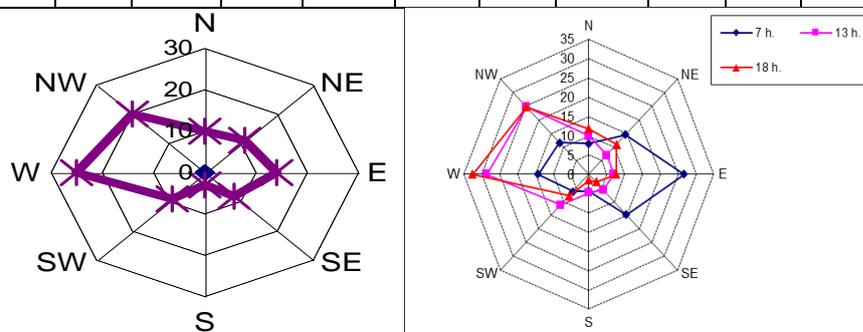
- 0-1 : vent calme
- 1-2 : vent faible
- 2-3 : vent modéré
- 5-6 : vent assez fort
- 7-8 : vent fort
- >9 : vent violent.

Le tableau et les figures ci-dessous présentent les valeurs des vents moyens en m/s pour la période 1989/2020 et les directions des vents dominants dans la région.

Remarque : les données mises à notre disposition sont lacunaires.

Tableau 9 : vitesse des vents en m/s pour la période de 1989/2020 (source ONM Tizi-Ouzou).

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
Vent moy (m/s)	1,6	1,3	1,3	1,3	1,2	1,4	1,7	1,7	1,8	2,2	2,2	2



Directions des vents généraux ONM 1984/2019 et à différentes heures (1913/1938 P. Seltzer, 1946).

Figure 9 : Roses des vents à Tizi-Ouzou (in Moali/Kaci Moussa 2019).

Chapitre III : Hydro-Climatologie

Les vitesses moyennes maximales en m/s atteignent 2.2m/s, et évoluent en moyenne autour de 1.2m/s. Ceci est dû à la position enclavée de la zone de Tizi-Ouzou.

Tableau 10 : vitesse des vents en m/s (1913/1938 P. SELTZER, 1946)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Août	annuel
Sirocco	5,2	3,5	1,6	0,2	0	0,3	1,3	1,5	2,4	4	8,5	8,8	37,3

Les directions dominantes sont Ouest et Nord-Ouest, d'où proviennent les perturbations qui apportent de la pluie dans la région. Les vents du Sud (sirocco) sont également présents entre juillet septembre (Tableau 10) (1913/1938 P. SELTZER, 1946)

VII. Humidité Relative :

L'humidité relative (HR), Appelée aussi état hygrométrique, l'humidité relative est définie comme la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air donné par rapport au maximum qu'il pourrait contenir à une température et une pression données. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre.

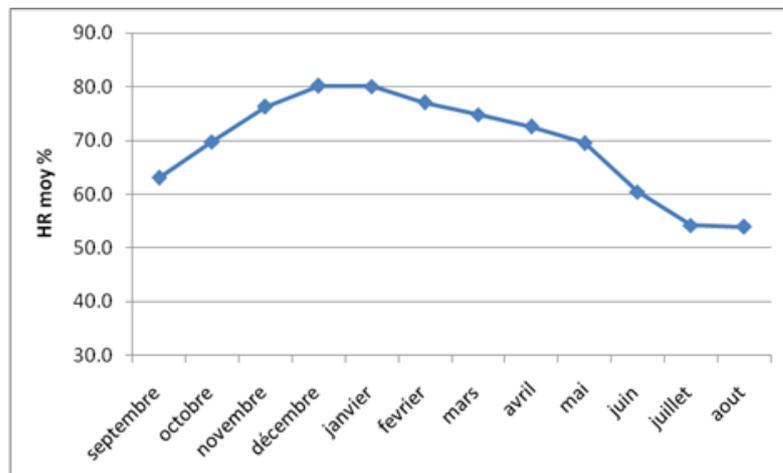
Elle varie de 0 à 100% :

HR < 35% : air sec 35 > HR < 65% : air moyennement humide HR > 65% : air humide.

Le tableau et la figure ci-dessous présentent les humidités relatives moyennes mensuelles en % pour la période 1989/2021 de la station de l'ONM de Tizi-Ouzou.

Tableau 11 : Humidité relative moyenne mensuelle en % pour la période (1989/2021) (source ONM, Tizi-Ouzou).

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
HR Moy. (%)	63.0	69.8	76.3	80.1	80.1	77.0	74.8	72.6	69.5	60.4	54.2	53.9



Graphique 6 : Variation de l'humidité moyenne relative en % de la station de l'ONM Tizi-Ouzou pour la période 1989/2021.

Les valeurs maximales de l'humidité relative moyennes sont observées en mois de Décembre Janvier et Février qui correspondent aux mois les plus pluvieux de l'année et les températures basses. Elles sont supérieures à 75% de Novembre à Mars.

Les valeurs minimales sont observées en juillet et aout ce qui correspond aux mois les plus secs de l'année et les températures élevées. Elles sont comprises entre 50 et 55%.

Chapitre III : Hydro-Climatologie

Cet été l'humidité moyenne journalière a été très faible, en-dessous de 30% et même en-dessous de 20% entre le 09 et 15 Août 2021. Cela a correspondu aux incendies enregistrés dans la région.

Conclusion :

- ✓ La pluviométrie moyenne annuelle avoisine les 800mm/an (785.7mm) caractéristique du climat méditerranéen pour la période 1989/2021 alors que les précipitations de 2020/2021 ne sont que de 556,5 mm, soit un déficit de 29%.
- ✓ Les températures mensuelles sont variables. Elles atteignent leurs valeurs maximales en mois d'août 35.5°C en moyenne journalière. Elles baissent vers des valeurs minimales aux mois de décembre et janvier. Dans notre cas la température minimale est au mois de janvier (5.4°C). Pour la période 2020/2021 ; la valeur absolue maximale est de 47.4°C au mois d'août 2021. La valeur absolue minimale est de 3.7°C au mois de Janvier 2021.
- ✓ L'étude de la courbe ombrothermique montre que la zone sèche s'étend de la fin mai jusqu'au mois de septembre inclus pour la période 1989/2021.
- ✓ L'analyse des résultats du bilan de THORNTHWAITE montre que l'année hydrologique 2020-2021 montre un déficit de 661,96 mm alors que les précipitations sont de 556,5 mm et l'excédent est de 213,44 mm. Cela montre que l'année hydrologique 2020/2021 est une année sèche.
- ✓ L'excédent regroupe l'écoulement superficiel et l'infiltration. La ville de Tizi-Ouzou est à 75% urbanisée, ce qui favorise l'écoulement superficiel de 160;1mm. Donc sur 213,4mm, 75% s'écoulent laissant 25% soit 53.4 mm pour l'infiltration.
- ✓ Le bilan hydrique de la ville de Tizi-Ouzou reste à faire en tenant compte des apports directs sur la ville provenant du piémont du Belloua et des fuites des réseaux d'AEP, d'assainissement. Ce qui nécessiterait des investigations plus systématiques qui sortent de la durée de notre mémoire.
- ✓ La vitesse moyenne des vents est comprise entre 1.2 et 2.2 m/s pour la période 1989/2020 ; de directions Ouest et Nord-Ouest, avec présence de vents du Sud (sirocco) entre juillet septembre.
- ✓ L'humidité relative en % pour la période 1989/2021 est supérieure à 65% durant les mois de janvier février et décembre. Elle est comprise en 35 et 65% pour les mois de juillet et aout. L'air a été très sec (inférieur à 20% cet été 2021).

Chapitre IV : Hydrogéologie

Chapitre IV : Hydrogéologie

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons examiner l'hydrogéologie de la ville de Tizi-Ouzou, et essayer d'apporter une solution à notre problématique : comment rabattre la nappe souterraine pour éviter l'infiltration de l'eau et l'inondation sous les fondations et dans les sous-sols des bâtiments? Comment récupérer cette eau ? La stocker ? La traiter ? Et la valoriser ?

Nous avons de ce fait, suivie un mode opératoire :

Nous avons tout d'abord rassemblé des données dans les différents organismes et laboratoires: Hydraulique, ANRH, LCTP, LNHC, DLEP.

Ensuite, nous avons recensé des points d'eau sur le terrain : sources, puits, puisards... avec, mesure de la profondeur et prise des mesures : T°C, pH et conductivité électrique des eaux; ces mesures ont été faites in-Situ, avec un appareil multi-paramètres, qui est en même temps, un conductivimètre et pH-mètre et mesure aussi la température.

I.1 Hydrographie de la zone d'étude :

Tizi-Ouzou fait partie du Bassin Versant Sébaou. Le secteur dans lequel nous avons travaillé est une zone d'agglomération. Et donc, les oueds ne sont pas facilement repérables.

Nous avons utilisé la carte topographique au 1/10 000, INCT, 1973 (Figure 10) pour les retracer. Nous avons repéré plusieurs Oueds qu'on appelle communément Chabet, Azib ou Alma Minsou.

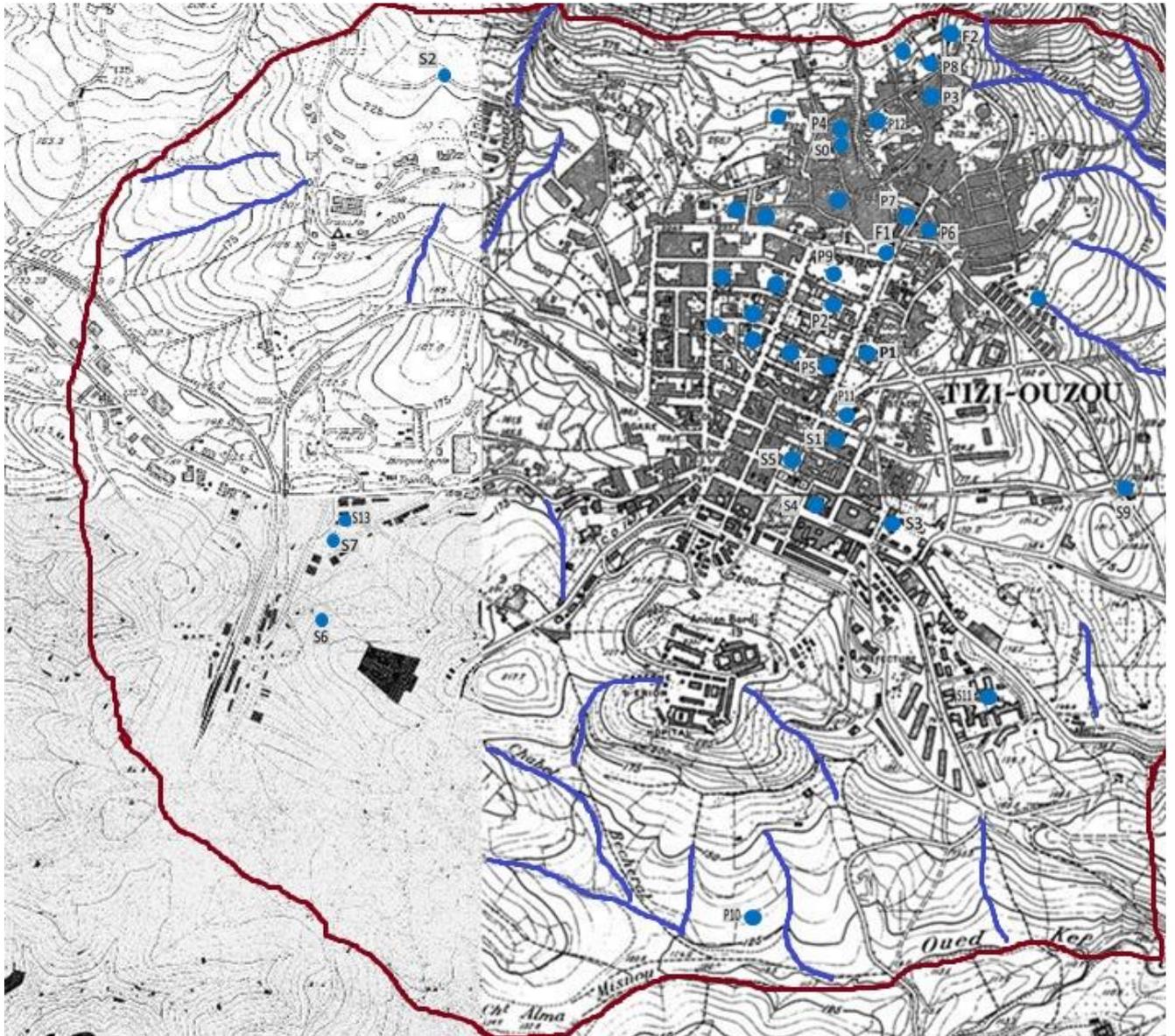
I.1 La nappe aquifère de la ville de Tizi-Ouzou :

La ville de Tizi-Ouzou située sur le piémont du massif du Belloua repose sur les colluvions, les grès, les marnes et les schistes du bassin de Tizi-Ouzou. Peuvent regorger d'eau qui constitue une nappe aquifère. Cette dernière, s'observe dans la multitude de sources et de puits situés dans la ville et sa périphérie.

D'après nos observations et les informations recueillies, il y'aurait plus d'une centaine de puits dans l'agglomération de Tizi-Ouzou, malheureusement non accessibles.

I.2 Inventaire des points d'eau :

Ce sont les points repérés sur le terrain, que ce soit des puits, des fontaines ou bien des puisards. Mais aussi des sondages faits par les différents laboratoires pour les besoins de mesures et études géotechniques dont nous avons examiné quelques rapports.



— Délimitation. ● Points d'eau. — Lit d'Oued.

Figure 10 : Carte topographique 1/10000, INCT, 1973 de la zone d'étude, représentant les talwegs et les points d'eau.

Les points que nous avons pu examiner, après un porte à porte et une force de conviction importante, sont représentés sur la carte topographique 1/10000, INC, 1973 de la zone d'étude (figure 10). Ils sont organisés dans le tableau 11 ci-dessous.

Les mesures ont été faites entre Janvier et Mars 2021.

Chapitre IV : Hydrogéologie

Tableau 12 : Liste des points d'eaux suivis dans l'agglomération de Tizi-Ouzou.

Points	Type	Y (°)	X(°)	Z (m)	T°C	pH	δ (μ S/cm)	Prof (m)	N.P (m)	Débit	Observations
P1	Puits	36,716015	4,0519719	273,8	18,9	7,47	1642	2,85	270,95		
P2	Puits	37,18606	4,051057	288,7	16,9	8,06	1475	1,15	287,55		
P3	Puits	36,721516	4,053277	321,7	18,2	8,33	1079	8,06	313,64		
P4	Puits	36,720878	4,04911	316,3	16,4	7,5	1099	3,5	312,8		
P5	Puits	36,71517	4,050456	227	18,7	8,12	1284	1,75	225,25		
P6	Puits	36,718694	4,0544643	300,1	18,2	7,68	1182	3,45	296,65		
P7	Puits	36,719024	4,0540628	305,8	17,7	7,77	1072	3,6	302,2		
P8	Puits	36,720373	4,0494	309,9	18,5	7,19	698	4,65	305,25		
P9	Puits	36,722203	4,0537929	287,6	18	7,67	1038	2,4	285,2		
P10	Puits	36,703681	4,046277	126	18,1	7,68	1313	1,76	124,74		
P11	Puits	36,714402	4,051205	239,9	21	7,6	999	2,95	236,95		
P12	Puits	36,704741	4,049661	293,5	/	/	/	/	/		Inaccessible
Aïn Hallouf	Fontaine	36,74306	4,073444	300	19,5	7,23	1020	/	/	0,4	
Aïn Zellal	Fontaine	36,722349	4,053795	343,5	14,3	7,97	803	/	/	0,2	
Zoudj-Ayoune	Fontaine	36,720898	4,050638	320,1	/	/	/	/	/	0	Sèche
Aïn Soltane	Fontaine	36,72278	4,050222	222	/	/	/	/	/	0	Sèche
Aïn Guenadja	Fontaine	36,713327	4,056419	192	/	/	/	/	/		non mesurée
Lalla Saida	Fontaine	36,718801	4,050046	294	/	/	/	/	/		non mesurée
S0	Puisard	36,720373	4,04912	290	16	7,46	1077	4	286		
S1	Sondage	36,717797	4,054041	228,5	/	/	/	1,2	227,3		N.P estimé
S2	Sondage	36,722136	4,040652	292,5	/	/	/	3,4	289,1		N.P estimé
S3	Sondage	36,713231	4,052925	177,5	/	/	/	3,5	174		N.P estimé
S4	Sondage	36,713232	4,052926	177,6	/	/	/	3,5	174,1		N.P estimé
S6	Sondage	36,707422	4,035124	133,5	/	/	/	1,5	132		N.P estimé
S7	Sondage	36,71064	4,036039	134	/	/	/	1	133		N.P estimé
S9	Sondage	36,715302	4,055486	192,5	/	/	/	2	190,5		N.P estimé
S11	Sondage	36,709356	4,054577	151	/	/	/	4	147		N.P estimé
S13	Sondage	36,712859	4,037402	135			1017	2,8	132,2		N.P estimé
S15	Sondage	36,701835	4,051401	133	/	/	/	1,7	131,3		N.P estimé
S16	Sondage	36,708858	4,038535	131,5	/	/	/	1	130,5		N.P estimé

P : Puits ; F : Fontaine ; S : Sondage ;

δ : Conductivité électrique ; Prof : Profondeur ; N.P : Niveau piézométrique.

Chapitre IV : Hydrogéologie



Photographie 7 : Puits au niveau de la mosquée « Djemaa El Aatik » le boulevard Kaci Ihddadene: P1.



Photographie 6 : Puits au niveau de la rue Harchaoui Salah : P2.



Photographie 9 : Puits chez un particulier ; dans la rue Rassoul Meziane ; P3.



Photographie 8 : Puits chez un particulier ; dans la rue Hadj Ali Boulou ; P5.

Chapitre IV : Hydrogéologie



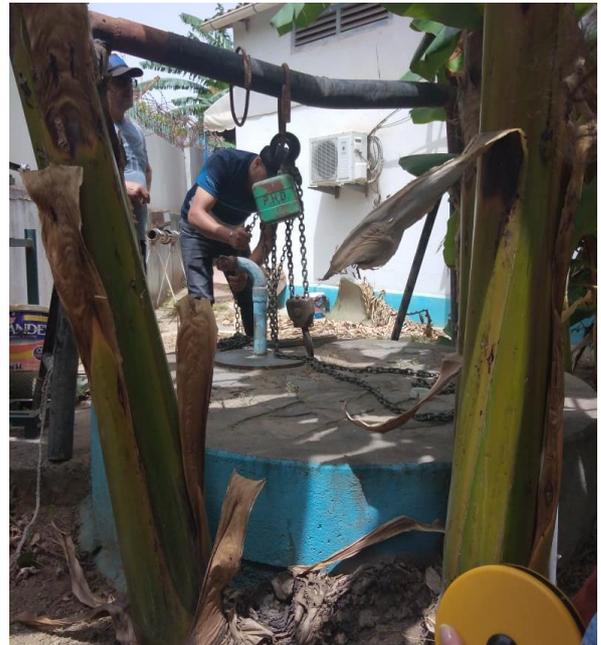
Photographie 11 : Puits chez un particulier ; dans la rue Azouzi Ali ; P8.



Photographie 10 : Puits chez un particulier ; dans la rue Khadri Ali ; P4.



Photographie 13 : Puits au niveau de l'université Hasnaoua ; P10.



Photographie 12 : Puits au niveau de l'ADE Tizi-Ouzou ; P11.



Puits inaccessible chez un particulier ; au-dessus de l'hôtel Amraoua, P12.

Nous avons appris qu'après un tremblement de terre, le puits s'est rempli, ainsi que d'autres puits se trouvant sur la même ligne. Tant dit que, les puits au niveau supérieur se sont asséchés.

Photographie 14 : Puits inaccessible chez un particulier ; au-dessus de l'Hôtel .Amraoua ; P12

Chapitre IV : Hydrogéologie



Photographie 15 : Fontaine Ain Zellal ; Photographie 16 : Fontaine Zoudj Ayoune ;
rue Redjaouna. F2. rue Khadri Ali. F3.



Photographie 17 : Fontaine Ain Hallouf rue Yahia Cherif Yahia. F1.

II.1 Alimentation en eau potable (AEP) de la ville de Tizi Ouzou :

L'alimentation en eau potable (AEP) de la ville de Tizi Ouzou se fait généralement par le barrage de Taksebt et les forages dans les nappes du Sébaou (annexe 1) par le biais de réservoirs, comme le montre le Schéma directeur d'AEP élaboré par la Direction des Ressources en Eau la wilaya de TIZI-OUZOU. (Figure 10, suivante). Cette eau vient de l'extérieur de l'agglomération.

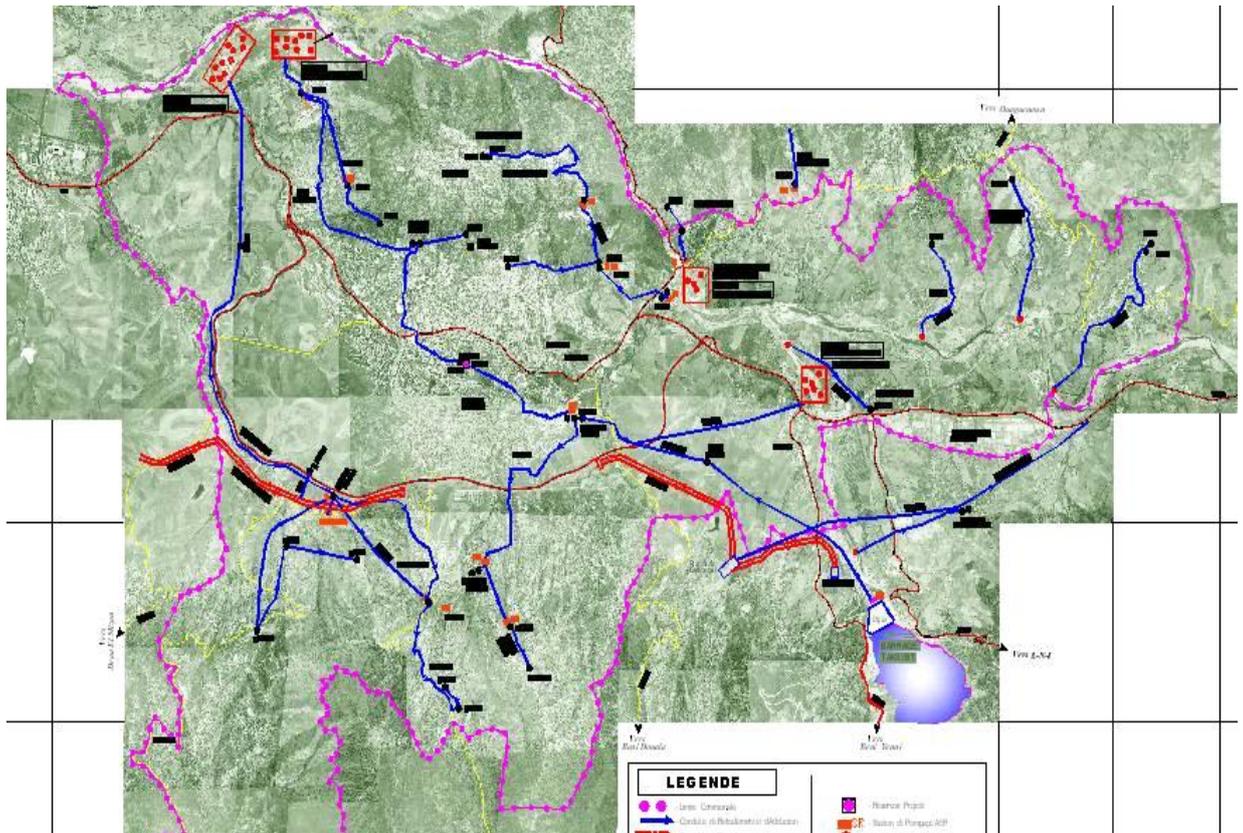


Figure 11 : Plan général de l'A.E.P. de Tizi Ouzou (source : PDAU).

Néanmoins beaucoup de puits ont été abandonnés soit par manque d'entretien, soit ils ont subi des détériorations ou comblés lors des constructions. Il serait essentiel de les nettoyer et les réhabiliter pour pouvoir en tirer le maximum d'eau.

III.1 Paramètres Mesurés in-Situ :

La température, la conductivité et le pH doivent être mesurés in-Situ, car ils sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site.

III. La Température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH. Pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. (J.RODIER, 1984). En effet, la pollution thermique peut avoir pour origine des rejets d'eaux chaudes urbaines ou industrielles dans le milieu considéré.

Nous savons que la température d'une eau est égale à la température moyenne de l'air de la région. La température moyenne annuelle de notre région est de 18.4 °C. Les températures des eaux de nos points de mesures répondent à ce que nous venons de citer ci-dessus, elles sont comprises entre 14 et 21°C.

P2 = 16.9°C ; P4 = 16.4°C ; P7 = 17.7 °C ; S0 = 16°C ; fontaine Aïn Zellal = 14.3°C.

Ces températures, mesurées en hivers, peuvent s'expliquer par l'influence de la température de l'air, qui est relativement basse au moment de la mesure, entre 12°C et 14°C d'autant plus que leurs origines n'est pas profonde.

Quant au P11 = 21 °C ; la température de l'air à ce moment était de 28.2 °C. Pour la fontaine Aïn Hallouf = 19.5 °C, elle traduit les conditions de la nappe souterraine. (Voir Annexe).

Chapitre IV : Hydrogéologie

Selon les normes algériennes pour l'eau potable, la température est de 25°C. Toutes ces eaux répondent à la norme.

III.2 La Conductivité électrique :

La conductivité électrique mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau ou la minéralisation globale. (J. Rodier, 1984).

Tableau 13 : Quelques indications sur la relation existant entre la minéralisation et la conductivité des eaux. (J. Rodier, 1984).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 100	Minéralisation très faible
100 < Conductivité < 200	Minéralisation Faible
200 < Conductivité < 333	Minéralisation moyenne
333 < Conductivité < 666	Minéralisation moyenne accentuée
600 < Conductivité < 1000	Minéralisation importante
Conductivité < 1000	Minéralisation élevée

Les mesures qu'on a prise in-Situ, sont toutes supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui traduit une minéralisation élevée. Le terrain marneux peut expliquer cette élévation et des temps de séjour longs.

Sauf qu'il y'a deux points où on a trouvé la valeur de la conductivité en dessous de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, c'est une minéralisation importante mais très inférieure aux autres points :

- La source Aïn Zellal dont la conductivité égale à 803 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Comme le point de mesure est une fontaine, donc l'eau a été captée du haut de Belloua, le terrain étant à la fois Schisteux et marneux ; ce qui explique cette minéralisation.
- Le puits de la rue Azouzi Ali, dont la conductivité est égale à 698 $\mu\text{S}/\text{cm}$, soit son eau provient aussi du haut de Belloua, vu qu'il se trouve à son pied. Ou soit, il y'a eu mélange avec d'autres eaux venant du réseau d'AEP.

III.3 Le pH :

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Il est lié à la nature des terrains traversés. Il est important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau.

<7 : pH acide. 7 : pH neutre. >7 : pH basique.

Le pH n'est pas une contre-indication à la potabilité sauf en cas de rejets industriels particuliers. Dans les normes de potabilité en Algérie, il est indiqué entre 6.5 et 9.

Dans nos points de mesures, le pH le moins élevé = 7.23 et le plus élevé = 8.33. Donc, le caractère de l'eau est alcalin.

A partir de 8.3, l'eau devient incrustante. Ce qui peut conduire au gonflement et à la fissuration des bétons affectés, ainsi qu'à une diminution des propriétés mécaniques du béton, réduisant ainsi la durée de vie des ouvrages si cette eau est utilisée pour fabriquer le béton.

Chapitre IV : Hydrogéologie

Donc on conclue, que cette eau est passive pour les ouvrages.

III.4 Les nouvelles mesures :

Nous avons continué le suivi des mesures en début Septembre 2021 des points d'eau, pour les comparer aux mesures faites entre Janvier et Mars 2021.

Tableau 14 : Listes des points mesurés dans l'agglomération de Tizi-Ouzou en début Septembre 2021.

Points	Type	Y (°)	X(°)	Z (m)	T°C	pH	δ (μ S/cm)	P (m)	N.P (m)	Observations
P1	Puits	36,7160154	4,0519719	273,76	23	8,5	969	4,37	269,39	Le niveau de l'eau est influencé par des matériaux qui ont été jetés dans le puits.
P2	Puits	36,711132	4,051057	288,78	26,1	8,29	1437	1,31	287,47	/
P4	Puits	36,720878	4,04911	316,29	23,4	7,8	987	5,55	310,74	/
P9	Puits	36,722203	4,0537929	287,85	25,5	7,67	1038	2,4	285,45	/
P10	Puits	36,703681	4,046277	150,5	26,4	8,3	1245	1,8	148,7	/
S13	Sondage	36,712859	4,037402	135	25,1	8,24	1017	2,67	132,33	/

On remarque l'augmentation des températures, étant donné les températures élevées de l'air lors de la mesure (35°C) et à l'influence des margelles et des plates-formes en béton et ensoleillées.

Quant aux autres paramètres, le pH a légèrement augmenté et la conductivité électrique a baissé. Mais ces changements sont négligeables, donc on peut dire que les mesures sont les mêmes que dans la période des hautes eaux.

Le niveau piézométrique de l'eau est quasi stable comparé aux hautes eaux, malgré la situation climatique extrême qui a régné sur la région. Ce qui nous amène à penser que la nappe souterraine : A une source d'alimentation continue.

Remarque : Les paramètres mesurés sont influencés par notre mode de mesure sur des points d'eau généralement non équipés pour pomper et atteindre les eaux de la nappe.

Chapitre IV : Hydrogéologie

IV.1 Etude Piézométrique :

Le niveau piézométrique correspond au niveau atteint par l'eau d'une nappe souterraine en un point et à un instant donné. La piézométrie, quant à elle, est la mesure de la profondeur de la surface de la nappe. Elle peut être exprimée par rapport à l'altitude du sol, en mètres NGA (Nivellement Général de l'Algérie) par rapport à l'altitude 0 du niveau de la mer.

Une carte piézométrique est une carte qui permet de visualiser les niveaux d'eau dans le sous-sol. Ces niveaux sont représentés par des courbes d'égales altitudes, ou isopièzes, qui rejoignent les niveaux piézométriques identiques. Elles sont tracées grâce à des méthodes d'interpolations.

Une fois réalisées, les cartes piézométriques permettent de mieux comprendre l'hydrogéologie et l'hydrologie de la zone qu'elles représentent sens de l'écoulement, profondeur de la nappe, propagation des polluants, fluctuations entre les basses et les hautes eaux. Leur analyse permet de :

- Identifier les sens d'écoulement de l'eau souterraine grâce aux gradients hydrauliques de la nappe.
- Etudier la structure de l'aquifère et évaluer sa capacité, c'est-à-dire ses réserves potentielles en eau.
- Connaître la distribution spatiale des stocks d'eau et des axes de drainage.
- Identifier les aires d'alimentation pour ainsi connaître le régime d'alimentation de l'aquifère et les relations de la nappe avec la surface.
- Analyser les fluctuations de la surface piézométrique pour suivre leur évolution dans le temps et ainsi prévoir l'évolution des niveaux piézométriques pour pouvoir par exemple surveiller le niveau d'une nappe exploitée (prévision d'encrage des fondations). De plus, l'analyse de ces fluctuations permet de déterminer des cycles de recharge et de vidange de la nappe (hautes et basses eaux).
- Savoir si la nappe est perturbée par un pompage.
- Comblent les vides de mesures par interpolation.

L'interprétation globale des cartes piézométriques conduit à l'identification des zones favorables à l'implantation des captages et des ouvrages souterrains. Elle contribue également à la prescription des mesures de protection de la qualité des eaux souterraines captées pour l'alimentation humaine. D'une manière générale, leur usage est très vaste et elles sont utiles à partir du moment où on veut connaître plus précisément le comportement hydrologique d'un aquifère ou d'une nappe en particulier.

IV.1 La carte piézométrique :

La carte que nous avons réalisée s'appuie sur des mesures prises sur le terrain ainsi que des rapports que nous avons consultés. C'est une carte réalisée en Hautes Eaux car les mesures ont été faites entre fin Janvier et fin Mars, c'est-à-dire quand les nappes sont pratiquement à leur niveau d'eau le plus élevé.

Nous avons réalisé une carte à partir des niveaux piézométriques que nous avons relevés aux points d'eau (sources, puits et sondages).

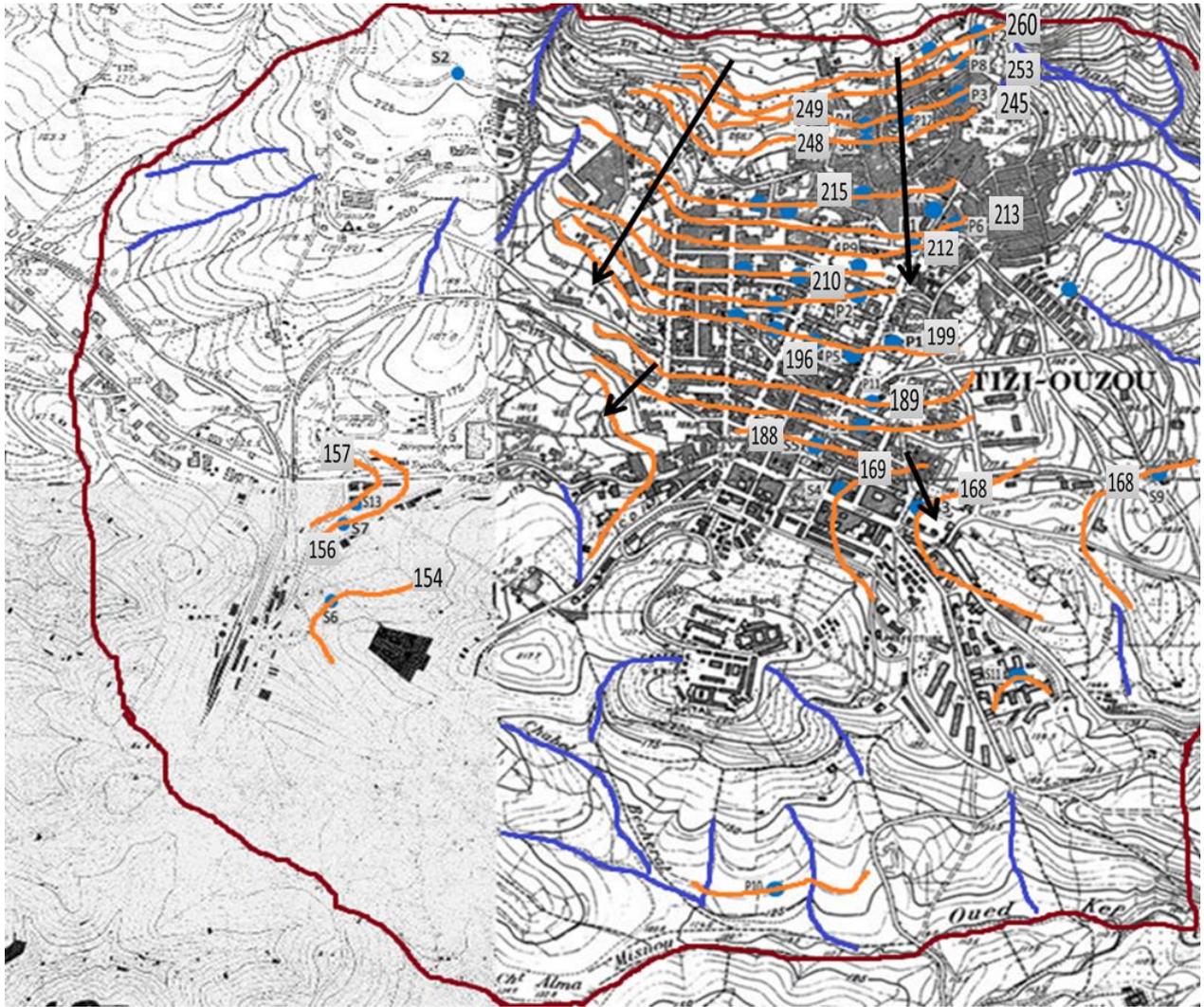
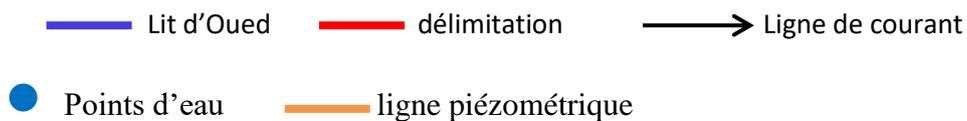


Figure 12 : Carte piézométrique en période des hautes eaux (Janvier-Mars) de notre étude de l'agglomération de Tizi-Ouzou.



IV.2 Interprétation :

Dans notre zone d'étude, les eaux souterraines circulent à faibles profondeurs (de 1 m à 5,5 m par rapport à la surface du sol).

La carte piézométrique (Figure 12) montre une surface piézométrique à courbes régulières et parallèles aux courbes de niveau.

L'écoulement général se fait du Nord au Sud-Est et au Sud-Ouest, bien visible au boulevard Stiti dans les sous-sols et fondation même en fin d'été après une année particulièrement sèche.

Nous constatons la formation d'une crête piézométrique et donc une ligne de partage des eaux. La nappe se vidange vers le Sud-Est et le Sud-Ouest.

Les courbes piézométriques sont serrées vers l'amont, elles indiquent un fort gradient hydraulique, donc, un débit important ou une faible perméabilité.

Chapitre IV : Hydrogéologie

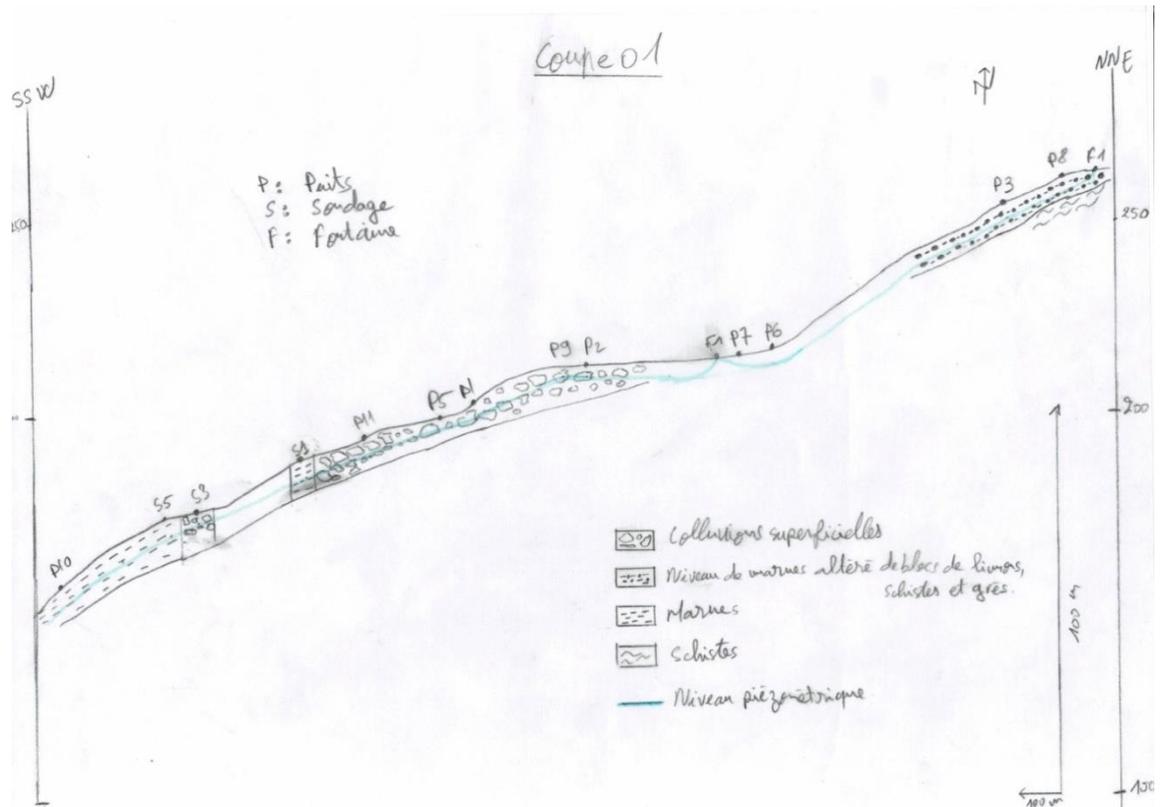
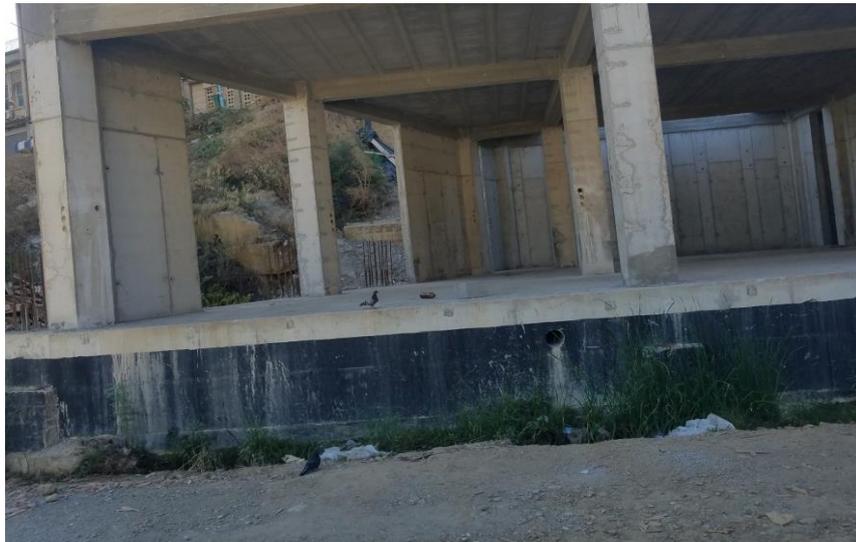


Figure 13 : Coupe -1- NNE-SSW



Photographie 18 : Vidange de la nappe à la sortie Est de Tizi-Ouzou, visible au niveau du CHU.

Chapitre IV : Hydrogéologie

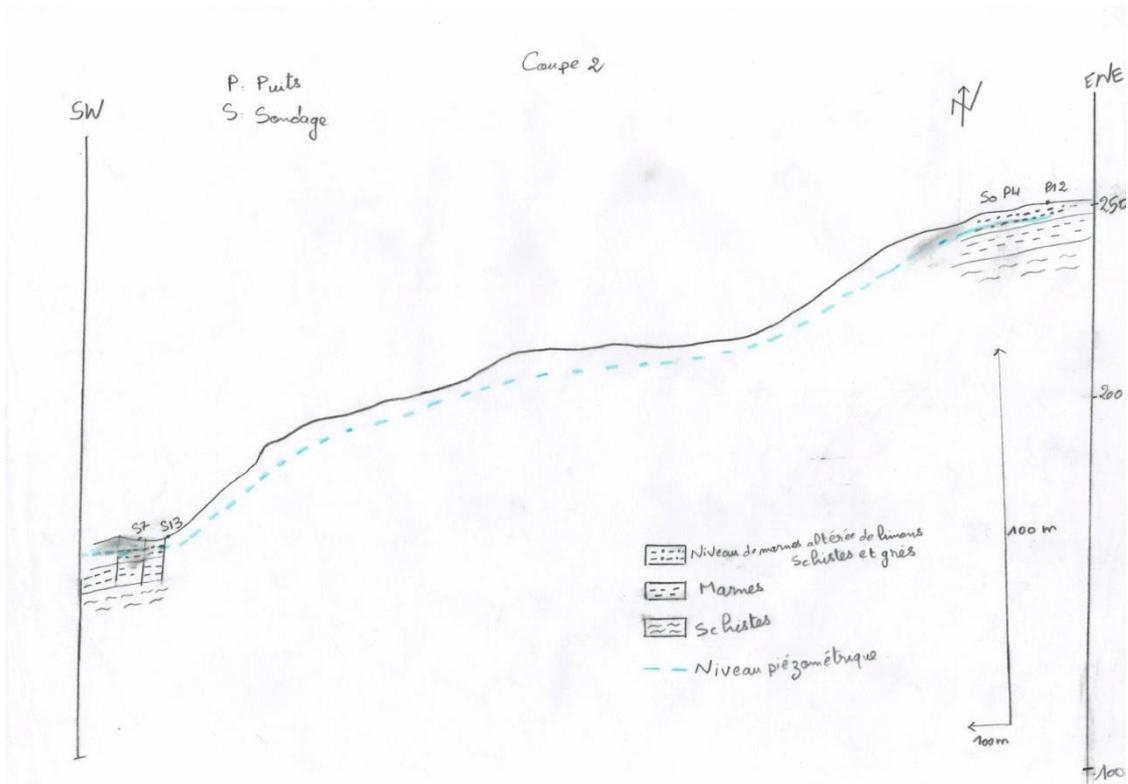


Figure 14 : Coupe -2- ENE-SW



Photographie 19 : Mise à nue de la nappe au niveau du chantier du musée national au niveau du boulevard Stiti, Tizi-Ouzou (septembre 2021).

Les coupes ont été réalisées, à partir des sondages tirés des rapports que nous avons consultés comme le montre les figures ci-dessous :

Chapitre IV : Hydrogéologie

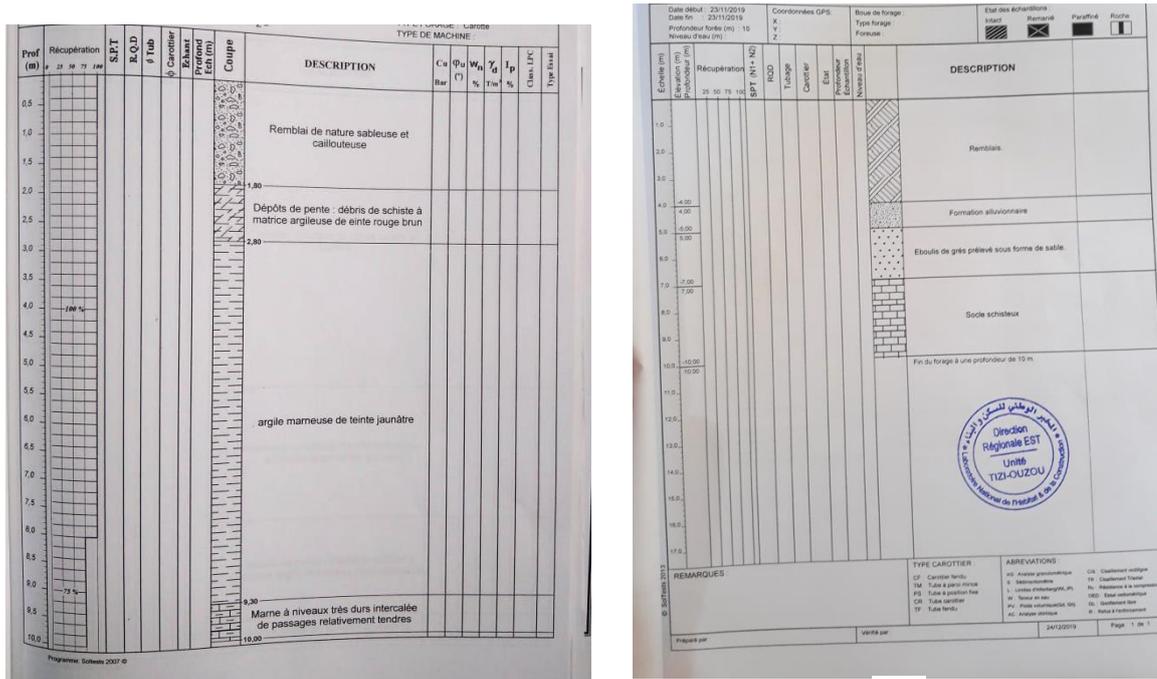


Figure 15 : Coupes des forages du musée régional de Tizi-Ouzou (Boulevard Stiti) (A) et du CHU à la sortie Est de la ville (B).

Nous n'avons pas pu reconnaître le sol sur tout le terrain, des études plus approfondies avec étude Géophysique, Gravimétrique et sondage mécanique permettront de le reconnaître.

V. Les sources de pollution :

L'occupation du sol et les activités liées au bassin versant considéré (résidentiel, commercial, industriel, urbain dense, pavillonnaire...) jouent un rôle fondamental dans la qualité des eaux de ruissellement urbain et souterraines.

La charge en polluants des eaux de ruissellement urbaines provient d'une part de l'atmosphère et d'autre part du lessivage des surfaces imperméables urbaines (chaussées, toits, trottoirs, parkings etc...) qui sont contaminées aussi par la pollution liée aux activités humaines (les rejets d'eau usées, de lavages, dépôts d'ordures, entreposage de marchandises et produits divers industries, circulation routière, les jardins publics et privés etc.).

V.1 Les eaux usées :

On les nomme aussi eaux résiduaires urbaines et elles se classifient en deux catégories qui s'appuient sur leur origine. Tout d'abord les eaux d'origine domestique, qui sont produites par les activités humaines, comme l'alimentation, toilettes, salles de bain... On distingue :

- Les eaux noires ; eaux usées contenant notamment matières fécales et urine. Elles doivent être traitées avant leurs rejets dans l'environnement.
- Les eaux grises ; eaux usées domestiques faiblement polluées, (par exemple eau d'évacuation d'une douche ou d'un lavabo).

Ainsi que les eaux d'origine industrielle provenant des différents usages de la production industrielle. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre (eaux de refroidissement par exemple) et d'un site à l'autre.

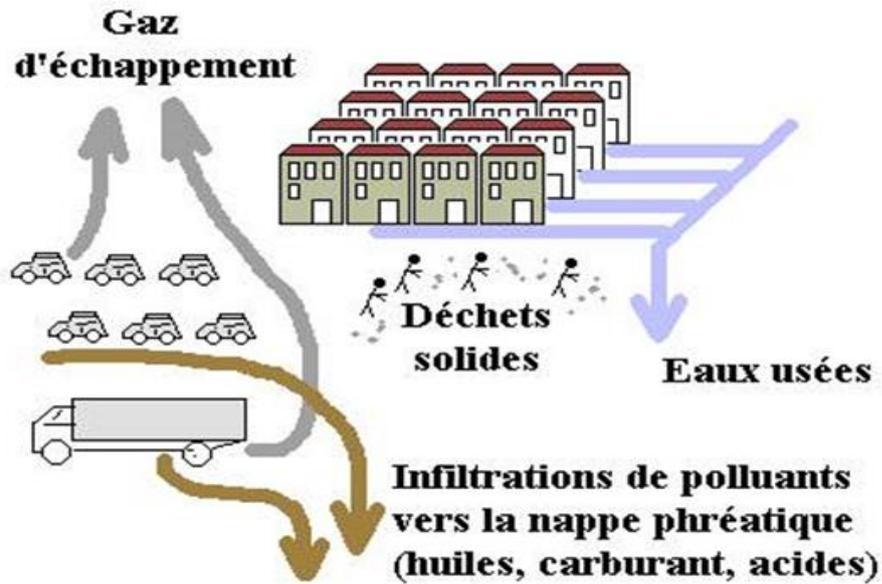


Figure 16 : Schéma démontrant la pollution urbaine. (www.cotebleue.org)

V.2 Réseau d'assainissement :

Hormis le réseau d'assainissement de la ville de Tizi-Ouzou qui est raccordé aux stations d'épuration existantes, toutes les eaux usées émanant des villages limitrophes sont déversées dans la nature sans traitement préalable en particulier les villages au-dessus de Tizi-Ouzou, de Redjaouna.

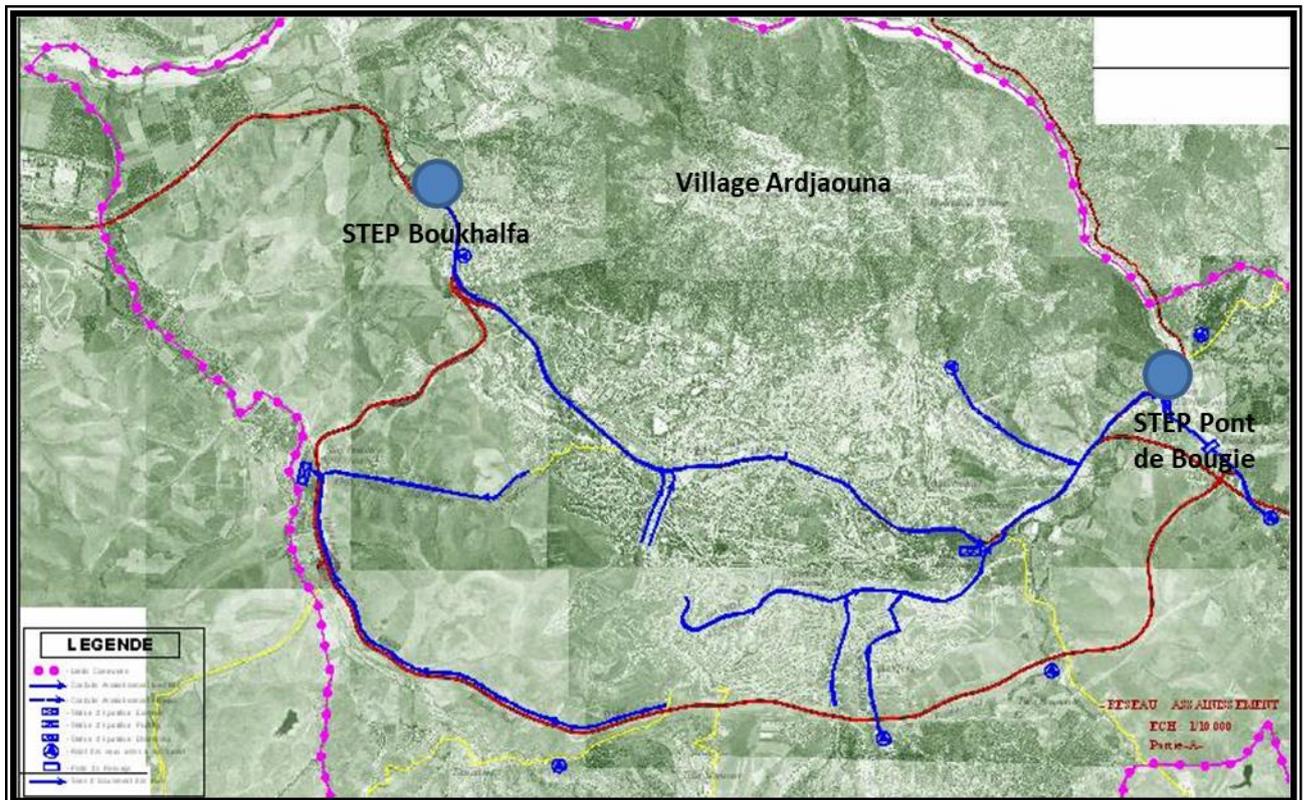


Figure 17: Plan général des principales conduites d'assainissement de Tizi Ouzou (Source : PDAU) et position des STEP.

VI. Impacts des eaux souterraines sur l'urbanisation :

VI.1 Les difficultés rencontrées :

Nous allons citer les différents aspects des dégâts que l'eau peut causer :

VI.1.1 L'infiltration :

L'infiltration des eaux par remontée de la nappe, entraîne des effets sur les fondations.

- Les inondations et les arrivées d'eau ; qu'il s'agisse :
 - Dans un chantier ouvert ou souterrain : la rencontre de la nappe à un niveau plus élevé lors de l'excavation ou du creusement, peut obliger à repenser entièrement le projet, ce qui signifie le retarder et augmenter le coût.



Photographies 20 : émergence de la nappe dans des chantiers respectivement à la grande rue (A) ; Boulevard Stiti et haute Ville.

- Dans des sous-sols de bâtiments qui deviennent non seulement inutilisables mais en plus cela provoque l'altération des matériaux et la panne de certaines installations.
- Les déformations et ruptures, entre autre déformations des parois enterrées, des fondations superficielles et profondes. L'eau s'attaque aux structures, comme dans notre cas où l'eau est alcaline. Des dépôts incrustants se formeront. On aura aussi des gonflements et retrait dans les terrains argileux. La présence d'eau provoque l'oxydation des aciers conduisant à la fissuration des bétons affectés, ainsi qu'à une diminution des propriétés mécaniques du béton, réduisant ainsi la durée de vie des ouvrages.
- Battement du niveau de la nappe.
- Problème de dissolution; la marne est dissoute et devient une argile plastique par décalcification.

VI.1.2 Ruissellement :

Vu les grands dénivelés de la topographie et les pentes conjugués aux pluies intenses, en plus de l'imperméabilité des sols. L'eau provoque de l'érosion, de l'affouillement et des glissements.

VI.1.3 Glissement de Terrain :

Beaucoup de facteurs sont à l'origine d'un glissement de terrain comme la pente et la pesanteur qui sont le moteur du glissement, la nature du terrain qui conditionne sa sensibilité, la structure du terrain. Aussi de nombreux glissements ont pour origine les actions humaines : terrassements, rejets, fuites, pompes d'eau et les surcharges. Mais très souvent c'est l'eau qui joue un rôle déterminant dans le déclenchement des glissements de terrain, que cela soit par son action mécanique, physico-chimique.

Chapitre IV : Hydrogéologie

Plusieurs versants de la zone de Tizi-Ouzou, ont subi au cours de ces dernières années des mouvements de terrain d'ampleurs variables.

Comme on l'a vu ci-dessus, le terrain de Tizi-Ouzou est essentiellement, marneux, argileux, dépôts de pente limoneux et colluvions et dans certaines zones en contact avec le substratum schisteux qui, peut constituer une surface de glissement.

VI.1.3.1 Glissements au niveau du CHU Mohamed Nedir :

Il est situé au niveau du CHU Mohamed Nedir. On va citer ci-dessous, les causes de ce glissement selon l'étude géométrique :

- Les terrassements qui ont été déjà réalisés du côté bas lors de la réalisation favorisent le glissement par disparition de la butée.
- La section affectée par le glissement est caractérisée par une forte instabilité de ses sols à cause d'une part de la géologie (limons et remblais) et de la morphologie particulière des terrains et d'autre part, des précipitations qui les affectent.
- Lors de la construction de l'hôpital, les remblais étaient déposés vers l'aval. Ces derniers non stabilisés, non protégés en surface, sont très sensibles à l'érosion et, par endroit au mouvement de masse.
- L'ensemble de ces facteurs, a conduit à ce glissement de terrain et cela s'explique de la façon suivante : l'eau s'infiltré dans le sol, à travers les remblais et les limons, modifie les caractéristiques mécaniques. Cette couche trempée perd sa consistance (sous son poids, la gravité et la pente de terrain). La surface de glissement peut se situer au niveau du contact entre le substratum schisteux et la couverture meuble.



Photographie 21 : Le glissement de terrain au niveau du CHU.

VI.1.3.2 Glissements de Tala Allam :

Sa cause principale serait sa localisation sur un Talweg ainsi que la nature du sol limoneux, la seconde serait due au trop plein d'eau d'un réservoir, qui est situé juste au-dessus. Le terrain s'est saturé en eau, ce qui a provoqué la réduction de la cohésion capillaire. Effectivement, la non-saturation crée une succion entre les grains de sol, c'est ce qu'on appelle la cohésion capillaire. A cet effet nous rajoutons, la pente ce qui a favorisé encore plus ce glissement.

Chapitre IV : Hydrogéologie

VII. Les solutions :

Nous allons voir les solutions qui ont été proposées pour contrer ces problèmes :

➤ Rabattement de la nappe :

L'installation de pompe dans le point le plus bas ou dans un petit puits creusé, ce qui va permettre d'évacuer l'eau au fur et à mesure. (Photographie 22).



Photographie 22 : Pompe d'évacuation de l'eau du CTS et de la DLEP, Boulevard Stiti Tizi-Ouzou. (Sortie Ouest).

En revanche, lorsque les infiltrations deviennent importantes, le pompage ne suffit pas.

De plus, nous avons remarqué que l'eau pompée n'est pas utilisée et est laissée dans le même endroit, (comme on le voit sur la photographie 22), ce qui veut dire qu'elle s'infiltrera à nouveau dans la nappe. Donc, c'est comme si elle n'a pas été pompée.

Le drainage de l'eau vers les réseaux d'assainissement, à fin de réduire l'action de l'eau soit en évitant l'alimentation en eau du site.

- ✓ Exemple de pompage de l'eau vers un réseau d'assainissement qui se trouve dans un niveau topographique plus haut que la nappe.



Photographie 23 : Pompage de l'eau vers le réseau d'assainissement dans un chantier à la rue de la paix.

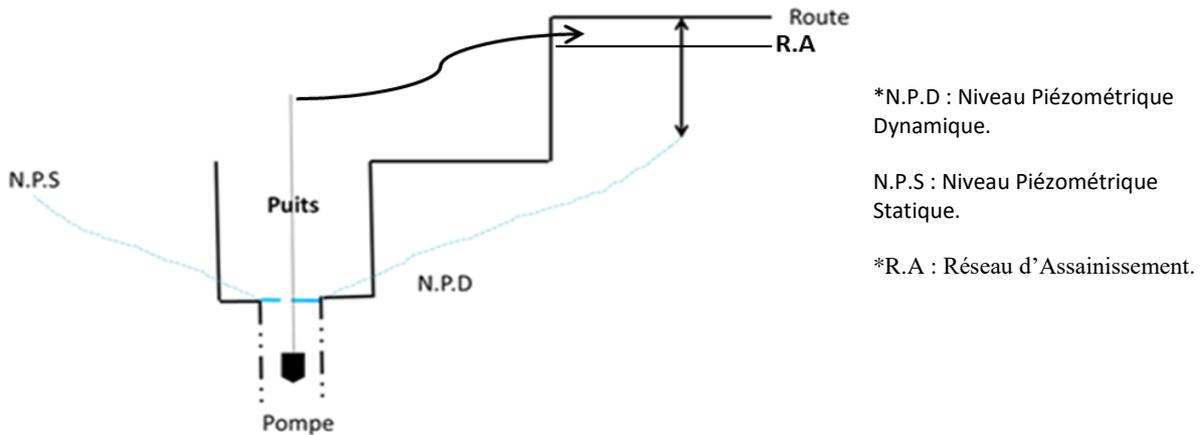


Figure 18 : Schéma qui résume le procédé de drainage de l'eau vers le réseau d'assainissement qui se trouve dans un niveau supérieur.

C'est le même principe mais dans ce cas l'eau est pompée du puits en utilisant une pompe, ainsi il rabaisse le niveau piézométrique. Quant à l'eau pompée, il la mettre par la suite dans le réseau d'assainissement qui se trouve au-dessus du puits. Comme le montre le schéma (figure 19).

Conclusion :

Nous avons reconnu qu'il y'a une importante ressource souterraine d'eau sous la ville de Tizi-Ouzou, comme nous l'avons vu à travers les nombreux puits, fontaines et sondages observés dans l'agglomération. Ces eaux circulent à faibles profondeur (de 1 m à 5,5 m par apport à la surface du sol).

Malgré la situation climatique extrême qui a régné dans la région, le niveau piézométrique est quasi stable durant les hautes et basses eaux.

L'écoulement général se fait du Nord au Sud-Est et au Sud-Ouest, bien visible au boulevard Stiti dans les sous-sols et fondation même en fin d'été après une année particulièrement sèche. Du coté du campus Hasnaoua de l'UMMTO, l'écoulement rejoint la nappe alluviale qui est drainée par l'Oued Alma Minsou qui est actuellement le boulevard Krim Belkacem

Nous constatons la formation d'une crête piézométrique et donc une ligne de partage des eaux. La nappe se vidange vers le Sud-Est et le Sud-Ouest.

L'alimentation en eau potable de la ville se fait à partir des forages situés dans l'Oued Sébaou et du barrage de Taksebt, qui peut apporter des quantités supplémentaires par les usages et les fuites de réseau tout comme l'assainissement.

Alors qu'il y a beaucoup de puits qui ont été abandonnés ou comblés durant la construction qui doivent être réhabilités pour en tirer le maximum d'eau.

Nous pouvons dire que cette eau est exposée à la fois aux aléas climatiques et à la pollution comme les eaux usées, malgré qu'il n'y a pas grand risque de pollution en ville, parce que les eaux sont évacués dans les STEP en dehors de la ville. Mais, il y'a les anciennes maisons qui utilisent les fosses septiques, qui peuvent être source de pollution, ce qu'il faut prendre en compte pour l'exploitation.

Les mesures in-Situ, de pH de 7,23 et 8.33, peut influencer et affecter l'urbanisation par les arrivées d'eau, les inondations à cause de la remontée de la nappe. Il y a aussi un problème de glissements de terrain. De nombreuses solutions ont été mises en place par rabattement de la nappe essentiellement par pompage. Mais, la solution reste limitée. Par endroits topographiquement favorable, la nappe a été drainée vers le réseau d'assainissement comme dans la grande rue à hauteur des bâtiments bleus.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans le cadre de notre étude consacrée à la problématique de l'eau dans l'agglomération de Tizi-Ouzou, nous avons essayé de définir le fondement géologique, hydro-climatologique et hydrogéologique de la zone.

L'étude géologique a mis en évidence de manière générale :

Une zone très marneuse à la base avec :

- Des marnes grisâtres surmontées par des grès d'âge Langhien – Serravallien;
- Avec un substratum schisteux, avec des micaschistes, des marbres et marbres dolomitiques.

On retrouve également :

- Des Eboulis ; et des colluvions le long des pentes de la ville et des alluvions dans les oueds.

L'étude Hydro-climatologique et l'analyse du bilan hydrique montre que l'année 2020-2021, est une année hydrogéologique relativement sèche. La lame d'eau moyenne tombée sur la région est de 556.5 mm, dont 343.06mm ont été évapotranspirée et un excédent de 213.44mm réparti en écoulement superficiel qui est de 160.1mm et l'infiltration de 53.3 mm qui a alimenté les réservoirs souterrains.

L'étude Hydrogéologique a démontré l'existence d'une nappe aquifère à travers les nombreux puits et fontaines repérés ainsi que des Oueds qui traversent la zone, qu'on appelle communément Azib ou Chabet. Mais également à travers les sondages réalisés par les labos : LNHC et LCTP pour les reconnaissances géotechniques. Les éboulis et les colluvions formés de débris de schistes, grès et calcaires englobés dans une matrice limoneuse le long des pentes de la ville constituent la nappe aquifère. Il en est de même dans les alluvions de l'oued au Sud de la ville.

Les mesures faites in-Situ, sur 11 points d'eau. Montrent une eau de caractère Alcalin avec une minéralisation importante à plus de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, qui est dû aux terrains marneux.

L'étude piézométrique, nous montre l'importance de la nappe souterraine, avec un niveau appréciable même en fin d'été d'une année pluviométrique déficitaire, qui est situé entre 1,5 et 5m. La présence de la nappe généralisée qui montre une même qualité minéralogique par une conductivité électrique moyenne autour de 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les écoulements souterrains sont drainés vers l'Est et le l'Ouest dans de part et d'autre du col de Tizi-Ouzou qui forme une crête piézométrique.

La nappe peut être exposée à une pollution urbaine, premièrement par les eaux usées que ce soit les eaux noires ou les eaux grises issues des fuites du dense réseau d'assainissement ou des quelques fosse septiques des anciennes habitations. On note aussi, les eaux de lessivage des surfaces imperméables urbaines et de quelques ateliers mécaniques et de lavage.

On retient aussi, l'impact des eaux souterraines sur l'urbanisation :

- L'infiltration des eaux provoque des inondations que ce soit dans les chantiers ou dans les sous-sols des bâtisses. Ce qui entraîne des dépressions et des déformations et ruptures de leurs parois et fondations.
- Le ruissellement qui provoque l'érosion.
- Glissement de terrain comme en contrebas du CHU.

Conclusion Générale

A ces effets, des solutions ont été observées, installation de pompes, ainsi que le drainage de l'eau vers les réseaux d'assainissement pour rabaisser le niveau piézométriques plus bas que les fondations.

Des études sont encore à développer, notamment :

- Quantifier les eaux souterraines ainsi que les mélanges d'eau de provenances diverses.
- Contrôler les pertes des réseaux de collecte et de distribution d'AEP et les pertes des eaux usées.
- Suivi et contrôle de la protection des eaux souterraines.

Recommandations

Comme nous avons pu le voir dans notre étude, il y'a une importante ressource souterraine d'eau dans la ville de Tizi-Ouzou. Ainsi pour améliorer la situation actuelle de la problématique de la construction liée à l'eau et mieux exploiter cette ressource, nous sommes arrivés aux recommandations suivantes :

- ✓ **Drainage par tranchée** : Une tranchée sera réalisée plus bas que le bas encrage des fondations. On profitera de l'excavation du musée pour commencer à partir de là. L'eau sera drainée, soit vers un bassin de rétention pour la récupérer et l'utiliser pour le lavage de la voirie et l'arrosage des espaces verts, soit vers la station d'épuration de Boukhalfa, pour qu'elle y soit traitée.
- Les avantages :
 - Permettre de rabattre le niveau de la nappe.
 - Technique peu coûteuse.
- Les inconvénients :
 - Lors de la mise en œuvre les routes seront bloquées. Un forage horizontal peut être envisagé en tenant compte des tracés des divers réseaux souterrains (AEP, gaz, électricité etc...)
- ✓ **Faire un puits d'infiltration** : Comme le sol est assez imperméabilisée, l'eau de pluie sera stockée et évacuée directement dans le sol.

Cette technique n'a pas d'inconvénient.

- ✓ **Disposer des piézomètres** : pour le suivie de la surface piézométrique. Cela Permet de rabattre la nappe de façon régulière en fonction de la piézométrie, de suivre et le contrôle de la protection des eaux souterraines. C'est un procédé très peu coûteux.

Cette eau sera doit être utilisée et éviter de la perdre et mieux la valoriser. Déjà, en état brute, elle peut être utilisée pour de nombreux usages, on cite dans :

- ✓ La construction : pour fabriquer le béton, ou pour mouiller les routes non goudronnées pour empêcher la poussière de monter.
- ✓ L'agriculture : Les agriculteurs l'utilisent pour arroser leurs cultures et la donnent à boire au bétail.
- ✓ Lavage de voitures, et ainsi que pour tout autre usage qui ne nécessite pas sa consommation par les humains.

Cette eau peut-être également utilisée pour la consommation humaine. Si l'eau est envoyée à la station d'épuration de Boukhalfa, elle sera mélangée avec des eaux usées pour leur dilution, ce qui minimiser le traitement.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- ◆ **AIGOUN C., (2014)** Potentialités hydrique de l'aquifère alluvial du Bas Sébaou.
- ◆ **ANRH** ; Données pluviométriques (2007-2017).
- ◆ **BOUILLIN, J.P (1997)** ; Géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El Milia (Algérie).
- ◆ **CHAUMONT M (1968)**, Les influences des régimes climatiques en France, en Espagne et Afrique du Nord et leurs conséquences hydrologiques.
- ◆ **COUELLE. A, (1979)** ; Etude du Miocène du bassin de Tizi Ouzou dans la région de Targuersift-Fréha et de Naciria (Algérie).
- ◆ **DLEP** ; Rapports géotechniques de sondages.
- ◆ **DRE**, Listes des sources et des forages et un rapport, Données socioéconomiques
- ◆ **DURAND-DELGA M (1951)**, L'Age du métamorphisme général du massif de Petite Kabylie.
- ◆ **FICHEUR E (1890)**, Description géologique de la Kabylie Alger
- ◆ **FLANDRIN J (1948)**, Contribution à l'étude stratigraphique du Numulitique algérien.
- ◆ **GELARD JP (1979)**, Géologie du Nord-est de la Grande Kabylie.
- ◆ **LABORDE J P. (2000)**, Eléments d'hydrologie de surface, Université de Nice - Sophia Antipolis.
- ◆ **LCTP** ; Rapports géotechniques de sondages.
- ◆ **LNHC** ; Rapports géotechniques de sondages.
- ◆ **LOUMI K (1989)**, Etude structurale de la région de la région de de Beni Doula.
- ◆ **ONM 2021**, Données météorologique de la ville de Tizi-Ouzou.
- ◆ **PDAU**, révision du PDAU de la commune de Tizi-Ouzou
- ◆ **RAYMOND D (1976)**, Evolution sédimentaire et tectonique du Nord-Ouest de la grande Kabylie (Doctorat d'Etat Université Pierre et Marie Curie Paris 6).
- ◆ **ROCHE M. (1963)**, Hydrologie de surface, Ed. Gauthier - Villars– Paris.
- ◆ **RODIER.J, 1984** ; L'analyse de l'eau : eaux naturelles ; eaux résiduelles ; eau de mer.
- ◆ **SAADALLAH A(1992)**, Le cristallin de la grande Kabylie (Thèse Docteur d'Eta USTHB)
- ◆ **SELTZER.P (1913/1916—1920/1938)** ; Le Climat de l'Algérie.
- ◆ **THIEBAUT J (1951)**, Etude géologique des terrains métamorphiques de la grande Kabylie TOULOUSE Edoird Privat édition.
- ◆ **YAKOUB B. (1985)**, Contribution à l'étude hydrogéologique de la Kabylie occidentale.
- ◆ **YAKOUB B (1996)**, Le problème de l'eau en grande Kabylie, Edité par l'université de Tizi-Ouzou.

Références Bibliographiques

Les sondages géotechniques :

DLEP :

- ◆ Projet demi-pension (200R) au CEM Boulevard Stiti ; T.O, 2020.
- ◆ Réalisation du siège de la DLEP, T.O, 2011.

Hydraulique :

- ◆ Etudes de diagnostics et de réhabilitation des systèmes d'alimentation en eau potable, 2007.

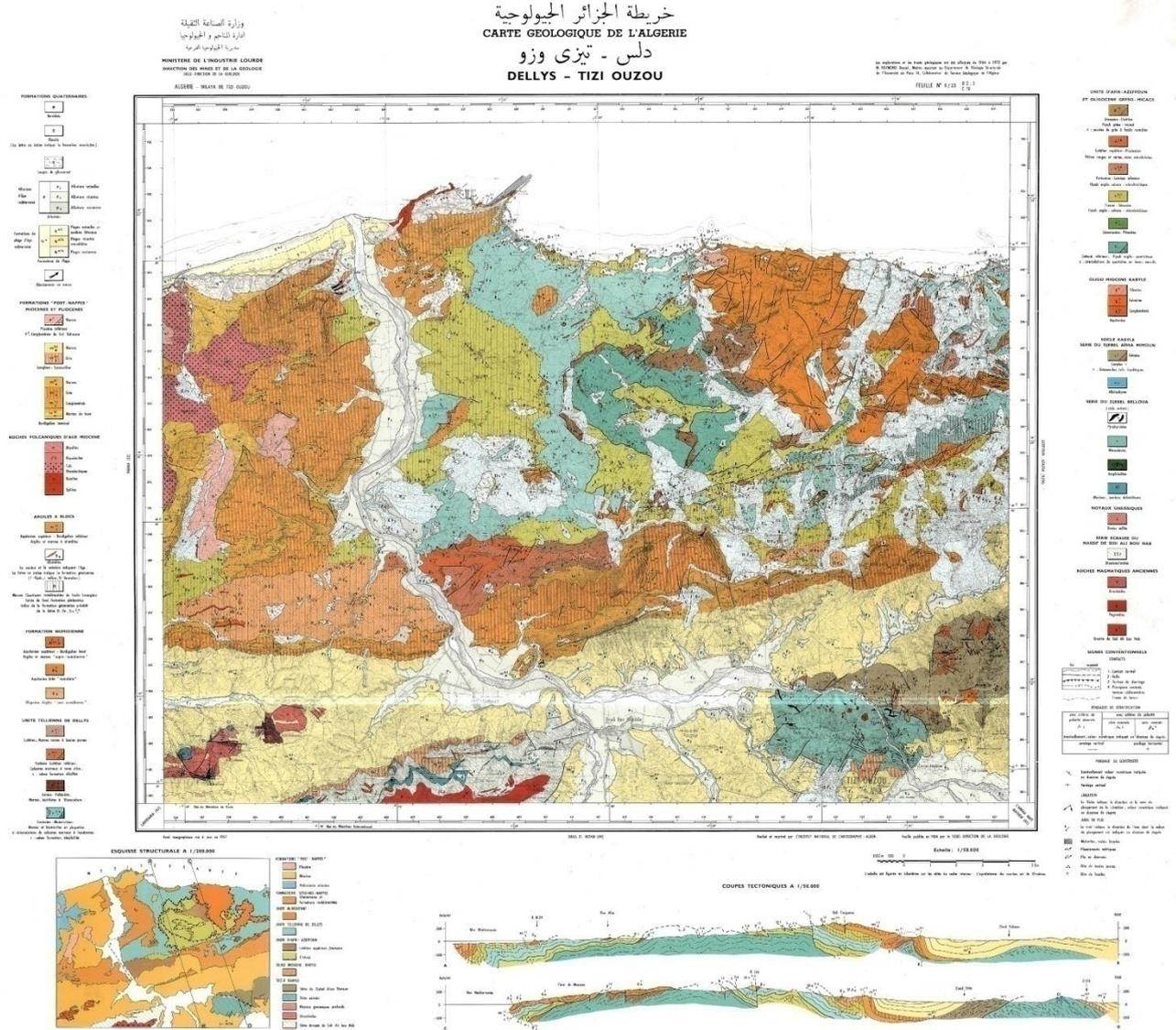
LCTP :

- ◆ Modernisation de l'hôtel Amraoua, T.O, 2019.
- ◆ Projet du siège de la direction de la culture, T.O, 2010.
- ◆ Projet du siège de la direction de la culture, théâtre en plein air, T.O, 2010.
- ◆ Projet du siège de la direction de la culture, bibliothèque, T.O, 2010.
- ◆ Étude géotechnique sur le système de transport Urbain par câble (Gare Kef Naaja-Redjaouna) ; T.O, 2014.
- ◆ Étude géotechnique sur le système de transport Urbain par câble (Gare Nouvelle ville) ; T.O, 2014.
- ◆ Étude géotechnique sur le système de transport Urbain par câble (Gare de la Wilaya) ; T.O, 2010.
- ◆ Étude géotechnique de la réalisation du musée régional, T.O, 2011.

LNHC :

- ◆ Etude, suivi, et équipement de quatre salles de classe pour l'école primaire Blehoucine Hacene, T.O, 2020.
- ◆ Protection d'un talus au niveau du pavillon des urgences pédiatriques et de chirurgie infantile, du CHU, T.O, 2019.
- ◆ Réalisation d'un centre d'archives CAAT + logements sis à la nouvelle ville, T.O, 2018.

Site Web : www.cotebleue.org



La carte géologique Dellys-Tizi-Ouzou à 1/50 000 (Ficheur E. 1906)

Annexe 02 : Inventaires des forages.

Tableau 01 : Forages destinés à l'AEP exploitée par ADE/APC.

Nom	Y(°)	X (°)	Z (m)	Débit M (l/s)	Débit (l/s)
9S1(BK6)	36.75583°	4.038611°	51	35	11.73
9S2(BK7)	36.77233°	4.025389°	48	35	18.55
BK-8(BK-9)	36.77917°	4.0125°	48	10	18.05
BK-7 (BK-10)	36.77944°	4.023°	49	35	18.05
BK2 (BK-8)	36.76389°	4.0455°	50	35	3.34
BK3 (BK-1)	36.77528°	4.054444°	50	35	18.10
BK4 (BK-3)	36.76083°	4.034°	50	35	18.05
BK5 (BK-4)	36.75156°	4.025889°	48	35	19.07
BK6 (BK-5)	36.76333°	4.017722°	48	35	16.01
BK9	36.78111°	4.008111°	48	35	18.56
PB-4	36.74333°	4.098889°	69	35	23.14
A12f2 bis	36.725°	4.095222°	69	30	0.00
A12e4 bis	36.73161°	4°5'23,94"	67	30	19.55
A12e5 bis	36.72611°	4.104°	68	30	20.35
SM-4	36.72056°	4.121056°	76	25	7.47
3_6	36.72772°	4.138833°	73	30	3.83
ET-2 bis	36.7°	4.130444°	84	25	0.00
A12-F6 bis	36.72767°	4.118778°	71	35	00
A-12 a 3 bis	36.70833°	4.207722°	92	10	0.00

Ces forages sont exploités de la nappe aquifère de l'Oued Sébaou, mise à part le forage ET-2 bis, qui se trouve dans la nappe de l'Oued Aissi. Ces forages sont destinés à la distribution de l'eau potable de la commune de Tizi Ouzou.

Cependant, ils ne sont pas tous fonctionnels, par défaillance ; soit forage colmaté comme le forage A12-F6 bis (AC-1), soit conduite saccagée comme le forage A12f2 bis, pour extraction abusif de sable parce que y'a pas de surveillance. Ou bien, il y'a un manque de ressource comme avec le forage A12-F6 bis.

Annexe 03 :

Tableau 02 : Relation du niveau piézométrique avec les conditions climatiques du jour de mesure.

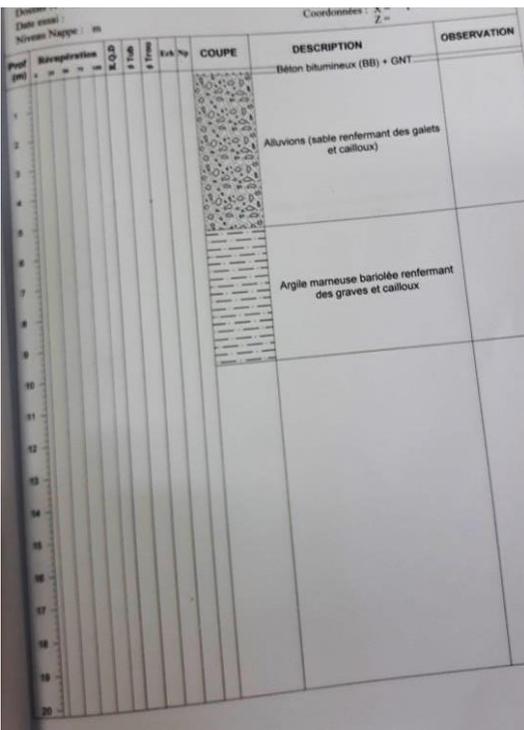
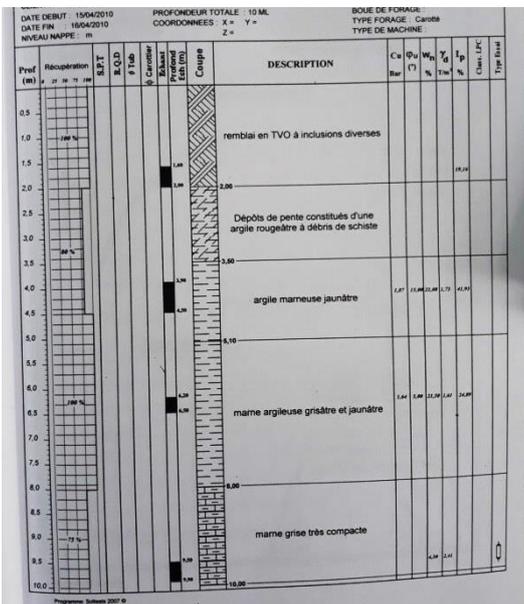
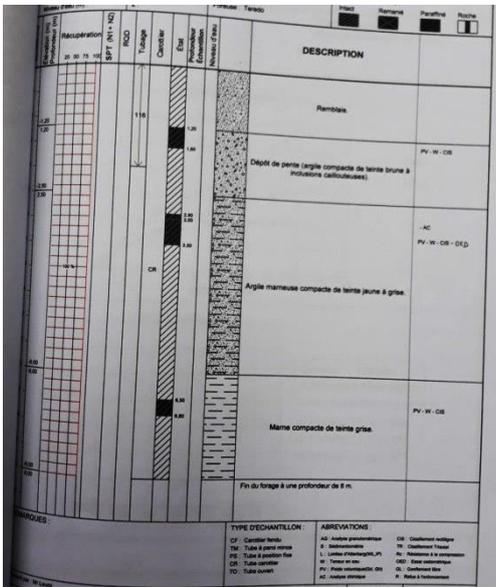
Puits	X	Y	Date	T°C (air)	P (mm)	Evap. (mm)	N.P (m)
01	4.0519719	36.716015	27/01/21	18.9	-	10	270.91
02	4.051057	37.18606	20/02/21	16.9	-	15	287.63
03	4.053277	36.721516	23/02/21	18.2	-	15	313.63
04	4.04911	36.720878	24/02/21	16.4	-	31	312.79
05	4.050456	36.71517	01/03/21	18.7	-	22	225.25
06	4.0544643	36.718694	17/02/21	18.2	-	10	296.69
07	4.0540628	36.719024	17/02/21	17.7	-	10	302.15
08	4.0494	36.720373	17/02/21	18.5	-	10	305.28
09	4.0537929	36.722203	07/02/21	18	-	20	285.45
10	4.04912	36.720373	17/02/21	16	-	10	286.01
11	4,051205	36,714402	17/06/21	28.2	2	-	236.95

Calcul du niveau piézométrique

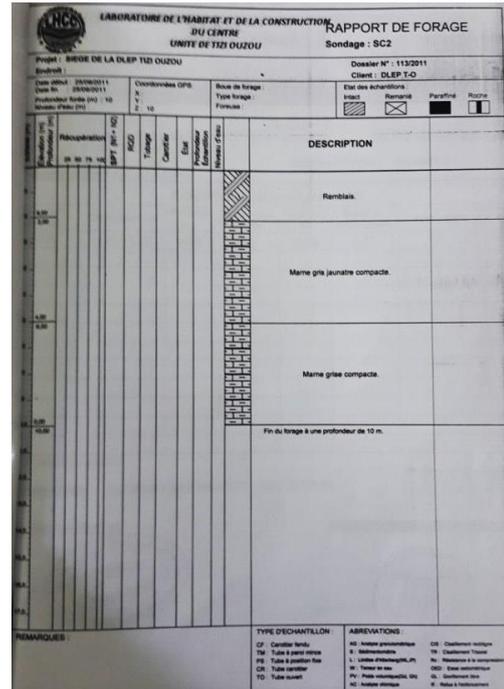
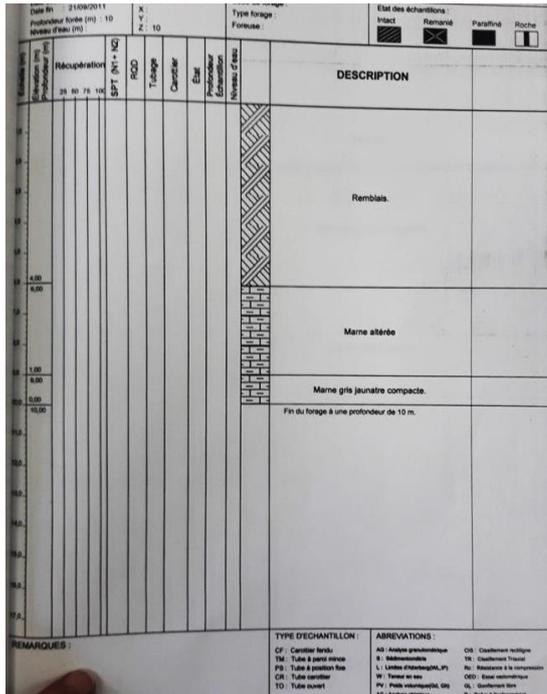
$$N.P = Z - P$$

Avec :

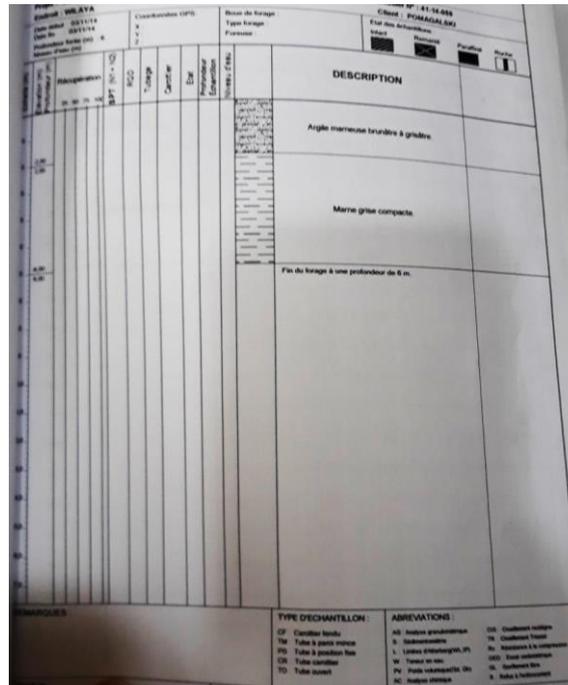
- N.P : Niveau Piézométrique. (En mètre)
- Z : la côte du puits. (En mètre)
- P : Profondeur de la surface de l'eau. (En mètre).



Annexe 07 : extrait du rapport d'étude de sol de la réalisation du siège de la DLEP.



Annexe 08 : extrait du rapport de l'étude géotechnique du système de transport par câble (Gare de la wilaya, Medouha).



Résumé :

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence la nappe aquifère dans l'agglomération de Tizi-Ouzou. Elle s'observe dans la multitude de sources et de puits situés dans la ville et sa périphérie. La problématique de cette eau est l'infiltration et l'inondation sous les fondations et dans les sous-sols des bâtiments. Nous allons tenter de rapporter des solutions à cette problématique ; comment rabattre la nappe souterraine ? Comment récupérer cette eau, la stocker? La traiter et la valoriser ?

Nous avons d'abord décrit le cadre géologique de la région d'étude et plus précisément la zone d'étude située au niveau du bassin Miocène post nappe, donc présence de Marnes à la base et du Grès au sommet, sur un socle de micaschistes le tout surmonté d'un remplissage colluvionnaire. La matrice, de texture limoneuse, emballe des blocs non roulés de schistes et de grès miocène et des débris de schistes. Puis le traitement des données hydroclimatologiques nécessaires à l'établissement du bilan hydrologique de l'année 2020/2021 particulièrement sèche avec des précipitations moyennes de 556,5 mm/an, l'évapotranspiration réelle est de 343,06 mm/an, un écoulement superficiel de 160.1mm/an et une infiltration de 53,4 mm.

Et enfin l'étude hydrogéologique, qui montre la présence d'une nappe aquifère à faible profondeur, entre 1.5 et 4m, avec une même qualité minéralogique de conductivité électrique moyenne autour de 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. On a un écoulement général des piémonts Nord au Sud-Est et le Sud-Ouest.

Il y a aussi un problème de glissements de terrain comme à la base du CHU.

Nous avons soulevé la problématique de l'eau dans la ville de Tizi-Ouzou et nous avons présenté des solutions et des recommandations.

Mots clés : Hydrogéologie ; Tizi-Ouzou ; Nappe aquifère ; Agglomération ; Puits, Sondages ; Sources.

Abstract

The objective of our study is to highlight the aquifer in the agglomeration of Tizi-Ouzou. It can be seen in the multitude of springs and wells located in the city and its neighborhood. The problem with this water is infiltration and flooding under the foundations and in the basements of buildings. We will try to find solutions to this problem; how to lower the groundwater table? How to recover this water, store it? Treat it and promote it?

First, we described the geological framework of the study region and more precisely the study area located in the post-aquifer Miocene basin, therefore the presence of marls at the base and sandstone at the top, on a base of mica schists. the whole surmounted by a colluvial filling. The silty-textured matrix encases unrolled blocks of Miocene shale and sandstone and shale debris. Then the treatment of the hydroclimatological data necessary for the establishment of the hydrological balance of the year 2020/2021 particularly dry with average precipitation of 556.5 mm / year, the real evapotranspiration is 343.06 mm / year, a flow surface area of 160.1mm / year and infiltration of 53.4mm.

And finally the hydrogeological study, which shows the presence of a shallow aquifer, between 1.5 and 4m, with the same mineralogical quality of average electrical conductivity around 900 $\mu\text{S} / \text{cm}$. There is a general flow from the north to the south-east and south-west foothills.

There is also a problem of landslides as at the base of the university hospital. We raised the issue of water in the city of Tizi-Ouzou and we presented solutions and recommendations.

Keywords : Hydrogeology ; Tizi-Ouzou ; Aquifer ; Agglomeration Wells ; Boreholes ; Source.