

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلم-ي
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل
Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : des Sciences de la Terre
et de l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم : علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

Option : Génie Géologique

Thème

**Contexte Géologique et Analyse Géotechnique des
Mouvements de Terrain de la Région de Texenna: cas le
village de Texenna**

Membres de Jury

Président : BOUHENOUNA .A

Examineur: ILLAS .C

Encadrant : M^{elle} KHERROUBA HASSIBA

Présenté par :

BENARB SABAH

BOUHANNA KHADIDJA

Année Universitaire 2015-2016

Numéro d'ordre

(bibliothèque) :

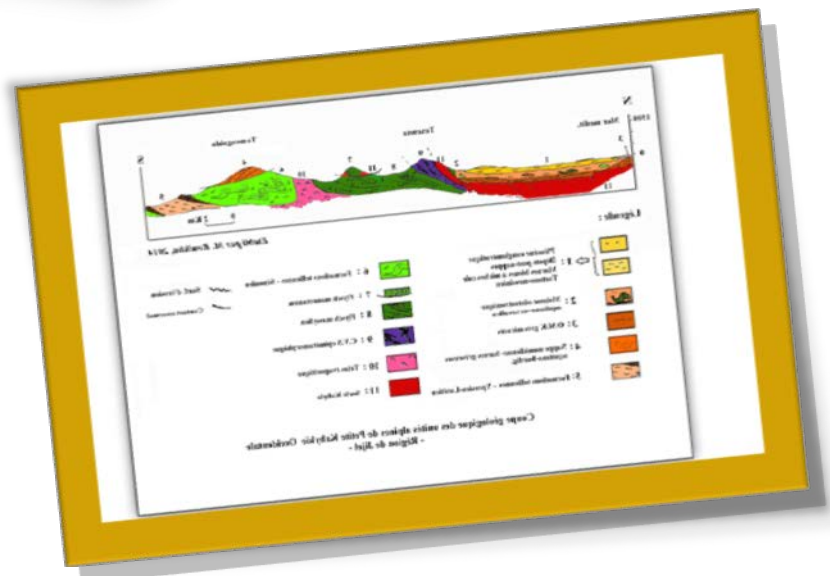
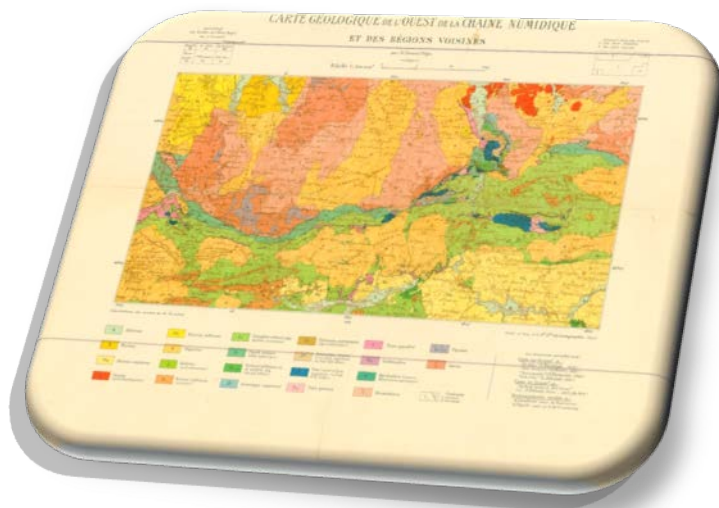
Chapitre I

Etude du milieu physique



Chapitre II

Cadre géologique local



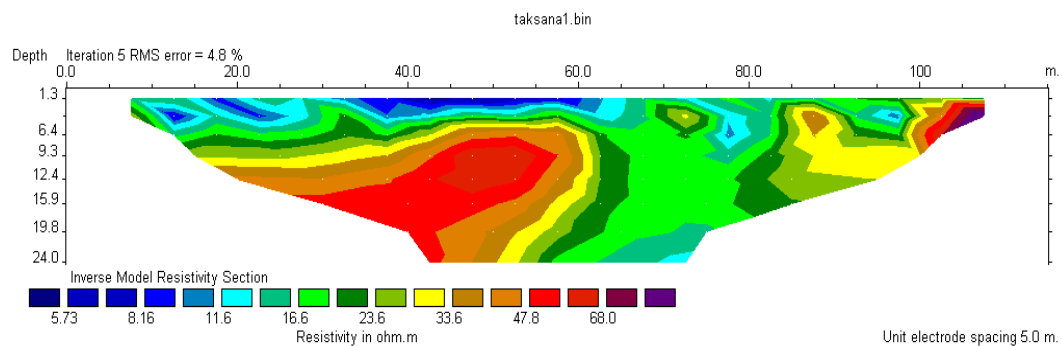
Chapitre III

Synthèse Hydroclimatologique et hydrogéologique



Chapitre IV

Etude Géophysique

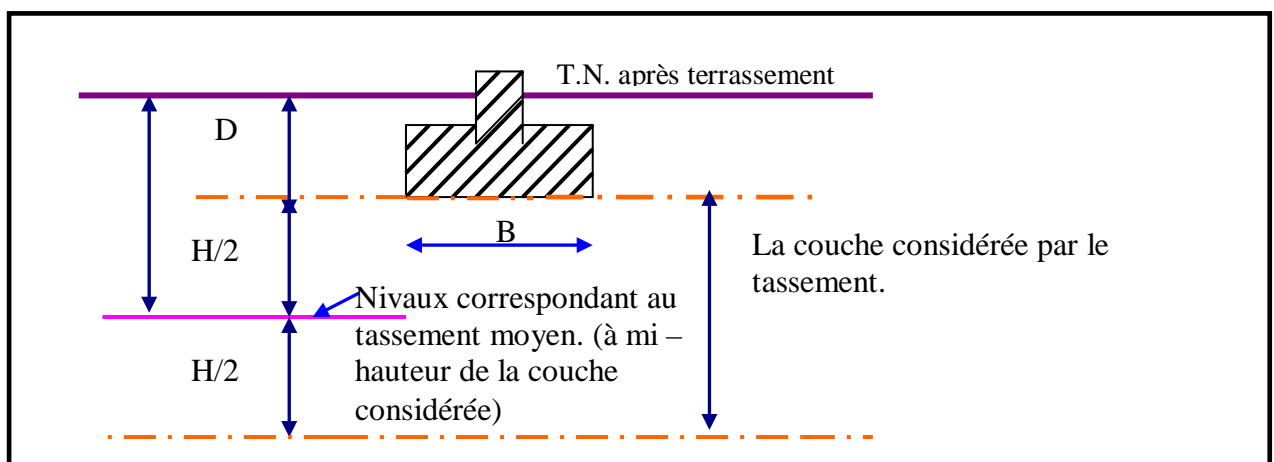
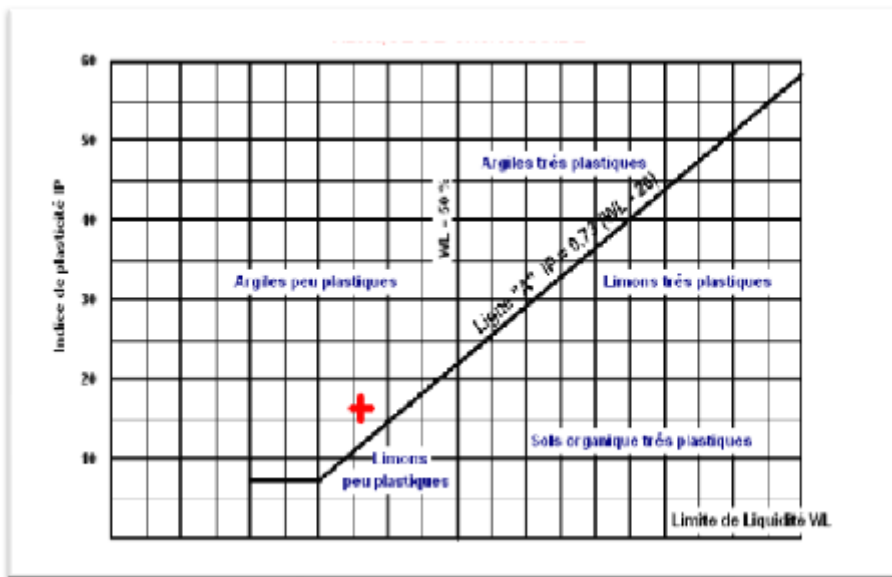


Horizontal scale is 41.00 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.75
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 115.0 m.



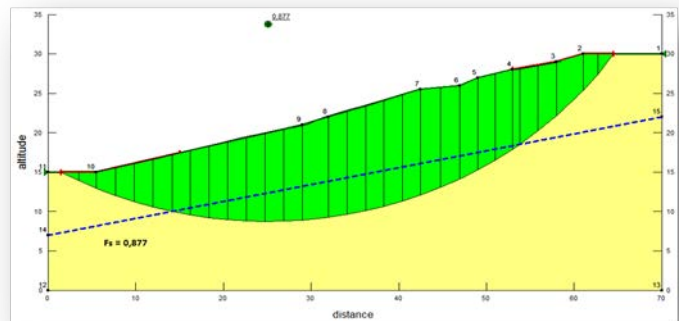
Chapitre V

Etude Géotechnique



Chapitre VI

Etude De Stabilité



Chapitre VI

Conclusion générale et Recommandations

Références bibliographiques

Dédicace

*Merci pour Dieu de m'avoir dévoilé le chemin de la réussite
et du savoir.*

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents «TAHAR» et «MASSOUDA »pour
leurs sacrifices, soutien et amour. Je leurs serai éternellement
reconnaissante.*

*Mes chers frères et sœurs, qui ont toujours été là pour moi:
Nabil, Choab, Abd El hafid, Maliko, Aymen, Manel, Fatima,*

Rima, Antar, Imane, et Mira,

Mon encadreur: M^{lle} KHERRUBA HASSIBA

A ma collègue de travail: Khadija

A mes chères amies (es) chacun de son nom

A mes collègues de la promotion Master 2 (2016).

*A tous ce qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation
de ce travail.*

SABAH



Dédicace

Merci pour Dieu de m'avoir dévoilé le chemin de la réussite et du savoir.

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents «Abdelkader» et «Malika »pour leurs sacrifices, soutien et amour. Je leurs serai éternellement reconnaissante.

Mes chers frères et sœurs, qui ont toujours été là pour moi: Radia, Mokhtar, Meriem, Soufiane, et Soumia.

Mon encadreur: M^{elle} **KHERROUBA HASSIBA**

A ma collègue de travail: **Sabah**

A mes chères amies (es) chacun de son nom

A mes collègues de la promotion Master2.

A tous ce qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

KHADIDJA

SOMMAIRE

Résumé	I
1 Introduction générale.....	1

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I

Etude du milieu physique

I.1 Etude du milieu physique du site étudié.....	2
I.2 Climat.....	4
I.3 Orographie.....	4
I.3.1 Les montagnes.....	4
I.3.2 Les dépressions.....	4
I.4 Morphologie.....	4
I.5 Végétation.....	7
I.6 le réseau hydrographique.....	7
I.7 Historique des travaux géologiques de la région	8
I.8 Problématique et méthodologie de travail.....	8

CHAPITRE II

Cadre Géologique local

II.1 Caractéristiques lithologiques de la région étudiée.....	10
II.2 Description des formations lithologiques de la région de Texenna.	11
a) Les formations du quaternaire.....	11
b) Les formations Post-nappes	11
c) Les formations de l'oligo-Miocène Kabyle et les olistostromes.....	12
d) Les formations de type flyschs	12
e) Les formations du complexe volcano-sédimentaire de Texenna	13
f) Le Trias	13
g) Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle.....	13

SOMMAIRE

II.1 Géologie du site.....	14
II.2 Aspect structural.....	15
a) Le socle Kabyle.....	15
b) Sous le socle Kabyle.....	15
c) Sur le socle Kabyle.....	16
II.4 La tectonique	16
a) Les charriages.....	16
b) Déformations ductiles.....	16
c) Déformations cassantes.....	16
II.5 Sismotectonique.....	17
II.5.1 Aperçu sismique de la région d'étude	17
II.5.2 Règles parasismiques Algériennes (RPA)	18

CHAPITRE III

Synthèse Hydroclimatologie, et hydrogéologie

III.1 Introduction.....	19
III.2 Hydroclimatologie, Hydrologie et hydrogéologie de la région.....	19
III.2.1 Hydroclimatologie.....	19
III.2.1.1 Aperçu général sur le climat.....	19
III.2.1.2 Analyse des paramètres climatiques.....	19
III.2.1.2.1 Précipitations.....	19
III.2.1.2.2 Températures	24
III.2.1.2.3 Synthèse climatique.....	25
III.2.1.2.3.1 Diagramme ombrothermique	25
III.2.1.3 Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite	26
III.2.1.3.1 Calcul de l'évapotranspiration	26
a) Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	26
b) Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)	27
1. Calcul de l'ETR	27
2. Calcul du déficit agricole (DA).....	27

SOMMAIRE

III.2.1.3.1 Ruissellements et infiltration.....	29
a) Ruissellement (R)	29
b) La lame infiltrée (I)	30
III.2.1.3.1 Interprétation du bilan hydrologique	30
III.2.1 Contexte hydrogéologique.....	31
a) Système aquifère amont.....	31
b) Système aquifère aval.....	31
III.3 Conclusion.....	32

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE IV

Etude Géophysique

IV.1 Introduction	33
IV.1.1 Appareillage utilisé.....	33
IV.2 Etude géophysique de sub-surface à l'aide de la tomographie électrique (ERT ou Imagerie Electrique) du site : "la nouvelle daïra de Texenna".....	34
IV.2.1 Principe de mesure et fonctionnement.....	34
IV.2.2 Choix et structure du logiciel (Res2Dinv).....	34
IV.3 Interprétation des images tomographiques.....	35
IV.3.1. Interprétation du profil N°01.....	35
IV.3.2. Interprétation du profil N°02.....	36
IV.4. Conclusion.....	37

CHAPITRE V

Etude Géotechnique

V.1 Introduction	38
V.2 Localisation du site étudié	38
V.3 Campagne de reconnaissance géotechnique	38
V.3.1 Essais in-situ	41
V.3.1 .1 Les sondages carottés	41
V.3.2 Esais de laboratoire	42
V-3-2.1 Paramètres physiques.....	42
V-3-2.2 Les limites d'Atterberg	42
V-3-2.3 Les Analyses chimiques.....	44
V-3-2.4 Les propriétés mécaniques	44

SOMMAIRE

V-3-2-4.1	essai de cisaillement rectiligne	44
V-3-2-4.2	Essai de compressibilité à l'oedomètre	46
V-4	Calcul des fondations.....	48
V-4.1	Contraintes admissibles du sol de fondation.....	48
V.4.1.1	Capacité portante à partir des essais de pénétration dynamique....	48
V.4.1.2	Capacité portante à partir des résultats des essais de laboratoire.....	49
V.5	Calcul du tassement.....	51
V-5.1	Calcul des tassements par les résultats de l'essai oedométrique.....	51

CHAPITRE VI

ETUDE DE STABILITE

VI.1	Introduction	54
VI.2	Type et origine de la rupture des sols	57
VI.2.1	Action mécanique.....	57
VI.2.2	Action chimique.....	57
VI.3	Principaux facteurs de glissement de terrain	57
VI.4	Analyse de stabilité.....	58
VI.4.1	Calcul de stabilité	58
VI.4.2	Hypothèse de calcul	58
VI.4.3	Mesures de sécurité générale contre les glissements de terrain dans le site étudié.....	59
VI.4.3.1	Action sur la topographie par reprofilage du talus.....	60
VI.4.3.2	Action de terrassement.....	61
VI.4.3.3	Enrochement.....	63
VI.4.3.4	Drainage	63
VI.4.3.5	Gabionnage.....	64

TROISIE ME PARTIE

Chapitre VII

Conclusion et recommandations

VII.1.	Conclusion générale et recommandations	66
--------	--	----

Références bibliographiques

Introduction générale

L'intérêt donné aux phénomènes d'instabilité des sols s'est fortement accru ces dernières décennies, surtout en raison des dégâts occasionnés par divers événements ; qui sont parfois catastrophiques. Cette augmentation des dégâts et des coûts liés aux instabilités de terrains est devenue une des préoccupations majeures des responsables ainsi que la société civile. En effet, l'utilisation des sols autrefois jugé marginales ou inadéquats pour la construction d'ouvrages intensifie le nombre d'infrastructures exposées aux risques d'instabilité des terrains. Il est donc primordial, pour établir des plans d'aménagement, non seulement d'identifier ces phénomènes, mais également de mieux cerner leur comportement afin d'anticiper les dégâts probables.

Le phénomène de glissement de terrain est considéré comme un danger naturel permanent rencontré dans les pays du monde car l'importance des effets de glissement pouvant engendrer des dégâts humains et matériels pouvant se chiffrer en plusieurs millions de Dollars dont les gouvernements doivent prêter beaucoup d'attention.

Ce sont des aléas très fréquents surtout au Nord-Est d'Algérie. Chaque année, ces instabilités causent des dommages importants aux infrastructures et aux en particulier durant les périodes hivernales, les régions montagneuses et côtières subissent des mouvements de terrain actifs qui déplacent d'importants volumes de matériaux détritiques.

Il est connu de tous, que les constructions sur des terrains meubles et en pente comme c'est le cas dans le village de Texenna, peuvent conduire à des désordres de grande ampleur. Ce type de désordres ou instabilités est essentiellement observé dans les terrains altérés et saturés par l'infiltration des eaux d'origine diverses (eaux météoriques, rejets urbains, résurgences naturelles).

Il est donc impératif d'adapter le bâti aux impératifs du sol. Une étude géologique, hydroclimatologique, géophysique et géotechnique sérieuse et approfondie du sol est nécessaire avant toute implantation ou réalisation d'un projet.

Première partie

I. Etude du milieu physique

II. Cadre Géologique locale

III. Synthèse Hydroclimatologique et hydrogéologique

I.1. Etude du milieu physique du site étudié

Le village de Texenna, siège du chef lieu de la commune du même nom, a été créé lors du découpage administrative de 1984. Elle se situe à 20 km au Sud-Est de la ville de Jijel sur la RN77 qui relie cette dernière à Sétif. Ses coordonnées Lambert sont :

- Longitude : $05^{\circ}47'06''$ - $05^{\circ}47'42''$
- Latitude : $36^{\circ}39'45''$ - $36^{\circ}40'30''$

Texenna est limitée administrativement par les communes suivantes :

- Au Nord par la commune de Kaous;
- Au Sud par la commune d'Erraguen et Beni yadjiss;
- A l'Est par la commune d'Oudjana et Emir abdelkader;
- A l'Ouest par la commune d'El Aouana et Selma.

Les zones instables faisant l'objet de notre étude concernant le village de Texenna et plus précisément le siège de la nouvelle daïra et résidence à Texenna d'une superficie de 1,5 hectare environs. (*Figure. I.1*).

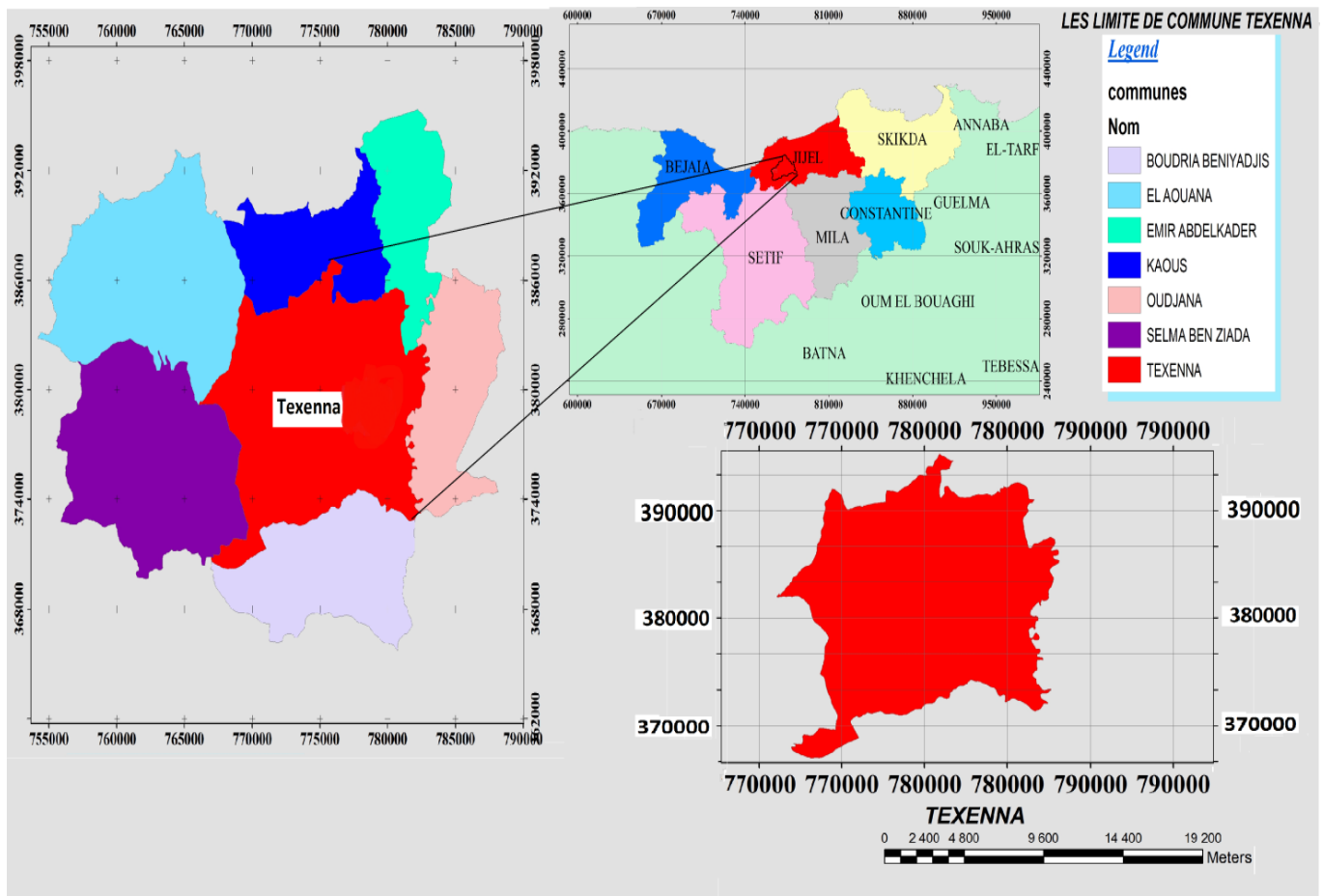
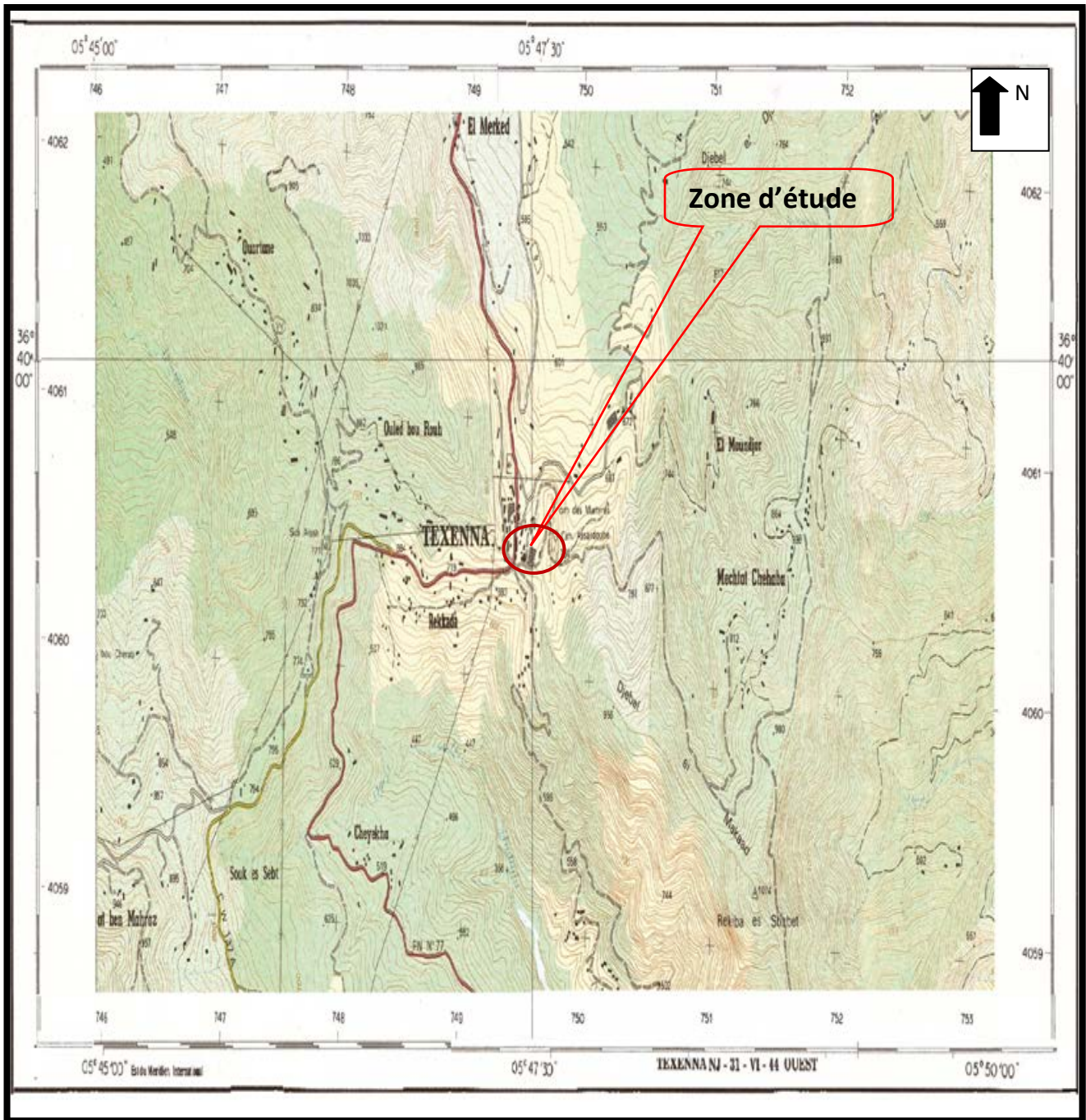


Figure. I.1 : Situation géographique de la région de Texenna.

(établi par Bouhenna et Benarab, Arc Gis 10.2.1.; 2016).



**Figure. I.2 : Localisation de la zone d'étude
(Extrait de la carte topographique de Texenna au (1/25.000)).**

I.2. Climat

La région possède un climat méditerranéen tempéré, pluvieux, influencé par la mer et les reliefs avec des températures élevées en Eté et basses en Hiver. Ce climat est le résultat de différents éléments comme la température, la pluviosité, le vent et l'humidité relative qui sont susceptibles d'agir directement ou indirectement sur la région d'étude.

La région de Texenna est considérée parmi les régions les plus pluvieuses de l'est d'Algérie.

I.3 Orographie

Le relief dans la région de Texenna est le résultat de l'histoire géologique de la région, il est marqué par de grands contrastes topographiques.

Les principales formes de relief qu'on rencontre sont:

I.3.1 Les montagnes: ils se présentent en deux chaînons, l'un se trouve à l'Est et l'autre à l'Ouest avec des altitudes qui peuvent dépasser les 1000 m (Djebel Sendouah).

I.3.2 Les dépressions: situées entre les chaînes de montagne, ce sont des zones basses où se concentrent la plupart des agglomérations et mechtats. Cette zone s'étend jusqu'au limite de la commune de Kaous au Nord et la pente de ces terrains varie entre 0-12% et l'altitude de cette zone varie entre 400 et 800 m et composées de terres cultivables le long des oueds qui arrosent la zone et se dirigeant du Sud vers le Nord.

Le site étudié appartient au sous-bassin versant d'oued El-Agrem, ce dernier est limité par la mer méditerranée au Nord, le bassin d'oued Mencha à l'Est.

Il est caractérisé par un réseau hydrographique très évolué avec des grandes variations d'altitudes et une forme allongée suivant la direction Sud-Nord.

Il est drainé par l'oued El Agrem et ses affluents :

- Chaabet Mensour.
- Chaabet Toussal.
- Chaabet Alse.

I.4. Morphologie

L'examen de la carte topographique de la région étudiée, fait apparaître que la commune de Texenna est caractérisée par des pentes fortes, car elle appartient à la zone des montagnes au sud de Jijel.

Dans le site étudié, les observations des données topographiques relevées, montrent assez bien des changements brusques des pentes. La globalité du site présente une topographie irrégulière.

Nous distinguons de ce fait, et sur la base des valeurs de pentes mesurées, que le terrain du site est subdivisé en quatre zones (**Figure .I.3**) qui sont :

❖ La zone de pente A : de 0 à 16 % :

Cette zone de pente est qualifiée comme faible, elle réside au Nord jusqu'à Nord-Ouest du site, et s'étend vers le Sud.

❖ La zone de pente B : de 17 à 24 % :

C'est une classe qui occupe des grands terrains répartis sur les différentes parties de Texenna. Cette classe est caractérisée par des pentes moyennes.

❖ La zone de pente C : de 25 à 33 % :

Elle occupe des versants, qui sont caractérisés par de fortes déclivités. Cette zone intéresse plusieurs parcelles inégales, dont la majorité est à l'Est et l'Ouest. Dans cette zone, les risques potentiels de mouvement de terrain qui ne manqueraient de se produire lors des travaux d'aménagement, sont réels.

❖ La zone D : de 34 à 53 % :

La majorité des zones caractérisées par ces valeurs de pente sont situées dans la partie Est de Texenna. Les valeurs des pentes sont très fortes.

D'après l'examen de la carte des pentes, le secteur d'étude est caractérisé par une forte pente, qui varie entre (25% et 30%).

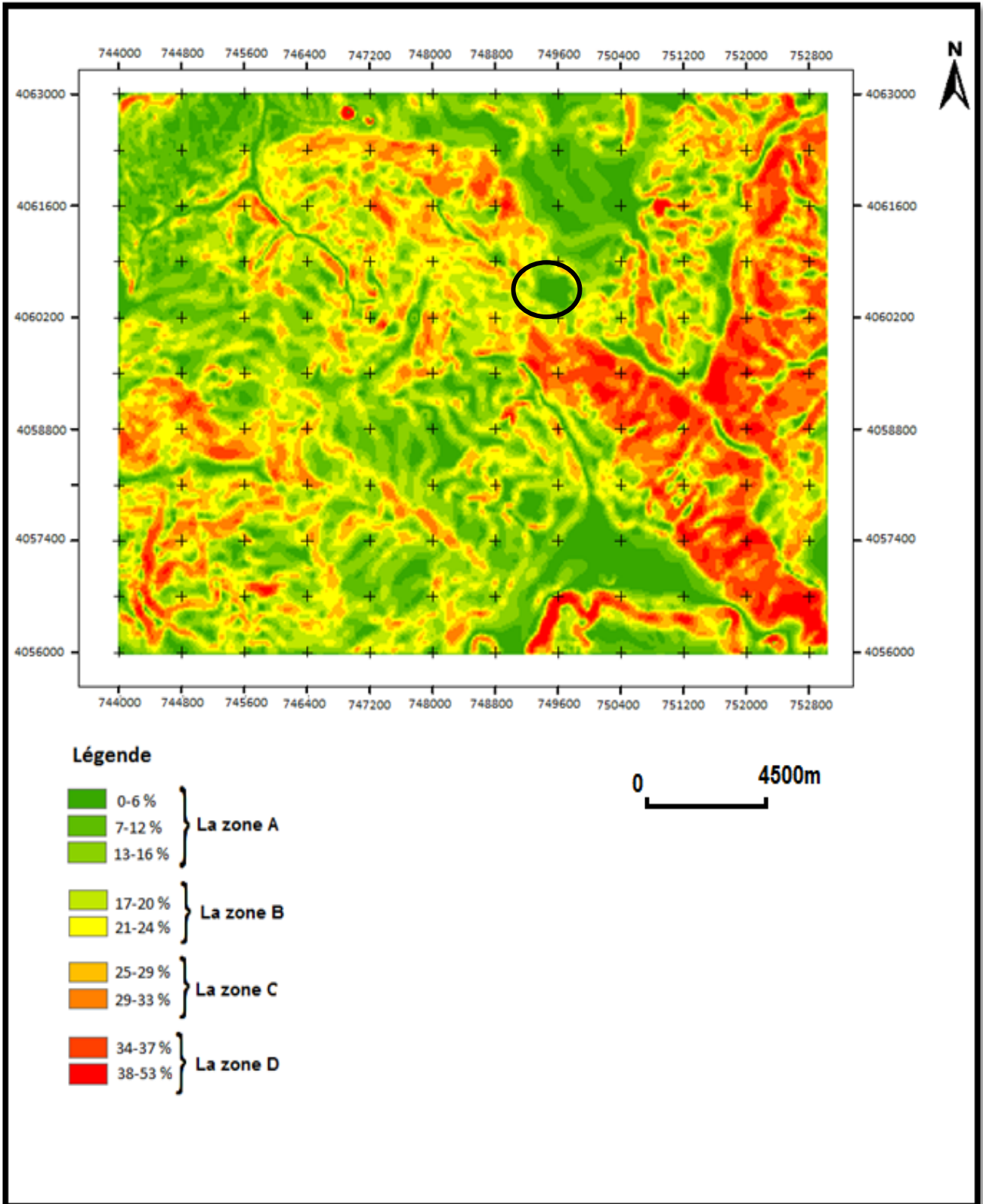


Figure .I.3 : Carte des pentes de la région de Texenna (Extrait de la carte topographique de Texenna au (1/25.000)).

I.5. Végétation

La végétation couvre une grande partie du territoire de la commune. Parmi ces importants variétés on a: le chaîne liège, les oliviers, la bruyère, le doum et les maquis (disque pistachier, lentisque...etc.). Ce couvert végétal joue un rôle important dans la stabilisation des terrains.

I.6. le réseau hydrographique

La région d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique assez dense qui est en relation surtout avec la hauteur de la lame d'eau précipité durant l'année qui est très importante. Les principaux oueds qui traversent le territoire de la commune sont:

- **Oued Djen-Djen.**
- **Oued El-Agrem.**

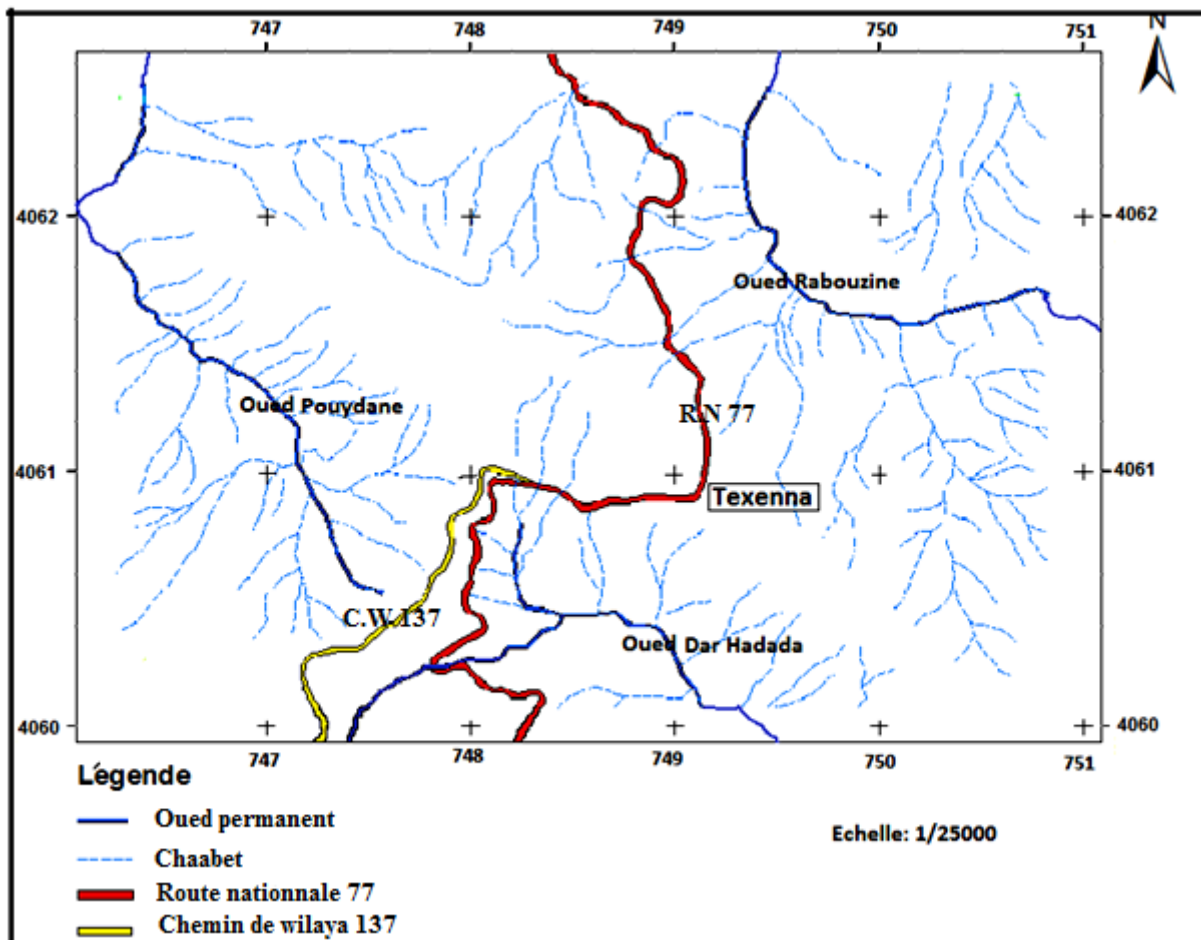


Figure. I.4: Réseau hydrographique de la région étudiée

(Carte topographique de Texenna 1/25000).

1.7. Historique des travaux géologiques de la région

La région de Texenna avait depuis longtemps attiré l'attention des géologues. En effet, cette région montagneuse est caractérisée par un contraste géologique assez important, qui a fait d'elle un sujet de recherche pour de nombreux géologues. Parmi les travaux géologiques réalisés dans cette région on peut citer :

- **Durand Delga (1955)** : a réalisé les levées de la région de Jijel (ex.Djedjelli). Dans les monographies stratigraphiques dressées par ce dernier, on trouve une étude régionale portant sur la partie Ouest de la chaîne numidique avec commentaire d'une cartographie détaillée.
- **Djellit (1987)** : portant sur l'évolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petite Kabylie occidentale (Algérie).
- **Kherrouba (2008)** : portant sur l'étude géologique et géotechnique des zones instables de la région de Texenna-Djimla.

1.8 Problématique et méthodologie de travail

A cet effet, et dans l'optique de contribuer à une étude géologique, géophysique et géotechnique de ce secteur, et afin de mieux comprendre et cerner les risques probables sur le site, l'étude de ce secteur nous a été confié.

A ce propos nous avons pensé de subdiviser notre manuscrit en deux grandes parties qui touchent les différents aspects :

➤ Une première partie

Sera consacrée à l'étude du milieu physique, l'étude géologique de la région, elle traitera les traits relatifs à la géologie locale. Celle-ci sera complétée par un aperçu sismique de la région. Une analyse hydro-climatologique et hydrogéologique sera aussi abordée.

➤ Une seconde partie

Sera à son tour consacrée à l'étude géophysique et géotechnique du site étudié. L'approche géophysique consiste à traiter les données géophysiques disponibles de résistivité électrique, l'exploitation de ces données nous a permis de réaliser deux profils.

Cette approche géophysique a pour but de déterminer la nature lithologique, la profondeur de la nappe aquifère, et la profondeur de la rupture associée à certains glissements de terrain.

L'étude géotechnique nous a permis de savoir le comportement mécanique du sol face à différentes sollicitations par le traitement des différents paramètres obtenus à partir des essais réalisés en place et en laboratoire, le calcul des fondations pour les constructions projetées, et le calcul des tassements, avec une approche purement géotechnique (essais et calculs).

➤ **Troisième partie**

Cette partie a été effectuée par un calcul de stabilité par le logiciel *Géo-Slope*, le calcul de stabilité a été effectué suivant un profil proposé sur site

La proposition de solutions pour remédier à ces mouvements doit impérativement prendre en considération les facteurs d'instabilité.

Après ce traitement, l'étude géotechnique sera complétée par une conclusion qui prendra en compte les mesures des essais, et enfin de proposer des recommandations pour lutter contre les risques qui peuvent menacés le site dans le futur.

II.1 Caractéristiques lithologiques de la région étudiée

L'ensemble des travaux effectués auparavant par différents auteurs dans la région de Texenna (*Durand Delga ,1955 et Djellit ,1987*) ont servi à préciser le cadre géologique local de la région.

Les différents termes lithologiques de cette région et leurs dispositifs structuraux peuvent être résumé comme suit sur une transversale Nord-Sud (Jijel-Djimla) on peut distinguer (*Fig. II.1*) :

- ✓ Les formations du Quaternaire.
- ✓ Les formations Post-nappes.
- ✓ La molasse olistostromique Aquitano-Serravallienne.
- ✓ les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle.
- ✓ Les formations de type flysch Albo-Aptien.
- ✓ Les formations du complexe volcano-sédimentaire de Texenna.
- ✓ Les formations évaporitiques du Trias.
- ✓ Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle.

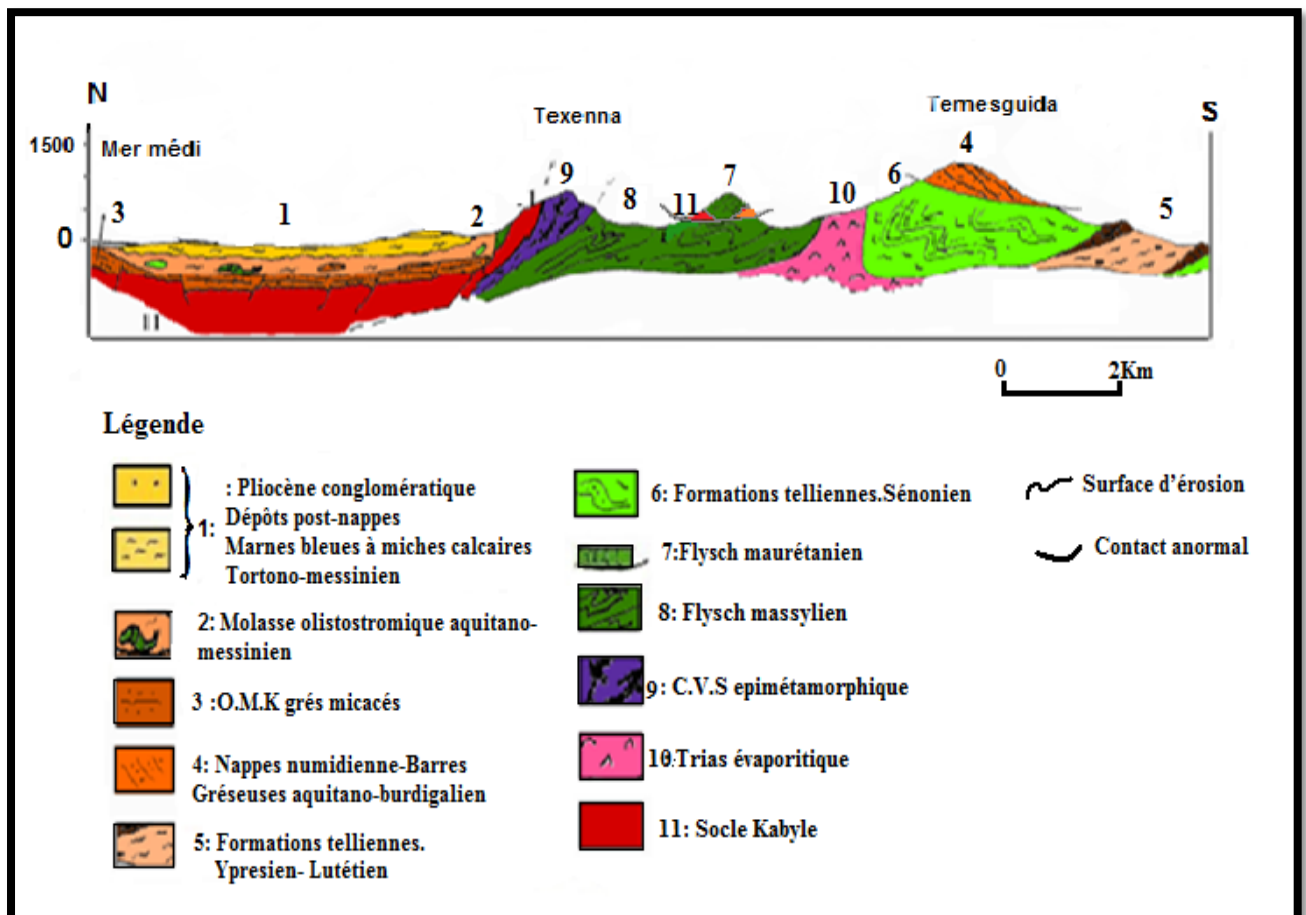


Fig. II.1: Coupe géologique des unités alpines de la Petite Kabyle -Région de jijel-

(Rouikha, 2014).

II.1.1 Description des formations lithologiques de la région de Texenna

a) Les formations du quaternaire

En majorité, elles sont représentées par une tranche de terre végétale, parfois des argiles à blocs, galets ainsi que des éboulis des piémonts ou éluvions.

b) Les formations Post-nappes

- **Les marnes Miocènes :**

Elles reposent en discordance à la fois sur le socle Kabyle et la molasse olistostrome. L'âge Tortono-Messinien est attribué à ces formations. Le Tortono-Messinien est constitué de marnes bleues à passées calcareuses discontinues souvent en nodules de couleur jaune ocre. L'épaisseur de ces marnes Tortono-Messiniennes dans la région de Jijel est estimée de 200 m à 300 mètres (*Djellit, 1987*).

Les marnes Tortono-Messiniennes représentent le substratum des plaines côtières. Ces marnes Miocènes affleurent largement au Nord de Rekkada Meteletine (*Kherrouba, 2008*).

- **Les formations détritiques du Pliocène:**

Les formations du Pliocène sont représentées par des dépôts conglomératiques comportant des blocs anguleux de cailloux, de galets, de graviers, et des sables, dans une matrice argileuse. Ces formations à éléments polygéniques et hétéométriques d'une épaisseur d'environ 30 à 50 mètres reposent directement sur les marnes du Miocène supérieur. C'est la limite normale entre les dépôts continentaux (Pliocène), et les dépôts marins (Tortono-Messinien). La superposition de ces formations conglomératiques sur les marnes Tortono-Messiniennes est bien illustrée par les deux planches (*Photo. II.1*) et (*Photo. II.2*) (*Kherrouba, 2008*).

On peut remarquer que le Pliocène ainsi le Miocène qu'il surmonte, sont affectés tardivement par des failles de direction NE-SW ou ENE-WSW dans La région de Rekkada Meteletine (*Djellit, 1987*).



Photo II.1: Illustration de la superposition des conglomérats du Pliocène et des marnes Miocènes au niveau de Rekkada Meteletine.



Photo II.2: Illustration de la superposition normale des conglomérats du Pliocène les marnes Miocènes au niveau du 14 Km au Sud-Est de la ville de Jijel.

c) Les formations de l'oligo-Miocène Kabyle et les olistostromes

- **L'Oligo-Miocène Kabyle :**

Les formations de l'Oligo-Miocène-Kabyle sont représentées essentiellement par des grès en petits bancs, glauconieux et ferrugineux, alternant avec des argiles et des marnes vertes. Ces formations affleurent dans la localité Rekkada Meteletine (*Djellit, 1987*).

- **Les Olistostromes :**

Ils sont représentés par des unités tectono-sédimentaire de flyschs (grès Albien de Guerrouch, grès et argiles Numidiennes, flysch dissocié Albien- Eocène dans une matrice argileuse de l'Oligo-Miocène Kabyle. L'âge Aquitano-Serravallien probable est attribué à ces unités (*Bouillin et Raoult, 1971*). Ces formations affleurent largement dans la région.

d) Les formations de type flyschs

- **Les formations du flysch massylien :**

Ce type de flysch est d'âge Albo-Aptien, il est caractérisé par une alternance des schistes et des bancs de grès quartzitiques décimétriques, parfois centimétriques, surmontées par des microbrèches calcaires à ciment pélitique et des marnes. Il contient par endroits à des phtanites de couleur noir (le long de la route vers l'oued Djen-Djen on remarque une importante barre de phtanites (*Durand Delga, 1955*).

- **Les formations du flysch maurétanien :**

Dans la région étudiée, elles sont représentées par l'unité de Guerrouch, formé essentiellement par des bancs de grès homométriques à cassure verdâtre. L'âge Eocène supérieur-Oligocène est attribué à ces formations.

Ce type de flysch occupe largement la région de M'cid-Echta au Sud-Ouest de Texenna.

e) Les formations du complexe volcano-sédimentaire de Texenna

Ces formations reposent par un contact anormal sur les formations du flysch massylien. Pour **Bouillin (1979)** le complexe volcano-sédimentaire de Texenna représente le substratum Jurassique du flysch maurétanien. Il comporte de bas en haut :

- **Un ensemble basal** : une épaisseur allant de 200 m à 300 m, il est composé d'un empilement des roches volcaniques à textures variables. Ces roches sont d'épaisseur métrique, foliées et s'organisent en niveaux parallèles entre eux. Cet ensemble débute localement par des Pillow-lava au quels sont associées des radiolarites recristallisées.
- **Un ensemble sommital** : D'une épaisseur de 200 m environ, il est divisé en deux termes :
 - Le premier terme est constitué d'une série volcano-sédimentaire (50m d'épaisseur) contenant des niveaux quartzo-pélitiques et des basaltes, passant à des dolérites, ou encore des parasinites, et des gabbros dioritiques à amphiboles brunes.
 - Le deuxième terme est essentiellement constitué d'une alternance de calcaires centimétriques à décimétriques. On rencontre cet ensemble éruptif à Djebel Sendouah de Texenna (**Djellit ,1987**).

f) Le Trias

Le long de l'oued Djen-Djen on rencontre parfois du Trias diapirique comportant du gypse, des marnes gypsifères, des argiles bariolées, et des argiles de couleur lie de vin (**Photo. II.3**). Ces formations Triasiques chevauchent les formations Telliennes.



Photo. II.3: Photo illustrant un affleurement de Trias au niveau de l'oued Djen-Djen.

g) Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle

Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle sont représentées dans la région de Texenna par des gneiss ocellées, et des phyllades. Ils forment la plus basse unité géologique de la région. L'âge Précambrien probable est attribué à ces formations (**Durand Delga, 1955**).

II.2 Géologie du site

La région étudiée appartient au domaine du complexe volcano-sédimentaire et les formations cristallophylliennes du socle Kabyle.

La carte ci-dessous (*Fig.II.2*) présente la localisation de notre région dans son cadre géologique.

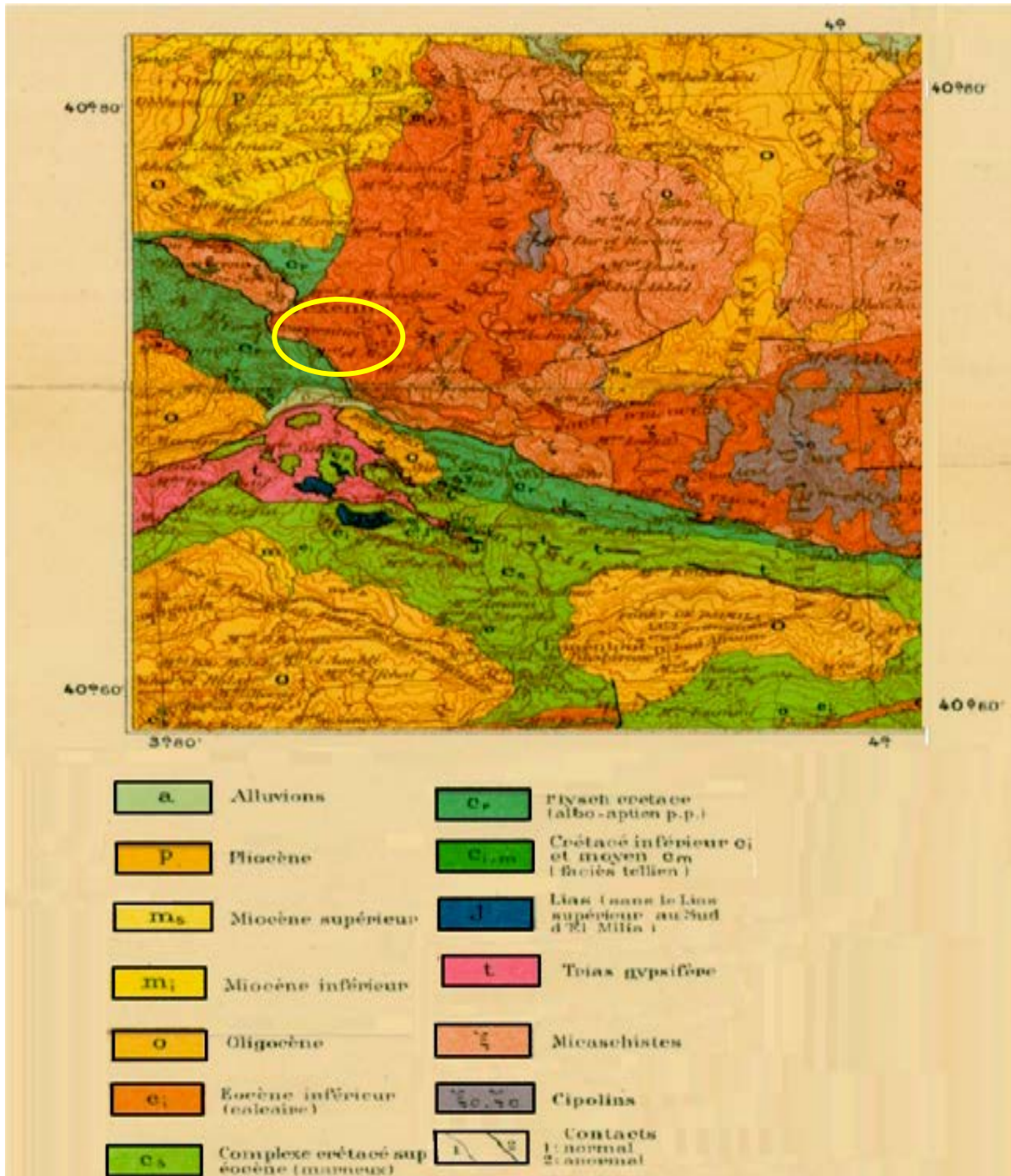


Figure.II.2 : Carte géologique de la région de Texenna (Carte géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique et des régions voisines, Durand Delga. Echelle 1/200000). légèrement modifiée.

II.3 Aspect structural

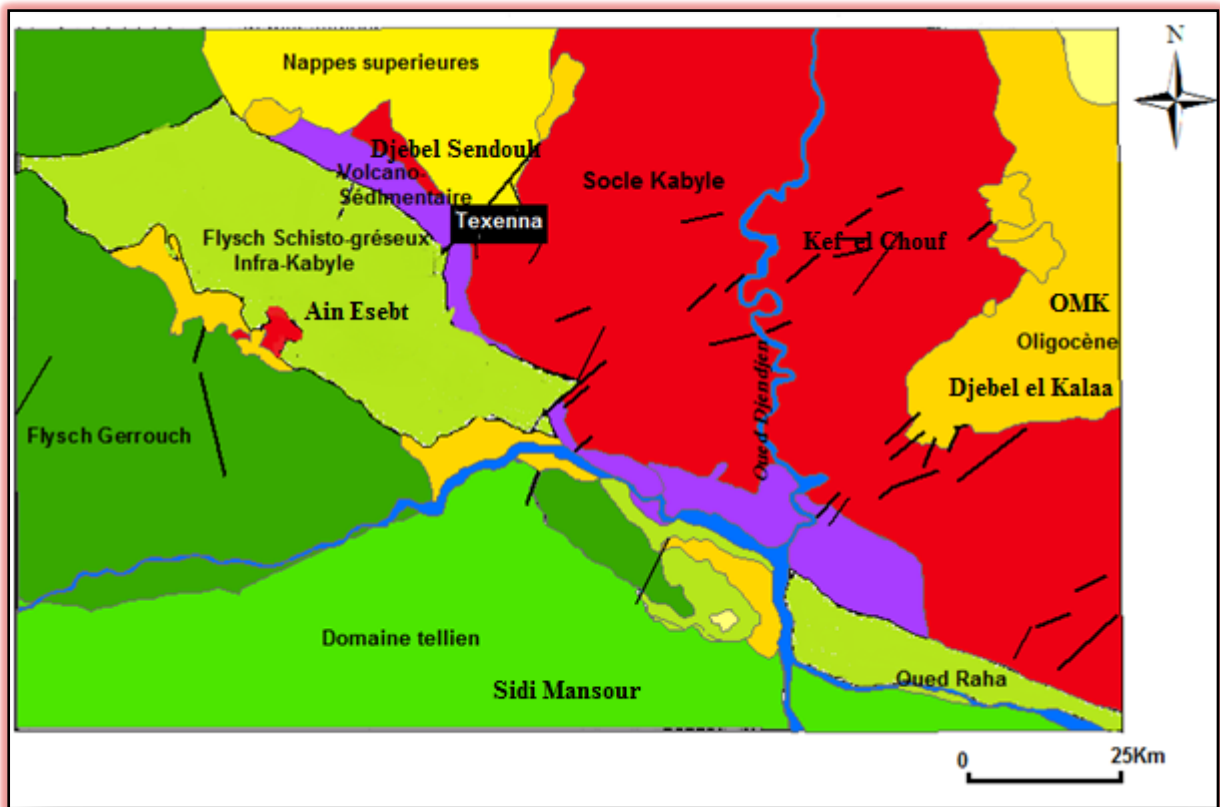


Fig. II.3: Carte géologique de la région d'étude (Djellit, 1987) légèrement modifiée.

L'édifice structural de la région d'étude se présente comme suit :

a) Le socle Kabyle

Le socle Kabyle dans la région d'étude est composé d'un substratum gneissique, d'un complexe phylladique, et d'un ensemble de psammites, et de calcaires.

- Le substratum gneissique est d'âge anté-Cambrien.
- Le complexe phylladique est d'âge Cambro-Ordovicien.
- Les psammites et calcaires sont d'âge Silurien à Dévonien inférieur à moyen.

Le socle Kabyle chevauche vers le Sud les unités frontales schistosées.

b) Sous le socle Kabyle

Le complexe volcano-sédimentaire : débité en écaillés, cet ensemble chevauche vers le Sud les formations du domaine externe telliennes.

C) **Sur le socle Kabyle**

Un ensemble de nappes, comportant à la base un olistostrome d'âge Aquitano-Seravallien surmonté par le flysch de Guerrouch. Ces nappes sont scellées par des dépôts du Miocène terminal puis par le Pliocène (*Kherrouba, 2008*).

II.4 La tectonique

Au niveau de la région d'étude qui constitue la terminaison occidentale de la Petite Kabylie, plusieurs événements tectoniques qui ont conduit à la structure actuelle. Les différents aspects tectoniques régionaux sont les charriages, les déformations ductiles et les déformations cassantes.

a. Les charriages

Affectant les différentes nappes : flyschs, socle Kabyle, et le tellien.

b. Déformations ductiles

Elles sont matérialisées par les plissements N-S (*Photo. II.4*), et E-W (*Photo. II.5*) visibles dans les formations du socle Kabyle et les formations du flysch massylien, et celles de la couverture sédimentaire.



Photo. II.4: Photo illustrant les plissements N-S visibles dans les formations du flysch massylien.



Photo. II.5: Photo illustrant les plissements E-W visibles dans les formations du flysch massylien.

C. Déformations cassantes

Elles sont marquées par les rejets de grands accidents tectoniques d'ampleur régionale, animées par des déplacements faibles et horizontaux (décrochements), (*Photo. II.6*). Les directions dominantes de ces accidents sont : N-S, E-W, NE-SW, et NW-SE, et affectent aussi bien le socle Kabyle que les formations récentes.

Ces accidents ont engendrés des dislocations et le broyage des formations affectées. Un intense réseau de fracturation à accompagné ces grands accidents tectoniques.



Photo. II.6: Photo illustrant les déformations cassantes visibles dans les formations du flysch massylien.

II.5 Sismotectonique

II.5.1 Aperçu sismique

La région de Jijel est située dans une région sismique classée d'après **Bockel (1999)**, comme région pouvant subir des secousses supérieures à l'intensité 8, les épicentres de la plupart des secousses ressenties sont localisées entre Béjaia et Sétif dans la zone des Bibans et des Babors. Cet axe sismique paraît présenter une activité qui s'atténue vers l'Est, où les structures en nappes viennent buter sur les contreforts du socle.

Les données historiques relatives à la sismicité font état d'un évènement majeur survenu le **21 Août 1856** au large de Jijel (Djedjelli). Les autres foyers sismiques sont situées à plus de 50Km du côté Est du barrage d'El-Agrem. Le dernier séisme ressenti dans la région est celui de Kherrata **2006**.

Les études les plus récentes réalisées par **Yelles et al (1999)** montrent l'existence d'une faille supposée active dans la zone de la pente continentale au large de Jijel.

II.5.2 Règles parasismiques Algériennes (RPA)

Selon **RPA 99 (version, 2003)** le territoire Algérien est divisé en quatre zones de sismicité décroissante de 0 à III (*Fig. II.4*):

La région de Jijel dont fait partie notre secteur d'étude, appartient à la zone (II a) de moyenne sismicité. Elle a connue un évènement majeur survenu le **21 Août 1856** au large de Jijel (ex.Djedjelli). Le dernier séisme ressenti dans la région est celui de Texenna(**2009**).

Cependant, la présence de grands accidents tectoniques dans la région de Jijel fait augmenter le risque sismique. En effet, des secousses peuvent être engendrées par les réajustements tectoniques des grands accidents affectant la région (*Kherrouba, 2008*).

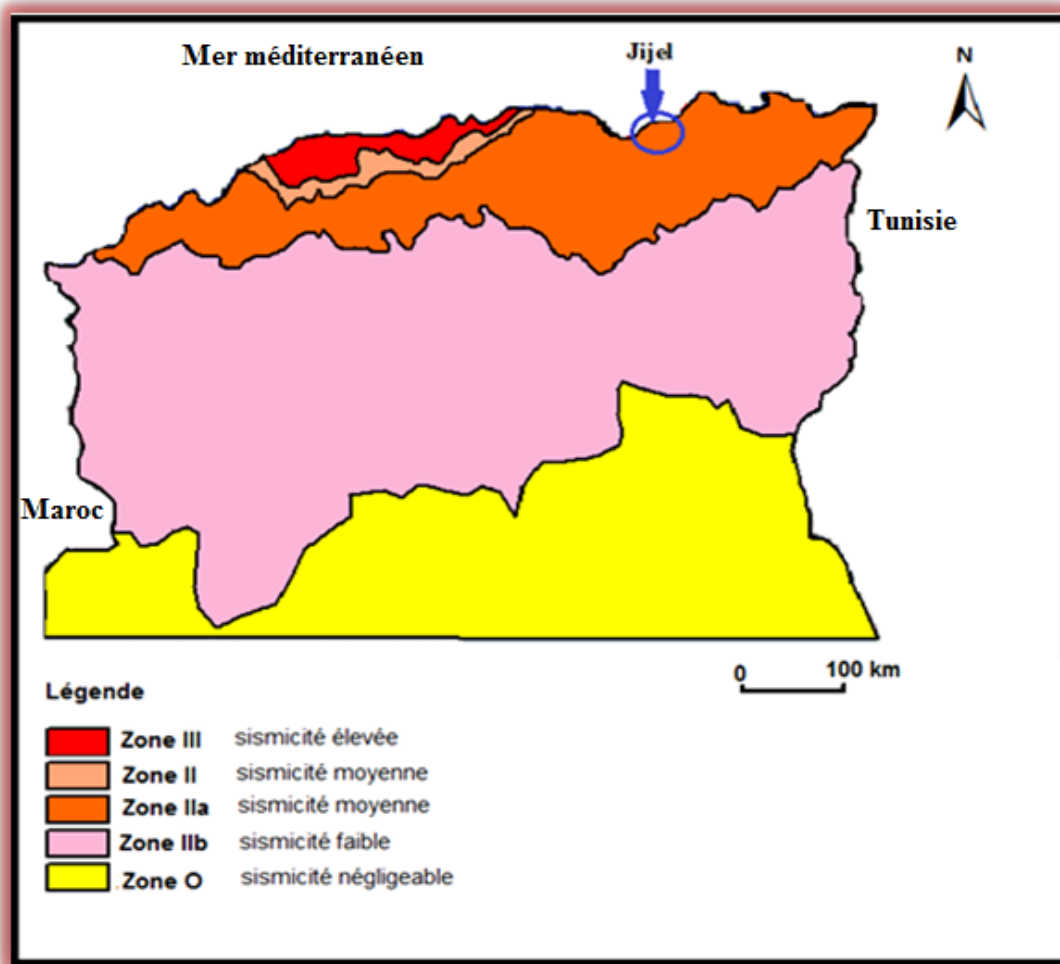


Fig. II.4 : Carte sismique de l'Algérie selon le RPA (version, 2003)

Légèrement modifiée.

III -1 Introduction

L'eau joue un rôle important dans la déstabilisation des terrains de n'importe quel nature. Donc nous avons opté pour une analyse hydrologique de la région étudiée, on s'attachera plus particulièrement à déterminer les apports dans notre région d'étude, en mettant l'accent sur les quantités d'eau infiltrées dans le sol, et celles perdues par évapotranspiration, c'est-à-dire voir le rapport IR (Infiltration-Ruissellement); ainsi on essaiera de donner un aperçu sur le bilan hydrologique, et un aperçu sur le régime caractéristique du fonctionnement de tout le système hydrologique qui influe directement sur le comportement piézométrique de la nappe. Pour l'hydrogéologie nous essaierons de caractériser les formations potentiellement aquifères.

III.2 Hydroclimatologie, Hydrologie et hydrogéologie de la région

III.2.1 Hydroclimatologie

III.2.1.1 Aperçu général sur le climat

Le caractère important sur le climat Algérien est sans aucun doute la variation de la répartition des précipitations et des températures. Cette variation est fonction des influences méditerranéennes et sahariennes et des irrégularités topographiques, l'altitude et l'orientation des chaînes montagneuses de l'atlas tellien et saharien. Ces derniers jouent le rôle des barrières en face des vents désertiques du Sud, cependant l'influence des vents chargés d'humidité venant du Nord subsiste.

En ce qui concerne notre région d'étude qui fait partie du littoral Est Algérien, le climat est de type méditerranéen. Il est caractérisé par une période hivernale douce et humide, caractérisée par une pluviométrie élevée, suivie d'une période estivale chaude. Pour faire cette étude on va prendre les données de la station météorologique du barrage El- Agrem qui s'étale de 2005a 2015.

III.2.1.2 Analyse des paramètres climatiques

III.2.1.2.1 Précipitations

Cette étude s'intéresse aux précipitations **liquides** (*Figure. III.1*) (pluies), qui constituent le facteur principal dans le comportement hydrologique de la région. Elles sont relativement moins importantes, variables et irrégulières.

Cependant le changement de température ou pression provoqueront des précipitations **solides** (neige, grêle, gelée blanche).

La région de Texenna est considérée parmi les régions qui reçoivent les précipitations les plus importantes en Algérie. L'étude de ces précipitations sert à évaluer la quantité d'eau tombée qui a une influence directe sur le niveau des eaux souterraines et superficielles dans la région étudiée.

La carte pluviométrique de la région de Jijel (*Figure. III.1*) montre que la moyenne annuelle des pluies enregistrée à Texenna est dans l'intervalle de [1200 à 1400 mm].

❖ **Précipitations liquides**

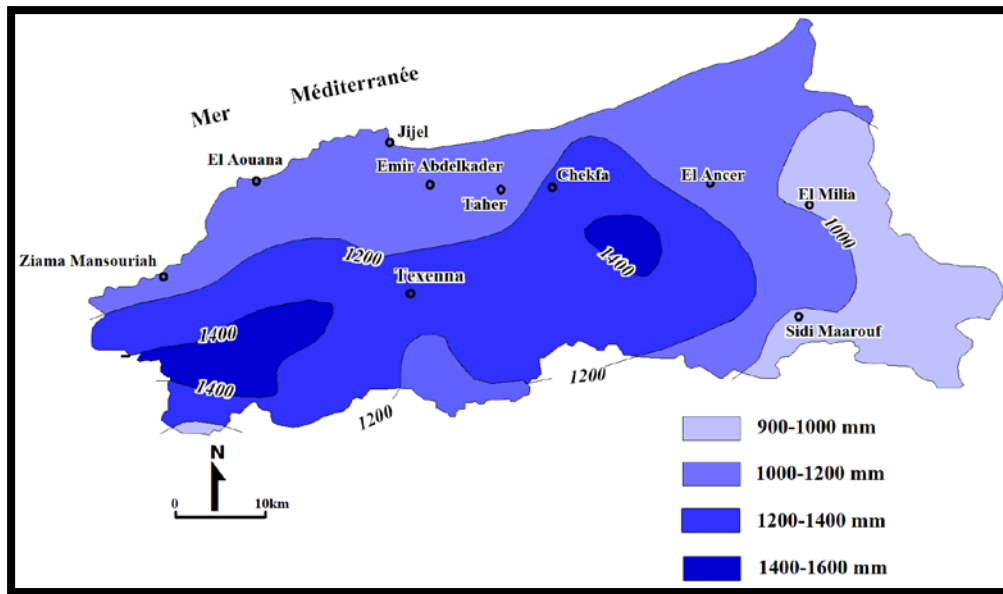


Figure. III.1: Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel.

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques de la station du barrage El-Agrem .

Tableau III.1: Caractéristiques de la station barrage El-Agrem.

Code et nom de la station	Altitude (m)	Longitude	Latitude	Période d'observation (années).
03-03-03 El Agrem	700m	05°50'11"	36°44'06"	10

➤ **Estimation des précipitations à partir des données des stations pluviométriques**

L'étude des précipitations moyennes annuelles s'est effectuée à partir des données récentes de la série qui s'étend de (2005-2015) pour la station du barrage El- Agrem

Les données de la station météorologique du barrage El- Agrem montrent que la région de Texenna reçoit annuellement **1153.69mm** de précipitations.

-Précipitations moyennes mensuelles

La répartition mensuelle, saisonnière et annuelle des précipitations et ses variations conditionnent (avec les facteurs thermiques et lithologiques), l'écoulement et le régime des cours d'eau, celui des nappes. Le **tableau III.2** donne les moyennes mensuelles de la station du barrage El-Agrem pour la période (2005-2015).

Tableau III.2: Moyennes mensuelles des précipitations de la station du barrage El-Agrem pour la période (2005-2015)

Station du barrage El-Agrem[2005-2015]												
Précipitations (mm)	Mois											
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Mensuelles	74,9	117,9	162,3	193,9	143,1	167,2	146,2	78,2	43,73	13,1	1,09	12,14
Annuelles	1153,69											

D'après les résultats obtenus dans ce tableau, nous constatons que décembre est le mois le plus pluvieux (193,9mm), par contre juillet est le mois le plus sec (1,09mm). En général l'évolution des précipitations dans le temps est croissante de septembre à décembre et décroissante de décembre à Juillet (*Figure III.2*).

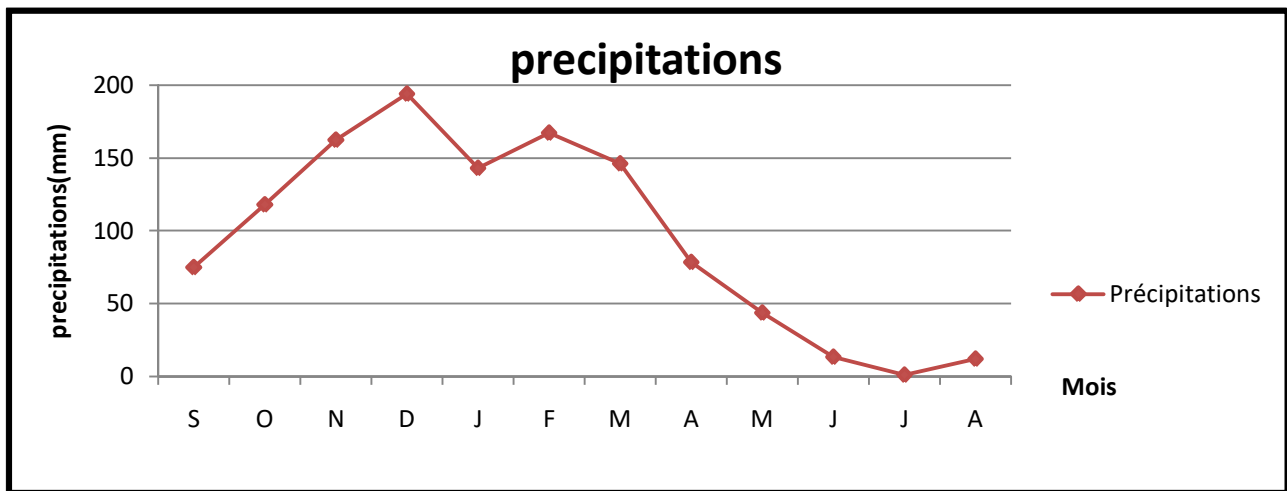


Figure .III.2 : Courbe des précipitations moyennes mensuelles de la période (2005-2015)(Station barrage El-Agrem).

- précipitations saisonnières

Le **Tableau III. 3**, montre la répartition saisonnière des précipitations concernant la station du barrage El-Agrem pour la période (2005-2015) en Hiver, Automne, Printemps, Eté.

Tableau III. 3: Taux des précipitations saisonnières

Mois	Sep	Oct.	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
Moyenne mensuelle (mm)	74,9	117,9	162,3	193,9	143,1	167,2	146,2	78,2	43,7	13,1	1,09	12,1
Moyenne saisonnière (mm)	118,3			168,06			89,3			8,76		
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
P moyenne saisonnières (%)	30,77			43,71			23,22			2,27		

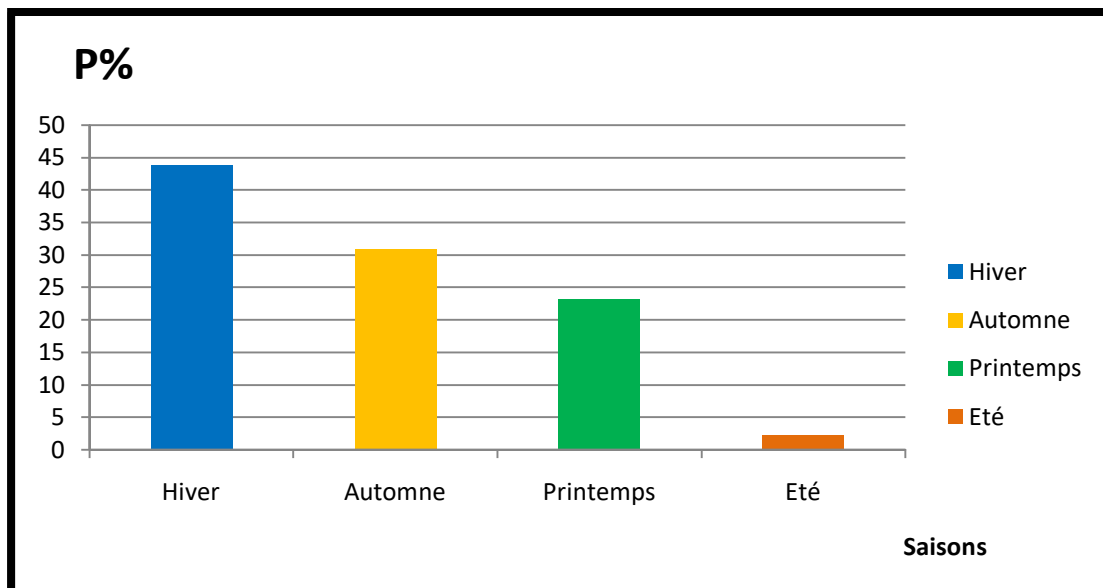


Figure. III. 3: Répartition saisonnière de précipitations enregistrées à la station du barrage El-Agrem de la période (2005-2015)

C'est en Hiver que la région d'étude enregistre le plus fort taux (43%) de précipitations

❖ **Précipitations solides**

- Neige

L'enneigement se fait seulement au début de l'hiver sur les hautes altitudes de Texenna (800 m).

L'altitude exerce donc une influence prépondérante sur les chutes de neige. Ainsi, nous avons d'après P.Seltzer le tableau suivant :

Tableau III.4: Répartition de la neige (P.Seltzer, 1946).

Enneigement Neige	Nombre de jours où il a neigé.	Nombre de jours d'enneigement.
Texenna	3	2

Jusqu'à 1500 mètres d'altitude, la neige commence à fondre aussitôt tombée (*P. Seltzer , 1946*). Sur les sommets, la fusion est retardée ou interrompue momentanément par la gelée.

L'imbibition des matériaux est liée à la vitesse de la fusion. Une fusion lente, permet une infiltration importante qui alimenterait les réservoirs à perméabilité en grand.

- Grêle

La grêle se forme dans les orages particulièrement forts lorsque l'air est très humide et que les courants ascendants sont puissants. On constate que les épisodes de grêle les plus fréquents sont connus en hiver.

- Gelée blanche

En plus des anciennes données de *P.Seltzer (1946)*, nous avons pour les stations de Taher (port et aéroport Ferhat Abbés) une série des données plus récente. Nous donnons dans le **Tableau III.5** (extrait des travaux réalisés par *Tekkouk (2005)* toutes les données relatives à la gelée blanche de la station de Texenna.

La gelée est fréquente dans notre région d'étude. On remarque qu'elle s'accroît avec l'altitude. Elle vaut 2,1 à 5,95 à Jijel, et atteint 9 jours par an à Texenna.

Tableau III.5: Nombre moyen des jours de la gelée blanche (P.Seltzer, 1913,1938).

Stations	Texenna
	<i>Données de P.Seltzer 1913/1938</i>
Mois	
Septembre	0,0
Octobre	0,1
Novembre	0,3
Décembre	2,1
Janvier	3,6
Février	1,9
Mars	0,6
Avril	0,4
Mai	0,0
Juin	0,0
Juillet	0,0
Août	0,0
Moyenne Annuelle	9,0

Ce tableau montre que la gelée blanche est plus importante pendant les mois de Décembre, Janvier et Février. Durant cette période, elle peut présenter un apport d'eau supplémentaire à la pluie.

III.2.1.2.2 Températures

La température est un facteur ayant une grande influence sur l'évapotranspiration et de ce fait elle joue un rôle important dans le comportement des sols vis-à-vis des eaux météoriques.

Le tableau ci-dessous donne la répartition mensuelle de la température de la station du barrage El-Agrem, pour la période (2005, 2015).

Tableau III.6: Données des Températures moyennes mensuelles (Station barrage El-Agrem, 2005-2015).

Station	Températures (°C)												Moyenne mensuelle T°
Station de barrage El-Agrem	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout	
	23,8	21	16,2	12,9	12,1	11,6	13,7	16,5	19,3	23	26,8	27,07	18,44
	20,33			12,2			16,5			25,62			
	Automne			Hiver			Printemps			Eté			

Le tableau indique que la saison la plus froide est l'hiver avec une valeur de température moyenne saisonnière de (12,2°C) et l'été représente la saison la plus chaude avec une valeur de température moyenne saisonnière de (25,62°C).

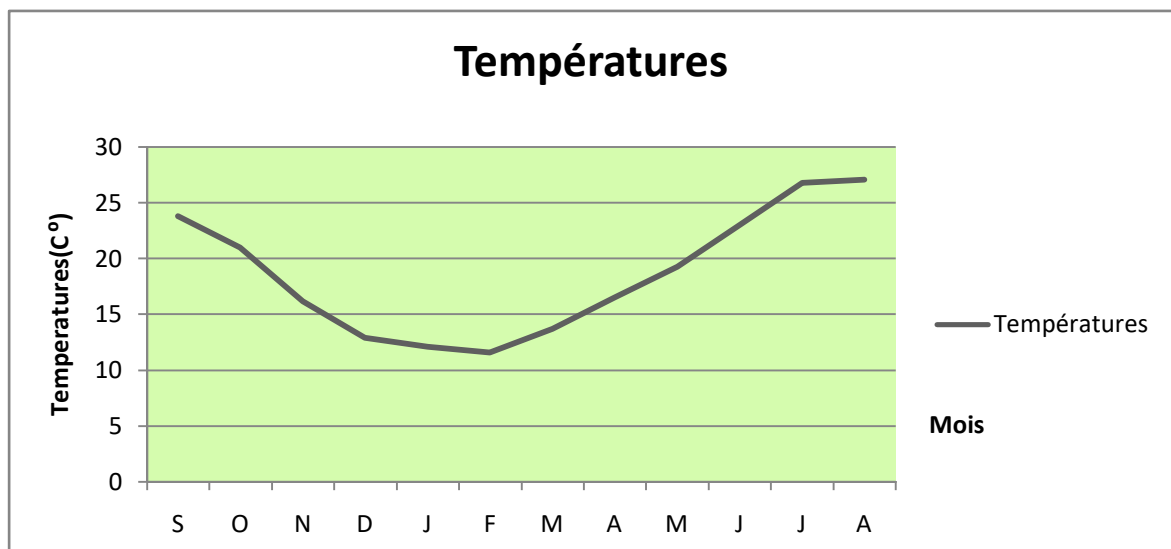


Figure. III. 4: Données des Températures moyennes mensuelles de la station de Barrage El-Agrem (Période 2005,2015).

III.2.1.2.3 Synthèse climatique

III.2.1.2.3 .1 Diagramme Ombrothermique :

Un diagramme ombrothermique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des graduations standardisées : une graduation de l'échelle des précipitations correspond à deux graduations de l'échelle des températures ($P = 2T$). Il a été développé par *H. Gaussen* et *F. Bagnouis* pour mettre en évidence les périodes de sécheresse définies par une courbe des précipitations se situant en dessous de la courbe des températures. Ces diagrammes permettent de comparer facilement les climats de différents endroits d'un coup d'œil du point de vue pluviosité.

Tableau III 7: Paramètres du diagramme Ombrothermique (station barrage El-Agrem, 2005-2015).

Station du barrage El-Agrem [2005-2015]												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	74,9	117,9	162,3	193,9	143,1	167,2	146,2	78,2	43,73	13,1	1,09	12,14
T (°C)	23,8	21	16,2	12,9	12,1	11,6	13,7	16,5	19,3	23	26,8	27,07

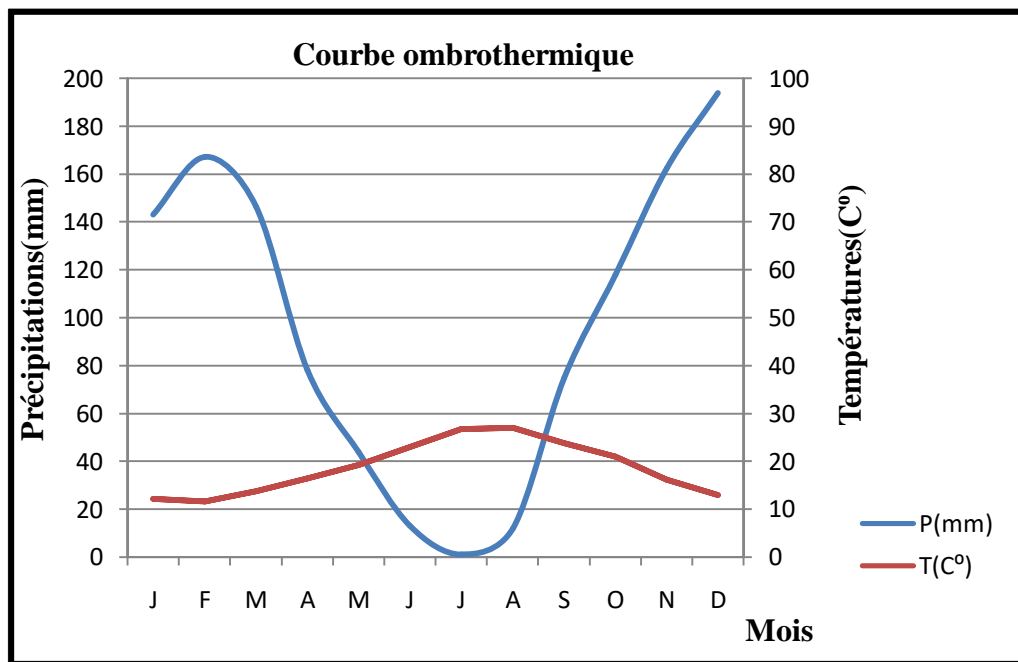


Figure. III.5: Diagramme Ombrothermique de la station de barrage El-Agrem (Période 2005-2015).

III.2.1.3 Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite

L'établissement du bilan hydrologique selon *Thornthwaite* est primordial pour l'évaluation des réserves d'eau transmises ou emmagasinées dans une région. Il est exprimé par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

- P** : Précipitations moyennes annuelles en mm.
- ETR** : Evapotranspiration réelle en mm.
- R** : Ruissellement en mm.
- I** : Infiltration moyenne en mm.
- Wa** : Variation des réserves (terme souvent négligeable).

III.2.1.3.1 Calcul de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un transfert de l'eau de la terre vers l'atmosphère par évaporation des eaux de surface et du sol et par transpiration de la végétation.

a) Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

C'est la quantité d'eau nécessaire à la transpiration non ralentie d'un tapis végétal couvrant entièrement et alimenté régulièrement en eau.

La formule générale utilisée pour le calcul d'ETP selon Thornthwaite est la formule suivante :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I}\right)^a \dots\dots\dots(2)$$

$$ETP \text{ corrigée} = 16 \left(\frac{10T}{I}\right)^a \cdot K \dots\dots\dots(3)$$

Où :

- T** : Température moyenne mensuelle exprimé en °C.
- K** : Facteur de correction mensuelle.
- I** : Indice thermique annuel égal à Σi avec : $i = (T/5)^{1,514}$
- i** : Indice thermique mensuelle. $i = 1$.
- a** : Exposant climatique défini ainsi : $a = 0,016(I) + 0,5$

$$ETP_C = ETP \cdot K \dots\dots\dots(4)$$

ETP_C : Evaporation potentielle mensuelle corrigée.

On trouve que : **a = 1,9550**

Tableau III .8: Résultats de calcul de l'évapotranspiration potentielle (station barrage El-Agrem, 2005-2015).

Station de barrage El-Agrem, (2005-2015)													
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Tôt-annuel
T°C	23,8	21	16,2	12,9	12,1	11,6	13,7	16,5	19,3	23	26,8	27,07	223,97
I	10,61	8,78	5,92	4,19	3,81	3,57	4,59	6,09	7,72	10,07	12,70	12,89	90,94
ETP non Corrigé (mm)	104,9	82,1	49,4	31,6	27,9	25,7	35,6	51,2	69,6	98,15	132,3	134,9	843,97
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	
ETP Corrigé (mm)	108,9	79,6	42,5	27,5	24,3	21,8	36,7	56,3	84,2	119,7	164,1	160,6	926,77
	4	9	4	7	2	7	0	9	8	4	2	1	

b) Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

L'Evapotranspiration réelle désigne la quantité d'eau réellement perdue sous forme de vapeur d'eau par le couvert végétal. L'**ETR** traduit l'ensemble des interactions: sol, plante, climat.

1. Calcul de l'ETR :

Pour calculer l'**E.T.R** on utilise la méthode de **Thornthwaite** :

- 1) Si les précipitations du mois (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle : L'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle.
- 2) Si les précipitations du mois (P) sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle on a deux cas :
 - a) Si $P + RU > ETP \Rightarrow ETR = ETP$
 - b) Si $P + RU < ETP \Rightarrow ETR = P + RU$

2. Calcul du déficit agricole (DA) :

Le déficit d'eau que l'on appelle parfois le déficit agricole égale à la différence entre l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle.

$$DA = ETP - ETR \dots \dots \dots (5)$$

Il représente la quantité d'eau supplémentaire qui aurait pu être utilisée par les plantes (et les sols) si les disponibilités en eau avaient pu être artificiellement complétées par un système d'irrigation.

Tableau III .9: Résultats de calcul de l'évapotranspiration réelle selon Thornthwaite (station barrage El-Agrem 2005-2015).

Station de barrage El-Agrem (2005-2015)													
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Tot- Annuel
P	74,9	117,9	162,3	193,9	143,1	167,2	146,2	78,2	43,73	13,1	1,09	12,14	
ETP Corrigé (mm)	108,94	79,69	42,54	27,57	24,32	21,87	36,70	56,39	84,28	119,74	164,12	160,61	926,77
P-ETP (mm)	-34,04	38,21	119,76	166,33	118,78	145,33	109,5	21,81	-40,55	106,64	163,03	148,47	\
RU (mm)	0	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	\
ETR (mm)	74,9	79,69	42,54	27,57	24,32	21,87	36,70	56,3	43,73	13,1	1,09	12,14	430,95
DA (mm)	34,04	0	0	0	0	0	0	0	40,55	106,64	163,03	148,47	492,73
WS (mm)	0	38,12	119,76	166,33	118,78	145,33	109,5	21,18	0	0	0	0	\

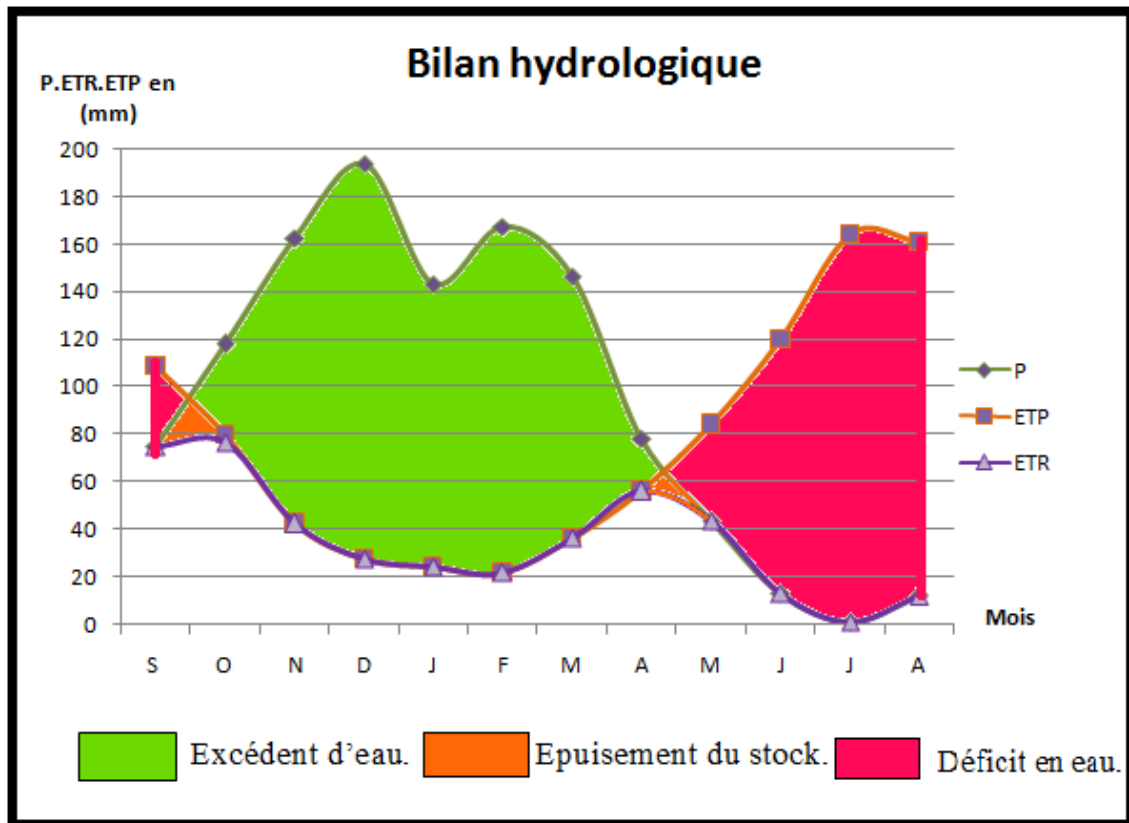


Figure. III .6: Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite de la station du barrage El-Agrem (Période 2005-2015).

III.2.1.3.2 Ruissellements et infiltration

a) Ruissellement (R) :

Habituellement, la formule de Tixeront Berkaloff est la plus utilisée en Algérie, pour estimer empiriquement le ruissellement, mais dans notre cas cette formule n'est pas applicable, vu que les précipitations sont supérieures à 600 mm/an. Pour cela, nous tentons d'estimer le ruissellement par la formule de D.G.R.E. (Direction Générale Des ressources en eau Tunisienne) et élaborée par A. *Ghourbel* et appliquée pour l'extrême Nord Tunisien. Cette dernière formule a été aussi appliquée pour la région de Séraïdi wilaya d'Annaba.

Pour résoudre ce problème, A. *Ghourbel* a tenté une corrélation entre le pourcentage cumulé des formations de quaternaire et des alluvions et l'écart entre lame d'eau ruisselée observées, celle calculée par la formule caractérisant le deuxième groupe ($Re = 0,26 P$). Cette corrélation peut améliorer l'estimation du ruissellement en faisant une correction des valeurs calculées. Les corrections des lames d'eaux écoulées à partir de cette corrélation sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III.10: Valeurs des corrections (C) des lames écoulées (Re)

Quaternaire et alluvions %	0	1-2	3-5	5-7	7-22	22-26	26-30	>30
C	+150	+120	+80	+40	+6	-20	-30	-80

Dans notre région d'étude, nous avons estimé que les alluvions et le quaternaire présentent environ 1 à 2%. Cela implique que la formule qui sera utilisée dans notre cas pour estimer le ruissellement est la suivante :

$$Re = 0,26P + C$$

$$R = 0,26 P + 120 \quad \Rightarrow \quad R = 0,26 * 1153,69 + 120$$

$$R = 419,94 \text{ mm/an} \quad \Rightarrow \quad \text{Donc : } 36,39\% \text{ des précipitations.}$$

b) La lame infiltrée (I) :

La lame infiltrée Représente la quantité d'eau absorbée par le sol et le sous-sol, pour constituer l'eau de rétention, des eaux souterraines et des écoulements souterrains, et reconstitution des réserves souterraines. A partir de la formule du bilan hydrologique :

$$P = ETR + R + I$$

$$I = P - (ETR + R) \Rightarrow I = 1153,69 - (430,95 + 419,65)$$

$$I = 302,80 \text{ mm. Donc : } 26,24 \% \text{ des précipitations.}$$

III.2.1.3.3 Interprétation du bilan hydrologique :

L'observation des données du tableau hydrologique précédent (**Tableau III.9**) et les résultats de la courbe du bilan hydrologique (**Figure. III.6**) permet d'en déduire les résultats suivants :

- Les précipitations atteignent leurs maximums au mois de Décembre (**193,9 mm**), Période durant laquelle l'évapotranspiration potentielle (ETP_C) atteint son minimum au mois de Février (**21,87mm**).

- L'évapotranspiration potentielle (ETP_C) atteint son maximum (**164,12 mm**) au cours de la période sèche, plus précisément au mois de Juillet (plus le climat est sec plus l'ETPC est importante).

- L'excédent d'eau est rédigé du mois d'Octobre jusqu'à le mois d'Avril. L'accroissement du volume d'eau durant cette période (saturation du sol) dont le rapport de ruissellement au niveau de la station barrage El-Agrem est de l'ordre de **36,39%** des précipitations, ainsi que l'infiltration et de l'ordre de **26,24 %** des précipitations.

- Le déficit agricole s'étale sur la durée sèche de l'année, de la fin de Mai jusqu'à la mi-septembre.

III.2.2 Contexte hydrogéologique

La perméabilité des différentes formations existantes dans notre région d'étude est donnée dans le tableau ci-dessous, extrait des travaux de *M. Tekkouk (2005)* :

Tableau III.11: Perméabilité des différentes formations de la région d'étude.

	Formations lithologiques	Perméabilité
Superficielle	Argiles, limons	Impérmeables
	Argile, sable + bloc	Semi-perméables
	Argiles + sables	Imperméables
	Alluvions	Perméabilité d'interstice
Profonde	Grés	En grand + interstice
	Schistes	Semi-perméables
	Marnes, argile	Imperméables
	Poudingues, brèches	Semi-perméables

Deux unités hydrogéologiques ou systèmes aquifères bien nets peuvent être distinguées :

a) Système aquifère amont :

Il s'agit de réservoir qui constitue toute la partie amont du bassin versant. Il est constitué par toutes les formations des Olistostromes, du socle Kabyle et les formations de type flysch.

Ce type de réservoir se caractérise essentiellement par la perméabilité en grand de ses différentes formations.

L'abondante fracturation (microfissures, microfissures et diaclases) et les joints de stratification des différentes formations géologiques assurent un rôle hydrologique très important. Ils peuvent en certains endroits provoquer des pertes.

b) Système aquifère aval :

On peut aussi l'appeler réservoir à porosité inter-granulaire ou d'interstice, plaine ou nappe alluviale tout simplement. Il englobe toute la partie aval du bassin. Les formations qui le constituent sont essentiellement de nature détritique (consolidées ou non) et que nous avons regroupé (pour l'essentiel) sous l'appellation de formations superficielles.

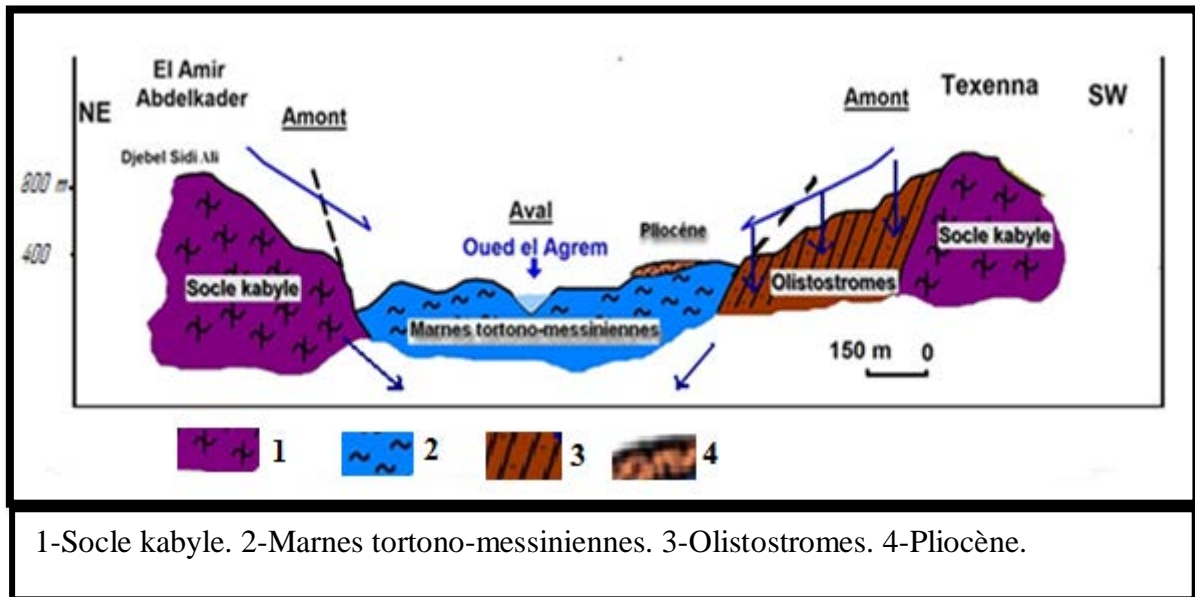


Fig. III.7: Relation Amont -aval des systèmes aquifères du sous bassin versant d'El Agrem (Tekkouk, 2005).

III. 3 Conclusion

- La région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen, avec un hiver doux à très doux et un été sec.
- Elle reçoit une hauteur de précipitations d'environ **1153,69 mm** à la station du barrage El-Agrem. La grêle et la neige se produisent surtout sur les reliefs, au cours de la saison froide.
- La température moyenne annuelle est de l'ordre de **18,44 C°** enregistrée à la station du barrage El-Agrem.
- La présence de l'eau avec une température très variable facilite la désagrégation physique des roches (gélifraction), ce qui influe sur leurs caractéristiques mécaniques, de plus l'accumulation des eaux dans les surfaces de discontinuités (fissures, joints de stratification, plans de schistosité, diaclases...etc.) peut déclencher le ripage des bancs rocheux, l'ouverture des discontinuités...etc.
- Dans cette région nous avons distingué deux systèmes aquifères (Amont et aval).
- Les facteurs hydrologiques et hydrogéologiques étudiés auparavant jouent un rôle important dans la dynamique des zones instables de la région d'étude.

IV.1 Introduction

La prospection géophysique est une technique non destructive très répandue en géologie de l'ingénieur, elle permet une investigation rapide et peu coûteuse d'un grand volume de sols et capable de caractériser des sols sur une surface étendue ainsi qu'éventuellement de détecter des variations latérales à l'échelle du site. La prospection géophysique devient alors un outil extrêmement puissant pour optimiser les campagnes de forage et réduit leur coût. (Aouka, M. KhelifiKhalifa, N. 2012).

L'objectif principal de la présente étude est de déterminer par méthode de la tomographie électrique (ETR ou imagerie électrique), quelles sont les conditions géologiques et géotechniques caractérisant le sol du site de la nouvelle daïra de Texenna. Afin de comprendre l'architecture interne du terrain d'étude et sa nature lithologique, le LGG Sétif (2012) a procédé une campagne électrique en réalisant deux profils multi-électrodes (pour imagerie électrique) de direction N-S dans un contexte de très forte hétérogénéité spatiale des formations de subsurface. Sur la base des sondages carottés réalisés sur le site, nous tenterons d'apporter une interprétation qualitative des résultats de la campagne.

IV.1.1 Appareillage utilisé

L'équipement géophysique utilisé pour mesurer la résistivité apparente du sous-sol est composé de:



Photo. IV.1 : Appareillage utilisé

- Un résistivimètre type SYSCAL R1+ Switch 24.
- Booster (batterie)

- Des électrodes de courant AB (aciers)
- Des électrodes de potentiel MN (cuivre)
- Enrouleurs (Câbles) et accessoires

IV.2 Etude géophysique de sub-surface à l'aide de la tomographie électrique (ERT ou Imagerie Electrique) du site : "la nouvelle daïra de Texenna"

IV.2.1 Principe de mesure et fonctionnement

La tomographie électrique est une amélioration du traîné électrique classique : on superpose sur un même profil des informations mesurées à partir de dispositif de longueur différentes. Les études d'imagerie électrique sont maintenant largement utilisées pour modéliser les coupes géologiques où le sondage électrique vertical n'est plus adapté. Une acquisition 2D, mettant en évidence les variations latérales et verticales des résistivités en fonction de la profondeur, utilise un grand nombre d'électrodes connectés à un câble multiconducteurs et alignés selon un profil prédéfini.

IV.2.2 Choix et structure du logiciel (Res2Dinv)

L'outil d'inversion utilisé dans notre étude est le logiciel Res2Dinv. Ce programme utilise la méthode d'inversion des moindres carrés pour produire un modèle 2D de la sub-surface à partir de la résistivité apparente.

le laboratoire LGG Sétif a réalisé sur le site de village de Texenna, deux (02) profils d'imagerie électrique qui sont représentées en **figures IV.1**.

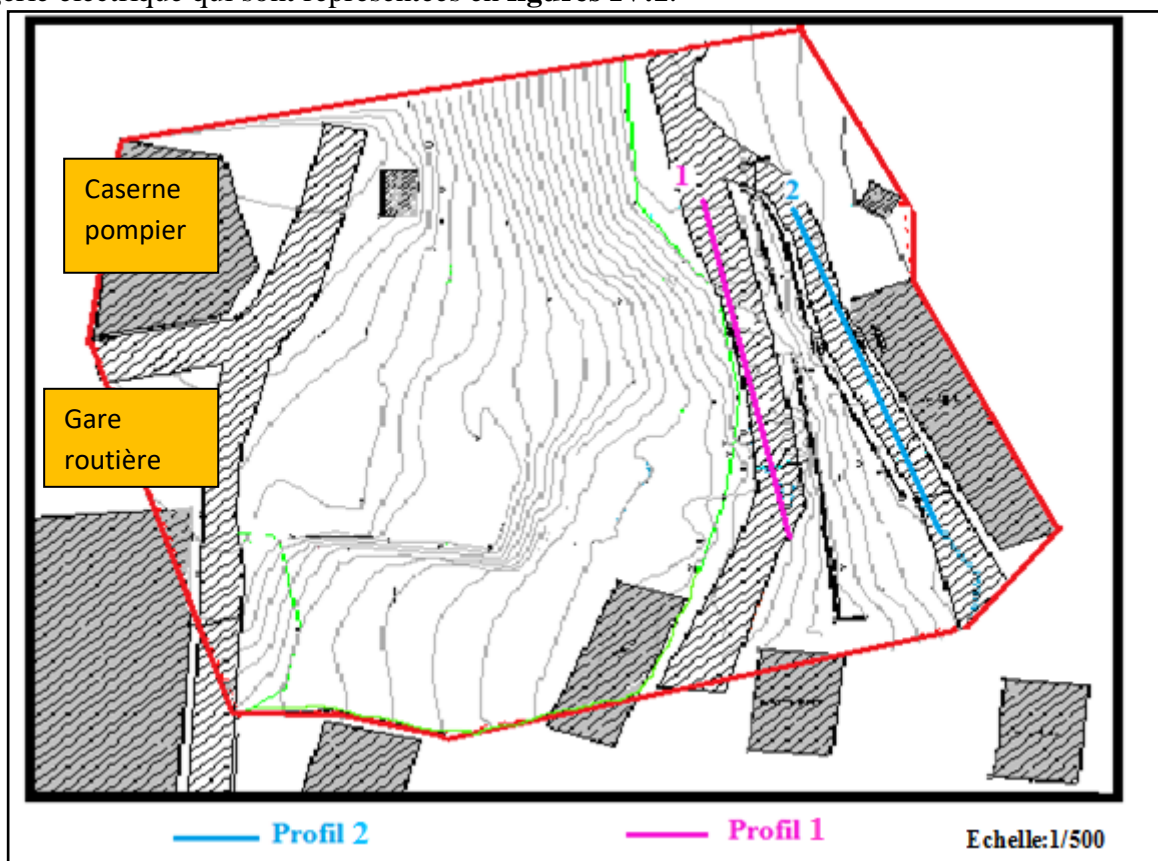


Figure IV.1: carte de situation des profils.

Les pseudo-sections ont été établies avec le dispositif Schlumberger-Wenner, comprenant 24 électrodes espacées chacune par rapport à l'autre de 5m totalisant une longueur de 115m et une profondeur d'investigation de 25m

Parmi les différentes pseudo-sections réalisées, les 2 images que nous avons retenues dans le cadre de notre travail sont représentées en **Figures IV.2 et IV.3.**

Parmi les différentes pseudo-sections réalisées, les 2 images que nous avons retenues dans le cadre de notre travail sont représentées en **Figures IV.2 et IV.3.**

Les différentes pseudo-sections permettent de montrer:

- Une variation graduelle des valeurs de résistivités qui indique le changement du faciès ceci est pratiquement visible dans toutes les pseudo-sections.
- L'apparition des zones très saturées en eau montre que le terrain est très perméable par endroit et indique aussi que ces zones présentent un chemin préférentiel de la circulation d'eau.
- Une ligne A qui montre la limite entre deux milieux de différente résistivité, cette limite peut être une limite entre le terrain naturel (substratum) et le terrain qui a subi un déplacement.

IV.3. Interprétation des images tomographiques

Comme énoncé précédemment, nous donnons dans ce qui va suivre l'interprétation des profils sélectionnés.

profil Multi électrodes N°01

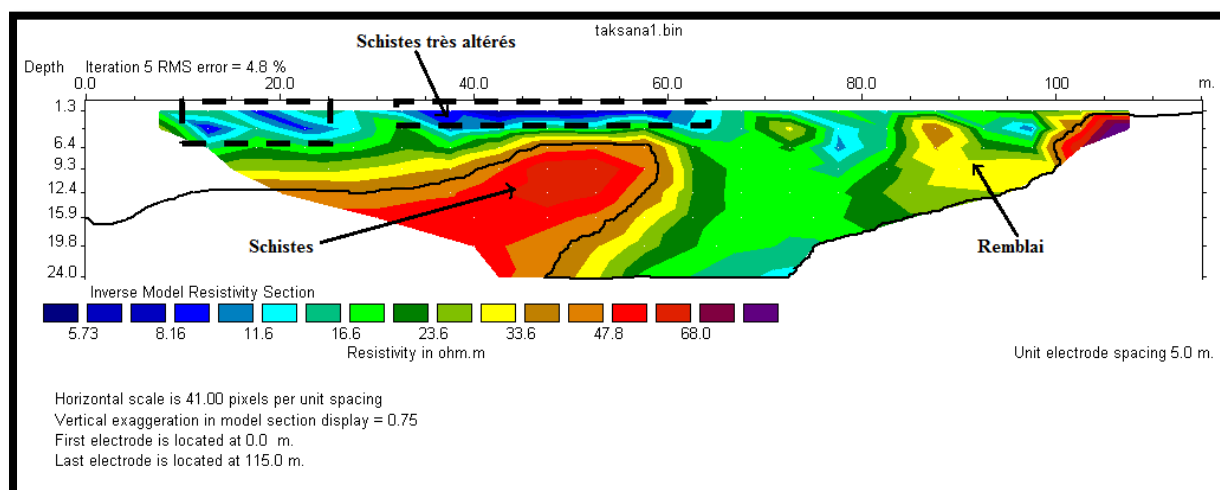


Figure IV.2: Pseudo-section du profil N°01

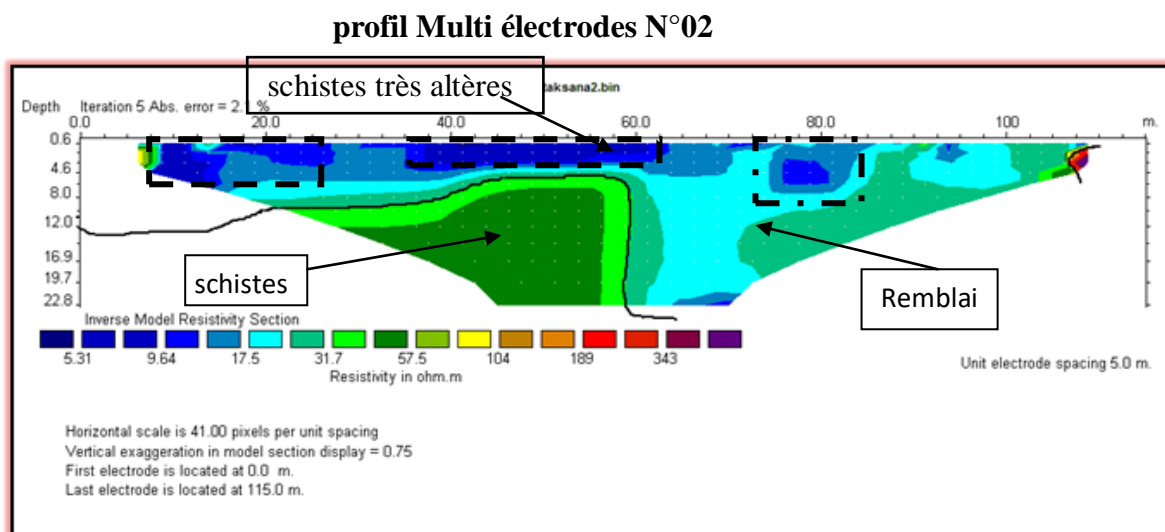
IV.3.1. Interprétation du profil N°01

Le profil N°1 :

L'image électrique corrélée aux données des sondages mécaniques permet de dégager trois terrains. De haut en bas nous avons:

- **Horizon1:** cet horizon se caractérise par une résistivité variant entre 40 et 68 Ω .m et d'une profondeur allant de 12 à 24m qui correspond à des schiste.

- **Horizon 2:** cet horizon se caractérise par une faible résistivité variant entre 5,73 et 8,16 $\Omega.m$ et d'une profondeur allant de 1,3 à 6,2m qui correspond aux schistes très altère . Cette faible résistivité est due à la présence d'une nappe aquifère.
 - **Horizon 3:** cet horizon se caractérise par une résistivité variant entre 11,6 et 35 $\Omega.m$ et une profondeur au-delà deet correspond à des Remblai.



IV.3.2. Interprétation du profil N°02

Le profil N°2 :

Horizon 1: cet horizon apparait sous forme de bloc d'une profondeur allant de 10,5 à 22,8m et d'une résistivité variant entre 31,7 et 57,5 à 189 $\Omega.m$ correspondant à des schiste.

- **Horizon 2:** cet horizon se caractérise par une faible résistivité qui varie entre 5,31 et 15,5 $\Omega.m$ et d'une profondeur de 0,6 jusqu'à 7,5m qui correspond à des schiste altère
- **Horizon 3:** cet horizon apparait à des profondeurs variables et de résistivité variant entre 17,5 et 31,7 $\Omega.m$ qui correspond à des Remblai.

Notons que pour l'imagerie électrique et une bonne interprétation des pseudo-sections, le RMS (root mean square error) doit être $< 5\%$.

IV.4. Conclusion

La campagne géophysique d'imagerie électrique, permis de distinguer 3 type de formations différents de point de vue électrique et lithologique, ce sont :

- Le premier correspond à des schistes ou la résistivité est d'environ....
- Le deuxième correspond à des schistes altère d'une résistivité de 9 Ω .m.
- Le troisième correspond à un Remblai ou la résistivité est d'environ de 18 Ω .m.

Les pseudo-sections obtenues, montrent la cause principale de l'instabilité qui est due à la présence des eaux sous terraines à une profondeur de...

V- 1 Introduction

Indépendamment, des lois obligeant les maîtres de l'ouvrage publics ou privés à exécuter des études géologiques et géotechnique avant d'entamer la réalisation de l'ouvrage, tout constructeurs doit, dans son propre intérêt, prendre en compte la nature du sous-sol, l'aptitude du sol pour adapter son projet en conséquences, définir le système de fondation de l'ouvrage avec le meilleur rapport **sécurité /coût** et se garantir contre les effets de la réalisation des travaux sur les constructeurs voisin (*Philipponnat.G.et Bertrand ,H., 2003*).

V-2 Localisation du site étudié

Le site objet de cette étude est situé à l'extrême Nord-Est de la ville de Texenna, ce dernier est délimité par les coordonnées UTM suivantes:

- ✓ Les méridiens:732400 et 732600 m.
- ✓ Les parallèles: 4072850 et 4072500 m.



Figure. V.1:Situation géographique de la zone étudiée (image Google Earth)

V- 3 Campagne de reconnaissance géotechnique

Pour déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des sols, le laboratoire de géologie et de géotechnique BOUIBAOUNE Lakhdar (L.G.G Sétif) a organisé une campagne d'investigation comprenant :

- Sept (07) sondages carottés de 15,00 m de profondeur. Des échantillons de sol ont été récupérés et transférés au laboratoire pour identification et analyses.

-Seize (16) essais pénétrométriques.

La carte ci-dessous (*Figure.V.2*) représente l'implantation des différents essais de reconnaissance

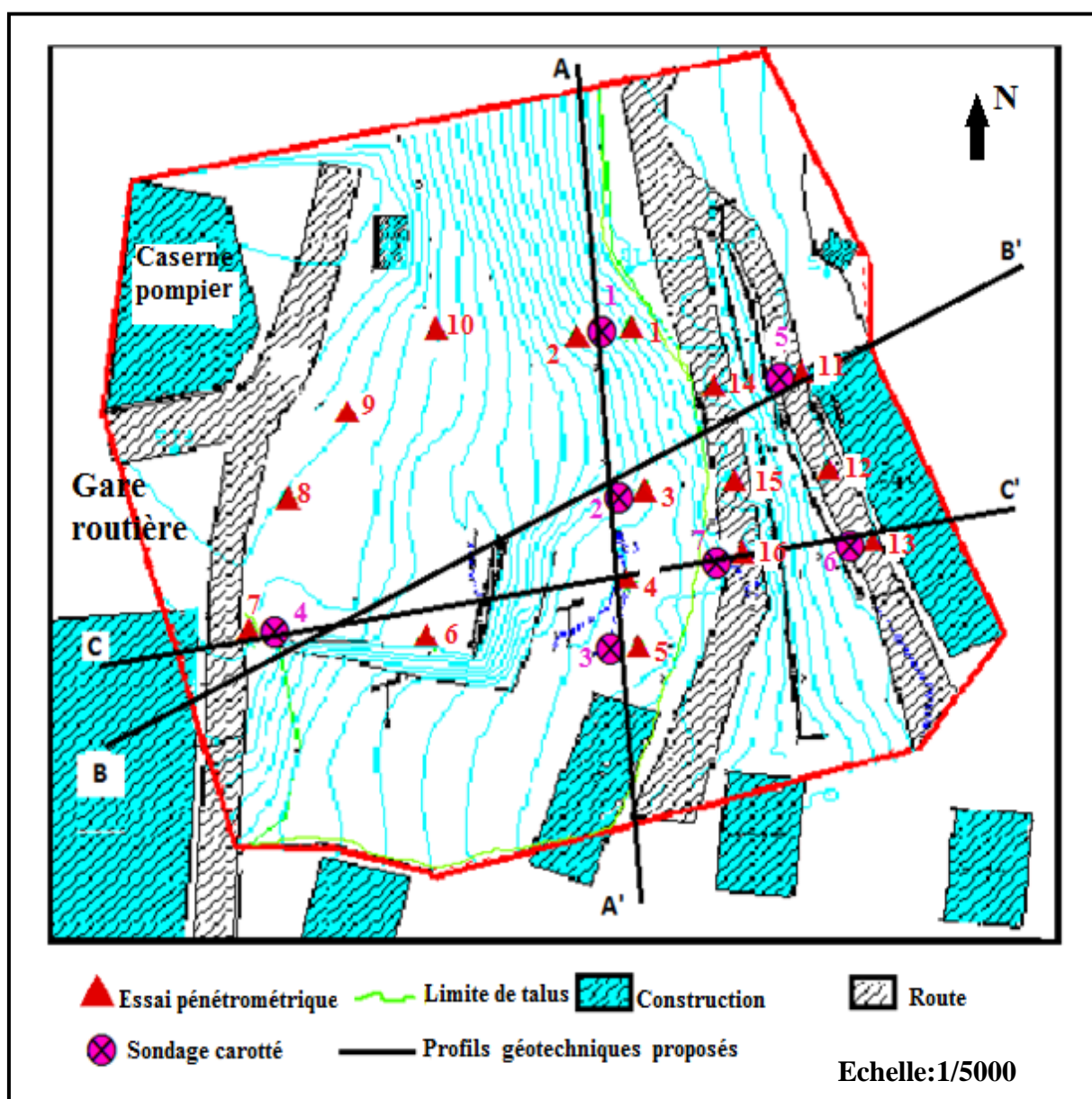


Figure. V.2: Carte d'implantation des essais de reconnaissance géotechnique (L.G.G Sétif, 2012).

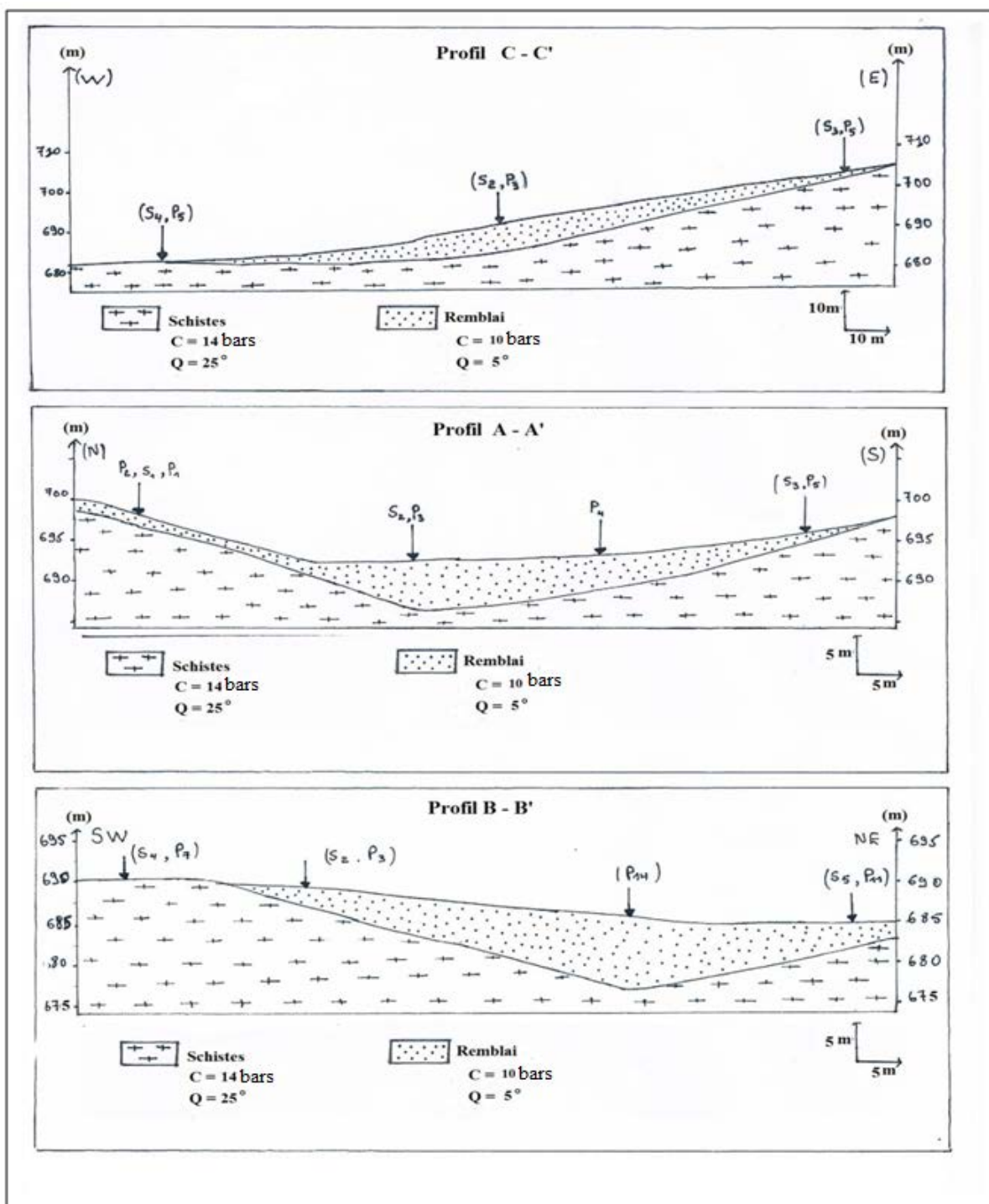


Figure V.3 : Profils géotechniques

V-3.1 Essais in-situ

V-3.1.1 Les sondages carottés

Sept (07) sondages carottés ont été réalisés à une profondeur qui varie entre 1et 15m, ces sondages ont été implantés de manière à couvrir toute la superficie du site en vue de mettre en évidence les différentes couches constituant le terrain et de déterminer leurs épaisseurs. Les résultats obtenus par ces sondages sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.1: Résultats des sondages carottés (L.G.G Sétif, 2012).

Sondages	Profondeur(m)	Nature lithologique
SC N ^o 01	0,00-2,10 2,10-7,10 7,10-10,00	Remblai. Schistes. Schistes.
SCN ^o 02	0,00-6,50 6,50-10,00	Remblai. Schistes.
SCN ^o 03	0,00-1,00 1,00-10,00	Remblai. Schistes.
SCN ^o 04	0,00-10,00	Schistes.
SCN ^o 05	0,00-7,00 7,00-15,00	Remblai. Schistes.
SCN ^o 06	0,00-6,50 6,50-15,00	Remblai. Schistes.
SCN ^o 07	0,00-8,00 8,00-15,00	Remblai. Schistes.

Sur la base des résultats de ces sondages carottés, on peut conclure que la lithologie du terrain est représentée essentiellement par un Remblai surmonte des schistes.

V-3.2 Essais de laboratoire

Les essais de laboratoire ont été effectués sur des échantillons paraffinés prélevés des sondages carottés réalisés sur le site à différentes profondeurs

V-3.2.1 Paramètres physiques

Les valeurs des principaux paramètres physiques mesurés par L.G.G Sétif (2012) pour les formations rencontrées sont représentées dans le *tableau V.2*.

Tableau V.2: valeurs des principaux paramètres physiques (L.G.G Sétif, 2012).

Sondage	Profondeur (m)	Nature lithologique	(W)%	(γ_d) T/m ³	(γ_h) T/m ³	(Sr)%
SC1	2,10-3,20	Schistes	18,07	1,79	2,11	96
SC2	8,60-9,70	Schistes	43,15	1,31	1,87	100
SC3	4,10-5,20	Schistes	36,45	1,36	1,85	100
SC4	2,10-3,20	Schistes	18,07	1,72	2,07	96
SC5	7,00-7,50	Schistes	22,95	1,65	2,03	97
SC6	6,50-7,50	Schistes	21,00	1,69	2,04	95
SC7	8,00-9,00	Schistes	24,50	1,60	1,99	98

Il en ressort de ces résultats que :

- Les valeurs de la teneur en eau (**W**) sont variables entre 18,07 à 43,15%.
 —————> sol moyennement humide à humide.
- Les valeurs du degré de saturation (**Sr %**) sont très élevées de 95 à 100% pour les schistes —————> sol saturé.

D'après les résultats obtenus, on peut dire que les sols rencontrés sont dans un état humide à mouillé.

- Les valeurs des densités sèches (γ_d T/m³) varient de 1,31 à 1,79 t/m³ pour les schistes donc le sol est dense.

V-3.2.2 Les limites d'Atterberg

Des essais des limites d'Atterberg ont été également réalisés par le L.G.G Sétif (2012) selon la norme NF P94 051 et ont donné les résultats suivants:

Tableau V.3 : Valeurs des limites d'Atterberg (L.G.G Sétif, 2012).

Sondage	Limite de liquidité W_L (%)	Limite de Plasticité W_p (%)	Indice de plasticité I_p	(W)%	Ic
SC01	37,20	19,71	17,49	18,07	9.3
SC02	44	24,98	19,02	43,15	57.47
SC03	57	30,57	26,43	36,45	83.86
SC04	45	22,85	22,15	18,07	126.45
SC05	43,89	23,54	20,35	22,95	102.5
SC06	51,97	26,57	25,40	21,00	121.9
SC07	45,34	20,52	24,82	24,50	83.9

D'après les résultats des essais des limites d'Atterberg, on obtient des valeurs de, limites de liquidité comprises entre 37,20 et 57% , des indices de plasticité comprises entre 17,49 et 26,43 % ,et des limites de plasticité comprises entre 19,71 et 30,57%.

Donc d'après la classification des sols fins sur le diagramme de Casagrande, il s'agit d'une argile peu à très plastique.

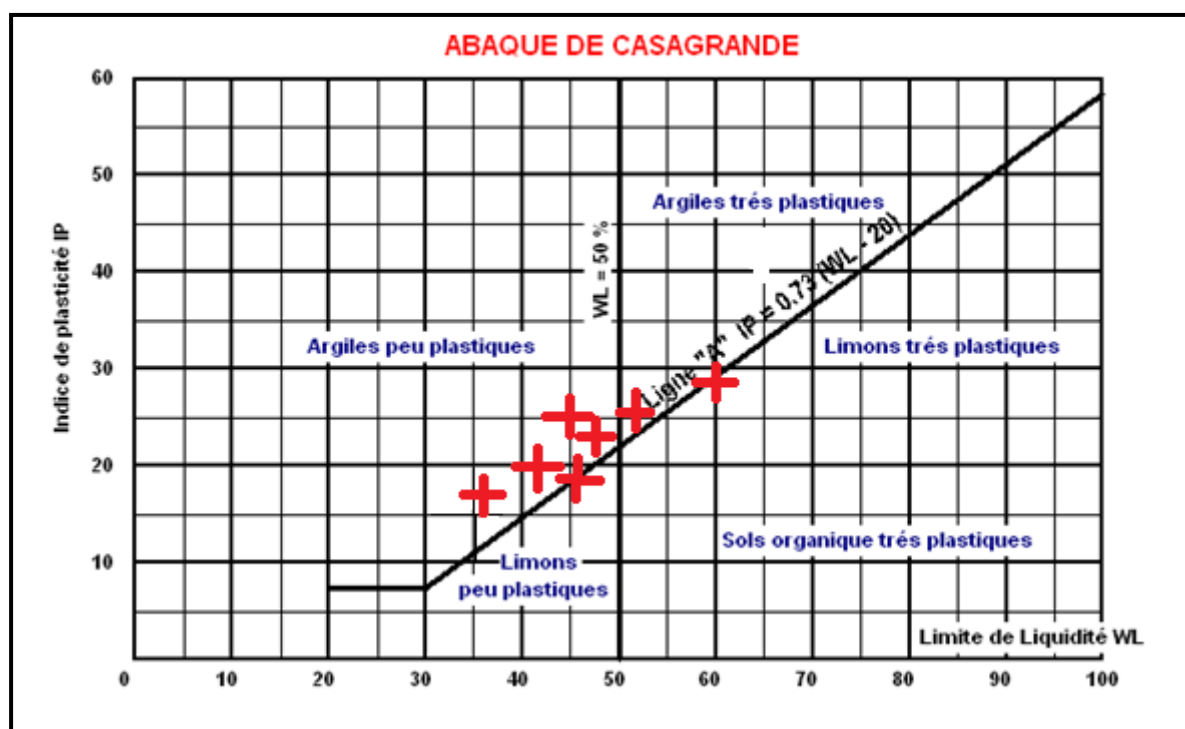


Figure. V.4: Diagramme de classification des sols fins de Casagrande.

V-3.2.3 Les Analyses chimiques

Les analyses chimiques ont été effectuées pour déterminer l'agressivité du sol de fondation vis-à-vis des bétons pour la teneur en carbonates, teneur en sulfates, teneur en insolubles ou silices. Selon la norme NF P 94-048.

Les résultats des analyses chimiques des sols du site étudié sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau V. 4: Résultats des analyses chimiques (L.G.G Sétif, 2012).

Analyses chimiques	Insoluble(%)	97,08	96,08	95,28	96,96	96,21	95,41	96,83
	CaCO₃ (%)	15	12,5	10	5,00	8,82	5,88	5,88
	SO₄2H₂O (%)	10,6	11,4	14,61	11,47	7,96	8,02	8,14
	SO 4⁻	4394	4686	6006	5059	3272	3297	3345

L'examen des résultats des analyses chimiques sommaires a montré que le sol a une agressivité faible au béton, dont les valeurs des ions SO₄⁻ sont comprises entre 3272 et 3345 mg/Kg et les valeurs des carbonates (CaCO₃) comprises entre 5 % et 15%.

V-3.2.4 Les propriétés mécaniques

Les paramètres mécaniques permettent d'accéder, directement à la capacité portante des sols, compatibles avec une déformation (tassement) acceptables.

Deux types d'essais ont été exécutés pour déterminer les paramètres mécaniques des sols étudiés qui sont :

- Essai de cisaillement rectiligne:
- L'essai de compressibilité à l'oedomètre.

V-3.2.4.1 Essai de cisaillement rectiligne

Les échantillons sont testés à la boîte de Casagrande (Essai de cisaillement, non consolidé, non drainé). Les valeurs obtenues sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau V. 5: Valeurs des caractéristiques intrinsèques (C_u) et (φ_u) (L.G.G Sétif, 2012).

N° de Sondage	Profondeur (m)	Nature lithologique	Paramètres mécaniques	
			Cu (bar)	φ (°)
SC05	7,00-7,50 m	Schistes	0,73	4,80
SC06	6,50-7,50 m	Schistes	0,72	3,65
SC07	8,00-9,00 m	Schistes	0,79	4,16

D'après le tableau ci-dessus :

Les valeurs de la cohésion pour les schistes sont comprises entre 0,72 et 0,749bars, les valeurs de l'angle de frottement varient entre 3,65 et 4,80°.

Ces résultats sont caractéristiques d'un sol moyennement cohérent à cohérent, et non à peu frottant.

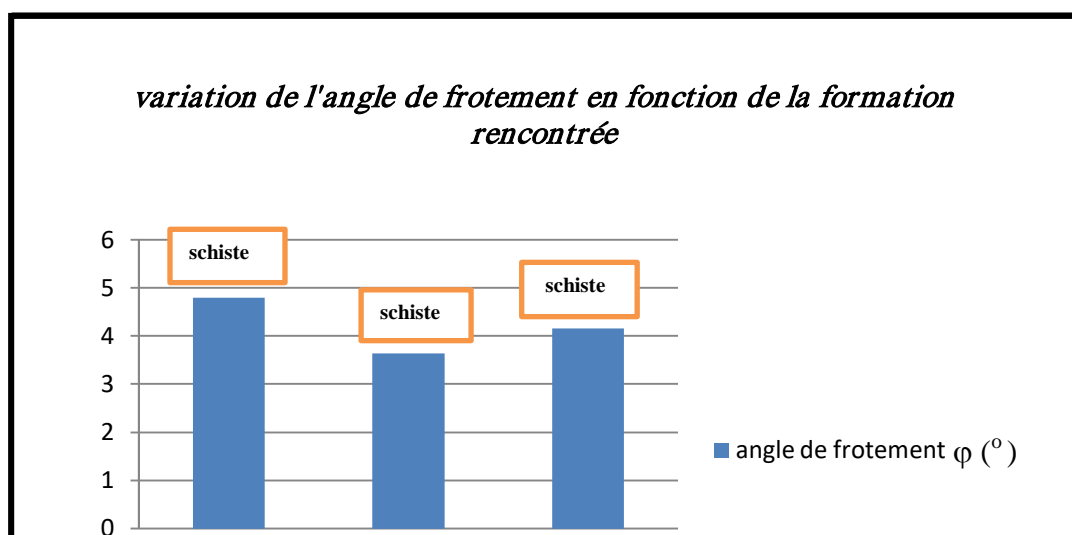


Figure. V.5: Variation de φ_u en fonction des formations rencontrées.

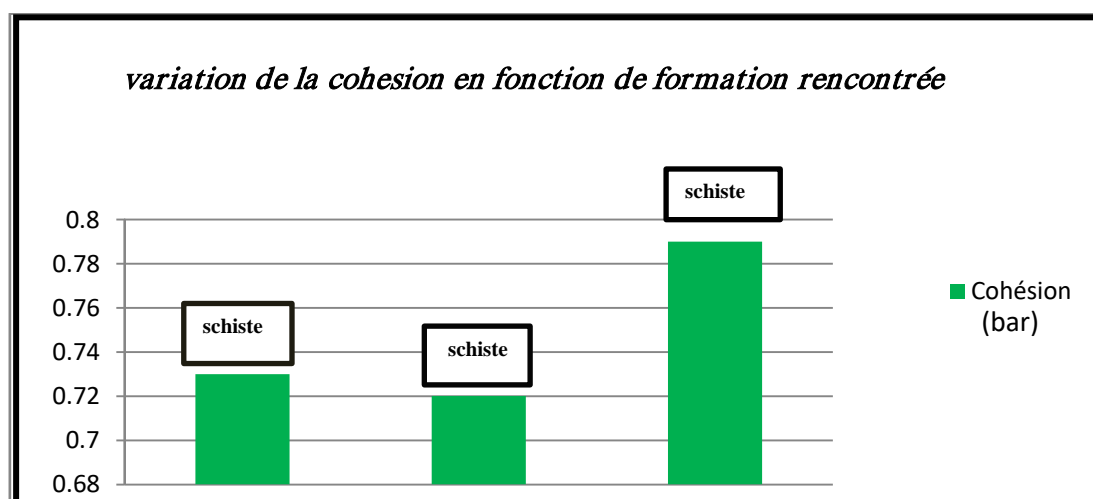


Figure. V.6: Variation de C_u en fonction des formations rencontrées.

V-3.2.4.2 Essai de compressibilité à l'oedomètre

Ces résultats sont donnés sous forme des courbes indiquant la variation de l'indice des vides du sol en fonction du $\log \sigma$. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.6: Valeurs des paramètres de l'essai de compressibilité à l'oedomètre (L.G.G Sétif, 2012).

Sondage	Paramètres de compressibilité à l'oedomètre	
Profondeur	C_c (%)	C_g (%)
P_c (bar)		
2,16	16,94	1,29
1,81	16,28	1,40
2,08	16,94	1,83

Selon les valeurs du tableau précédent, on a:

- $1,81\text{bar} < P_c < 2,16\text{bars}$.
- $16,28\% < C_c < 16,94\%$.
- $C_g < 4,5\%$.

D'après ces résultats de l'essai de compressibilité à l'oedomètre on peut conclure que le sol est sur-consolidé, moyennement compressible et non gonflant.

❖ Calcul de la compressibilité

Le tableau suivant donne les résultats de calcul de la compressibilité à l'oedomètre

Tableau V.7: Résultats de calcul de la compressibilité à l'oedomètre (L.G.G Sétif, 2012).

Sondage Profondeur	Nature lithologique	C_c	e₀	C_c/1+e₀	Observations
SC 05 (7,00-7,50 m)	Schistes	16,94	0,441	0,12	Sol moyennement compressible
SC 06 (6,50-7,50 m)	Schistes	16,28	0,471	0,11	Sol moyennement compressible
SC 07 (8,00-9,00 m)	Schistes	16,94	0,473	0,11	Sol moyennement compressible

De ces résultats on peut classer le sol dans la catégorie des sols de moyenne compressibilité.

❖ **Suivi et lecture des piézomètres:**

Les piézomètres ont été placés au niveau des sondages de S5, S6 et S7, après avoir vidé le trou de l'eau de la boue de forage, les lectures effectuées sont données dans le tableau suivant :

Tableau. V.8 : variation du niveau piézométrique

N° du piézomètre Date de lecture m	S5	S6	S7
30/09/2012	5.00	5.00	1.50
20/10/2012	3.50	3.20	1.20
18/11/2012	3.60	3.70	1.30
22/12/2012	3.50	3.60	1.20
26/01/2013	1.84	1.72	0.82
24/02/2013	1.85	1.63	0.73
20/03/2013	3.82	3.04	1.05
23/04/2013	4.81	4.72	1.82

De point de vue hydrogéologique et d'après le suivi des piézomètres, le site est caractérisé par un écoulement souterrain détecté par la fluctuation des niveaux piézométriques ayant montré un soulèvement du niveau d'eau signifiant un débit important en période pluvieuse et une diminution de ce niveau en période sèche.

Ainsi cet écoulement a été observé au cours de la réalisation des deux drains, l'un est situé au bas du talus de terrassement et l'autre sur la rive de la route à l'Est de la masse glissante.

V-4 Calcul des fondations superficielles

V-4.1 Contraintes admissibles du sol de fondation

V-4.1.1 Capacité portante à partir des essais de pénétration dynamique

La contrainte admissible d'une fondation superficielle est égale à (α) de la valeur de la résistance dynamique en pointe minimale déduite de la formule de battage des **Hollandais** exprimée :

$$Q_{adm} = R_d \text{ min}/\alpha \dots \dots \dots (7) \text{ (R.Frank; 2003).}$$

Avec :

Q_{ad} : Contrainte admissible de la fondation superficielle.

$R_d \text{ min}$: Résistance dynamique minimale de la pointe.

α : Coefficient variant de 20 à 30.

Les valeurs de la contrainte admissible obtenues pour des niveaux d'ancrage de la fondation compris entre 1 et 2m de profondeur sont reportées pour chaque essai dans le tableau suivant :

Tableau V. 9: Calcul de la contrainte admissible à partir des résultats de l'essai de pénétration dynamique

N° essai	Ancrage(m)		
	1 m	1,5 m	2 m
DPT 1	0,75	2,75	Refus
DPT 2	0,4	0,5	0,75
DPT 3	0,4	0,75	1,75
DPT 4	1,5	Refus	Refus
DPT 5	0,75	1,4	1,75
DPT 6	1,25	1,5	2
DPT 7	0,4	0,4	1
DPT 8	0,4	0,5	0,6
DPT 9	0,4	1	1,25
DPT 10	0,4	1,6	1
DPT 11	0,75	3,1	3,5
DPT 12	0,4	0,75	0,9
DPT 13	0,3	2,25	1,9
DPT 14	0,4	0,75	1,5
DPT 15	0,4	1,4	1,5
DPT 16	0,4	0,4	1,25

D'après les résultats de l'essai de pénétration dynamique on peut conclure que la contrainte admissible augmente en parallèle avec l'augmentation de la profondeur d'ancrage.

Le refus total à la pénétration est obtenu à la rencontre de niveaux très résistants à différentes profondeurs situées entre 1.20 m jusqu'à 12.60 m.

V-4.1.2 Capacité portante à partir des résultats des essais de laboratoire

Le calcul par la méthode de laboratoire considère une fondation à base horizontale, encastree dans un sol homogène et supportant une charge verticale centrée. Pour cela la formule suivante est utilisée pour le calcul de la contrainte admissible " Q_{ad} ":

✓ Pour une *semelle carrée* :

$$Q_{ad} = \gamma_1 \cdot D + \frac{(1 - 0,2 \cdot B/L) \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma + \gamma_1 \cdot D \cdot (N_q - 1) + (1 - 0,2 \cdot B/L) \cdot C \cdot N_c}{F_s} \dots \dots \dots (8)$$

(G. Sanglerat, J. Costet ; 1983).

✓ Pour une *semelle filante* :

$$Q_{ad} = \gamma_1 \cdot D + \frac{\gamma_2 \cdot B/2 \cdot N_\gamma + \gamma_1 \cdot D \cdot (N_q - 1) + C \cdot N_c}{F_s} \dots \dots \dots (9) \text{ (G. Sanglerat, J. Costet ;$$

1983).

γ_1 : Poids volumique apparent du sol au-dessus de la fondation (T /m³).

γ_2 : Poids volumique apparent du sol au-dessous de la fondation (T/m³).

D : Ancrage de la fondation (m).

B, L : dimensions de la fondation, largeur et longueur (m).

C : cohésion du sol (T/ m²).

N_γ , N_q , N_c : coefficients dépendants de l'angle de frottement interne du sol « ϕ »

Avec : N_γ : Facteur de portance dû aux poids des terres.

N_q : Facteur de portance dû à la surcharge.

N_c : Facteur de portance dû à la cohésion.

F_s : coefficient de sécurité pris égal à 3.

Tableau V.10: Valeurs des facteurs de portance (extrait du D.T.U 13.12)

φ°	N_γ	N_q	N_c	φ°	N_γ	N_q	N_c
0	0,00	1,0	5,14	30	21,8	18,4	30,1
5	0,00	1,56	6,47	31	25,5	20,6	32,7
10	1,00	2,49	8,45	32	29,8	23,2	35,5
11	1,20	2,71	8,80	33	34,8	26,1	38,7
12	1,43	2,97	9,29	34	40,9	29,4	42,2
13	1,69	3,26	9,80	35	48,0	33,3	46,1
14	1,99	3,59	10,4	36	56,6	37,8	50,6
15	2,33	3,94	11,0	37	67,0	42,9	55,7
16	2,72	4,33	11,6	38	79,5	48,9	61,4
17	3,14	4,77	12,3	39	94,7	56,0	67,9
18	3,69	5,25	13,1	40	113,0	64,2	75,4
19	4,29	5,80	13,9	41	133,0	73,9	83,9
20	4,97	6,40	14,8	42	164,0	85,4	93,7
21	5,76	7,07	15,8	43	199,0	99,0	105,0
22	6,68	7,83	16,9	44	244,0	115,0	118,0
23	7,73	8,66	18,1	45	297,0	135,0	135,0
24	8,97	9,60	19,3	46	366,0	159,0	152,0
25	10,4	10,7	20,7	47	455,0	187,0	174,0
26	12,0	11,8	22,2	48	570,0	223,0	199,0
27	13,9	13,2	24,0	49	718,0	265,0	230,0
28	16,1	14,7	25,8	50	914,0	319,0	267,0
29	18,8	16,4	27,9				

Les résultats obtenus pour des semelles carrées et filantes, ancrées à 1m, 1.5m et 2m de profondeur pour tous les sondages, sont reportés sur le **tableau V.10**.

Tableau V.11: Calcul des contraintes admissibles du sol de fondation à partir des résultats des essais de laboratoire.

	Ancrage	D=1m	D=1,5m	D=2m
Sondage	Type de fondation B=1,5m	Qad (bars)	Qad (bars)	Qad (bars)
SC05	Carrée	2,08	2,18	2,28
	Filante	1,77	1,89	1,96
SC06	Carrée	2,06	2,16	2,26
	Filante	1,75	1,85	1,95
SC07	Carrée	2,23	2,32	2,42
	Filante	1,89	1,98	2,08

Nous remarquons que les valeurs des capacités portantes augmentent avec la profondeur, donc nous proposons comme solution d'assise des fondations superficielles de type semelles carrées de largeur minimale de 1.5m et un ancrage D=2m.

Exemple de calcul (sondage N° 05) :➤ **Semelle carrée :**

$$B = L = 1,5\text{m}, D = 2 \text{ m}, F_s = 3$$

$$\gamma_1 = 1,65\text{T/ m}^3$$

$$\gamma_2 = 2,03$$

$$C = 0,73 \text{ bars} = 7,3\text{T/ m}^3$$

$$\varphi = 5^\circ$$

$$\begin{cases} N_\gamma = 0,00 \\ N_q = 1,56 \\ N_c = 6,47 \end{cases}$$

$$Q_{ad} = \gamma_1 \cdot D + [(1 - 0,2 B/L) \gamma_2 \cdot B/2 \cdot N_\gamma + \gamma_1 \cdot D (N_q - 1) + (1 + 0,2 B/L) C \cdot N_c] / F_s$$

$$Q_{ad} = 1,65 \cdot 2 + [(1 - 0,2 \cdot 1,5/1,5) 2,03 \cdot 1,5/2 \cdot 0 + 1,65 \cdot 2 \cdot (1,56 - 1) + (1 + 0,2 \cdot 1,5/1,5) \cdot 7,3 \cdot 6,47] / 3$$

$$Q_{ad} = 22,8 \text{ T/m}^2 = 2,28 \text{ bars.}$$

➤ **Semelle filante :**

$$B = L = 1,5\text{m}, D = 2 \text{ m}, F_s = 3$$

$$Q_{ad} = \gamma_1 \cdot D + [(\gamma_2 \cdot B/2 \cdot N_\gamma + \gamma_1 \cdot D (N_q - 1) + C \cdot N_c) / F_s]$$

$$Q_{ad} = 1,65 \cdot 2 + [(2,03 \cdot 1,5/2 \cdot 0 + 1,65 \cdot 2 \cdot (1,56 - 1) + 7,3 \cdot 6,47) / 3]$$

$$Q_{ad} = 19,6\text{T/m}^2 = 1,96 \text{ bars.}$$

V-5 Calcul du tassement**V-5.1 Calcul des tassements à partir des résultats de l'essai oedométrique**

Calculons le tassement total induit au sol par des semelles isolées carrées pour une profondeur d'ancrage D de **1,50m**.

Le tassement absolu est estimé à partir de la formule suivante :

$$\Delta H = H \cdot \frac{\Delta e}{1 + e_0} \dots\dots\dots(10) \text{ (R. Frank ; 2003).}$$

Avec :

ΔH : tassement total (cm)

H : hauteur de la couche tassant

e_0 : Indice des vides initial

e_f : Indice des vides final

Δe : variation de l'indice des vides.

Les résultats de calcul du tassement sont représentés dans le tableau V.11:

Tableau V.12 : Valeurs des tassements en fonction de la charge transmise à la fondation.

Sondage N°:	Charge de 20 T/m ²								
	σ_0 (bars)	e_0	e_{0+1}	$\Delta\sigma$ (bars)	σ_f (bars)	e_f	Δe	H	ΔH cm
SC05	0,761	0,441	1,441	0,319	1,08	0,407	0,034	1,5	3,53
SC06	0,765	0,471	1,471	0,315	1,08	0,435	0,036	1,5	3,67
SC07	0,746	0,473	1,473	0,32	1,06	0,438	0,035	1,5	3,56

Le tassement absolu est de l'ordre de **3,5cm**, donc on peut dire que le sol étudié tasse d'une manière qu'on peut qualifier d'**admissible**.

Exemple de calcul (sondage N° 05)

Pour une charge de 20T :

❖ *Semelle carrée :*

$$\sigma_0 = \gamma_h \times \left(D + \frac{3B}{2} \right) \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{avec : } \begin{cases} D = 1,5m \\ B = 1,5m \\ \gamma_h = 2,03 \text{ T/m}^3 \\ Z = \frac{3B}{2} = 2,25m \end{cases}$$

$$= 2,03 \times \left(1,5 + \frac{3 \times 1,5}{2} \right)$$

$$= 2,03 \times 3,75$$

➔ $\sigma_0 = 7,61 \text{ T/m}^2 = 0,761 \text{ bars}$

Sachant que : $\sigma_{f1} = \sigma_0 + \Delta\sigma_z$, avec : $\Delta\sigma_z = \frac{q.L.B}{(L+Z).(B+Z)}$

➤ *Semelle carrée :*

$$L = B \Rightarrow \Delta\sigma_z = \frac{q \cdot B^2}{(B + Z)(B + Z)} = \frac{q \cdot B^2}{(B + Z)^2} \dots\dots\dots(12)$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{20 \cdot 2,25}{14,06} = 3,20 \text{T/m}^2$$

➔ $\Delta\sigma_z = 3,20 \text{T/m}^2 = 0,32 \text{bars}$

D'après les données obtenues des courbes de compressibilité on obtient :

$$\Delta e = e_0 - e_f \dots\dots\dots(13)$$

- Pour le sondage 05: $\left\{ \begin{array}{l} e_0 = 0,441 \\ e_f = 0,407 \\ \Delta e = 0,034 \end{array} \right.$

- Pour le sondage 06 $\left\{ \begin{array}{l} e_0 = 0,471 \\ e_f = 0,435 \\ \Delta e = 0,036 \end{array} \right.$

- Pour le sondage 07 $\left\{ \begin{array}{l} e_0 = 0,473 \\ e_f = 0,435 \\ \Delta e = 0,035 \end{array} \right.$

VI.1 Introduction

Les mouvements et glissements de terrain sont très souvent des accidents graves de grande ampleur qui provoquent des dégâts matériels considérables et peuvent causer des pertes en vies humaines sous l'effet de la dégradation du sol ou sous-sol par des différents facteurs naturels (eau, pesanteur, séisme, etc.) ou anthropiques (exploitation de matériaux, déboisement, terrassement, etc.). L'intérêt que provoquent les phénomènes d'instabilité de terrain s'est fortement augmenté ces dernières décennies, surtout en raison des dégâts occasionnés par divers événements catastrophiques. L'augmentation des dégâts et des coûts liés aux instabilités de terrain est devenue une source de préoccupation qui touche presque l'ensemble du territoire national. Il est donc primordial, pour établir des plans d'aménagement du territoire, non seulement d'identifier ces phénomènes, mais également de mieux cerner leur comportement afin d'anticiper des dégâts probables.

Les glissements de terrain sont des mouvements de masses compactes et/ou de terrain meuble glissant vers l'aval. Ils résultent d'une rupture par cisaillement et se produisent en général sur des talus ou des versants de pente modérée à raide. Les instabilités naturelles de ce genre apparaissent sous de nombreuses formes, étonnamment diversifiées. (F. Schlosser, 1988).

Le glissement de terrain étudié s'étend approximativement sur **75 m** de largeur et **145 m** de longueur (*Photo VI.1*).

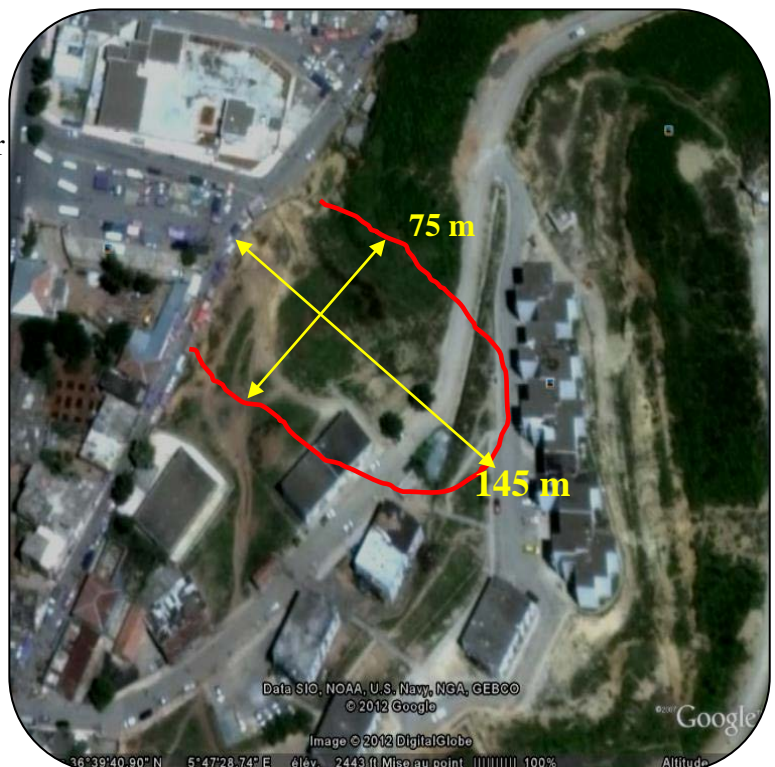


Photo.VI.1. Situation géographique de la zone étudiée (image Google Earth).

Les travaux géologiques de terrain nous ont permis de relever la zone instable, particulièrement le glissement de terrain qui se trouve au près de la gare de bus de Texenna (voir *Figure VI.1*). Parmi les dégradations observées en cite entre autre :

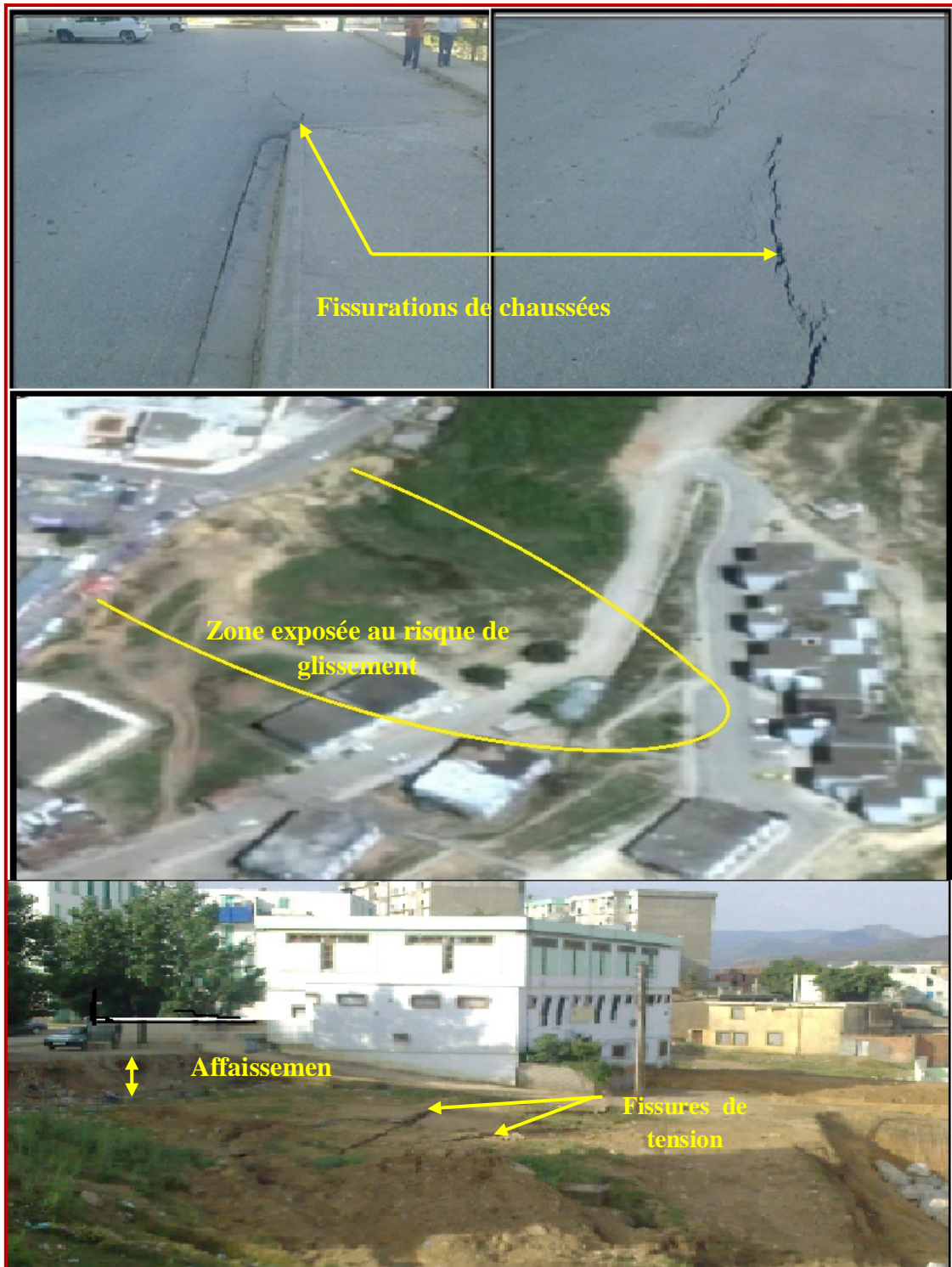


Figure.VI.1 : Désordres affectant le glissement.

- Affaissement important avec des fissurations et rupture de sol surtout au niveau des zones de Faiblesse (*Photo VI.2*).



Photo.VI.2 : Crevasse et fissure parallèles au front de taille.

- Présence d'indices d'instabilités qui se matérialisent par des affaissements, et présence de bourrelets ; on y relève également des fissures et inclinaisons des constructions vers le bas de la pente (*Photo. VI.3*).



Photo.VI.3 : Désordres sur les constructions

La sensibilité des schistes à l'action de l'eau joue un double rôle dans la dégradation du sol :

a. Action mécanique

L'eau circulant dans les fissures agit d'abord d'une façon uniquement mécanique par des alternances « humidification – dessiccation ». Ainsi, à partir des fissures principales se forme progressivement un réseau de plus en plus serré qui pénètre profondément et abouti à une désagrégation complète de la frange concernée en petits blocs unitaires ou feuillets de plus en plus réduits.

b. Action chimique

L'action chimique provoque l'altération de la périphérie des blocs unitaire. En effet cette action est surtout importante lorsque les matériaux schisteux subi une surface de plus en plus grande au contact des eaux circulants dans les fissures. Ainsi du point de vue géotechnique, l'altération s'accompagne de la variation des paramètres suivants : l'augmentation de l'indice de plasticité, l'augmentation du passant à 2μ , la diminution de la densité et l'augmentation de l'indice des vides, la diminution de la résistance notamment au cisaillement. Les caractéristiques physico-chimiques décroissent rapidement lorsque le degré de saturation augmente. La conséquence du changement du comportement du terrain est l'apparition de rupture. Ces sols sont notamment les schistes, selon la classification géotechnique sont répertoriés dans les matériaux évolutifs, il peut passer d'un comportement de plus satisfaisant à un comportement catastrophique.

VI.3 Principaux facteurs de glissement de terrain

Les visites sur sites que nous avons effectuées ont permis d'identifier plusieurs causes et facteurs du mouvement des terres. La combinaison de ces facteurs est à l'origine du déclenchement de ces mouvement de terrain tel que :

- **La nature et la structure de terrain:** La couche des schistes très altérées et de remblai est glissée, avec des épaisseurs importante (varie entre 1 m à 8 m). Le glissement est survenu suite à des infiltrations d'eau du coté amont et l'absence totale de drainage.

- **Morphologie du terrain défavorable** (pente et hauteur moyenne)

-**Causes d'origine naturelle :** la forte pluviométrie et eaux de ruissellement sur la masse instable, via le lotissement surplombant le site, qui viennent s'ajouter aux eaux provenant de l'amont, la couverture neigeuse, favorise elle aussi, lors de sa fonte lente l'imbibition des terrains qu'elle recouvre, avec la présence d'une nappe phréatique superficielle.

- **Causes d'origine anthropiques :** suite à des travaux de terrassement (surcharge du talus déjà instable, décharge en pied surprimant une butée stabilisatrice, rejet d'eaux).

VI.4 Analyse de stabilité

La recherche par voie manuelle du cercle critique (cas où la rupture est probablement circulaire), nécessite souvent le calcul de plusieurs cercles, ce qui est une opération compliquée et lente, alors que dans le cas où la rupture est non circulaire le calcul sera très difficile.

Des calculs de vérification de stabilité ont été effectués au niveau du site étudié. On utilise dans cette vérification le calcul automatique par le **logiciel Géo-Slope**.

VI.4.1 Calcul de stabilité

Il est clair que chacune des hypothèses simplificatrices énoncées dans les méthodes de calcul théorique peut être discutée. Avec un programme de calcul, on peut admettre des simplifications moins importantes et prendre en compte par exemple l'intercalation entre les différents paramètres, les surfaces de rupture non circulaires, voir même le calcul à trois dimensions.

L'usage des programmes informatiques facilite l'analyse de la stabilité des talus. Le principal avantage de l'outil informatique est la possibilité de tester à coût très faible, un très grand nombre de surfaces de rupture en temps minimum et de déterminer celle qui est la plus critique.

On peut également faire varier les conditions géométriques, géotechniques et hydrauliques le long d'une même surface et comparer l'influence des différents facteurs. Cela permet, par exemple d'évaluer en modifiant les conditions aux limites, quels sont les résultats à attendre des travaux de stabilisation (*Benaissa, 2003*).

VI.4.2 Hypothèse de calcul

Dans nos calculs de stabilité, nous avons utilisé le logiciel Géo-Slope, ce dernier utilise la théorie de l'équilibre limite basée sur les méthodes des tranches de **Fellenius, Bishop et Janbu**.

Le calcul de la stabilité peut être effectué dans deux circonstances bien distinctes, avant ou après déclenchement de mouvement (glissement) :

Parmi les méthodes de calcul à la rupture on a :

- **La méthode globale** consiste à ce que le massif soit homogène et isotrope et il est défini par les caractéristiques suivantes : **C**, **ϕ** et **γ** , si le milieu est aquifère la pression interstitielle **U** se rajoute à ces paramètres (**G. Filliat, 1981 ; J. Costet et al, 1983**).

- **La méthode des tranches** : est une méthode suédoise due à **Petterson (1916)**, qui a subi plusieurs adaptations au fil des ans tel que son développement par **Fellenius** en **1927** pour les ruptures circulaires, par **Bishop** en 1954 et en fin elle a été étendue aux ruptures non circulaires par **Nonveiller** en 1965 (**J. Costet et al, 1983**).

Les valeurs de FS en fonction de l'état de talus sont résumées dans le tableau.

Tableau.VI.1 : Valeurs de coefficient de sécurité FS données en fonction de l'état de talus

Fs	Etat de talus
< 1	Le talus est instable
1 < Fs < 1.5	Le talus est douteux
Fs > 1.5	Le talus est stable

VI.4.3 Mesures de sécurité générale contre les glissements de terrain dans le site étudié

Les causes des dommages étant cernés, nous préconisons d'adopter la stratégie suivante pour la stabilisation du site et le confortement de site.

Le talus est constitué principalement par deux couches, la première couche c'est un schiste et une deuxième couche de remblai.

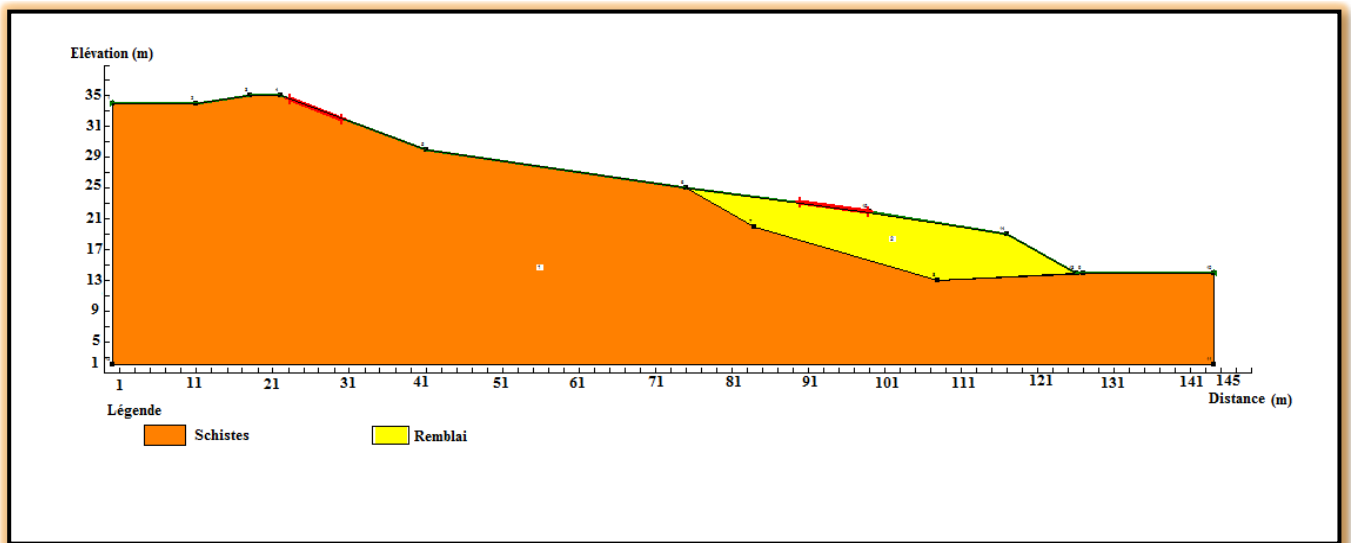


Figure .VI.2 : Géométrie du profil utilisé

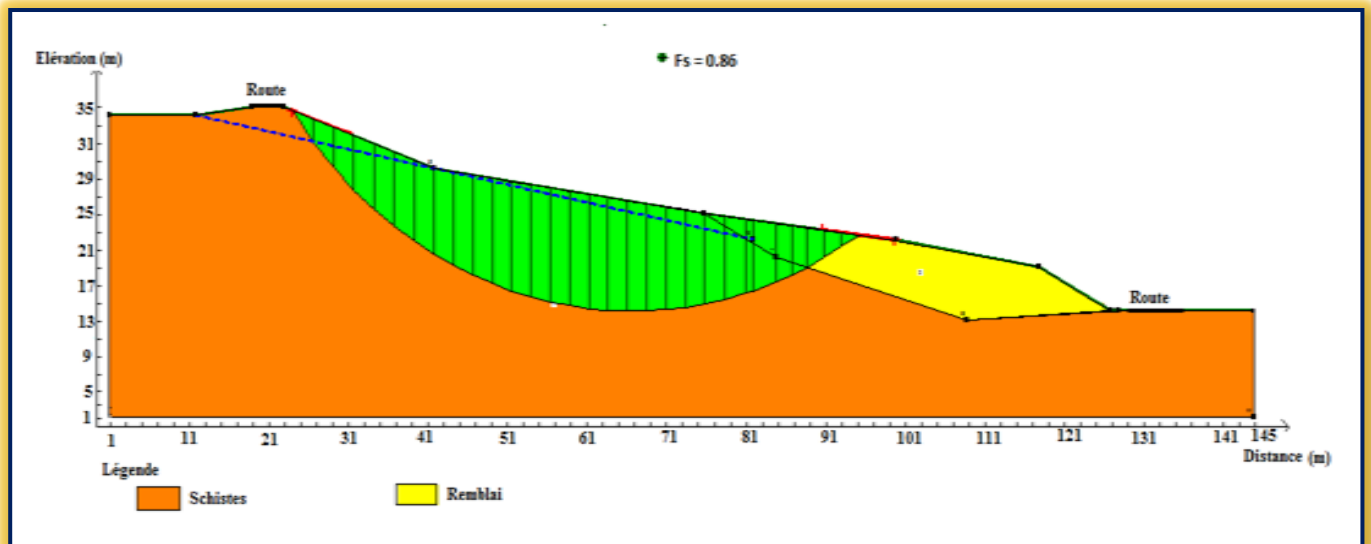


Figure.VI.3 : Cercle de glissement dans l'étude de stabilité à l'état initial.

Tableau.VI.2 : Valeurs de coefficient de sécurité FS à l'état initial.

Méthodes de calcul	Fs
Ordinary	0.761
Bishop	0.86
Junbu	0.74

Tableau IV.3: Caractéristiques des couches constituant le site

Matériaux	δ_h (T/m ³)	C (bar)	ϕ (°)
Remblai			
Schiste	2.07	0.73	4.8

Le confortement des talus est défini comme l'ensemble des méthodes qui servent à stabilisés la masse de terrain instable.

a. Action sur la topographique par reprofilage du talus :

Le reprofilage reste le moyen d'action le plus naturel dans le cas d'un terrain en pente, il s'agit d'améliorer la stabilité en réduisant la pente moyenne du talus par terrassement. Cette première action a donné une amélioration de la stabilité du talus. Les résultats sont mentionnés dans le tableau (VI.4).

Tableau.VI.4 : Valeurs de coefficient de sécurité FS après reprofilage.

Méthodes de calcul	Fs
Ordinary	0.93
Bishop	1.01
Junbu	0.89

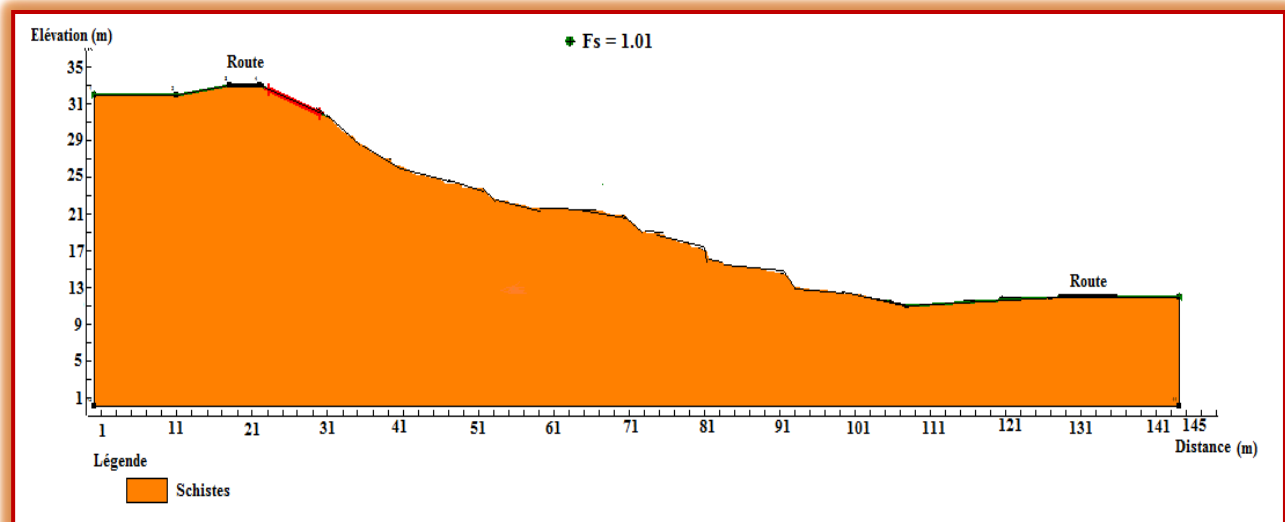


Figure.VI.4 : Etude de stabilité de talus après reprofilage.

b. Action de terrassement

- Effectuer les terrassements en gradins, et que chaque parcelle doit être équipée d'un système de drainage efficace et propre à ses spécificités.
- Les terrassements devront débiter des parties sommitales pour diminuer les moments moteurs.
- Les sols sont très sensibles à l'eau, où leur saturation entraîne une chute de portance, est une pression interstitielle plus importante, il est donc préférable d'effectuer les terrassements et l'ouverture des fouilles par saison sèche où en période climatique favorable.
- On élimine les remblais qui sont des matériaux d'apport provenant des terrassements des terrains avoisinants (*Figure.VI.5*).

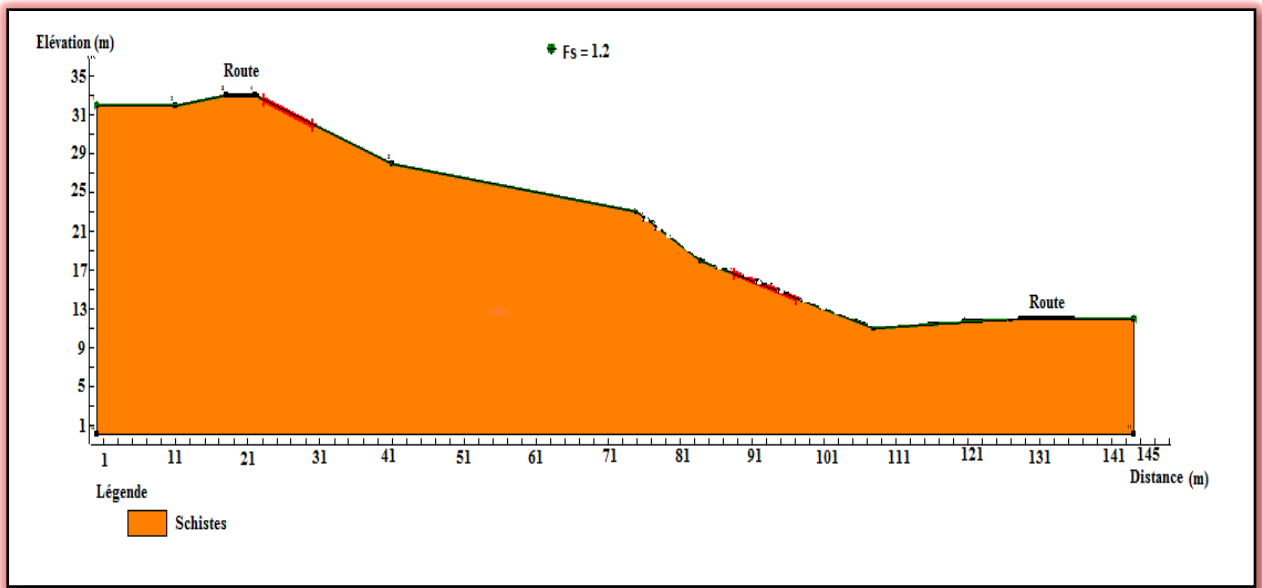


Figure.VI.5 : Etude de stabilité après terrassement.

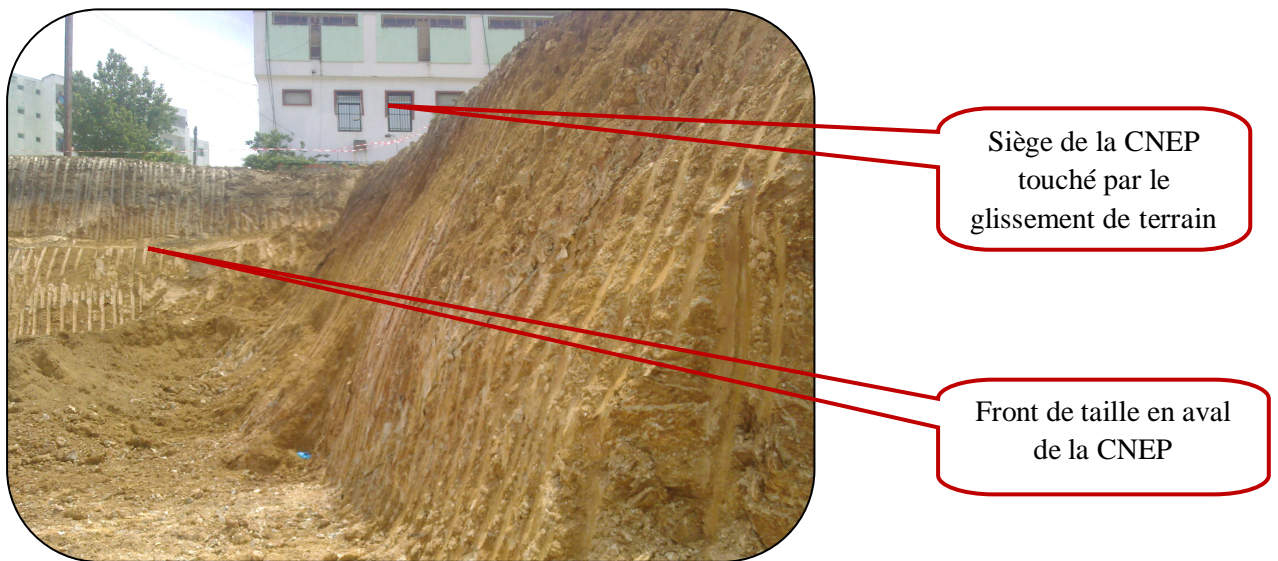


Photo.VI.4 : Front de taille en aval de la CNEP.

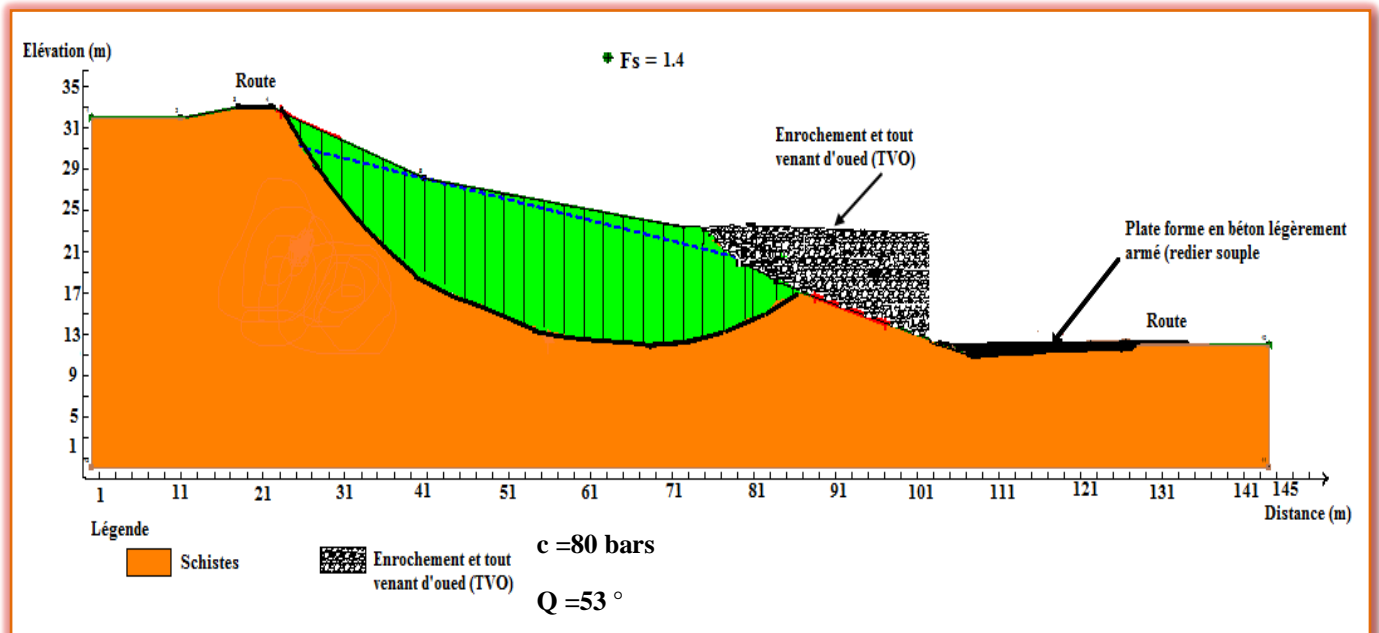
c. *Enrochement*

Figure.VI.6 : Stabilité du talus en présence d'enrochement

d. *Drainage*a. *Superficiel :*

Le drainage des eaux superficielles par la mise en place des caniveaux pour diminuer l'action d'eau et limiter l'infiltration des eaux en profondeur (tranchée, fossé) afin d'imperméabiliser au maximum ces terrains. On peut signaler que les chaabets constituent des zones favorables pour la confection des drains superficiels (*PhotoFig.VI.5*).

b. *Profond :*

Pour abaisser le niveau de la nappe avant toute construction. Ce dernier doit être d'une profondeur de un (1) mètre au minimum au-dessous des fondations.

c. Prévoir un système d'assainissement très efficace.



Photo.VI.5 : Réalisation des caniveaux

e. Gabionnage

Dans notre cas le gabionnage mis en place doit être enlevé sur la zone touchée par le glissement.

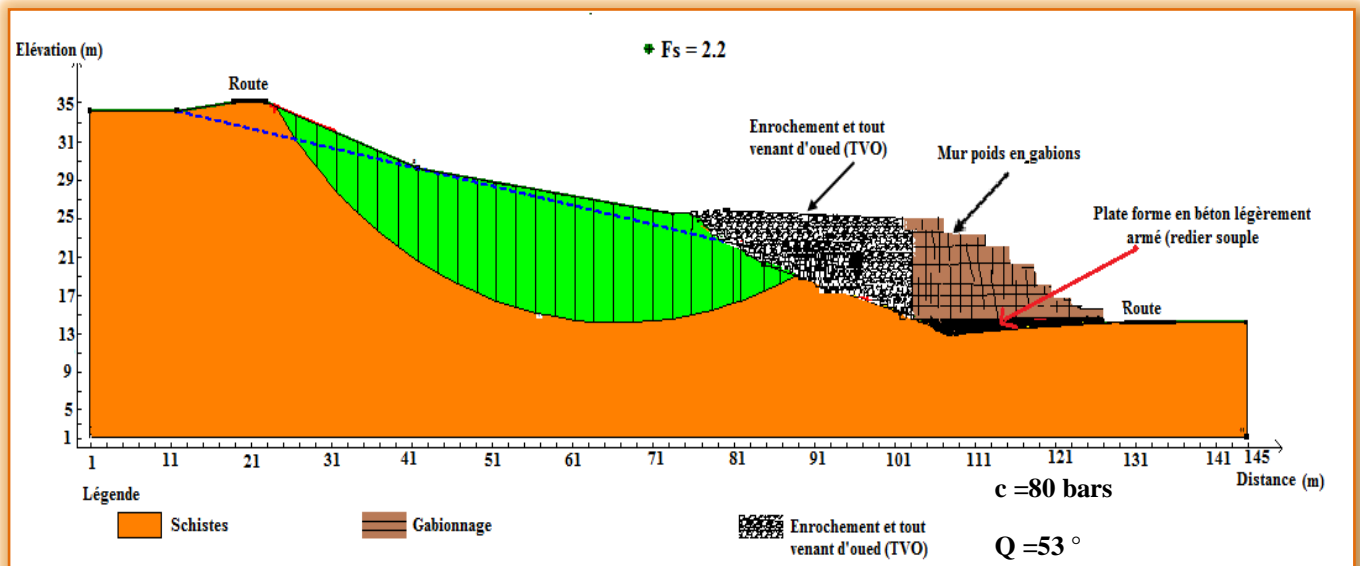


Figure.VI.7 : Stabilité du talus en présence de gabionnage



Photo.VI.6:La mise en place du gabionnage

Liste des figures

Chapitre I

Figure .I.1 : Situation géographique de la région de Texenna.....	2
Figure .I.2 : Situation géographique de la région étudiée, (Extrait de la carte topographique de Texenna au (1/25000)).....	3
Figure .I.3: Carte des pentes de la région de Texenna.....	6
Figure .I.4: Réseau hydrographique de la région étudié (Carte topographique de Texenna 1/25000).....	7

Chapitre II

Figure .II.1 : Coupe géologique des unités alpines de Petite Kabyle -Région de jijel- (Rouikha, 2014).....	10
Figure .II.2: Carte géologique de la région de Texenna (Carte géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique et des régions voisines, Durand Delga. Echelle 1/200000).....	14
Figure. II.3: Carte géologique de la région d'étude (Djellit, 1989) légèrement modifiée.....	15
Figure .II.4: Carte sismique de l'Algérie selon le RPA (version, 2003).....	18

Chapitre III

Figure .III.1: Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel, d'après A.N.R.H.1996.....	20
Figure .III .2 : Courbe des précipitations moyennes mensuelles de la période (2005-2015) (Station barrage El-Agrem).	21
Figure .III.3 : Répartition saisonnière des précipitations enregistrés à la station du barrage El-Agrem de la période(20052015).....	22
Figure .III.4 : Données des Températures moyennes mensuelles de la station de barrage El-Agrem (Période 2005,2015).....	24
Figure .III.5 : Diagramme Ombrothémique de barrage El-Agrem (Période 2005,2015).....	25
Figure. III.6 : Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite de la station de barrage El-Agrem (Période 2005,2015).....	29
Figure .III.7 : Relation Amont -aval des systèmes aquifères du sous bassin versant El Agrem (Tekkouk, 2005).....	33

Chapitre IV

Figure IV.1: carte des situations des profils.....	34
Figure IV .2 : Pseudo-section du profil N°01.....	35
Figure IV .3 : Pseudo-section du profil N°02.....	36

Chapitre V

Figure V.1 : situation géographique de la zone étudiée(image Google Earth2012).....	38
Figure .V.2 : Carte d'implantation des essais de reconnaissance géotechnique (L.G.G Sétif).....	39
Figure. V.3 : Profils géotechniques.....	40
Figure .V.4 : Diagramme de classification des sols fins de Casagrande.....	43
Figure .V.5 : Variation de φ_u en fonction des formations rencontrées.....	45
Figure .V.6 : Variation de c_u en fonction des formations rencontrées.....	46

Chapitre VI

Figure.VI.1 : Désordres affectant le glissement.....	54
Figure .VI.2: Géométrie du profil utilisé.....	59
Figure.VI.3 : Cercle de glissement dans l'étude de stabilité à l'état initial.....	60
Figure.VI.4: Etude de stabilité de talus après reprofilage.....	61
Figure.VI.5 : Etude de stabilité après terrassement.....	62
Figure.VI.6: Stabilité du talus en présence d'enrochement.....	63
Figure.VI.7 : Stabilité du talus en présence de gabionnage.....	64

Liste des photos

Chapitre II

Photo. II.1 : Illustration de la superposition des conglomérats du Pliocène et des marnes Miocènes au niveau de Rekkada Meteletine.....	11
Photo. II.2 : Illustration de la superposition normale des conglomérats du Pliocène les marnes Miocènes au niveau du 14 Km au Sud-Est de la ville de Jijel.....	12
Photo. II.3: Photo illustrant un affleurement de Trias au niveau de l'oued Djen- Djen.....	13
Photo. II.4 : Photo illustrant les plissements N-S visibles dans les formations du flysch massylien.....	16
Photo. II.5 : Photo illustrant les plissements E-W visibles dans les formations du flysch massylien.....	16
Photo. II.6 : Photo illustrant les déformations cassantes visibles dans les formations du flysch massylien.....	17

Chapitre VI

Photo. IV.1 : Appareillage utilisé.....	33
--	----

Chapitre VI

Photo.VI.1: Situation géographique de la zone étudiée (image Google Earth).....	54
Photo.VI.2 : Crevasse et fissure parallèles au front de taille.....	56
Photo.VI.3 : Désordres sur les constructions.....	56
Photo.VI.4 : Front de taille en aval de la CNEP.....	62
Photo.VI.5 : Réalisation des caniveaux.....	64
Photo.VI.6: La mise en place du gabionnage.....	65

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre III

Tableau III.1 : Caractéristiques de la station barrage d'El-Agrem. (A.N.R.H).....	20
Tableau III.2 : Moyennes mensuelles des précipitations de la station barrage El-Agrem pour la période (2005-2015)	21
Tableau III.3 : Taux de participations saisonnières	22
Tableau III.4 : Répartition de la neige (P.Seltzer, 1946).....	23
Tableau III.5 : Nombre moyen des jours de la gelée blanche (P.Seltzer, 1913,1938).....	23
Tableau III.6 : Données des Températures moyennes mensuelles (Station barrage El-Agrem, 2005-2015)	24
Tableau III. 7 : Paramètres du diagramme Ombrothermique (station barrage El-Agrem, 2005-2015).25	
Tableau III.8 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration potentielle (station Barrage El-Agrem, 2005,2015)	27
Tableau III.9 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration réelle selon Thornthwaite (station Barrage El-Agrem, 2005,2015)	28
Tableau III.10 : Valeurs des corrections (C) des lames écoulées (Re).....	30
Tableau III.11 : Perméabilité des différentes formations de la région d'étude.....	31

Chapitre V

Tableau V.1 : Résultats des sondages carottés (L.G.G Sétif2012).....	41
Tableau V.2 : Résultats des analyses physiques (L.G.G Sétif2012)	42
Tableau V.3 : Valeurs des limites d'Atterberg (L.G.G Sétif2012).....	43
Tableau V.4 : Résultats des analyses chimiques (L.G.G Sétif2012)	44
Tableau V.5 : Valeurs des caractéristiques intrinsèques (C_u) et (ϕ_u) mesurés (L.G.G Sétif 2012).....	45
Tableau V.6 : Valeurs d'essai de compressibilité à l'oedomètre (L.G.G Sétif2012).....	46
Tableau V.7 : les résultats de calcul de la compressibilité a l'oedomètre(L.G.G Sétif 2012) .47	
Tableau V.8 : Variation du niveau piézométrique.....	47
Tableau V.9 : calcul de la contrainte admissible à partir des résultats de l'essai de pénétration dynamique.....	48
Tableau V.10 : Valeurs des factures de portance (extrait du D.T.U13.12).....	50
Tableau V.11 : Calcul des contraintes admissibles du sol de fondation à partir des résultats des essais de laboratoire.	50
Tableau V.12 : Valeurs des tassements en fonction de la charge transmise à la fondation	52

Liste des tableaux

Chapitre VI

Tableau.VI.1 : Valeurs de coefficient de sécurité FS données en fonction de l'état de talus.....	59
Tableau.VI.2 : Valeurs de coefficient de sécurité FS à l'état initial	60
Tableau.VI.3 : Caractéristiques des couches constituant le site	60
Tableau.VI.4 : Valeurs de coefficient de sécurité FS après reprofilage	61

Deuxième partie

IV. Etude géophysique

V. Etude géotechnique

VI. Etude de stabilité

Troisième partie

VII. Conclusion générale et recommandations.

Abstract:

Texenna area is currently experiencing many unstable areas associated to very significant ground movement. These landslides caused severe damage to infrastructure in the region and pose a continuing threat to them.

This geophysical approach aims to determine the nature lithology, depth of the water table, and depth of the rupture associated with some landslides, by the tomography.

Geotechnically, the results of the identification of soil and mechanical testing trials have demonstrated a quality of dense soil, slightly moist, non-swelling.

The study shows that most volatile areas of this region are mainly related to: **1)** lithology **2)** the slopes are very thin slope **3)** to a very high rainfall and snow cover in winter, and **4)** the presence of a shallow aquifer. The geological work (hydrogeology, tectonic, lithological mapping detail ... etc), and geotechnical and geophysical designed to map potentially volatile areas of this region by the software Arc GIS.

The proper diagnosis of these movements allows the adoption of the most appropriate solutions.

Key words: Texenna, , Landslides, Arc GIS, Tomography.

Conclusion générale et recommandations

L'étude que nous proposons dans ce travail concerne le glissement survenu sur le site d'implantation du siège de la nouvelle daïra et résidence à Texenna, wilaya de Jijel d'une superficie de 1.5 hectares. Elle a été faite dans l'esprit de contribuer à un meilleur diagnostic de cet aléa et à l'identification des facteurs qui en sont à l'origine. Cette étude s'est basée sur la combinaison des données géologiques, hydrologiques et géotechniques.

Les deux (02) profils d'imagerie électrique a montré que la région est caractérisé par trois gammes de résistivités pour la première comprise entre 31 à 57 Ωm sur une épaisseur de 12 à 24 mètres et la deuxième comprise entre 5 à 10 Ωm , apparaît entre 1 et 9 mètres et la troisième comprise entre 16 à 31 Ωm .

D'après l'étude géotechnique, les résultats des essais d'identification du sol et des essais mécaniques ont mis en évidence une qualité du sol dense, humide et non gonflant avec une résistance des sols qui augmente avec la profondeur.

A l'issue de cette étude et d'après les résultats de calculs de stabilité nous avons constaté que le glissement de terrain étudié est amplifié suite à plusieurs facteurs qui peuvent être scindés en deux groupes :

➤ Facteurs passifs ou hérités en relation avec les caractéristiques propres du site à savoir :

- La nature lithologique de la masse en mouvement qui est constituée essentiellement par un Remblai et des Schistes
- Le paysage géomorphologique assez irrégulier marqué par la présence des ravins et des pentes très fortes dont les valeurs variant entre 34 à 53°.
- La structure tectonique.

➤ Facteurs actifs ou facteurs déclenchant en relation avec des agents externes qui, par leurs actions, déstabilisent les talus. Parmi ceux on distingue :

- Le climat : en particulier les précipitations, comme le montre les données pluviométriques qui contribuent amplement à diminuer la résistance au cisaillement du sol.
- Il est difficile de différencier la part de responsabilité de chacune au moment du mouvement, néanmoins comme nous l'avons déjà indiqué, l'eau reste l'agent prépondérant, et le moteur de la plupart des actions des autres facteurs.

La proposition des solutions pour remédier à ces mouvements de terrain doit impérativement prendre en considération ces facteurs.

Suite à notre étude on recommande de :

- Réaliser un réseau de drainage sur le talus et les alentours afin d'évacuer les eaux de ruissellement et les eaux pluviales et de diminuer ainsi l'érosion verticale et l'infiltration dans le sol.
- Réalisation des ouvrages poids : mur en gabions, masques drainants, enrochement ...etc.
- Reboisement des talus par des arbres consommant beaucoup d'eau et ayant un réseau de racines assez denses.
- Reprofilage du talus.

- Aouka, M. KhelifiKhalifa, N (2012):** *Etude géologique, géophysique, géotechnique et modélisation numérique du site du P.O.S N:01 de la région de Texenna wilaya de Jijel .mém d'ingénieur d'état, Univ. De Jijel.*
- Benaissa, A.,** « Glissements de terrain, calcul de stabilité », Éditions O.P.U, Algérie, 2003, 95 pages.
- Bockel(1999).**
- Bouillin, J.P. & Raoult, J.F. (1971):** *Présence sur le socle Kabyle du constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs; le Numidien peut être un néo-autochtone? Comte Rendu : Somm. Soc. Géol. France, 7 :117P.*
- CTTP. Jijel** «*Etude de Confortement du glissement sur le CW135B au PK57+000*», rapport géotechnique, Octobre 2013, 28
- Chouteau M et Giroux B.(2006).**Géophysique Appliquée II méthodes électrique. Notes de cours. Ecole polytechnique.81p.
- Djellit. H,(1987):***évolution tectono-métamorphique de socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse doctorat d'état,Univ, de paris-sud, centre d'Orsay*
- Durand Delga, M. (1955):***Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Thèse d'Etat. Paris, Publ.serv. Carte géol. Algérie, 24,533P.*
- Frank R (2003).***Calcul des fondations superficielles et profondes, technique de l'ingénieur. Presse de l'école Nationale des ponts et chaussées.141p.*
- Géosol., -(2011)-** *Rapport d'étude géotéchnique du POSN°1 de Texenna-Jijel.*
- G. Sanglerat, et J. Costet, (1983)** “*Cours pratique de mécanique des sols*”, Tome II- calcul
- G.Fillat,1981;J.Costet et al ,(1983)**
- J.Costet et al ,(1983)** “*Cours pratique de mécanique des sols*”, Tome II- calcul.
- Kherrouba, H. (2008):** *Etude géologique et géotechnique des zones instables de la région de Texenna-Djimla, wilaya de Jijel(Algérie)), mém. magister, Univ.de Jijel, 162P.*
- Laboratoire (L.G.G Sétif), (2012):** *Rapport d'étude géotéchnique Texenna-Jijel.*
- Philipponat, G. et Bertrand, H.,** « *Fondations et ouvrages en terre* », Éditions Eyrolles, 2003, 548 P.
- Rouikha, Y (2008):** *Étude géologique et géomécanique des roches carbonatées de la région Chekfa-Chahna(wilaya de Jijel),mém, magistère,Univde Jijel.50P.*

Références bibliographiques

-Schlossev. F, (1988) : élément de mécanique des sols, presse de l'école nationale des pentes et chaussées Paris.

-Tekkouk, M. (2005): Etude de la pollution par les sulfates des eaux du bassin versant de l'oued Djen-Djen. mém, magister. Univ. Constantine. Algérie, 162P.

-Yelles et al (1999).

Résumé

La région de Texenna connaît actuellement de nombreuses zones instables associés à des mouvements de terrain très importants. Ces mouvements de terrain ont causé de graves préjudices aux infrastructures de la région et constituent une menace permanente pour ces dernières.

L'objectif de notre travail est de contribuer à la connaissance de ces mouvements de terrain sur le plan géologique, géophysique; et géotechnique. Il s'agit de définir les principales causes de ces instabilités : facteurs géologiques, géomorphologiques, hydrogéologiques et géotechniques.

L'approche géophysique consiste à traiter les données géophysiques disponibles de résistivité électrique en exploitant ces données sous forme d'images tomographique du sol. Cette approche géophysique a pour but de déterminer la nature lithologique, la profondeur de la nappe aquifère, et la profondeur de la rupture associée à ce glissement de terrain.

Sur le plan géotechnique, les résultats des essais d'identification du sol et des essais mécaniques ont mis en évidence une qualité du sol dense ,humide ,non gonflant .

L'étude montre que la plupart des zones instables de cette région sont essentiellement liées **1)** à la lithologie **2)** aux pentes des talus très raides **3)** à une pluviométrie très importante, ainsi que la couverture neigeuse en hiver, et **4)** à la présence d'une nappe aquifère superficielle. Les travaux géologique (hydrogéologie, tectonique, cartographie lithologique de détail...etc), et les travaux géotechniques et géophysiques permettent de cartographier les zones potentiellement instables de cette région par le logiciel Arc GIS. Le bon diagnostic de ces mouvements permet l'adoption des solutions les plus appropriées.

Mots clés : Texenna, Tomographique , glissement de terrain, Arc GIS.

المخلص:

تعرف منطقة تاكسنة حاليا بعدة مناطق غير مستقرة ناتجة عن إنزياحات كتلية معتبرة. تسبب هذه الانزياحات الكتلية أضرارا بالغة في البنية التحتية للمنطقة و تهديدا دائما لها.

الهدف من هذا العمل هو المساهمة في معرفة هذه الانزياحات الكتلية على المستوى الجيولوجي والجيوفيزيائي والجيوتقني . من أجل تحديد العوامل الرئيسية لعدم الاستقرار الجيولوجية، الجيوفيزيائية و الجيوتقنية .

النهج الجيوفيزيائي هو علاج البيانات الجيوفيزيائية للمقاومة الكهربائية المتاحة من خلال استغلال هذه البيانات على شكل صورة كهربائية للتربة . ويهدف هذا النهج الجيوفيزيائي لتحديد نوعية التربة ، عمق المياه الجوفية، وعمق التصدع، المرتبطة ببعض انزلاقات التربة .

من حيث المخطط الجيوتقني نتائج اختبارات التعرف على التربة وخصائصها الميكانيكية قد اظهرت ان نوعية التربة كثيفة رطبة و غير قابلة للتورم.

تشير الدراسة إلى أن معظم المناطق غير المستقرة في هذه المنطقة هي أساسا مرتبطة:

1) نوعية التربة (2 ميل شديد للمنحدرات 3) غزارة الأمطار والغطاء الثلجي في فصل الشتاء (4) وجود طبقة المياه السطحية. العمل الجيولوجي (الهيدروجيولوجي، التكتوني، الصخري و رسم الخرائط بالتفاصيل ... الخ)، والعمل الجيوفيزيائي و الجيوتقني يرمي إلى رسم خرائط المناطق غير المستقرة في هذه المنطقة بواسطة برنامج Arc GIS . التشخيص الصحيح لهذه الانزياحات الكتلية يتيح لنا اعتماد أنسب الحلول.

الكلمات الرئيسية:

تاكسنة،تصوير شعاعي، انزلاق التربة، Arc GIS.

Résumé :

La région de Texenna Connait actuellement de nombreuses zones instables associés à des mouvements de terrain très importants.

L'approche géophysique consiste à traiter les données géophysiques disponibles de résistivité électrique en exploitant ces données sous forme d'images électriques du sol.

Sur le plan géotechnique, les résultats des essais d'identification du sol et des essais mécaniques ont mis en évidence une qualité du sol dense, humide, non gonflant.

L'étude montre que la plupart des zones instables de cette région sont essentiellement liées 1) à la lithologie ,2) aux pentes des talus très raides 3) à une pluviométrie très importante, ainsi que la couverture neigeuse en hiver, et 4) à la présence d'une nappe aquifère superficielle.

Les travaux géotechniques et géophysiques permettent de cartographier les zones potentiellement instables de cette région par le logiciel Arc GIS.

Mots clefs : Texenna, glissements de terrain, Arc GIS.

Abstract:

The region of Texenna currently knows many unstable areas associated to very important ground movements.

Geotechnically, the results of the identification of soil and mechanical testing trials have demonstrated a quality of dense soil ,slightly moist ,non-swelling.

The study shows that most volatile areas of this region are mainly related to 1) lithology ,2) the slopes are very thin 3 slope) to a very high rainfall and snow cover in winter, and 4) the presence of a shallow aquifer.

The geological work (hydrogeology, tectonic, lithological mapping detail ... etc), and geotechnical and geophysical designed to map potentially volatile areas of this region by the software Arc GIS.

Key words: Texenna, Landslides, Arc GIS

ملخص:

تعرف منطقة تاكسنة حاليا بعدة مناطق غير مستقرة ناتجة عن إنزياحات كتلية معتبرة.

. النهج الجيوفيزيائي هو علاج البيانات الجيوفيزيائية للمقاومة الكهربائية المتاحة من خلال استغلال هذه البيانات على شكل صورة كهربائية للتربة . ويهدف هذا النهج الجيوفيزيائي لتحديد نوعية التربة ، عمق المياه الجوفية، وعمق التصدع، المرتبطة ببعض انزلاقات التربة من حيث المخطط الجيوتقني نتائج اختبارات التعرف على التربة وخصائصها الميكانيكية قد اظهرت ان نوعية التربة كثيفة رطبة و غير قابلة للتورم.

تشير الدراسة إلى أن معظم المناطق غير المستقرة في هذه المنطقة هي أساسا مرتبطة:

(1 نوعية التربة)2 ميل شديد للمنحدرات 3 (غزارة الأمطار والغطاء الثلجي في فصل الشتاء 4) وجود طبقة المياه السطحية.

الكلمات الرئيسية:

تاكسنة، انزلاق التربة، Arc GIS.