

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université de Jijel  
جامعة جيجل

Géo.03/13

— 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

## MEMOIRE

01  
01

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en géologie  
Spécialité : Géologie de l'ingénieur

### Thème

***TPOLOGIE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN DANS LA REGION  
D'OUDJANA ET LE CONFORTMENT DU SITE DES 24  
LOGEMENTS***

Présenté par :

Bouanika Nadira  
Chelighem Oussama  
Saadi Mahdi

Soutenu publiquement le :

29/06/2013.



Devant le jury composé de :

**Président** : H.Tebib  
**Encadreur(s)** : Y.Rouikha, R.Benzaid  
**Examineur(s)** : H.Bouhenouna

Année Universitaire 2012/2013

## Résumé :

La région d'Oudjana (Daïra de Taher) démontre plusieurs zones instables engendrées par d'importants mouvements de terrains. La combinaison de plusieurs facteurs est à l'origine du déclenchement de ces mouvements telles que : la nature lithologique, la topographie, la pluviométrie et l'activité anthropique (excavation au sein du site, terrassements routiers, et surcharge des constructions et des remblais).

- Ces mouvements de terrains ont causé de graves préjudices à l'infrastructure routière et aux constructions tels que les bâtiments des 24 logements. Ils causent également un grand problème d'instabilité aux différentes constructions.

- Les caractéristiques géotechniques des zones instables de la région permettent de distinguer deux types de mouvements :

- Des mouvements superficiels, liés aux facteurs lithologiques, pluviométriques et topographiques. Ce type de mouvement est caractérisé par des glissements superficiels d'une dizaine de mètres de profondeur et des coulées boueuses.

- Des mouvements complexes, liés directement à la circulation des eaux d'infiltration la long des ouvertures du sol.

- Enfin le bon diagnostic de ces mouvements permet l'adoption de solutions mieux appropriées.

**Mots clés :** zones instables, mouvements de terrains, confortement, glissements, coulées boueuses, accidents tectoniques, zones de broyage, effondrements, tassements.

## ملخص

تتميز بلدية وجانة بدائرة الطاهير بعدة مناطق غير مستقرة ناتجة عن انزلاقات كتلية معتبرة. يرجع ظهور هذه الانزلاقات لعدة عوامل من بينها : نوعية التربة، التضاريس، نسبة سقوط الأمطار ومختلف النشاطات البشرية ( أشغال الحفر داخل المنطقة إضافة إلى الحمولة الزائدة الخاصة بالسكنات والردم ).

هذه الانزلاقات الكتلية تسببت في إلحاق أضرار جسيمة على البنى التحتية للطرق وعلى مختلف البنايات كبنيات حي 24 مسكن. كما أنها ساهمت في ظهور مشكلة كبيرة تتمثل في عدم استقرار مختلف المنشآت.

الخصائص الجيوتقنية التي تتميز بها المناطق غير المستقرة سمحت بتمييز نوعين من الانزلاقات :

- انزلاقات سطحية، ترجع إلى عوامل ليتولوجية، عوامل طيوغرافية وسقوط الأمطار، هذا النوع من الانزلاقات يظهر على شكل انزلاقات سطحية ذات عمق يبلغ عشرة أمتار إضافة إلى سيول وحلية.

- انزلاقات واسعة النطاق، تظهر على طول الحوادث التكتونية. هذه الانزلاقات تتصل إتصالا مباشرا مع نفاذية المياه داخل المناطق المهشمة، حيث أن، ظواهر الانحلال و التفكك التي تسببها نفاذية المياه إلى المناطق المهشمة يرافقه إضعاف في أساس المكونات السطحية، الشيء الذي يؤدي إلى إنهيار و تراص التربة في العمق مع تحركات كتلية في السطح.

التشخيص الصحيح لهذه الانزلاقات الكتلية سمح باقتراح حلول مناسبة لها.

**الكلمات الدلالية :** مناطق غير مستقرة، انزلاقات كتلية، تحصين، انزلاقات، سيول وحلية، حوادث تكتونية، مناطق مهشمة، إنهيارات، تراص

## **Abstract:**

Oudjana commune of Taher town shows several unstable areas generated by significant movements of grounds. The combination of several factors is at the origin of the release of these movements such as: the lithological nature, topography, rainfall and the anthropic activity (excavation within the area, and overload of constructions and embankments).

These movements of grounds have caused serious damage to the road infrastructure and with different buildings such as: quarter of 24 houses. They also present a major problem of instability of many constructions.

The geotechnical characteristics of the unstable areas can distinguish between two kinds of movement:

- Superficial movements, related to the lithological, pluviometric and topographic factors. This type of movement is characterized by superficial slides of ten meters of depth and muddy castings.
- Movements of large-scale localized along the major tectonic accidents. These movements seem to be directly connected with the circulation of waters along the grinding areas. Indeed, the phenomena of dissolution and racking of matter caused by seepage of water in these areas grindings accompanied by a weakening of the basis of superficial formations, thing that is reflected in-depth surfaces by collapses and settlings, accompanied in surface by displacements in mass.

The correct diagnosis of these movements allows the adoption of better appropriate solutions.

**Key words:** unstable areas, movements of grounds, confortement, slides, muddy castings, tectonic accidents, grinding areas, collapses, settlings.

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> Carte de situation géographique de la commune d'Oudjana.....	1
<b>Figure I.2:</b> Carte des pentes de la zone d'étude, établie à partir de la carte topographique de Jijel au 1/ 25000.....	2
<b>Figure I.3 :</b> Carte de la règle parasismique Algérienne <b>RPA</b> (version 2003).établie par CRAAG.....	3
<b>Figure II.1:</b> Colonne lithostratigraphique schématique établie à partir descriptions de Durand Delga, (1955) et Djellit (1987) (Présent travail).....	5
<b>Figure II.2 :</b> Colonne lithologique synthétique du flysch numidien (H, Djellit, 1987).....	6
<b>Figure II.3 :</b> Schéma structure géologique du bassin néogène de Jijel : Nord-Est ALGERIE modifier (Y. Rouikha, 2008).....	8
<b>Figure II.4.</b> Colonne lithostratigraphie de la région d'Oudjana Jijel /Algérie (D'après Y.Rouikha 2008) .....	11
<b>Figure III.1 :</b> Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel .....	13
<b>Figure III.2 :</b> Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières, période (1998-2011) Station Jijel Aéroport.....	15
<b>Figure III.3 :</b> Température moyennes mensuelles et saisonnières, période (1998-2011), Station Jijel Aéroport.....	16
<b>Figure III.4:</b> Diagramme ombrothermique.....	17
<b>Figure III.5 :</b> Représentation graphique du bilan hydrologique. (Jijel 1998-2011).....	20
<b>Figure. IV.1.</b> Situation des glissements étudiées (carte topographique.1960) ....	24
<b>Figure. IV.2.</b> Situation géographique du premier secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).....	25
<b>Figure IV.3.</b> Présence des bourrelets en surface du sol.....	26
<b>Figure. IV.4.</b> Situation géographique du deuxième secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).....	26
<b>Figure IV.5.</b> Déplacement du gabion par suit aux mouvements des terres.....	27
<b>Figure. IV.6.</b> Situation géographique du troisième secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).....	27
<b>Figure. IV.7.</b> Situation géographique du quatrième secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).....	28

<b>Figure IV.8.</b> L'infiltration des eaux de ruissèlements au niveau des ouvertures du sol...	29
<b>Figure IV.9.</b> L'effet de la pente topographique sur la stabilité du talus.....	29
<b>Figure IV.10.</b> Gabionnage emporté par le mouvement de terrain.....	30
<b>Figure IV.11.</b> Facteurs anthropiques causant des désordres géotechniques.....	30
<b>Figure IV.12.</b> Impact des facteurs aggravants au niveau du site.....	31
<b>Figure V.1.</b> Une vue de la cité des 24 logements d'Oudjana (wilaya de Jijel).....	33
<b>Figure V.2.</b> Situation géographique du secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).....	34
<b>Figure V.3.</b> Carte d'implantation des essais in situ et les coupes sur le site étudié.....	36
<b>Figure V.4.</b> Coupe géotechnique N-S de la région étudiée et différents paramètres de chaque couche.....	38
<b>Figure V.5.</b> Coupe géotechnique SW-NE de la région étudiée et différents paramètres de chaque couche.....	39
<b>Figure V.6.</b> Classification des sols fins par le diagramme de Casagrande.....	43
<b>Figure V.7.</b> La pente topographique.....	48
<b>Figure V.8.</b> Résurgence d'eau par suintement au pied d'un talus situé derrière la cité des 24 logements.....	49
<b>Figure V.9.</b> Ouverture de la route d'accès et mauvaise prise en charge des aménagements routiers.....	49
<b>Figure V.10.</b> Travaux d'excavations et de déblaiement entamés en aval du site des 24 logements situés à quelques mètres.....	50
<b>Figure V.11.</b> Détériorations et affaissement du dallage autour de l'immeuble source d'infiltration des eaux.....	50
<b>Figure V.12.</b> Ouverture excessive des joints de dilatation entre les blocs.....	51
<b>Figure V.13.</b> Fissuration des murs suite au phénomène de tassement et/ou gonflement.....	51
<b>Figure V.14.</b> Fissuration d'une dalle en béton.....	52
<b>Figure V.15.</b> Niche d'arrachement sous l'effet des mouvements du sol.....	52
<b>Figure V.16.</b> L'inclinaison des poteaux.....	53
<b>Figure V.17.</b> Géométrie du profilé utilisés dans l'étude de stabilité.....	55
<b>Figure V.18.</b> Etude de stabilité de talus dans son état actuel.....	56
<b>Figure V.19.</b> Schéma du reprofilage.....	57
<b>Figure V.20.</b> Etude de stabilité de talus après le reprofilage.....	58

<b>Figure.V.21.</b> Travaux de confortement proposé (reprofilage et enrochements en pied du talus.....	58
<b>Figure .V.22</b> Etude de stabilité de talus (talus B), solutions combinées (reprofilage et enrochement). ....	59
<b>Figure .V.23.</b> Schéma du tranché drainant proposé.....	60
<b>Figure V.24.</b> Schéma du réseau des micropieux proposé .....	61

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau III.1</b> : Les coordonnées de station météorologique d'Achouat.....	13
<b>Tableau III.2</b> : Précipitations moyennes annuelles mensuelles (période 1998-2011.Station Jijel Achouat).....	14
<b>Tableau III.3</b> : Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières (période 1998-2011. Station Jijel Achouat).....	14
<b>Tableau III.4</b> : Température moyennes mensuelles et saisonnières, (période 1998-2011. Station Jijel Achouat).....	15
<b>Tableau.III.5</b> : Répartition des précipitations et des températures moyennes mensuelles. (Durant la Période 1998-2011.Station de Jijel Achouat).....	16
<b>Tableau.III.6</b> : Calcul de l'Evapotranspiration Potentielle (ETP), (période 1998/2011. Station Jijel Aéroport).....	18
<b>Tableau III. 7</b> : Calcul de l'Evapotranspiration Réelle (ETR), (période 1998/20011 Station Jijel Achouat).....	19
<b>Tableau.III.8:</b> Valeurs des termes du bilan hydrologique.....	21
<b>Tableau.V.1.</b> Les résultats des essais des sondages carottés les plus proches du site étudié.....	37
<b>Tableau V.2.</b> Les résultats de l'essai préssiométrique (au niveau du sondage n°13).....	40
<b>Tableau.V.3.</b> Valeurs des principaux paramètres physiques des sols (LNHC, 2008).....	42
<b>Tableau V.4.</b> Classification des sols suivant l'indice de plasticité (J.P. Magnan, 2001).....	42
<b>Tableau V 5.</b> Valeurs des limites (LNHC, 2008).....	43
<b>Tableau.V.6.</b> Valeur des caractéristiques intrinsèques du sol C et $\phi$ .....	44

<b>Tableau V.7.</b> Classification d'un sol en fonction de $C_c$ .....	45
<b>Tableau.V.8.</b> Classification d'un sol en fonction ( $C_c/1+e_0$ ).....	45
<b>Tableau.V.9.</b> Classification d'un sol en fonction de $C_g$ .....	45
<b>Tableau.V.10.</b> Pressions de consolidation ( $P_c$ ), coefficients de compressibilité ( $C_c$ ) et de gonflement ( $C_g$ ).....	45
<b>Tableau.V.11.</b> Les résultats des analyses chimiques.....	47
<b>Tab.V.12.</b> Caractéristiques mécaniques du sol étudié.....	55
<b>Tableau V.13.</b> Différentes valeurs de $F_s$ dans son état initial.....	55
<b>Tableau V.14</b> Différentes valeurs de $F_s$ avant la stabilisation.....	57
<b>Tableau V.15</b> Caractéristiques mécaniques des enrochements proposés.....	58
<b>Tableau V.16</b> Valeurs du facteur de sécurité dans le cas de la combinaison de deux solutions (reprofilage et enrochements).....	59

# Sommaire

## Chapitre I : Généralités

I : Généralités.....	1
I.1. Situation géographique du secteur étudié.....	1
I.2. Hydrologie du secteur d'étude.....	1
I.3. Climat.....	1
I.4. Le relief.....	2
I.5. Végétation.....	2
I.6. Sismicité de la région.....	2

## Chapitre II : Contexte géologique

II .1. Géologie régionale.....	4
II.1.1. Introduction.....	4
II.1.2. Les formations de bassin néogène de Jijel.....	4
II.1.2.1 Les formations de l'oligo-Miocène Kabyle (OMK).....	4
II.1.2.2 La molasse olistromique .....	4
● <i>lithologie des différents olistolites : souvent appelés « flyschs dissociés H.Djellit ».</i>	5
a- Le flysch à caractère maurétanien.....	5
b- Le flysch à caractère massylien.....	5
c- Le flysch à caractère numidien.....	6
II.1.2.3 Les dépôts marneux dits Post-nappes (Tortonno-messinien et Pliocène).....	6
<i>Tortonno-messinien</i> .....	6
<i>Les terrasses anciennes d'âge Pliocène</i> .....	7
<i>Les dépôts Quaternaire</i> .....	7
II.1.3 Aspect structural de la Petite Kabyle occidentale.....	7
II.1.3.a. Déformations cassantes .....	7

II.1.3.b. Déformations ductiles.....	8
II .2. La géologie du site étudié.....	8
II .2.1. Présentation de la lithostratigraphie.....	8
II .2.1.a. Les dépôts quaternaires.....	9
II .2.1.b. Les dépôts dits post-nappes.....	9
II .2.1.c. Les dépôts de l'Oligo-miocène kabyle(OMK).....	9
II .2.1.d. Les conglomérats de base.....	9
II .2.1.e. La molasse de l'olistostrome .....	9
✓ <i>La matrice marneuse</i> .....	10
✓ <i>Les olistolites</i> .....	10
II .2.2. Aspect structural de la région.....	12

### **Chapitre III : Etude hydrologique et hydrogéologique**

III.1- Introduction.....	13
III-2. Hydrologie du bassin versant de Jijel.....	13
III.3. Hydro climatologique.....	13
III. 4 : Analyse des paramètres climatiques.....	13
III. 4.1 : Précipitations.....	13
a- Précipitation moyennes annuelles.....	14
b. Précipitations moyennes saisonnières.....	14
III.4.2 Température.....	15
III.4.3 Relation températures-précipitations.....	16
• Diagramme ombrothermique.....	16
III.4.4 L'aridité.....	17
III.4.5 Le bilan hydrologique.....	17
III.4.5.1 Calcul de l'Evapotranspiration.....	18

a. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP).....	18
b. Calcul de l'Evapotranspiration Réelle (ETR).....	19
➤ Interprétation de bilan hydrologique.....	20
III.4.5.2 Estimation du ruissellement et de l'infiltration.....	20
a. Lambe d'eau ruisselée (R).....	20
b. Lambe d'eau infiltrée (I) .....	21
III-6. Hydrogéologie du site .....	21
III.7. Conclusion .....	23

## **Chapitre IV : Typologie des mouvements de terrain**

IV.1. Introduction.....	25
IV.2. Description morphologique du site .....	25
1. Glissement de Bouafroune .....	25
2. Glissement du centre urbain.....	26
3. Glissement de Krouchenne.....	27
4. Glissement au niveau du site des 24 logements.....	28
IV.3. Diagnostics et causes probable des instabilités étudiées.....	28
1. Glissement de Bouafroune.....	28
2. Glissement du centre urbain.....	29
3. Glissement de Krouchenne.....	31
4. Glissement au site de 24 logements .....	31
IV.4. Les solutions proposées pour la stabilité de chaque glissement.....	32
1. Glissement de Bouafroune .....	32
2. Glissement du centre urbain .....	32

3. Glissement de Krouchenne .....	32
4. Glissement au niveau du site de 24 logements.....	32
IV.5. Conclusion.....	32

## **Chapitre V : Etude géotechnique**

V.1. Introduction.....	33
V.2. Moyens de reconnaissance géotechnique des sols.....	34
V.2.1. Reconnaissances géologiques.....	34
V.2.2. Reconnaissances géotechniques.....	34
V.2.2.1 Les essais in situ.....	35
a. Essai de pénétration dynamique.....	35
• <i>Données géotechniques issues des essais de pénétration dynamique</i> .....	35
b. Les sondages carottés.....	35
c. Essai préssiométriques.....	40
V.2.2.2. Les essais d'identification au laboratoire.....	40
a. Les essais physiques.....	40
• La teneur en eau naturelle (W).....	41
• Le degré de saturation (Sr).....	41
• Poids volumique( $\gamma_h$ ).....	41
. Les limites d'Atterberg.....	42
b. Les essais mécaniques.....	44
. L'essai de cisaillement.....	44
. L'essai de compressibilité (essai oedométrique).....	44

• <i>Classification du sol vis à vis la compressibilité</i> .....	46
c. Les analyses chimiques.....	46
V.3 - Diagnostics et causes probables de l'instabilité du site des 24 logements.....	48
V.3-1. Les causes naturelles.....	48
V.3.1. a. Lithologie et topographie du sol.....	48
V.3.1. b. Une venue d'eau importante.....	48
V.3.1. c. La fracturation.....	49
V-3-2. Les causes anthropiques.....	49
V.4. Les conséquences.....	50
V.5. L'étude de stabilité.....	53
• <i>Calcul numérique par le logiciel GEO-SLOPE</i> .....	54
• <i>Description générale du logiciel GEO-SLOPE</i> .....	54
• <i>Validation de l'approche de calcul considérée</i> .....	54
V.6. Techniques de confortement.....	56
V.6.1. Action sur la topographie par reprofilage du talus.....	56
V.6.2. Action sur la buté en pied du talus.....	58
-Les enrochements.....	58
V.6.3. Action de l'eau.....	59
a. Collecte et canalisation des eaux de surface.....	59
b. Les tranchées drainantes.....	59
• <i>Proposition d'une trachée drainante dans le site de 24 logements</i> .....	60
V.6.4. Sur le plan mécanique.....	60

a. Réalisation des micropieux pour le confortement des bâtiments..... 60

Conclusion et recommandation..... 62

## **Introduction :**

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 jugée marginale 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 présent travail porte sur une caractérisation géologique et géotechnique des zones instables de la région d'Oudjana. L'objectif principal de cette étude est de contribuer à un meilleur diagnostic de ces mouvements de terrains et des facteurs qui sont à leur origine, d'estimer leur ampleur ainsi que leur impact sur les différentes constructions (le cas de 24 logements). Pour cela, on s'attachera à deux volets principaux :

- Le premier volet : sera consacré à une caractérisation géologique du site à partir de laquelle les caractéristiques lithologiques, structurales, géomorphologiques, hydrologiques et hydrogéologiques seront déterminées.
- Le deuxième volet : se penchera sur une approche purement géotechnique selon laquelle une caractérisation géotechnique du site en sera réalisée à partir du traitement et de l'interprétation des données géotechniques relatives à l'aire d'étude (résultats des essais de laboratoire et essais in situ), calcul de la stabilité du versant (au site de 24 logements) en mouvement et en fin la proposition des solutions les mieux appropriées aux problèmes posés.

## I. Généralités :

### I.1 Situation géographique du secteur étudié :

La commune d'Oudjana est située à 8 km au Sud de la ville de Taher (wilaya de Jijel), elle est limitée au Sud par la commune de Djimla, au Nord par la commune de Taher, à l'Est par la commune de Chahna à l'Ouest par la commune de Texanna (Figure I.1).

Les coordonnées géographiques du site sont les suivantes :

- Longitudes : entre 3G 98 et 3G 94.
- Latitudes : 40G75 et 40G 80.
- Altitudes : comprises entre 250 m et 300 m.

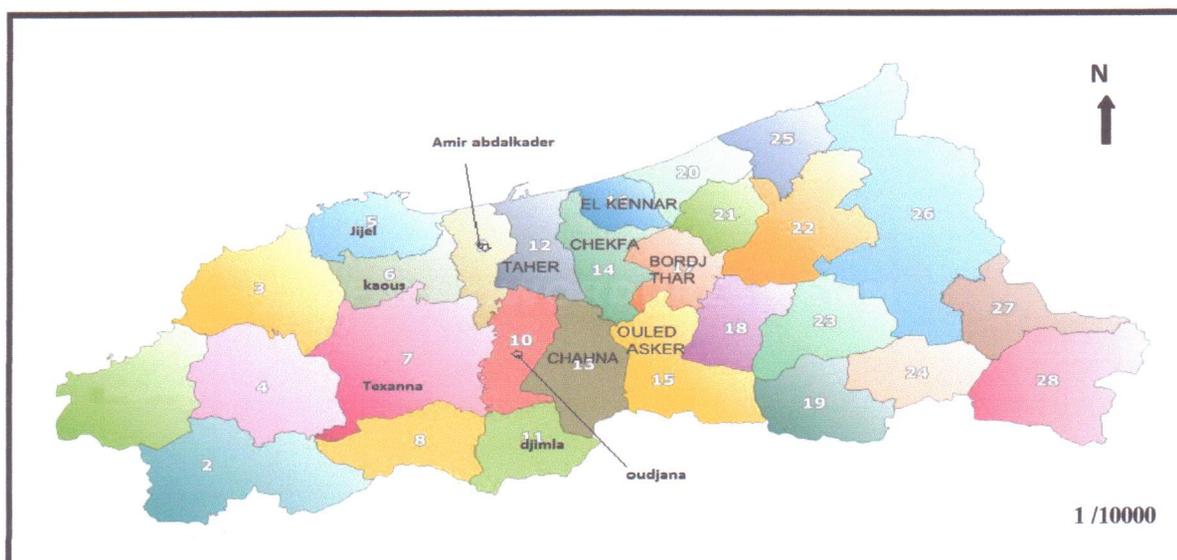


Figure I.1 : Carte de situation géographique de la commune d'Oudjana.

### I.2. Hydrologie du secteur d'étude :

La forte pluviométrie de la région, l'imperméabilité des sols et sous-sols ont des conséquences néfastes sur le comportement superficiel de terrain.

En effet, ceci est traduit par la densification du réseau hydraulique, la mise en place ou la naissance de nombreux talwegs responsables d'une érosion ravinant intense.

A la suite des précipitations importantes, les eaux de ruissellement circulent par gravité selon le pendage des formations géologiques, tout en stagnant sur les zones de faible pente pour s'infiltrer lentement dans des fissures de retrait qui se forment pendant les périodes sèches.

Ces réserves d'eaux sont exploitées sous forme de puits traditionnels.

### I.3. Le climat :

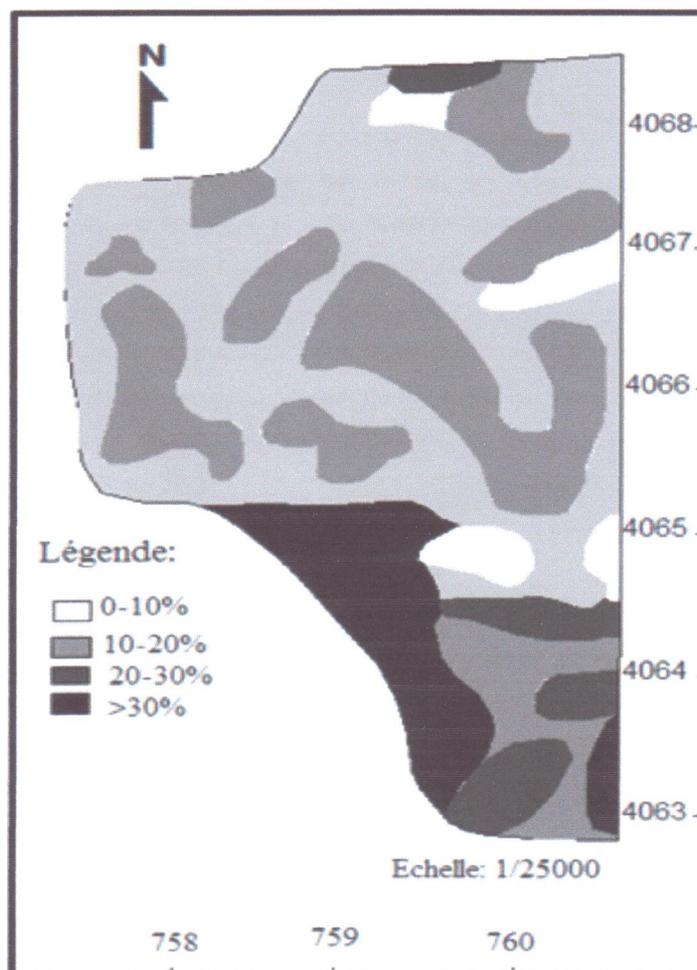
La région étudiée est caractérisée par un climat méditerranéen. La pluviométrie moyenne annuelle de la région d'environ 900 mm.

La valeur de la température moyenne annuelle enregistrée oscille autour de 18°.

#### I.4. Le relief :

Le site présente un relief à topographie variable parfois très raviné (talwegs), avec trois (03) classes dépendant à savoir (Figure I.2):

- Classe (I) : 0-10 % (partie Est)
- Classe (II) : 10-20 % (classe dominante) sur les versants
- Classe (III) : 20-30 % en bordure des ravins et talus.
- Classe (VI) : > 30 % (partie Sud).



**Figure I.2:** Carte des pentes de la zone d'étude, établie à partir de la carte topographique de Jijel au 1/25000.

#### I.5. Végétation :

La région d'étude est caractérisée par une couverture végétale dense, favorisée par l'importance des précipitations, les conditions climatiques et la nature des terrains de la région.

#### I.6. Sismicité de la région :

Selon la carte sismique du Nord Algérien, établie en 2003 par le service sismologie d'Alger (CRAAG), la région d'Oudjana (wilaya de Jijel), est située dans une zone d'intensité qualifiée de moyenne sismicité, selon l'échelle macrosismique internationale (E.M.I).

En se basant sur le canevas des règles parasismiques algériennes RPA (version 2003) le territoire algérien est divisé en quatre zones de sismicité décroissante de 0 à III :

- Zone 0 : sismicité négligeable.
- Zone I : sismicité faible.
- Zone II : sismicité moyenne.
- Zone III : sismicité forte.

La région d'Oudjana est classée dans la zone de moyenne sismicité (zone II) (Figure I.3).

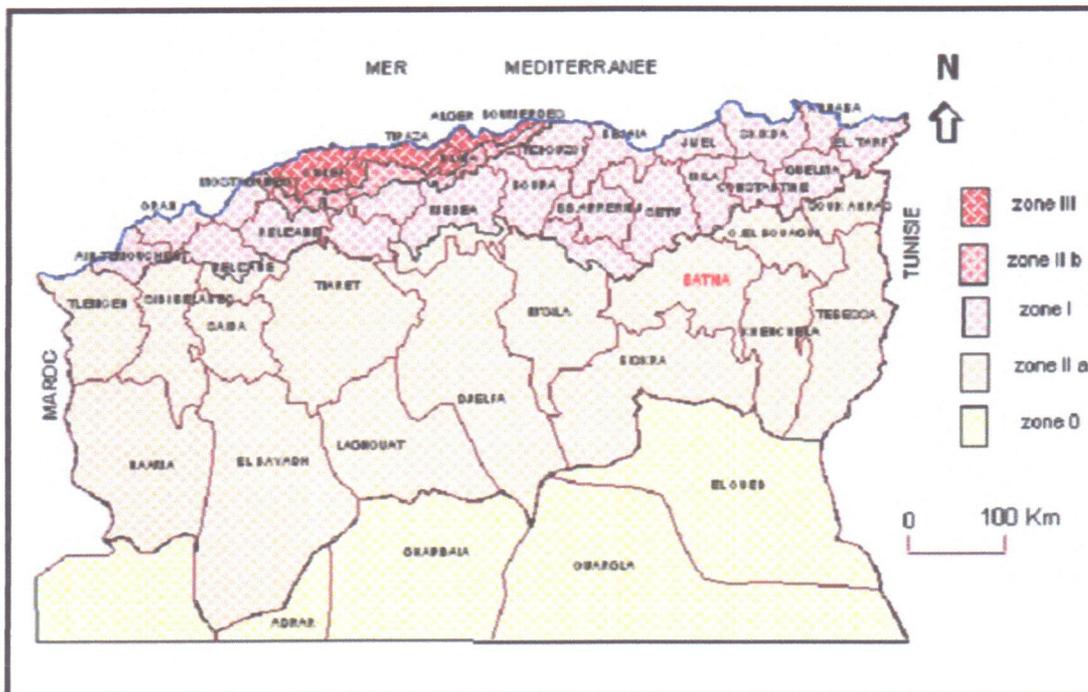


Figure I.3 : Carte de la Règle Parasismique Algérienne RPA (version 2003).établie par CRAAG.

## **II .1.La Géologie régionale**

### **II .1.1.Introduction :**

Le site étudié est situé dans le bassin Néogène de Jijel qui est limité au Sud par l'arête montagneuse du massif de Béni-Khettab, à l'Est par l'arête montagneuse de Seddat, à l'Ouest par le massif volcanique d'El-Ouana et au Nord par la mer Méditerranée.

### **II.1.2 .Les formations de bassin Néogène de Jijel :**

Le substratum du bassin Néogène de Jijel est constitué par les formations cristallophylliennes de socle Kabyle sur lesquelles reposent en discordance des conglomérats de base suivis des grés micacés dont l'épaisseur dépasse les 200 m. La molasse olistostromique termine le comblement du bassin surmontée par les formations dites post-nappes (Y. Rouikha 2008), (H.Djellit 1987) (Figure. II .1).

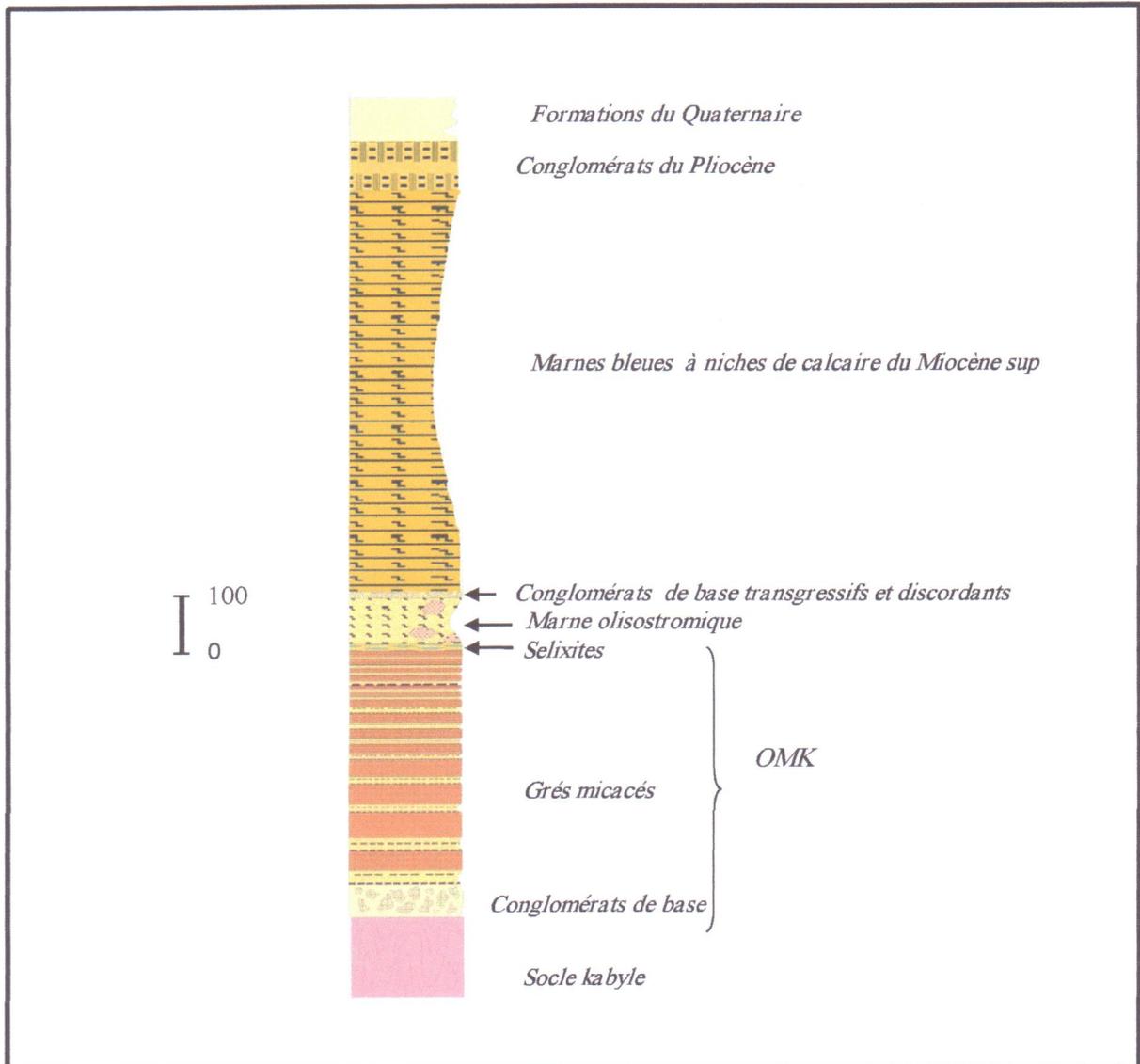
#### **II.1.2 .1.Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle (OMK) :**

Il forme la couverture sédimentaire transgressive et discordante sur le socle kabyle (Raoult 1974, 1975), (Bouillin 1977).

Les formations de l'OMK sont constituées par des formations détritiques comportant à la base des conglomérats grossiers polygéniques remaniant des éléments de socle et au sommet des grés micacés. Ces formations sont largement développées dans le bassin de Jijel. (Conglomérat d'Oudjana et grés lithiques de Jijel plage).

#### **II.1.2 .2.La molasse Olistromique :**

Les olistostromes sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch Maurétanien, Massylien et Numidien ainsi que des panneaux du flysch Nummulitique noyés dans des formations marneuses jaunâtres parfois grisâtres avec quelques passées de grés légèrement carbonatés. La puissance de cette formation molassique dépasse les quelques 300m par endroits. (Y. Rouikha 2008), (H.Djellit 1987).



**Figure. II .1** .Colonne lithostratigraphique schématique établie à partir des travaux de Durand Delga, (1955) et Djellit (1987) (Modifier).

● ***lithologie des différents olistolites : souvent appelés « flyschs dissociés d'après H.Djellit 1987 » :***

**a. Le flysch à caractère Maurétanien :**

Cette formation contient à la base par une alternance des marnes et de calcaire suivi d'une assise de bancs gréseux homométriques à patine verte attribués à l'Albo-Aptien et des conglomérats datés de l'Eocène supérieur-Oligocène. Ce flysch est affleure dans la région d'Oued kissir (H.Djellit1987).

**b. Le flysch à caractère Massylien :**

Il est caractérisé essentiellement par des alternances des bancs de quartzites fines vert olivâtre et d'argile schistosées brune-noirâtre, et des marnes datées du Néocomien à l'Albien supérieur et des phtanites noires du cénomaniens supérieur (Raoult, 1969).

### c. Le flysch à caractère Numidien :

Ce flysch affleure sur l'ensemble de Dj Mezghitane et la région de Khoula (Chahna) où trois termes lithologiques y sont représentés :

- A la base les argiles aux teintes variantes 50 m : vertes, jaunes et grises, à intercalations calcaro-gréseuses, à glauconies. Et renfermant des tubotomaculum (Ouled Damoun) au Sud de Jijel.
- 10 à 20 m d'une alternance de péllites à intercalations gréseuses décimétriques, (pré-flysch au Nord de la carrière de Kissir) et au bord du l'évitement Sud.
- Un ensemble (150 à 200 m gréseux sommital en bancs épais (2 à 8 m), à facies Numidien de teinte jaunes blancs (rouillé à l'altération), à dragées de quartz. (Grés de mezghitane).

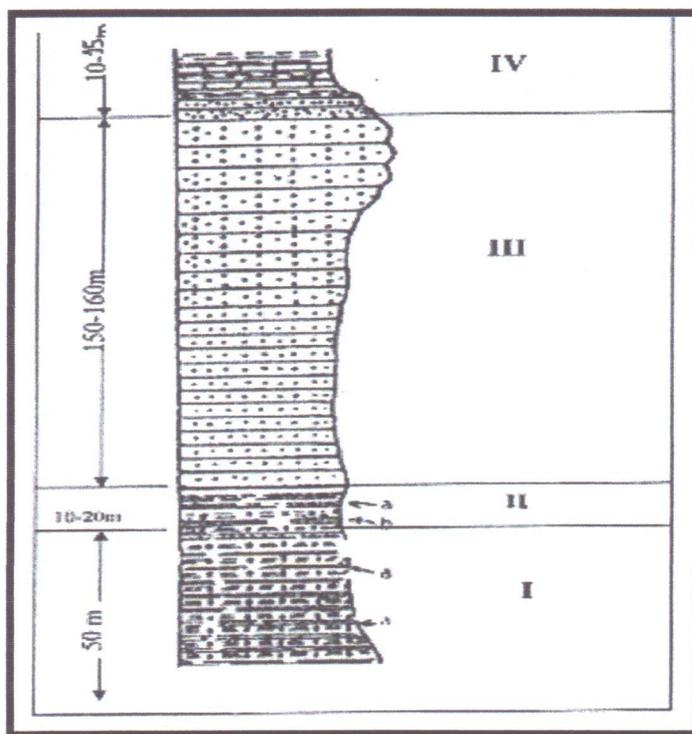


Figure II.2 : Colonne lithologique synthétique du flysch Numidien (H, Djellit, 1987).

### II.1.2 .3. Les dépôts marneux dits Post-nappes (Tortonno-Messinien et Pliocène) :

#### *Tortonno-Messinien :*

Ces dépôts sont représentés par , des séries marneuses bleues à grises , parfois jaunâtres par endroits à passées calcareuses discontinues, renfermant des miches calcaires jaunes ocres d'ordre décimétrique parfois métrique, datés du Tortonno-messinien et transgressives sur la molasse OMK.

La limite occidentale des affleurements du post-nappe est située au Sud de Djebel Talouda pour couvrir ensuite le territoire des beni caids et Ech Chemechma à l'Est, comme elle recouvre les collines de Harratene, Boukhertoum et Thourat. (Rouikha, 2008).

A l'Est, sur le site de Harratene ces dépôts présentent plutôt un aspect jaunâtre à passées calcareuses parfois blanchâtre. La présence d'horizon plus ou moins oxydés donne l'aspect rubané à ces marnes.

Par contre au Sud-Ouest, cette série est plutôt grise à bleue très épaisses et fortement ravinée (Boukhanous et Djarf).

La puissance de la série marneuse du Tortono-Messinien peut atteindre quelques 300m d'épaisseur (Khalifa – Chouial 2008).

#### ***Les terrasses anciennes d'âge Pliocène :***

Elles sont représentées par des conglomérats grossiers et hétérogènes à blocs arrondis et bien roulés pouvant atteindre 1 m de diamètre.

Ces conglomérats reposent généralement sur les marnes bleues du Tortono-Messinien et formant des chapelets circonscrits dans la région de Thourat à l'Est de Jijel-ville.

#### ***Les dépôts du Quaternaire :***

Les dépôts récents datant du Quaternaire sont représentés dans la région de Jijel par plusieurs facies généralement à caractères détritiques.

Les recouvrements les plus vastes occupent les zones basses, comme le littoral de la ville de Jijel, les berges des cours d'eau importants comme l'Oued Kissir ainsi que le lit de l'Oued Mencha où les terrasses récentes constituent de vastes plaines alluviales cultivables. On distingue trois types essentiels de dépôts Quaternaires :

- les sables côtiers : dunaires et parfois consolidés.
- les terrasses récentes.
- Les argiles de recouvrement et les limons rouges pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur (sable de Tassouste).

### **II.1.3. Aspect structural de la Petite Kabylie occidentale:**

La structuration géologique du massif de la Petite Kabylie occidentale est le résultat de plusieurs phases tectoniques. (J.Bouillin 1977 et H. Djellit 1987).

La tectonique du massif de la Petite Kabylie s'est manifestée par plusieurs styles tectoniques :

#### **II.1.3.a. Déformations cassantes :**

La tectonique cassante est principalement marquée par des grands accidents tectoniques représentés par des failles normales décrochantes formant généralement deux réseaux de fractures suborthogonaux dont l'un est d'orientation approximative N 10° à N 20°.

Le réseau subméridien N10° est responsable du compartimentage N-S du socle métamorphise. Par contre le réseau N110° est responsable de l'effondrement de certaines zones formant des chainons Est-Ouest.

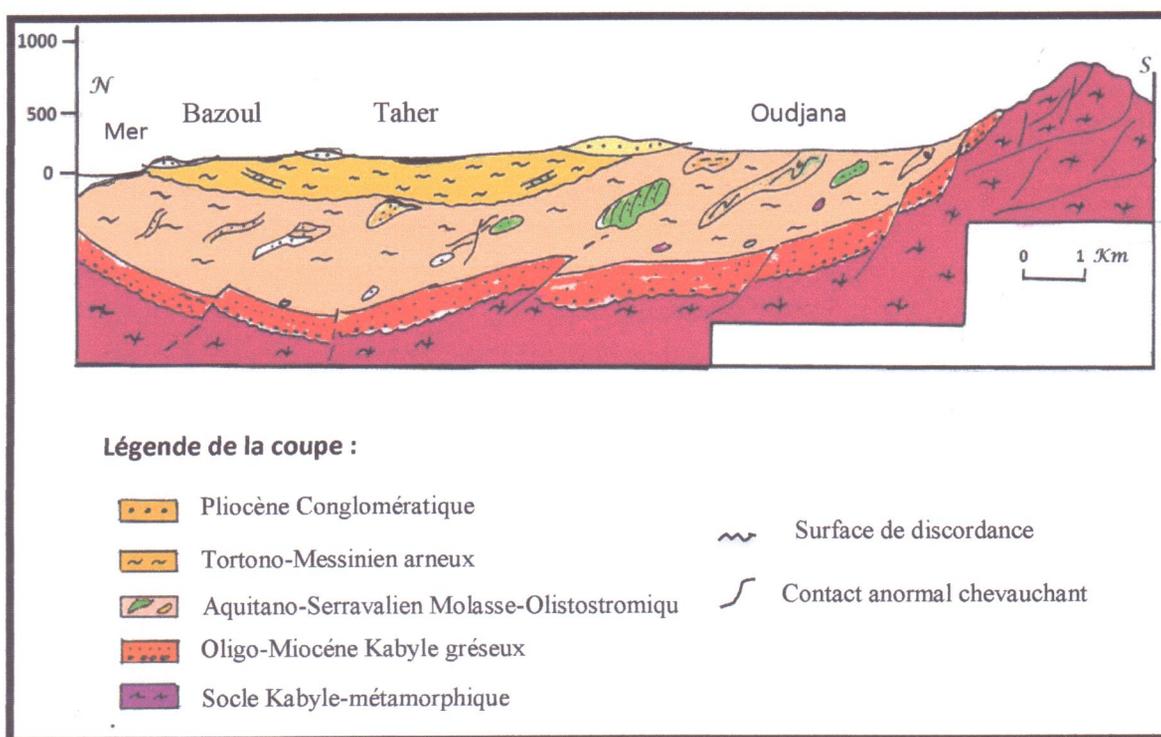
Le réseau hydrographique suit les zones d'effondrement issues de ces fractures profondes qui ont certainement joué durant l'origine alpine (M.Durant .Delga 1971).

En effet le bassin des flyschs d'orientation E - O qui est largement chevauché par le socle kabyle selon un contact frontalier majeur serait le témoin certain de la dynamique récente de ces anciennes cicatrices (M.Durant .Delga 1971).

### II.1.3.a. Déformations ductiles :

Elles sont matérialisées par des plissements dont les axes présentent différentes directions, visibles dans les formations du Socle Kabyle et de la couverture sédimentaire.

Sur le plan paléogéographique, la partie occidentale du massif de la Petite Kabylie est marquée par le retrait de la mer de la plus grande partie des terres immergées les invasions marines ne vont atteindre que des aires limitées, notamment les dépressions côtières (bassin de Jijel, bassin de Oued Zhor et d'El-Milia), où vont se déposer les marnes bleues du Miocène terminal. Les zones montagneuses émergées ont subi une intense érosion et modelage qui leur ont donné l'aspect actuel (Durand Delga 1955).



**Figure II.3 :** Schéma structure géologique du bassin Néogène de Jijel : Nord-Sud (Y. Rouikha, 2008) (modifier).

## II .2.la géologie du site étudié :

### II .2.1.Présentation de la lithostratigraphie:

La couverture sédimentaire de la région d'Oudjana est constituée de plusieurs unités lithostratigraphiques dont les principales sont de haut en bas (Figure II.4):

- Les dépôts récents du Quaternaire et les recouvrements divers.
- Les dépôts dits post-nappes du Mio-pliocène.
- Les formations de l'Oligo-miocène kabyle (OMK+molasse).

### **II .2.1.a. Les dépôts Quaternaires :**

Ils sont représentés généralement par des dépôts argilo-limoneux de couleur rouge ocre recouvrant la partie Nord du territoire de la commune. Leur épaisseur ne dépassant quelques mètres (environ 4 m).

Les piémonts au Sud de la zone considérée sont plutôt jalonnés par des éboulis de pentes et colluvions divers. Certaines zones sont recouvertes par une mince pellicule de terre végétale, et argiles de recouvrement (Rouikha, 2008).

### **II .2.1.b. Les dépôts dits Post-nappes :**

Les dépôts marneux du Miocène supérieur sont absents ou presque sur notre zone d'étude notamment dans la partie Sud du secteur d'Oudjana.

Par contre les conglomérats grossiers et polygéniques à matrice argilo-sableuse datés du Pliocène forment les monticules de Beni-Siar et affleurent légèrement à D'mina au Nord d'Oudjana (Rouikha, 2008).

### **II .2.1.c. Les dépôts de l'Oligo-Miocène Kabyle(OMK) :**

En général, dans la région de Petite Kabylie occidentale, on admet que les premiers sédiments transgressifs et discordants sur le socle kabyle d'âge Paléozoïque sont représentés par les conglomérats de base grossiers, polygéniques remaniant des débris de socle. Il ont été attribués à l'Oligocène basal (H. Djellit 1987 et M. Durant Delga 1955).

Ces dépôts affleurent au Sud d'Oudjana adossés au socle kabyle. Ils sont surmontés au Nord par les dépôts molassiques comportant des unités tectono-sédimentaires dits olistolites de taille, de nature et d'âge variés datés de l'Aquitano Serravallien. (J F. Raoult 1974, J. Bouillin 1979 et H. Djellit 1987).

Dans notre zone d'étude et dans la commune d'Oudjana en général deux faciès couvrent la totalité du territoire.

### **II .2.1.d. Les conglomérats de base :**

C'est la seule région où affleure ce terme basal daté de l'Oligocène basal, Ces dépôts largement détritiques, sont constitués par des galets de socle métamorphique remaniés de taille parfois pluricentimétriques, polygéniques à dominance de galets de schiste, phyllades quartz et parfois gneissique.

Ces galets sont liés par une matrice silico-argileuse, parfois légèrement carbonaté d'aspect grisâtre en général.

Ces dépôts forment le substratum du bassin Néogène de Jijel, les grès littiques n'affleurent pas à Oudjana.

### **II .2.1.e. La molasse de l'Olistostrome :**

Cette molasse affleure sur l'ensemble de la région d'Oudjana.

Elle est représentée par une matrice marneuse à passées gréseuses, micacées, et englobant des unités olistostromiques de nature et de taille variées (H. Djellit 1987).

✓ *La matrice marneuse :*

Constituée de marnes grises en général dans le secteur Est de la région légèrement indurées avec des passées fines d'argiles jaunâtres parfois blanchâtres à varicolores et de minces passés de grès fins micacées d'aspect brun tabac.

✓ *Les Olistolites :*

Dans la région d'Oudjana, la diversité des faciès à l'affleurement rend la tâche difficile quant à la d'élimination cartographique de différentes unités sédimentaires noyées dans la molasse.

Dans notre secteur d'étude de la commune d'Oudjana, on a peu remarqué que l'ensemble des unités tectono sédimentaires présentent des faciès à caractères flysch Massylien et flysch Maurétanien noyés dans la matrice marneuse jaunâtre.

En effet, on trouve dans la partie méridionale des affleurements de phanites noires et des argiles schistosités à tendance sombres froissées.

Plus au Sud, prédominant des blocs de quartzites olivâtres dures de taille pluri-métriques et dont l'épaisseur des bancs ne dépassant guère le mètre.

Le faciès maurétanien est représenté par des blocs de grès à patine verdâtre. D'autres faciès viennent enrichir cette diversité notamment des argiles rouges violacées à fines passées gréseuses, parfois calcareuses, ainsi que des passages à caractères flyshoides micacées jaunâtre à brun tabac.

N.B : la majeure partie de la région d'étude est recouverte par des affleurements molassique sus-indiqués.

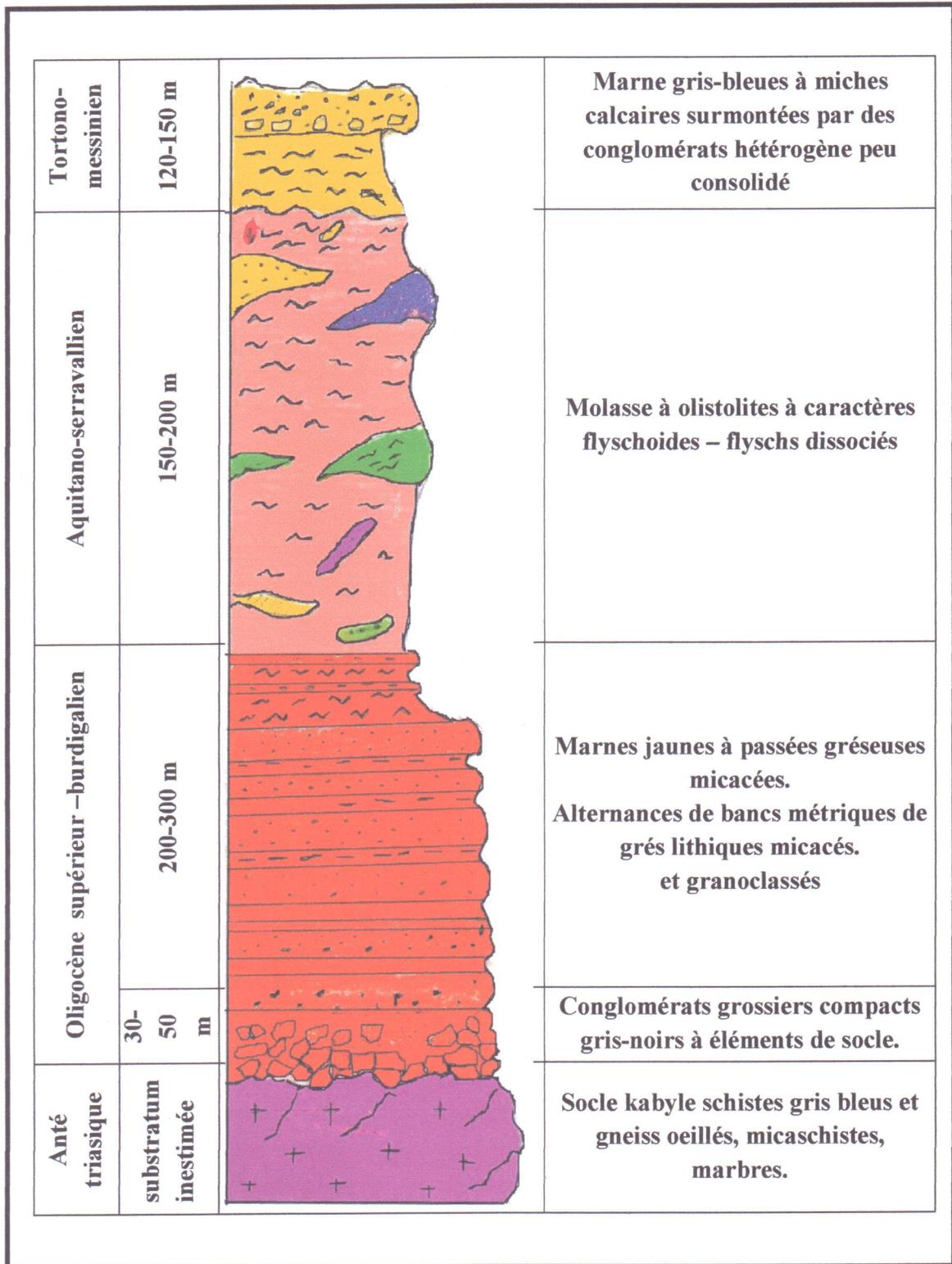


Figure II.4. Colonne lithostratigraphique de la région d'Oudjana Jijel (Algérie)

(Y.Rouikha 2008).

### II .2.3.Aspect structural de la région :

Sur le plan structural, la région d'Oudjana bute contre le socle kabyle est constitué la limite méridionale du bassin Néogène de Jijel en général.

Les bancs épais des conglomérats transgressifs sur le socle sont effet redressées à plus de 70° par rapport à l'horizontal. Ceci témoigne déjà que la région a subi une importante de formation tectonique Post Oligocène(Y.Rouikha 2008).

L'ampleur des événements tectoniques subis par la région a contribué au compartimentage du socle kabyle selon deux directions privilégiées N 10° à N 20° d'une part et une direction N 110° d'autre part (Y.Rouikha 2008).

Ces fractures profondes du socle ont rejoué durant le Néogène et ont participé à la configuration actuelle du bassin sédimentaire.

Les dépôts du bassin constituent les nappes supra kabyles situées au Nord du socle, par opposition aux nappes infra kabyles situées plus au Sud.

Dans la partie Nord du bassin néogène (littoral de Jijel) les dépôts gréseux d'OMK présentent un pendage à vergence Sud tandis que les conglomérats d'Oudjana ont un pendage Nord ce qui donne l'expression d'un synclinal d'axe Est-Ouest (Y.Rouikha 2008).

### III .1. Introduction :

L'eau joue un rôle important dans la déstabilisation des terrains de toute nature. Pour cela nous avons opté pour une analyse hydrologique de la région étudiée dans laquelle on s'attachera plus particulièrement à déterminer le taux des quantités d'eau infiltrées dans le sol, ceci afin d'obtenir les informations nécessaires sur le régime hydrologique de la zone.

### III .2. Hydrologie du bassin versant de Jijel :

La région de Jijel présente un compartimentage morpho structural orienté EW et NS.

Les écoulements des eaux de surface empreintes alors ces directions guidées par la topographie de la région. La plupart des écoulements se rassemblent en amont dans les grands bassins versants d'Oued Nil, DjenDjen, Mencha et Kissir.

L'impact de ces écoulements sur la surface du sol, est tributaire des affleurements géologique, qui sont plutôt argilo-marneux dans les zones basses de la région.

### III .3. Hydro climatologie :

La région de Jijel est caractérisée par un climat de type méditerranéen, avec un hiver doux et pluvieux, et un été chaud et sec.

En plus la région de Jijel est l'une des régions qui enregistrent les plus fortes précipitations en Algérie, avec une moyenne annuelle est estimée à 1200 mm/an.

### III .4. Analyse des paramètres climatiques :

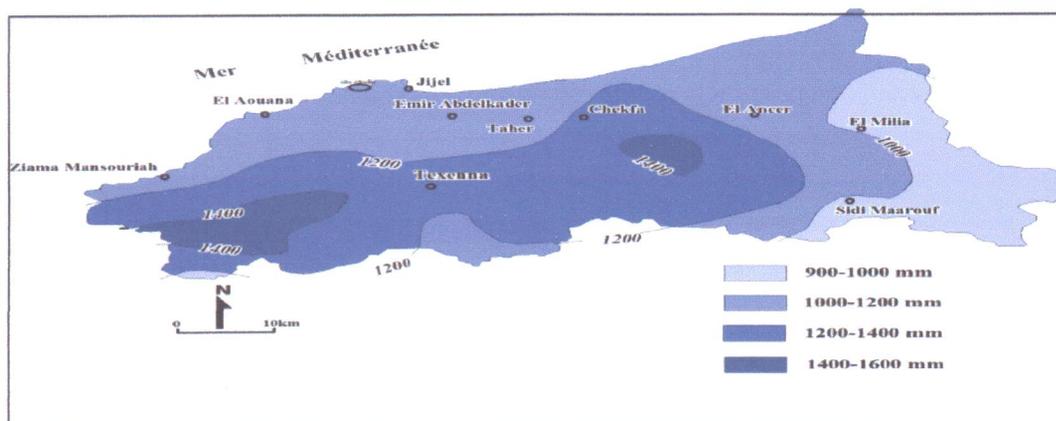
Données relevées par la station pluviométrique d'Achouat:

**Tableau III .1** : Les coordonnées de station météorologique d'Achouat.

Station	Altitude(m)	Longitude	Latitude
Achouat	8	553E	3648N

#### III .4.1. Précipitations :

Notre étude s'intéresse aux précipitations liquides (pluies), qui constituent un facteur primordial dans le comportement hydrologique de la région. (voir figure III-2).



**Figure III.1** : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH 1996).

**a. Précipitations moyennes annuelles :**

L'étude des précipitations moyennes annuelles a été effectuée à partir des données des séries récentes qui s'étendent de 1998 à 2011 pour la station Achouat :

**Tableau III.2 :** Précipitations moyennes annuelles (période 1998-2011. Station Jijel Achouat).

Années	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Précipitations (mm)	94	77,6	52,7	65,6	90,8	99,5	89,4	90,8	69,3	100,7	64,6	93,1	91,69	99,1

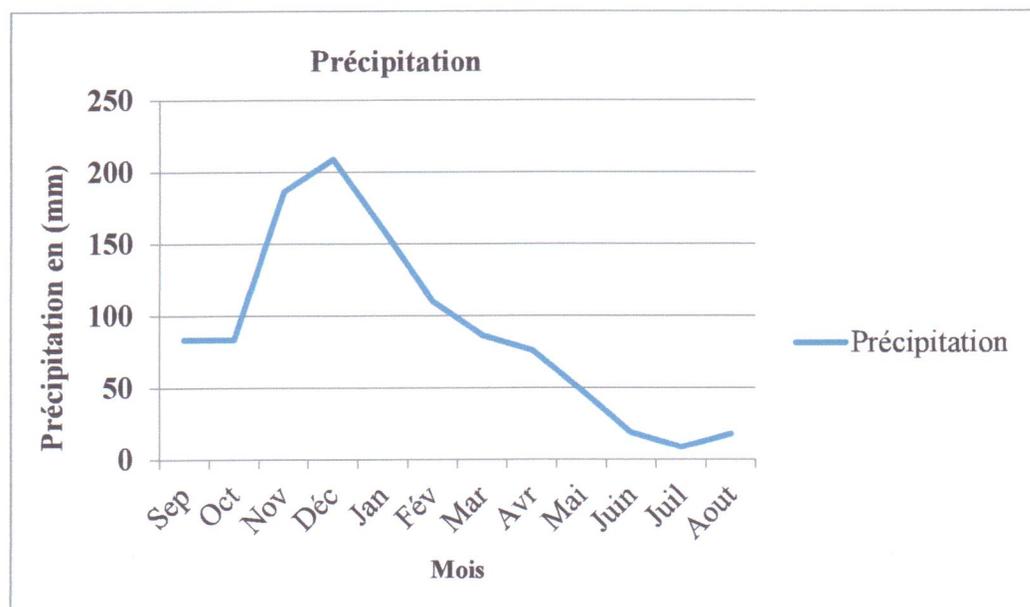
Les variations des précipitations présentent des fluctuations (1998, 2000, 2001), de faible ampleur sauf pour l'année 2000 (déficit de 50% des précipitations) (Voir tableau III-2).

**b. Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières :**

La répartition mensuelle et saisonnière des précipitations annuelles et ses variations conditionnent (avec les facteurs thermiques et lithologiques), l'écoulement et le régime des cours d'eau, et celui des nappes souterrains. Les moyennes mensuelles et saisonnières de la station d'Achout pour la période (1998-2011) sont regroupées dans le tableau III-3.

**Tableau III.3 :** Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières (période 1998-2011. Station Achouat).

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aout.
Moyenne mensuelle (mm)	83.3	83.15	186.45	208.75	159.8	110.25	86.57	76.1	48.5	18.55	8.21	17.5
Moyenne saisonnière (%)	31.32			44.78			19.75			4.13		
Saisons	Automne			Printemps			Hivers			Eté		



**Figure.III.2** : Précipitations moyennes mensuelles et l'histogramme, période (1998-2011), Station Achouat.

Les données climatiques montrent que (voir Figure III-2 et Tableau III-3):

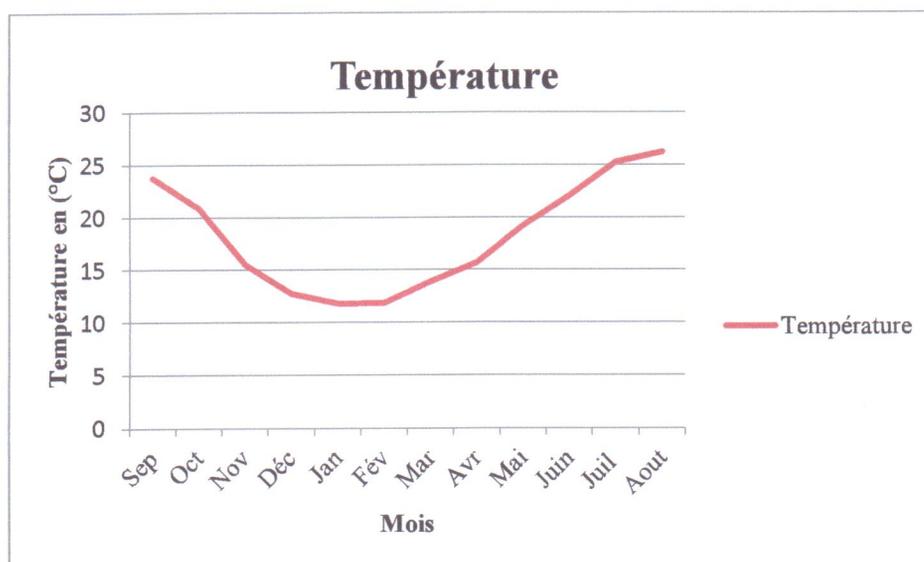
- Le maximum des précipitations est observé au mois de Décembre avec 208.75mm.
- Le minimum des précipitations est observé au mois de Juillet 8.21 mm.
- Le total annuel est estimé à : 1087.13mm.

#### III.4.2 Température :

La température est un facteur qui contrôle le bilan hydrologique et permet l'estimation de l'évapotranspiration. Le tableau III-4 présente les températures moyennes mensuelles et saisonnières de la station d'Achouat, durant la période (1998/2011).

**Tableau III.4** : Température moyennes mensuelles et saisonnières, (période 1998-2011. Station Achouat).

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
Moyenne mensuelle (°C)	23.74	20.86	15.49	12.75	11.80	11.84	13.89	15.70	19.19	22.03	25.23	26.21
Moyenne saisonnière (°C)	20.03			12.13			16.24			24.59		
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		



**Figure III.3 :** Températures moyennes mensuelles et histogramme, période (1998-2011), Station Achouat.

La série (1998/2011) des données des températures de la station de Jijel Aéroport nous a permis de conclure que les températures sont basses en Hiver (Décembre, Janvier et Février), et élevées en Eté (Juin, Juillet, et Août), avec :

- Un minimum au mois de Janvier avec une moyenne de 11,80 C°.
- Un maximum au mois d'Août avec une moyenne de 26,21 C°.

#### III.4.3 Relation températures-précipitations :

- **Diagramme Ombrothermique :**

Le diagramme Ombrothermique résulte de la combinaison de deux paramètres climatiques principaux, en l'occurrence les précipitations et les températures. Cette relation permet d'établir un graphique Ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations (figure III.4).

Le diagramme Ombrothermique a but de déterminer les mois les plus secs correspondants selon la définition de **Gaussen** et **Bagnoulis** au mois où les précipitations moyennes sont inférieures ou égales au double de la température moyenne ( $P \leq 2T$ ).

Les données sont regroupées dans le tableau III-5 :

**Tableau.III.5 :** Répartition des précipitations et des températures moyennes mensuelles. (Durant la Période 1998-2011.Station Achouat).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitations (mm)	83.3	83.15	186.45	208.75	159.8	110.25	86.57	76.1	48.5	18.55	8.21	17.5
Température (°C)	23.7	20.86	15.49	12.75	11.80	11.84	13.89	15.70	19.19	22.03	25.23	26.21

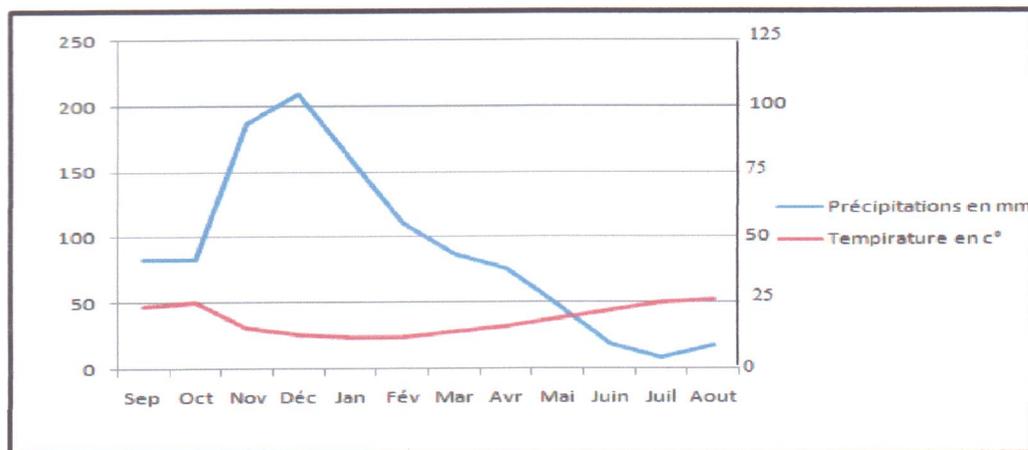


Figure III.4: Diagramme Ombrothermique.

Le diagramme permet de déduire que la période hivernale s'étale du mois de septembre au mois de mai. Durant cette période le potentiel de risque d'instabilité augmente considérablement.

#### III.4.4 L'aridité :

L'aridité est exprimée par l'indice d'aridité d'E. Martonne (Beltrando 1995) selon la formule :

$$I = \frac{P}{T_{moy} + 10}$$

Avec :

I : indice d'aridité de E. Martonne.

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T<sub>moy</sub> : Température moyenne annuelle (C°).

L'indice est d'autant plus bas que le climat est plus aride soit :

I < 10 : région très aride.

I < 20 : région aride.

I < 30 : région humide.

I > 30 : région très humide.

Dans notre cas d'étude, la valeur de l'aridité est égale 33.8, donc la région est classée très humide.

#### III.4.5 Le bilan hydrologique :

La méthode qu'on va suivre concernant l'établissement du bilan hydrique est la méthode de Thornthwaite, c'est une méthode empirique dans laquelle la température est le facteur utilisé afin de déduire ces deux paramètres.

Le ruissellement est estimé à partir des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle selon la formule de Tixeront – Berkaloff.

L'infiltration est déduite après la détermination des autres paramètres.

La formule de Thornthwaite 1954 est exprimée comme suite :

$$P = ETR + R + I + Waf$$

-P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

-ETR : Évapotranspiration réelle en (mm).

- R : Ruissellement (mm).
- I : Infiltration en (mm).
- Wa : variation des réserves (négligée).

### III.4.5.1 Calcul de l'Evapotranspiration :

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. Nos résultats de calcul sont consignés dans le tableau.III-6.

#### 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 :

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

Avec :

T : la température moyenne mensuelle par le truchement « i » (indice thermique mensuelle) d'où :

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$$

I : indice thermique annuel calculé selon la formule ci-après;

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

a : Coefficient d'ajustement de la formule de Thornthwaite 1954 en fonction de l'altitude.

$$a = 0,016I + 0,5.$$

D'après les données de la station de Jijel Aéroport :  $I = 87.6$  et  $a = 1.90$ .

Le tableau suivant donne la répartition de l'évapotranspiration potentielle par la méthode de Thornthwaite 1954, avec K facteurs de corrections, par lesquelles, il faut multiplier la valeur d'ETP non corrigée pour obtenir l'évapotranspiration corrigée (la série 1998-2011, source Aéroport F.Abbès).

Tableau.III.6 : Calcul de l'Evapotranspiration Potentielle (ETP), (période 1998/2011. Station Achouat).

Paramètre/Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total annuel
P (mm)	83.3	83.15	186.45	208.75	159.8	110.25	86.57	76.1	48.5	18.55	8.21	17.5	1087.13
T(C°)	23,74	20,86	15,49	12,75	11,80	11,84	13,89	15,70	19,19	22,03	25,23	26,21	22.17
i	10,57	8,69	5,45	4,12	3,67	3,69	4,70	5,65	7,66	9,44	11,59	12,28	i=87.6
ETP non corrigée (mm)	106,35	83.69	47.25	32.64	28.17	28.35	38.40	48.47	70.99	92.27	119.39	128.36	824.33
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 corrigée (mm)	109.55	80.69	40.64	27.42	24.51	24.10	39.56	53.32	85.90	112.57	148.05	148.90	895.21

L'évapotranspiration potentielle calculée est de l'ordre de 895.21mm.

**b. Calcul de l'Evapotranspiration Réelle (ETR) :**

Par définition l'ETR est la quantité d'eau évaporée ou transpirée selon les conditions climatiques réelles. L'ETR est fonction de l'ETP et de la quantité d'eau présente dans le sol.

- Si les précipitations du mois ( $P$ ) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle  $ETR=ETP$

- Si les précipitations du mois ( $P$ ) sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle ( $ETP$ ), dans ce cas, Thornthwaite 1954 admet l'utilisation d'une Réserve Facilement Utilisable (RFU) de 100 mm.

$ETR = \sum p_i + RFU$ ; celle-ci est supposée mobilisée comme suit :

a) Si la RFU antérieure est assez forte pour combler l'insuffisance des précipitations ;  $ETR=ETP$

b) Si la RFU est insuffisante pour satisfaire l'évapotranspiration potentielle, l'ETR reste inférieure à celle-ci et est égale à la somme des précipitations du mois et des RFU.

Si malgré l'apport des réserves facilement utilisables l'ETR est toujours inférieur à l'ETP, à ce moment il existe un déficit agricole (DA).

$$DA = ETP - ETR.$$

$W_s$  : Excédent d'eau (Water-surplus).  $W_s = P - ETR$

Les résultats de calcul du  $W_s$  sont présentés dans le tableau III-7 :

**Tableau III. 7 :** Calcul de l'Evapotranspiration Réelle (ETR), (période 1998/20011 Station Jijel Aéroport).

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total Annuel
P (mm)	83.3	83.15	186.45	208.75	159.8	110.25	86.57	76.1	48.5	18.55	8.21	17.5	1087.13
ETP corrigée (mm)	109.55	80.69	40.64	27.42	24.51	24.10	39.56	53.32	85.9	112.57	148.05	148.9	895.21
P-ETP	-26.25	2.46	145.81	181.33	135.29	86.15	47.01	22.78	-37.4	-94.02	-139.84	-131.4	//
RU	0.00	100	100	100	100	100	100	100	00,00	0,00	0,00	0,00	//
ETR	83.3	80.69	40.64	27.42	24.51	24.10	39.56	53.32	48.5	18.55	8.21	17.5	466.3
DA	26.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.4	94.02	139.84	131.4	428.91
$W_s$	0.00	2.46	145.81	181.33	135.29	86.15	47.01	22.78	00.00	0.00	0.00	0.00	620.83

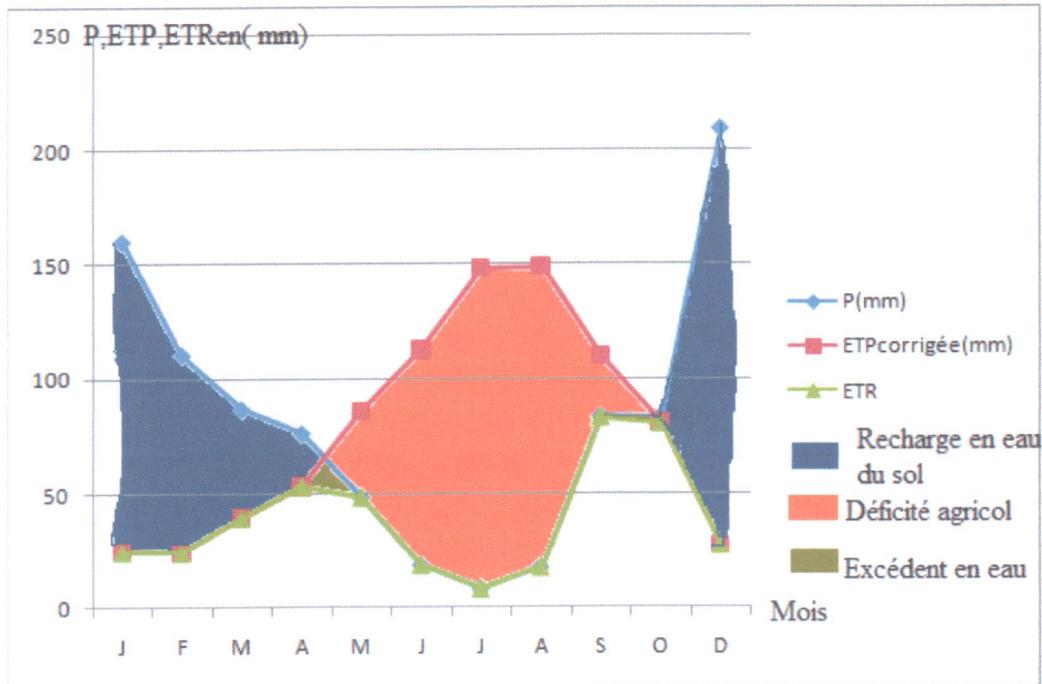


Figure III.5 : Représentation graphique du bilan hydrologique. (Jijel 1998-2011).

➤ **Interprétations des résultats de bilan hydrologique :**

L'examen des données récapitulées dans le tableau (tableau III.7) et le graphe (Figure III.5) du bilan hydrologique permettent de déduire que les précipitations atteignent leur maximum au mois de décembre, période durant laquelle l'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son minimum. Cette dernière (ETP) atteint son maximum au cours de la période sèche plus précisément au mois de juillet (plus le climat est sec, plus l'ETP est importante). Quant au déficit agricole, il s'étend sur la période sèche de l'année et un déficit agricole important durant cette période.

**III.4.5.2 Estimation du ruissellement et de l'infiltration :**

Pour le calcul des ruissellements et des infiltrations on utilise :

Evapotranspiration potentielle : ETP= 895.21 mm.

Précipitations moyennes annuelles : P= 1087.13 mm.

Lame évapotranspirée : ETR= 466.3mm.

**a. Lamé d'eau ruisselée (R) :**

La lame d'eau ruisselée est estimée à partir de la formule **Tixeront-Berkaloff**, son expression est comme suit:

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

Avec :

R : ruissellement superficiel en mm.

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

ETP : l'évapotranspiration potentielle d'après **Thorntwaite 1954** en mm.

$$R = \frac{(1087.13)^3}{3(895.21)^2} = 534.4 \text{ mm.}$$

$$R\% = \frac{R(534.4\text{mm}) \times 100}{P(1087.13\text{mm})} \Rightarrow R = \frac{534.4 \times 100}{1087.13}$$

$$R = 49.15\%$$

Donc le ruissellement représente 49.15% des précipitations.

Pour caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler, un indice est souvent calculé le coefficient de ruissellement  $C_r$  qui est défini comme suit :

$$C_r = R/P$$

$$C_r = \frac{534.4}{1087.13} = 0.49$$

$C_r$  varie en général entre 0 et 1 mais peut être supérieur à 1 dans le cas d'échanges entre bassins en milieux karstiques. Il est fortement influencé par la couverture du sol.

### b. Lamé d'eau infiltrée (I) :

L'infiltration représente la quantité d'eau qui pénètre dans le sol et le sous-sol, elle alimente les eaux souterraines, eau de rétention, écoulement hypodermique, écoulement souterrain et la reconstitution des réserves aquifères.

L'excédent des précipitations engendre l'infiltration vers la nappe quand la Réserve Facilement Utilisable ou  $RFU$  est maximale. Donc on peut estimer l'infiltration à partir de l'équation du bilan suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa \Rightarrow I = P - (E + R)$$

Avec:  $Wa$  variation des réserves souvent négligeable.

$$I = 1087.13 - (895.21 + 534.40) = 86.43\text{mm}$$

$$I\% = \frac{I(\text{mm}) \times 100}{P(\text{mm})} \Rightarrow I = \frac{86.43 \times 100}{1087.13} = 7.95\%$$

**Tableau.III.8:** Valeurs des termes du bilan hydrologique.

	Period	P(mm)	ETP(mm)	ETR(mm)	R(mm)	Cr(mm)	I(mm)
Jijel Aéroport	1998-2011	1087,13	895,21	466,3	534,4	0,49	86,43

### III.6. Hydrogéologie du site :

Le volet hydrogéologique de la région d'Oudjana souffre d'un manque flagrant des données concernant l'hydrologie.

En effet le manque de forage des puits dans la région a fortement réduit le taux de reconnaissance des niveaux piézométriques dans la région.

En plus de cette contrainte défailante, la lithologie argilo-marneuse favorise considérablement plutôt le ruissèlement des eaux pluviales.

L'infiltration est alors réduite à sa simple expression.

Les quelques puits de particuliers profond d'une dizaine de mètres ne donne aucune indication quand a la présence d'une quelconque nappe phréatique. Ceci laisse penser que les phénomènes des glissements enregistrés et recensés sur le territoire d'Oudjana sont les résultats de la superposition du plusieurs indicateurs naturels liés à la topographie et à la lithologie.

L'imprégnation superficielle des terrains et les infiltrations par le biais des fissures et lignes de faiblesse (failles) fragilisent la stabilité déjà compromise des sols et se traduit par des mouvements de terrains sous forme de glissement, arrachement, par endroits.

Les terrains poreux de la région sont représentés par les conglomérats de base situés à des profondeurs dépassant les 200 m sous la molasse ce qui complique davantage toute approche hydrogéologique.

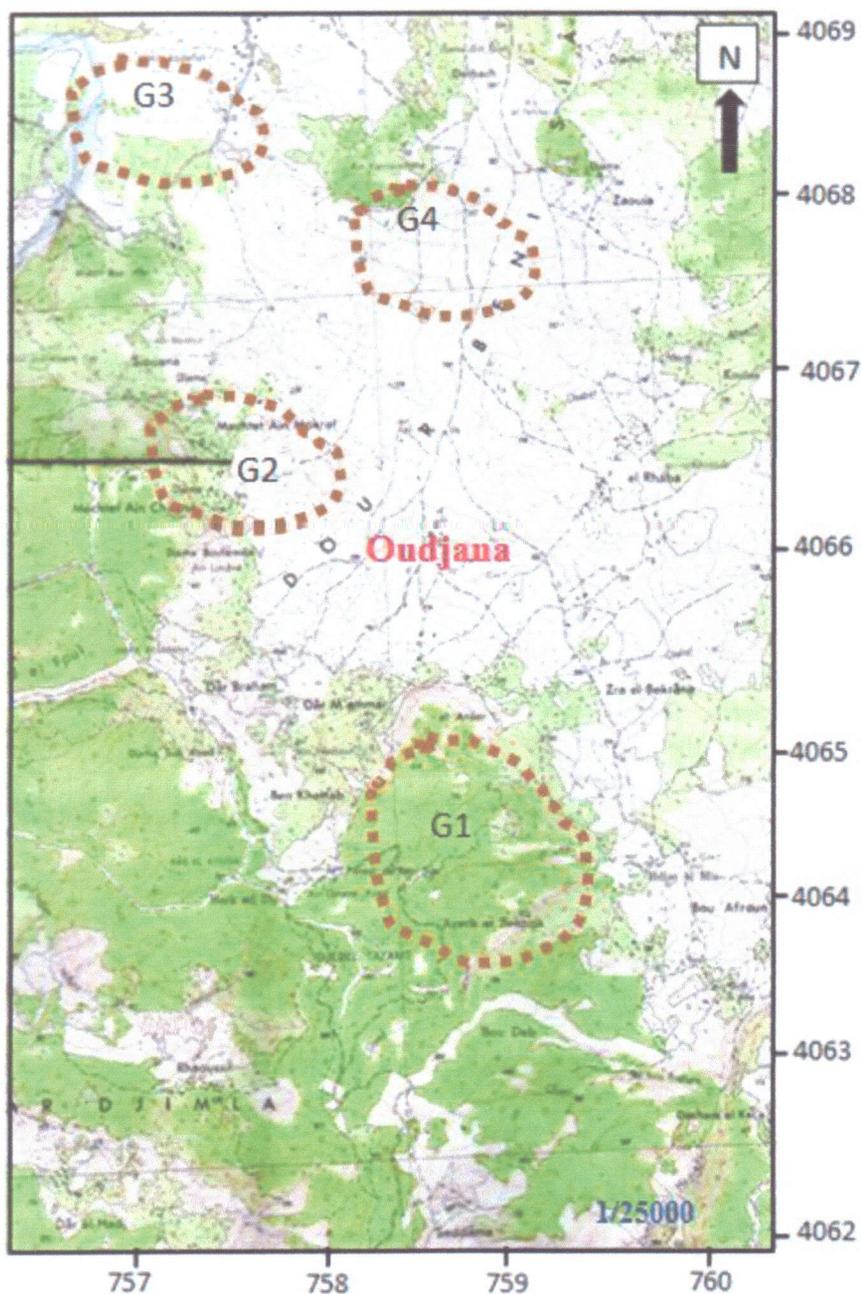
### III .7. Conclusion :

Le site étudié est situé dans une région humide et pluvieuse en hiver, cette période de l'année représente le moment propice du changement en eau des nappes superficielles.

Dans notre cas, la lame d'eau infiltrée reste très inférieure au 8% pour un centrage des ruissèlements superficiels. Cet état de fait s'explique par la nature lithologique des affleurements géologiques constituée essentiellement de marnes imperméables, bloquant ainsi toute constitution de nappe en subsurface.

Par contre tous les désordres observés et les mouvements de terrain plutôt déclenchés par l'érosion ravinant la longue pente topographique, les fissures et ouverture du sol occasionnelles d'origine naturelle et anthropique.

Ainsi nous recommandons dès à présent la prise en charge du fort taux des ruissèlements des eaux superficielles par la mise en œuvre de caniveaux et autre traitement adéquats pour afin minimiser leur impact sur l'ensemble de la région d'Oudjana .



**G1 : Glissement de Bouafroune.**

**G2 : Glissement du centre urbain**

**G3 : Glissement de krouchenne.**

**G4 : Glissement au site 24 logements.**

**Figure. IV.1. Situation des glissements étudiés (carte topographique.1960).**

#### IV.1. Introduction :

Dans la région d'Oudjana qui s'étend sur une superficie d'environ 61 km<sup>2</sup>. Elle présente deux pentes à vergence opposée :

- ✓ Vers l'Est : relativement modéré.
- ✓ Vers l'Ouest : importante.

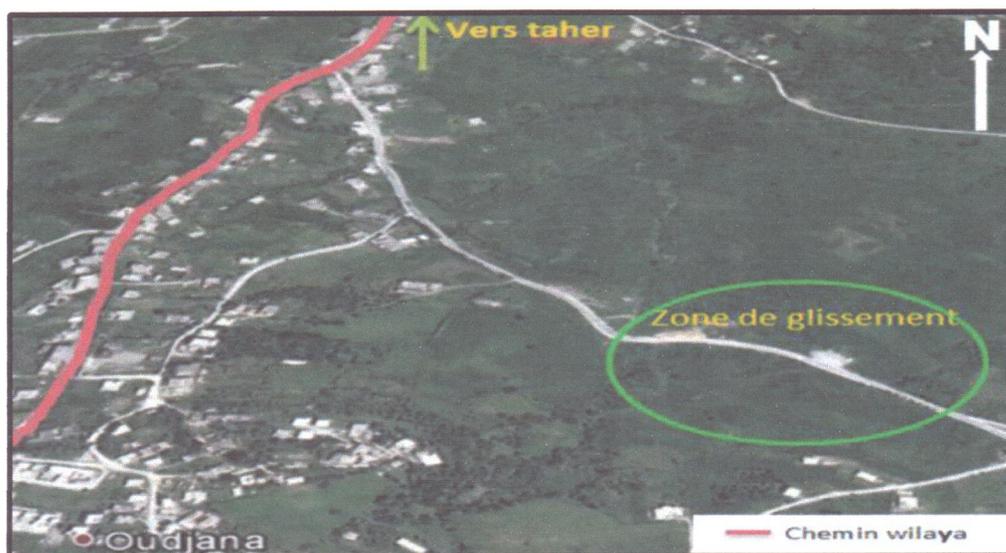
#### IV.2. Description morphologique du site :

##### 1. Glissement de Bouafroune :

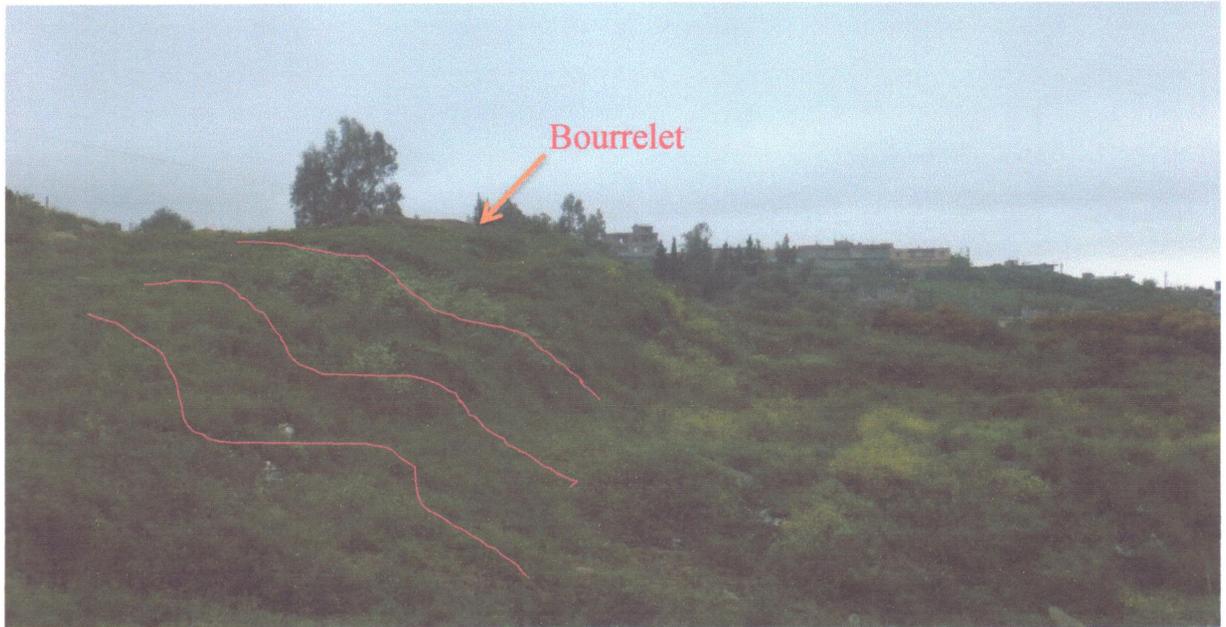
Le site présente une pente de 10% à 15% et s'étale sur une longueur qui dépasse 100 m environ, plusieurs coulées de masse marneuse ont été décelées. Ce mouvement de terrain suit une direction vers le NE.

L'allure du glissement est du type superficiel marquée par plusieurs bourrelets en surface.

En bas de la pente actuellement douteuse mais qui présente toutes les caractéristiques et les facteurs déclenchant (Figure. IV.2).



**Figure. IV.2.** Situation géographique du premier secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013)



**Figure.IV.3.** Présence des bourrelets en surface du sol (05/05/2013).

## 2. Glissement du centre urbain :

Ce glissement est situé derrière le siège de l'APC d'Oudjana côté Ouest.

Il est du type complexe avec la présence de plusieurs bourrelets en surface espacés de quelques dizaines de mètres plus des niches d'arrachements et des ravinements intenses,

Le gabionnage existant a été complètement emporté par le mouvement des terres (Figure. IV.5)



**Figure. IV.4.** Situation géographique du deuxième secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth 2013).

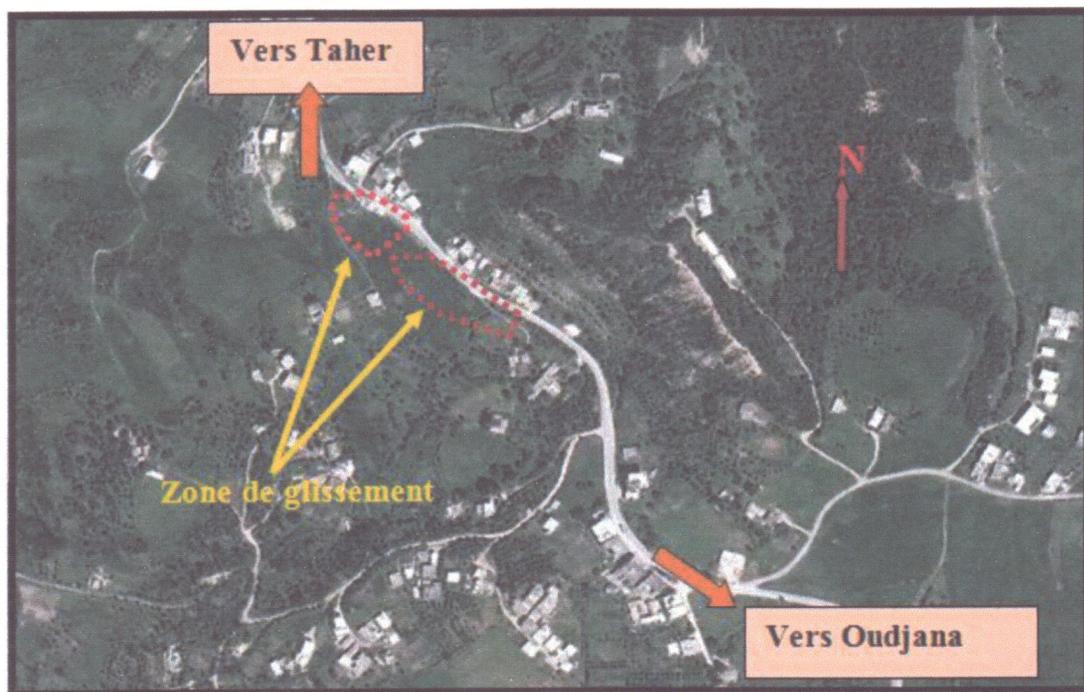


**Figure IV.5.** Déplacement des gabions par suit aux mouvements des terres (05/05/2013).

### 3. Glissement de Krouchenne :

Du type circulaire complexe, relativement profonde présentant plus de deux niveaux de mouvement.

La matrice marneuse est presque saturée en permanence par les eaux de ruissellements.



**Figure. IV.6.** Situation géographique du troisième secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).

#### 4. Glissement au niveau du site des 24 logements :

Zone relativement en pente (pente 15%) mais chargée en amont par les déblais des travaux antérieurs. Ceci a déclenché des mouvements de terrain superficiels affectant l'assiette des bâtiments abritant les 24 logements.

En aval le glissement risque d'évoluer si aucun traitement ni confortement est assigné pour stoppé les déplacements des sols observés aux alentours des bâtiments.



**Figure. IV.7.** Situation géographique du quatrième secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).

### IV.3. Diagnostics et causes probable des instabilités étudiées :

#### 1. Glissement de Bouafroune (figure.IV.8 et IV.9) :

- Le nombre important des fissures et ouverture dans le sol permet l'infiltration des eaux de ruissèlement.
- La masse élevée des terres mise en mouvement suite à la pente topographique, (appelle au vide) accentue le mouvement.
- Absence de butée (surcharge) en aval.



**Figure.IV.8.** L'infiltration des eaux de ruissèlements au niveau des ouvertures du sol (05/05/2013).



**Figure.IV.9.** L'effet de la pente topographique sur la stabilité du talus (05/05/2013).

## 2. Glissement du centre urbain (figure.IV.10 et IV.11) :

- La pente joue un rôle essentiel dans l'instabilité du site.
- Le poids du a la présence du gabionnage mal placé s'est transformée en surcharge sur le talus.

- La nature lithologique marneuse du terrain favorise le mouvement des terres pendant la saison hivernale.
- L'absence d'un système de drainage superficiel, l'action anthropique, les vibrations engendrées par l'activité humaine (engins routiers) favorisent l'accélération du phénomène de glissement.



**Figure.IV.10.** Gabionnage emporté par le mouvement de terrain (05/05/2013).



**Figure.IV.11.** Facteurs anthropiques causant les désordres observés (05/05/2013).

### 3. Glissement de krouchenne :

- Les conditions hydrologiques du site dont les interactions sont complexes et régissent en grande partie le comportement de l'ensemble du terrain. Ces interactions probablement amplifiées par la présence d'un réseau hydrologique complexe provoquant une augmentation de la pression interstitielle dans le sol induisant ainsi une perte de cohésion de ce dernier.
- Les conditions géomorphologiques : les formes des reliefs peuvent avoir parfois des conséquences désastreuses sur la stabilité d'un secteur étudié, voire même contribué directement au déclenchement des désordres observés sur le CW 142. En effet les versants montrent un paysage morphologique assez irrégulier, marqué par une pente assez raide dans le sens NE-SW.
- La Lithologie de secteur à tendance marneuse joue en faveur du déclenchement du mouvement de terrain .
- La probabilité d'une mauvaise mise en œuvre des remblais routiers.
- Les fuites presque permanentes d'eau (une conduite (AEP PVC DN90) traversant le site) s'ajoute aux effets hydrologiques sus-indiqués.

### 4. Glissement au niveau du site des 24 logements (Figure.IV.12):

- La présence d'eau dans les formations argileuses augmente la pression interstitielle du matériau argileux et une perte de la cohésion au sein de celui-ci.
- Les déblais des terres déposés en tête du talus augmentent le moment moteur du glissement.



**Figure.IV.12.** Impact des facteurs aggravants au niveau du site (05/05/2013).

#### IV.4. Les solutions proposées pour la stabilité de chaque glissement :

##### 1. Glissement de Bouafroune :

- Le reprofilage du talus : pour améliorer la stabilité en réduisant la pente moyenne et alléger la charge en amont.
- Le gabionnage en aval du glissement dans le but de protéger la route des coulées boueuses en période hivernale.

##### 2. Glissement du centre urbain :

- Décapage en amont pour alléger la charge de la masse en mouvement.
- Le reprofilage du talus : pour améliorer la stabilité en réduisant la pente moyenne du talus par terrassement.
- Mise en place des caniveaux en béton le long de la route principale pour canaliser les eaux de pluies.
- Traitement de surface au niveau des ravins pour réduire l'érosion régressive (remblai, canalisations, plantations).

##### 3. Glissement de Krouchenne :

- Il faut réaliser des tranchées drainantes pour éviter l'infiltration des eaux dans le sol et expulser les eaux loin du massif instable.
- Le chargement du pied du talus par des enrochements pour stabiliser le talus.

##### 4. Glissement au niveau du site des 24 logements :

- Evacuer les déblais pour la diminution de la charge en tête du talus et interdire la décharge anarchique.
- Le reprofilage du talus pour améliorer la stabilité en réduisant la pente moyenne du talus par terrassement.
- Le chargement au niveau pied du talus par des enrochements pour augmenter la butée du pied du talus.

#### IV.5. Conclusion :

Au terme de notre étude nous avons constaté que la région d'Oudjana présente une diversité de mouvement de terrain eu égard à sa morphologie et à la nature lithologique de ses terrains.

L'auscultation que nous avons établie sur le site, nous a permis de dégager des solutions en adéquation avec le type de chaque mouvement, tout en prenant compte, du volet technique nécessaire pour la réalisation des ouvrages de confortements.

Ainsi, les points communs de tous les glissements réside dans le fait que les désordres observés sont (décharge anarchique, manque de canalisation...etc.) en grande partie causés par des facteurs anthropiques, ces facteurs ont été accentués par une topographie favorisant les glissements de terrain et la déstabilisation des talus.

### V.1 Introduction :

Toute assiette foncière devant recevoir un projet de construction ou à l'implantation d'infrastructures de base (route, barrage, pont, etc.) doit impérativement faire l'objet d'une auscultation géotechnique minutieuse.

Si, la géologie est en mesure de qualifier un affleurement de roche ou de sol et donner un avis sur la recevabilité de tel ou tel projet, la géotechnique doit se prononcer sur l'interaction sol-structure une façon plus détaillée.

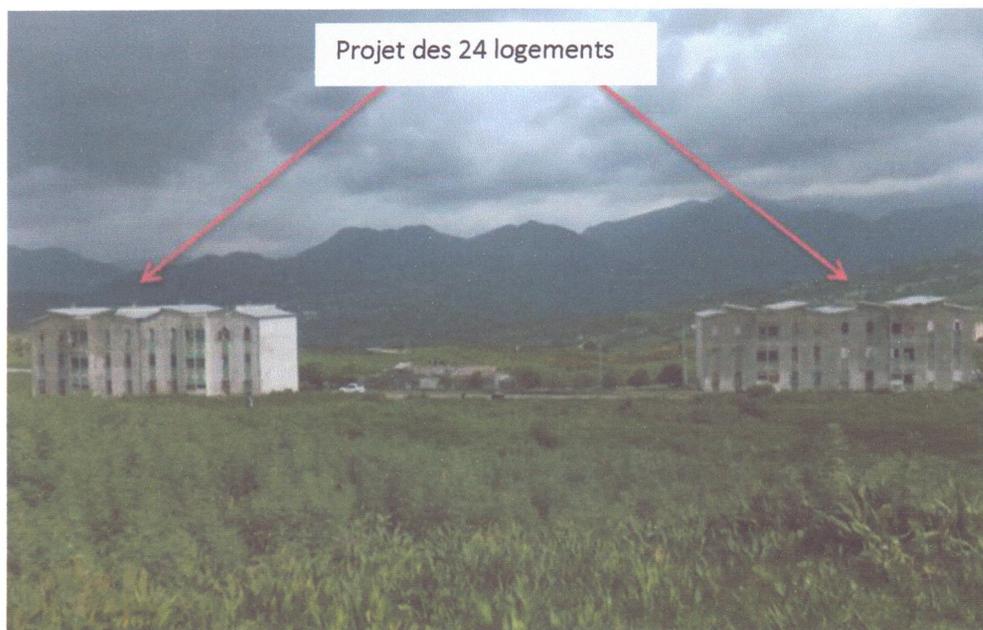
Ainsi le comportement ultérieur d'un projet, sa stabilité, sa durée de vie eu égard aux différents aléas (naturels et anthropiques), sont du ressort du géotechnicien et de sa spécialité.

Dans le cas de notre projet nous essayerons de donner les raisons pour lesquelles la géologie et la géotechnique présentent les mêmes degrés d'intérêt dans un projet de construction quelque que soit sa nature.

Le cas des 24 logements d'Oudjana (Figure.V.1 et V.2) construits sur une zone géologiquement très instable se trouve dans situation technique délicate.

Les données géotechniques sur lesquelles se sont basées les études précédentes n'étaient insuffisantes.

Sur la base des résultats la campagne des reconnaissances géotechniques de 2008 nous allons essayer de proposer des solutions adéquates répandant le plus possible à la dynamique de cette zone.



**Figure V.1.** Une vue de la cité des 24 logements d'Oudjana (Wilaya de Jijel).



**Figure.V.2.** Situation géographique du secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).

## V.2. Moyens de reconnaissances géotechniques des sols:

### V.2.1. Reconnaissances géologiques :

Le programme des reconnaissances géologiques se fait comme suit :

- > L'inventaire des données existantes : caractérisées par l'utilisation de cartes géologiques documentations existantes.
- > L'observation sur terrain (levé géologique de la surface) : pour identifier la lithologie, la discontinuité du terrain et les accidents de surface. On recherche des endroits qui permettent à donner une coupe dans la zone considérée, ou les formations sont bien représentées.

### V.2.2. Reconnaissances géotechniques :

Dans le but de déterminer les caractéristiques géotechniques des sols constituant le terrain et l'estimation de leurs valeurs qui seront utilisés dans les calculs, il existe généralement deux types de reconnaissances géotechniques : les essais in situ et les essais de laboratoire.

Nous présentons dans cette étude les données et les résultats obtenus à partir de la campagne des reconnaissances géotechniques réalisées par le (Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction, LNHC, 2008).

### V.2.2.1. Les essais in-situ :

La Figure.V.3 présente l'implantation des essais-in situ réalisés dans le site étudié.

#### a. Essai de pénétration dynamique :

Cet essai présente l'application directe de la formule de battage dite « des Hollandais » pour calculer la résistance dynamique (Rd) du sol en fonction de la profondeur :

$$Rd = \frac{N}{L} \times \frac{M^2 \times H}{P+M} \times \frac{1}{A}$$

Rd= résistance dynamique de pointe en (daN/cm<sup>2</sup>).

M=poids du mouton en (daN).

H=hauteur de chute du mouton en (cm).

P=poids des tiges en (daN) à la profondeur

A=section de la pointe en (cm<sup>2</sup>)

L= enfoncement de référence =20cm

N= nombre de coups nécessaires pour un enfoncement de référence.

Quatre-vingt-six (86) essai au pénétromètre dynamique lourd type «Borro-B2 » ont été réalisés au niveau de la région d'Oudjana. On a choisis les sondages et essais les plus proches du site étudié.

- **Données géotechniques issues des essais de pénétration dynamique :**

Les résultats des essais de pénétromètre dynamique sont représentés sous forme de courbes indiquant la résistance dynamique de pointe (Rp) en fonction de la profondeur (Z).

L'analyse de pénétrogrammes obtenus montre que au droit des essais P8, P44, P45, P48, P75 et P85; le sol accuse une résistance assez faible sur les premiers mètres et dont les valeurs sont de l'ordre de 8 bars à 12 bars en moyenne. Au- delà, la résistance du sol évolue progressivement et atteint des valeurs comprise entre 160 bars et 230 bars en moyenne à 10 m de profondeur environ.

#### b. Les sondages carottés :

- > Quinze(15) sondages carottés ont étaient réalisés à des profondeurs de 4 m à 15 m afin de récolté le maximum d'information sur le sous-sol.
- > On a choisis les quatre (4) sondages carottés les plus proche du site étudié.

Le tableau (Tableau.V.1.) Ci-après présente les résultats des sondages carottés dans le site d'étude.

### V.2.2.1. Les essais in-situ :

La Figure.V.3 présente l'implantation des essais-in situ réalisés dans le site étudié.

#### a. Essai de pénétration dynamique :

Cet essai présente l'application directe de la formule de battage dite « des Hollandais » pour calculer la résistance dynamique (Rd) du sol en fonction de la profondeur :

$$Rd = \frac{N}{L} \times \frac{M^2 \times H}{P+M} \times \frac{1}{A}$$

Rd= résistance dynamique de pointe en (daN/cm<sup>2</sup>).

M=poids du mouton en (daN).

H=hauteur de chute du mouton en (cm).

P=poids des tiges en (daN) à la profondeur

A=section de la pointe en (cm<sup>2</sup>)

L= enfoncement de référence =20cm

N= nombre de coups nécessaires pour un enfoncement de référence.

Quatre-vingt-six (86) essai au pénétromètre dynamique lourd type «Borro-B2 » ont été réalisés au niveau de la région d'Oudjana. On a choisis les sondages et essais les plus proches du site étudié.

- **Données géotechniques issues des essais de pénétration dynamique :**

Les résultats des essais de pénétromètre dynamique sont représentés sous forme de courbes indiquant la résistance dynamique de pointe (Rp) en fonction de la profondeur (Z).

L'analyse de pénétrogrammes obtenus montre que au droit des essais P8, P44, P45, P48, P75 et P85; le sol accuse une résistance assez faible sur les premiers mètres et dont les valeurs sont de l'ordre de 8 bars à 12 bars en moyenne. Au- delà, la résistance du sol évolue progressivement et atteint des valeurs comprise entre 160 bars et 230 bars en moyenne à 10 m de profondeur environ.

#### b. Les sondages carottés :

- > Quinze(15) sondages carottés ont étaient réalisés à des profondeurs de 4 m à 15 m afin de récolté le maximum d'information sur le sous-sol.
- > On a choisis les quatre (4) sondages carottés les plus proche du site étudié.

Le tableau (Tableau.V.1.) Ci-après présente les résultats des sondages carottés dans le site d'étude.

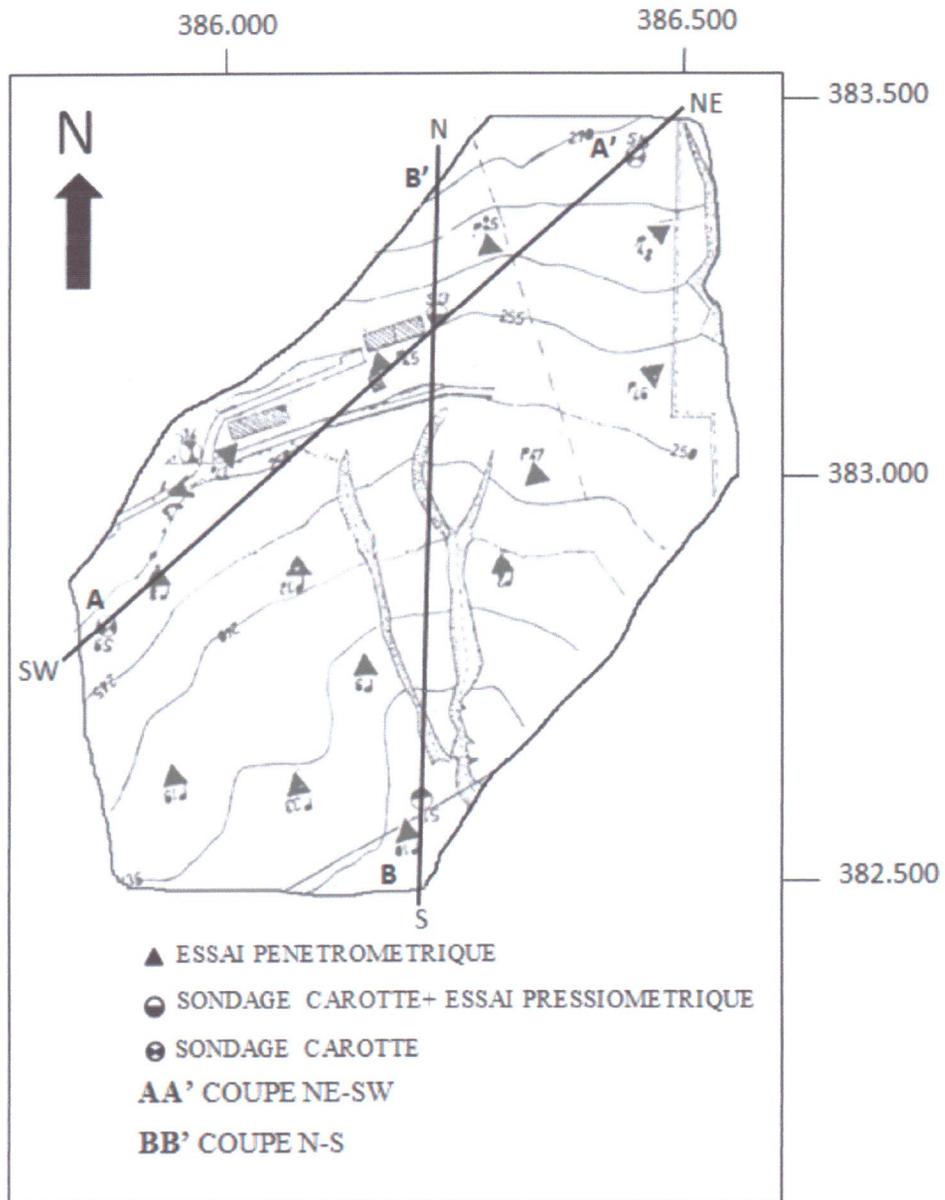


Figure.V.3. Carte d'implantation des essais in situ pour le site étudié (L.N.H.C).

**Tableau.V.1.** Les résultats des essais des sondages carottés les plus proches du site étudié.

Sondages	Profondeur	Lithologie
<b>S09</b>	0.00 - 1.00m	Terre végétale.
	1.00-2.00m	Argile verdâtre.
	2.00-10.00m	Marne schisteuse bleuâtre.
<b>S13</b>	0.00 -1.00 m	Terre végétale.
	1.00 -1.50 m	Argile graveleuse brunâtre.
	1.50 -8.40 m	Marne schisteuse verdâtre.
	8.40-10.00m	Marne schisteuse bleuâtre
<b>S14</b>	0.00 1.00 m	Terre végétale.
	1.00 -3.00 m	Argile jaunâtre.
	3.00 - 15.00 m	Marne schisteuse bleuâtre.
<b>S15</b>	0.00- 0.80 m	Terre végétale.
	0.80 –3.70 m	Argile graveleuse verdâtre.
	3.70 -10.00 m	Marne schisteuse bleuâtre.

Les coupes géotechniques établies après l'examen des logs et des sondages carottés, à différentes profondeurs montrent que le terrain est constitué en surface d'une couche de terre végétale d'épaisseur variable entre 1 et 2 m, sur un substratum marneux surmonté parfois par des argiles (Figure.V.4 et V.5).

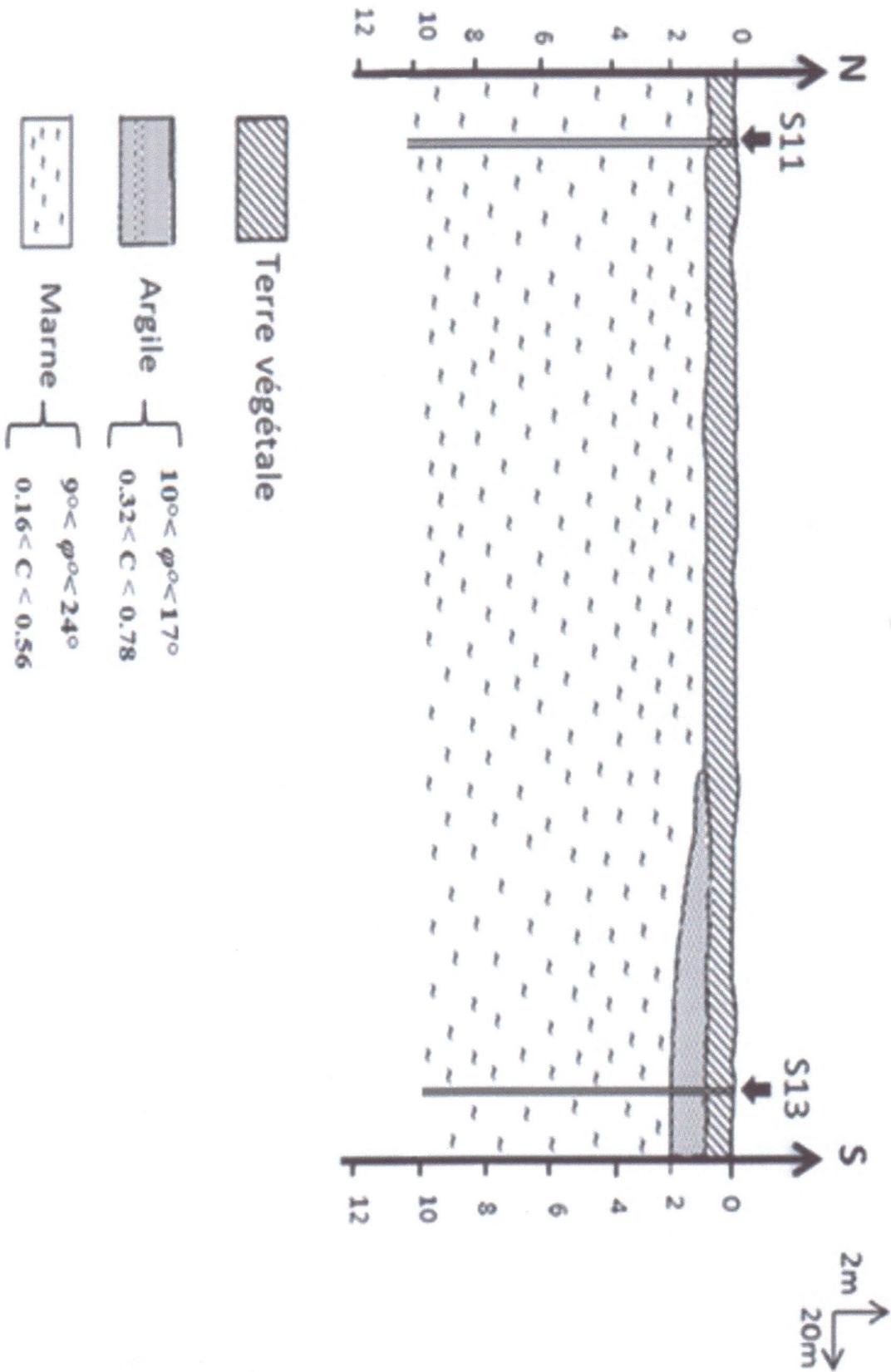


Figure V.4. Coupe géotechnique N-S de la région étudié et différents paramètres de chaque couche.

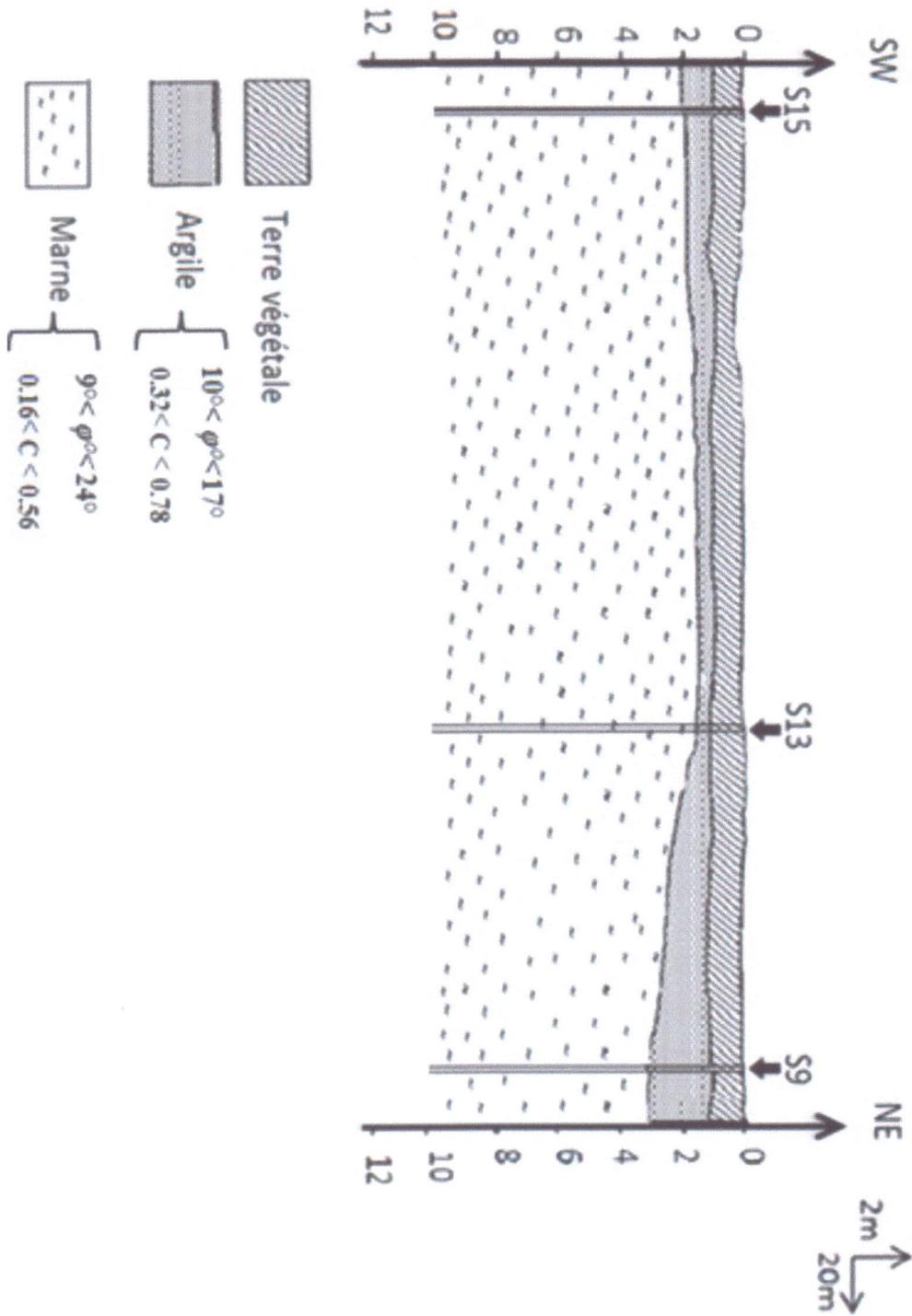


Figure V.5. Coupe géotechnique SW-NE de la région étudié et différents paramètres de chaque couche.

### c. Essai préssiométriques :

Dans le sondage S13, un essai préssiométrique a été réalisé pour suivre avec précision les variations de la résistance mécanique du terrain en fonction de la profondeur. Le tableau ci-après présente les résultats de l'essai préssiométrique.

**Tableau V.2.** Les résultats de l'essai préssiométrique (au niveau du sondage n°13).

Essai	H (m)	$E_p$ (bar)	$P_L$ (bar)	$E_p/P_L$
1	1.00	19.57	4.18	4.69
2	2.00	19.67	2.32	8.47
3	3.00	32.73	2.56	12.79
4	4.00	43.27	3.30	13.11
5	5.00	18.21	3.42	5.33
6	6.00	32.37	5.22	6.21
7	7.00	34.07	7.28	4.68
8	8.00	81.44	10.75	7.58
9	9.00	119.88	14.90	8.04
10	10.00	154.56	16.20	9.54

La lecture des valeurs obtenues montre que le sol accuse des caractéristiques assez faibles sur les 6 premiers mètres au droit de sondage S13. Sur cet horizon, les valeurs de la pression limite ( $P_L$ ) sont de l'ordre 2.5 bars à 5 bars et témoignent d'un état altéré du sol en surface.

Au -delà, les caractéristiques s'améliorent et l'on enregistre des pressions limites de l'ordre de 10 bars à 16 bars en moyenne. Quant aux valeurs du module  $E_p$ , elles sont de l'ordre de 19 à 150 bars.

#### V.2.2.2 Les essais d'identification au laboratoire :

Les caractéristiques d'identifications physico-mécaniques, des couches constituant le terrain ont été mesurées à partir des échantillons intacts prélevés à différentes profondeurs dans les sondages réalisés.

##### a. Les essais physiques :

Sur les échantillons prélevés ont été effectués les essais d'identification physiques suivants :

- **La teneur en eau naturelle (W) :**

La teneur en eau est le paramètre le plus important dont la variation modifie toutes les propriétés du sol.

La teneur en eau naturelle (W) est le rapport de l'eau contenue dans le sol par rapport au poids sec du sol exprimée en pourcentage(%).

La teneur en eau est donc définie par la relation suivante :

$$W = \frac{w_w}{w_s} = \frac{w_t - w_s}{w_s}$$

$w_w$  : Poids de l'eau.

$w_s$  : Poids de sol sec.

La connaissance de la teneur en eau avec d'autres caractéristiques, permet d'apprécier l'état dans lequel se trouve ce sol et ainsi avoir une idée des travaux à entreprendre par la suite (drainage par exemple). [J. P. Magnan, 2001]

- **Le degré de saturation (Sr) :**

Il indique dans quel pourcentage les vides sont remplis par l'eau, il est défini comme le rapport entre le volume de l'eau et le volume des vides :

$$S_r = \frac{V_w}{V_s}$$

$S_r$  : Degré de saturation.

$V_w$  : Volume de l'eau.

- **Poids volumique ( $\gamma_h$ ) :**

Poids volumique du sol humide (ou apparent) ( $\gamma_h$ ) : C'est le rapport du poids total d'une certaine quantité de sol à son volume (J.P. Magnan ; 2001) :

$$\gamma_h = \frac{W_t}{V_t}$$

$W_t$  : Le poids total du sol.

$V_t$  : Le volume du sol.

Poids volumiques du sol sec ( $\gamma_d$ ): C'est le rapport du poids du matériau sec contenu dans une quantité de sol au volume de même sol :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_s}$$

$V_s$  : volume des grains solides.

$W_s$  : Poids des grains solides.

Le tableau ci-après résumé les résultats des caractéristiques physiques des sols étudiés.

**Tableau.V.3.** Valeurs des principaux paramètres physiques des sols (LNHC, 2008).

Sondage	9			13		14		15	
Profondeur(m)	1.5 à 2	2.4 à 2.8	3.3 à 3.65	2.2 à 2.5	5.6 à 6	4 à 4.2	6.3 à 6.7	2.1 à 2.3	5.4 à 5.9
Densité sèche $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	1.6	1.63	1.95	1.7	1.61	1.73	1.71	1.62	1.71
Densité humide $\gamma_h$ (t/m <sup>3</sup> )	1.99	2.01	2.22	2.05	2.0	2.05	2.07	1.99	2.08
Teneur en eau W (%)	24.3	22.8	14.2	20.9	24.9	19.1	20.7	23.3	21.3
Degré de saturation Sr(%)	95	94	99	96	99	92	96	94	99

Ces résultats, nous permet de dire que :

- Le sol a une densité moyenne à élever.
- Les valeurs obtenues pour la teneur en eau naturelle montrent que le sol est moyennement humide  $14.2\% < W\% < 24.3\%$ .
- Le degré de saturation du sol est compris entre 92% - 100%, ce qui indique que les matériaux sont fortement saturés en eau.

#### . Les limites d'Atterberg :

Ces limites sont mesurées au laboratoire sur la fraction du sol qui passe au tamis de 400 um, l'essai nous permet de définir :

- La limite de liquidité (WL) %.
- La limite de plasticité(WP)%.
- L'indice de plasticité(IP)%.
- L'indice de plasticité permet de définir le degré de plasticité d'un sol comme le montre le tableau suivant :

**Tableau V.4.** Classification des sols suivant l'indice de plasticité (J.P. Magnan, 2001).

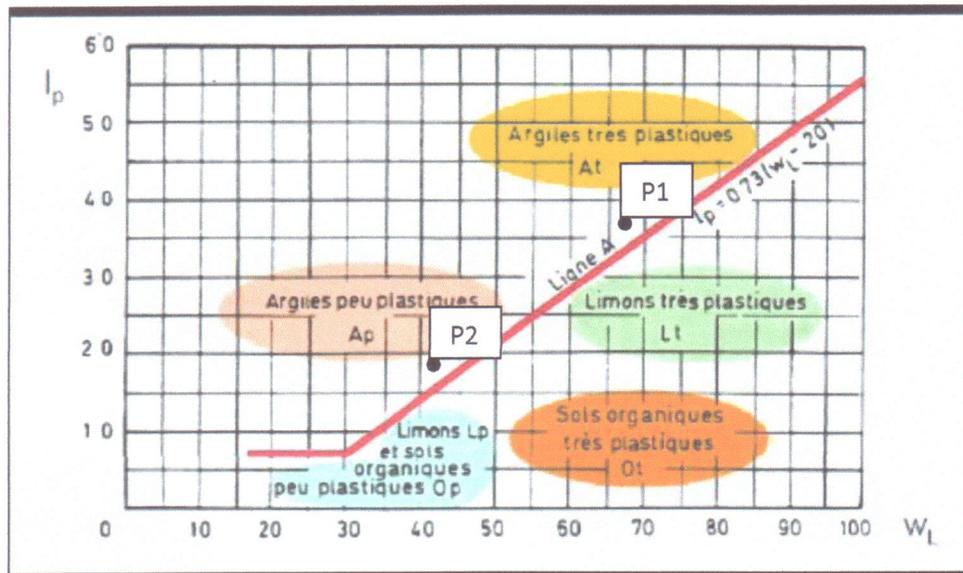
Indice de plasticité	Degré de plasticité du sol
0-5	Non plastique
5-15	Peu plastique
15-40	Plastique
> 40	Très plastique

Les résultats des limites d'atterberge du sol étudié sont regroupés dans le tableau ci-après :

**Tableau V 5.** Valeurs des limites (LNHC, 2008).

Sondage	9		13		14	15
Profondeur(m)	1.5à 2	3.3à 3.65	2.2à 2.5	5.6à 6	2.3à 2.8	2.1à 2.3
WP %	30	24	32	27	31	33
WL %	62	42	67	57	67	68
IP %	32	18	35	30	36	35

Suite aux valeurs obtenues à partir de l'essai de plasticité et d'après le diagramme de Casagrande, le sol appartient à la catégorie des argiles peu plastiques (Ap) à très plastiques (At.).



**Figure.V.6.** Classification des sols fins avec le diagramme de Casagrande.

**b. Les essais mécaniques :****. L'essai de cisaillement :**

Des essais de cisaillement rectiligne du type consolidé non drainé (Cu) ont été réalisés afin de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols à savoir la cohésion (C) et l'angle de frottement interne ( $\varphi$ ) °.

La contrainte de cisaillement est définie par la relation de Coulomb :

$$\tau = C + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

Avec :

( $\varphi$ )° : Angle de frottement interne.

(C) bars : Valeur de cohésion.

Les résultats des essais de cisaillement rectiligne sont regroupés dans le tableau ci-après :

**Tableau.V.6.** Valeur des caractéristiques intrinsèques du sol C et  $\varphi$  (LNHC, 2008).

Sondage	9		15		14
Profondeur(m)	1.5 à 2	2.4 à 2.8	2.1 à 2.3	5.4 à 5.9	2.3 à 2.8
$\varphi$ °	17.35	9.37	17.82	10.29	16.65
(C) bars	0.47	0.56	0.51	0.32	0.78

D'après les résultats de l'essai de cisaillement on peut dire ce qui suit :

-  $0.32 < C < 0.78$  : le sol est cohérent.

-  $9 < \varphi < 18$  : le sol est moyennement résistant au cisaillement du fait des valeurs moyennes de  $\varphi$ °

**. L'essai de compressibilité (essai oedométrique) :**

L'essai de compressibilité à l'oedomètre est une application directe de la théorie de la consolidation. Il permet d'évaluer l'amplitude des tassements ainsi que leur évolution dans le temps.

On peut classer un sol vis-à-vis la compressibilité en utilisant l'indice de compressibilité  $C_c$  comme le montre le tableau suivant :

**Tableau V.7.** Classification d'un sol en fonction de  $C_c$ .

$C_c$	Type de sol
$C_c < 0.02$	Sol incompressible
$0.02 < C_c < 0.05$	Sol très peu compressible
$0.05 < C_c < 0.100$	Sol peu compressible
$0.100 < C_c < 0.200$	Sol moyennement compressible
$0.200 < C_c < 0.300$	Sol assez fortement compressible
$0.300 < C_c < 0.500$	Sol très compressible
$C_c > 0.500$	Sol extrêmement compressible

D'autres auteurs préfèrent utiliser le rapport  $(C_c/1+e_0)$  comme illustré dans le tableau Tableau.V.8.

**Tableau.V.8.** Classification d'un sol en fonction  $(C_c/1+e_0)$  :

$(C_c/1+e_0)$	Type de sol
$(C_c/1+e_0) < 0.015$	Sol incompressible
$0.015 < (C_c/1+e_0) < 0.05$	Sol peu compressible
$0.05 < (C_c/1+e_0) < 0.20$	Sol moyennement compressible
$(C_c/1+e_0) > 0.20$	Sol très compressible

On peut également classer le sol vis-à-vis le gonflement en fonction de l'indice de gonflement ( $C_g$ ) comme suit :

**Tableau.V.9.** Classification d'un sol en fonction de  $C_g$ .

$C_g$	Potentiel de gonflement du sol
$< 0.005$	sol non gonflant
$> 0.005$	sol pouvant gonfler

Les résultats des essais oedométriques obtenus sont exprimés dans le tableau ci-après :

**Tableau.V.10.** Pressions de consolidation ( $P_c$ ), coefficients de compressibilité ( $C_c$ ) et de gonflement ( $C_g$ ).

Sondage	9			13		14		15
Profondeur(m)	1.5	2.4	3.3	2.2	5.6	4	6.3	5.4
	à 2	à 2.8	à 3.65	à 2.5	à 6	à 4.2	à 6.7	à 5.9
<b><math>P_c</math> (bars)</b>	1.85	1.6	1.58	1.95	1.91	1.64	1.63	1.36
<b><math>C_c</math> (%)</b>	18.32	16.65	14.66	17.32	15.66	16.32	15.66	9.66
<b><math>C_g</math> (%)</b>	10.87	11.58	4.48	4.32	4.97	4.86	5.63	3.00

Avec :

$P_c$  (bars) : Pression de compressibilité.

$C_c$ (%) : Coefficient de compressibilité.

$C_g$ (%) : Coefficient de gonflement.

A partir de tableau Tableau.V.10 on a :

$1.36 < P_c < 2.01$  : Sol sur consolidé.

$0.1632 < C_c < 0.1832$  → sol moyennement compressible.

$0.043 < C_g < 0.108$  → sol pouvant gonfler.

- **Classification du sol étudié vis à vis la compressibilité :**

- ✓ Sondage N° (09) : Profondeur 1.5 m à 2.00 m

$$\frac{c_c}{1 + e_0} = \frac{0.1732}{1 + 0.813} = 0.10.$$

- ✓ Sondage N° (13) : Profondeur 1.5 m à 2.00 m

$$\frac{c_c}{1 + e_0} = \frac{0.1732}{1 + 0.798} = 0.09.$$

- ✓ Sondage N° (14) : Profondeur 1.5 m à 2.00 m

$$\frac{c_c}{1 + e_0} = \frac{0.1632}{1 + 0.702} = 0.09.$$

- ✓ Sondage N° (015) : Profondeur 1.5 m à 2.00 m

$$\frac{c_c}{1 + e_0} = \frac{0.0966}{1 + 0.473} = 0.065.$$

Donc :  $0.05 < \frac{c_c}{1 + e_0} < 0.2$ , Ce résultat indique que le sol est moyennement compressible.

[G. Philliponat, 1979].

### c. Les analyses chimiques :

Un certain nombre d'échantillons de sol a été soumis à des analyses chimiques afin de déterminer le potentiel d'ions agressifs présents dans le terrain. Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus.

**Tableau.V.11.** Les résultats des analyses chimiques.

<b>Sondage N°</b>	<b>Profondeur (m)</b>	<b>Sulfates SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>Carbonates CaCO<sub>3</sub></b>	<b>Chlorures Cl -</b>	<b>Matière organique</b>
09	2.4 à 2.8	0.44	2.3	0.11	1.38
13	2.2 à 2.5	0.14	19.02	0.04	1.03
14	4.0 à 4.2	Traces	4.59	0.11	0.28
15	2.1 à 2.3	0.14	8.53	0.09	1.31

Selon la norme NFP 11 -018 du 06/22, les résultats révèlent une **agressivité faible à nulle** vis-à-vis du béton.

### V.3 - Diagnostics et causes probables de l'instabilité du site des 24 logements:

#### V.3-1 Les causes naturelles :

##### V.3.1. a. Lithologie du sol et topographie du terrain:

Le site des 24 logements se trouve géologiquement sur une zone très instable, constitué en générale par des marnes altérées à aspect schisteux, surmontées par des argiles graveleuses cohérent pouvant gonfler et de mauvaises caractéristiques physiques et mécaniques.

Le site présente en générale une pente topographique assez moyenne de l'ordre de 10 à 20% (Figure.V.7) et se trouve dans une zone de moyenne séismicité.

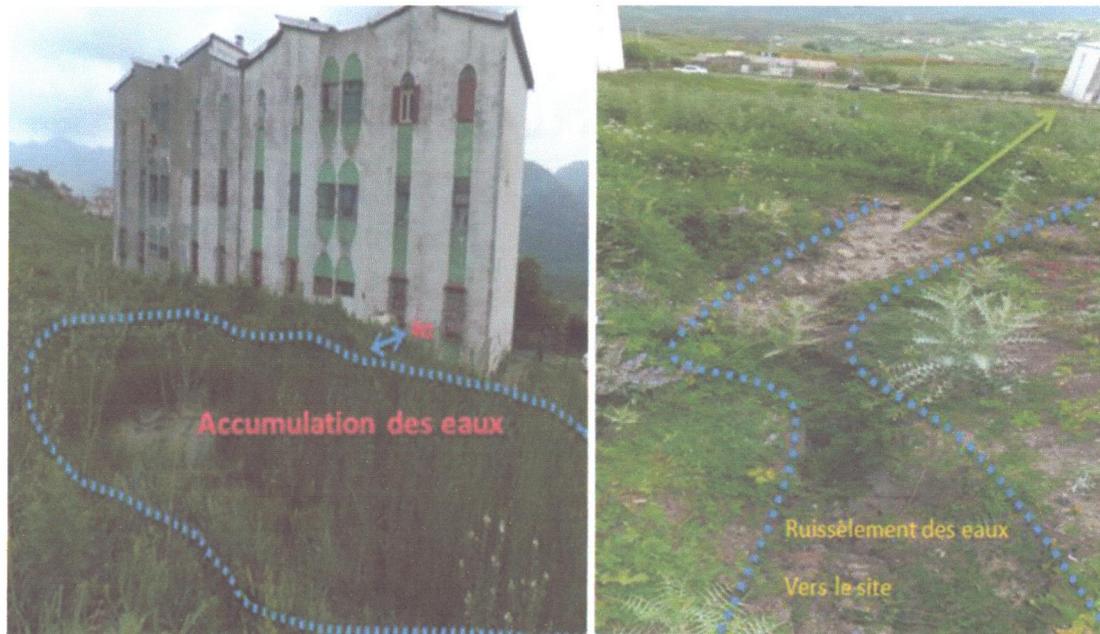


Figure.V.7. La pente topographique (05/05/2013).

##### V.3.1. b. Une venue d'eau importante :

La région de Jijel est connue par une forte précipitation, cette dernière est la cause directe des infiltrations et des ruissellements importants remarqués au niveau du site étudié.

Les venues d'eau importantes présentent déjà un facteur commun qui peut être la cause des glissements, gonflement et érosion des sols (Figure V.8).



**Figure V.8.** Résurgence d'eau par suintement au pied d'un talus situé derrière la cité des 24 logements (05/05/2013).

### V.3.1. c. La fracturation :

La fracturation est générée par la présence de réseaux des failles profondes.

### V-3-2. Les causes anthropiques :

On peut citer les plus importantes :

- Ouverture de la route d'accès (dépression au niveau du pied du talus)
- Mauvaise prise en charge des aménagements routiers (manque des caniveaux)
- Travaux d'excavations et de déblaiement entamés en aval du projet ayant accéléré la déstabilisation du site des 24 logements situés à quelques mètres en amont d'une plate-forme réalisée pour accueillir un nouveau bâtiment (voir Figure.V.10).
- Non captage des cours d'eaux superficielle



**Figure V.9.** Ouverture de la route d'accès et mauvaise prise en charge des aménagements routiers (05/05/2013).



**Figure V.10.** Travaux d'excavations et de déblaiement entamés en aval du site des 24 logements situés à quelques mètres (05/05/2013).

#### V.4. Les conséquences :

Lors de notre visite sur site nous avons constaté des instabilités au niveau de la cité des 24 logements et dont les signes se résument en :

- Détériorations et affaissement du dallage autour de l'immeuble (Figure V.11).
- Ouverture excessive des joints de dilatation (Figure V.12).
- Des escarpements et des bombements du sol.
- Fissuration des murs suite aux tassements et /ou gonflement (Figure V.13).
- Fissuration des dalles en béton (trottoirs) sous l'effet des mouvements du sol (Figure V.14).



**Figure.V.11.** Détériorations et affaissement du dallage autour de l'immeuble (05/05/2013).



**Figure.V.14** Fissuration d'une dalle en béton (05/05/2013).



**Figure.V.15.** Niche d'arrachement sous l'effet des mouvements du sol (05/05/2013).

D'autre indice tel que les poteaux électrique inclinés qui confirme l'activité du glissement au niveau du site des 24 logements d'oudjana (figure.V.16).



Figure.V.16. L'inclinaison des poteaux (05/05/2013).

### V.5. L'étude de stabilité :

Lors de l'étude de stabilité du site des 24 logements, une grande attention a été portée sur les propriétés physico-mécaniques du sol. Mais il existe une classe particulière de sols dont la composition et la structure font que leurs déformations dépendent non seulement de la charge qui leur est appliquée mais aussi des variations de leur état physique et mécanique sous l'influence des variations de la teneur en eau. Dans notre cas les sols possèdent de mauvaises caractéristiques physiques et mécaniques ce qui explique les désordres observés sur le site.

Le calcul et le traitement de la stabilité par la méthode classique paraît inconfortable et inadéquat eu égard au nombre élevé de paramètres mis en jeu, (saturation, lithologie, morphologie et autres causes).

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 ruptures 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 de rupture et comparer l'influence des différents paramètres. Cela permet, par exemple d'évaluer en modifiant les conditions aux limites, les résultats à attendre des travaux de stabilisation (Benaissa, 2003).

C'est différentes méthodes de calcul se basent sur le même principe concernant le calcul du coefficient de sécurité vis-à-vis la stabilité du talus en définissant un facteur de sécurité ( $F_s$ ) comme suit :

$$F_s = \frac{\sum \text{Moments résistants}}{\sum \text{Moments moteurs}}$$

Si  $F_s < 1$  : le talus est instable.

Si  $1 \leq F_s < 1.5$  : le talus est stable mes avec des conditions (talus douteux).

Si  $F_s \geq 1.5$  : le talus est stable son danger.

- **Calcul numérique par le logiciel GEO-SLOPE :**

Du fait de la maîtrise de ce logiciel, sa disponibilité, sont fonctionnement simple basé sur la méthode des tranches, ces résultats très fiables et la possibilité d'une modélisation acceptable de la rupture on considère que GEO-SLOPE est l'un des logiciels les plus utilisé pour les études de stabilité des talus.

- **Description générale du logiciel GEO-SLOPE :**

C'est un logiciel crée par la compagnie canadienne «MITRE SOFTWARE CORPORATION». Le software GEO-SLOPE exécute l'analyse de la stabilité des talus naturelles à l'équilibre limite, des talus artificielles non renforcés, ou des talus en sol renforcé. Ce programme emploie la méthode ordinaire (fellenius), Bishop, Janbu et Morgenstern-prince dits méthodes des tranches. Il permet de supposer des surfaces circulaires. Composées, et non circulaires. Concernant son mode d'emploi il faut introduire les données suivantes pour pouvoir lancer le calcul de stabilité :

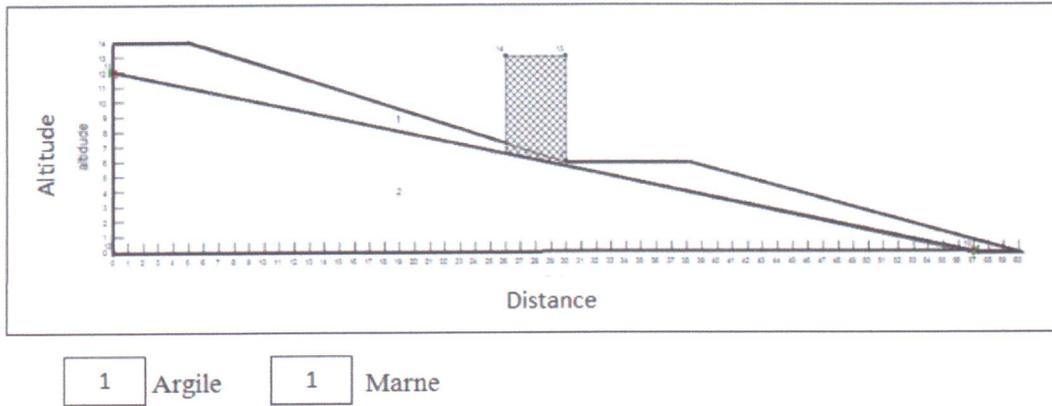
- Définition de l'espace de travail.
- Définition du problème (donné géométrique).
- Définition des paramètres d'analyses.
- Définition des caractéristiques physico-mécanique des couches.
- Définition des couches.
- Définition du maillage.
- Lancer les calculs.

- **Validation de l'approche de calcul considérée :**

Le modèle géométrique retenu dans cette étude est assimilé à une talus bicouche dont la première couche est celle des argiles la deuxième couche est celle des marnes sur le plan hydrogéologique on ne peut avoir une nappe d'eau, ce talus est traversé par une route et la partie amant de la route est chargée par les 24 logements. La stabilité du talus étudié sera faite à partir de deux profils A et B (Figure.V.17).

**Le profil A :** qui commence à partir de la tête du talus jusqu'à la chaussée de la route (coté amont).

**Le profil B :** qui commence à partir de la chaussée de la route (coté aval) jusqu'au pied du talus.



**Figure .V.17** Géométrie du profil utilisés dans l'étude de stabilité.

Les valeurs des caractéristiques physico-mécaniques des différentes couches de sol utilisées dans l'étude de la stabilité du talus affecté par le glissement de terrain sont regroupées dans le Tableau suivant.

**Tab.V.12.** Caractéristiques mécaniques du sol étudié.

Couche / caractéristique mécanique	$\gamma_d(kN/m^3)$	$C_{uu} (kPa)$	$\varphi_{uu} (^\circ)$
Argile	20.5	0.47	17.35
Marne	20.5	0.56	9.37

Les résultats de l'analyse de stabilité effectuée sur le talus dans son état actuel montrent un facteur de sécurité  $F_s < 1.5$  (Tableau V.13), donc le talus est instable ou douteux dans certains conditions Le cercle critique dans le profil adopté pour cette étude est présenté dans la Figure V.17.

**Tableau V.13.** Différentes valeurs de FS dans son état initial.

Fs/méthode de calcul	Profile A	Profile B
Ordinary	1.228	0.883
Bishop	1.386	0.919
Janbu	1.240	0.887

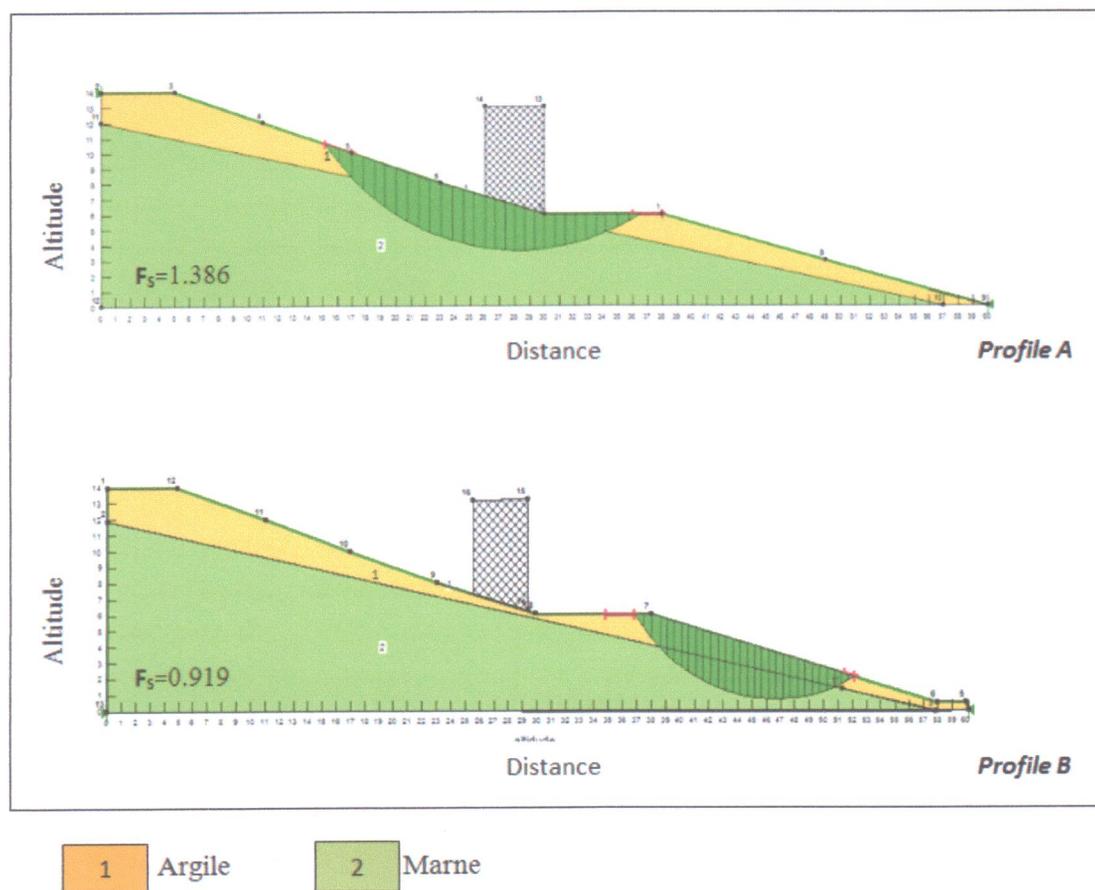


Figure.V.18 Etude de stabilité du talus dans son état actuel.

#### V.6. Techniques de confortement :

Vue la diversité des méthodes de renforcement existantes pour la stabilisation des glissements de terrain, notre étude a porté sur l'optimisation et l'efficacité de la méthode à retenir. Le but est de recherché le facteur de sécurité le plus performant ; ceci en tenant compte de l'aspect économique des travaux à envisagés. Dans ce qui suit nous allons exposer les méthodes de renforcement retenues.

##### V.6.1.Action sur la topographie par reprofilage du talus :

Le reprofilage reste le moyen d'action le plus rapide (figure V.19) 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, mais pas au point où le facteur de sécurité atteint nettement la valeur de 1.5conventionnelle.

Pour juger le talus stable (Tableau V.14), le tableau V.14 présente les valeurs de  $F_s$  âpre le reprofilage du talus.

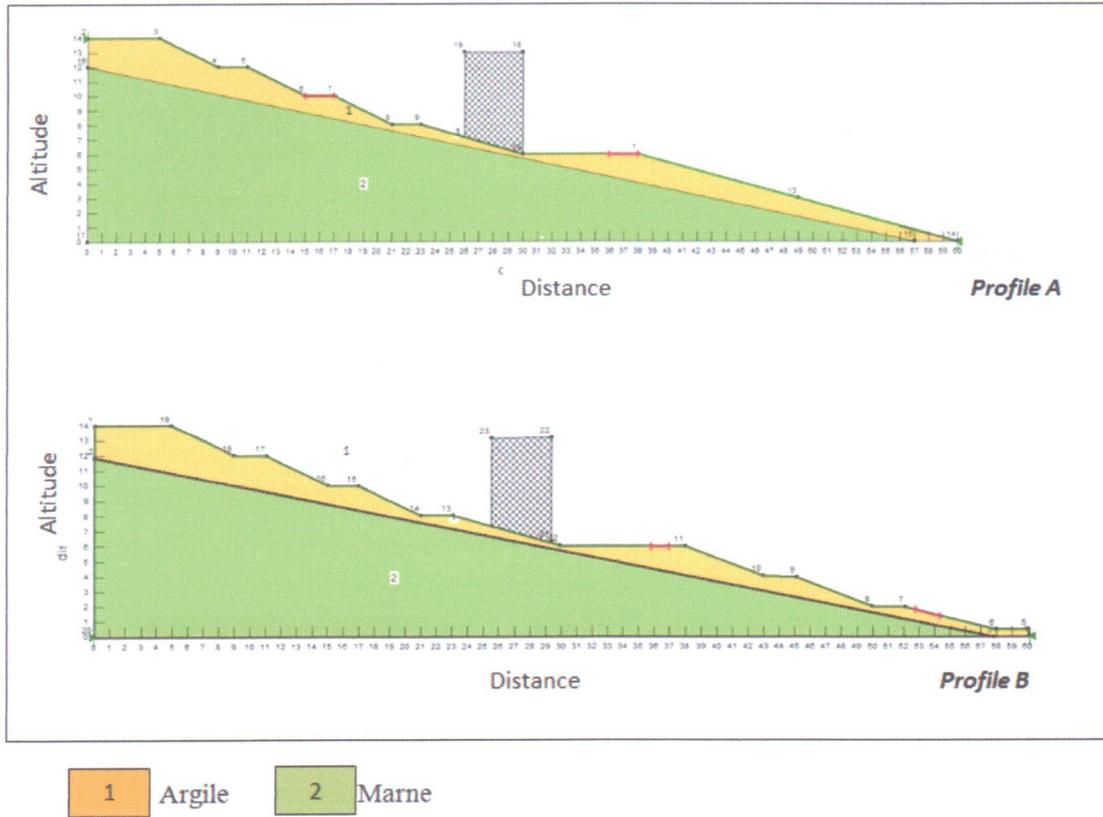


Figure.V.19 Schéma du reprofilage.

Les résultats de l'analyse de stabilité après le reprofilage montrent un facteur de sécurité  $F_s > 1.5$  (profile A), donc le talus est entre stable et douteux (selon la méthode de calcul).  $F_s < 1.5$  (profile B), donc le talus est douteux. Les cercles critiques dans le profil adopté pour cette étude sont présentés dans la Figure.V.20.

Tableau V.14 Différentes valeurs de  $F_s$  avant la stabilisation.

$F_s$ / méthode de calcul	Profile A	Profile B
Ordinary	1.335	1.056
Bishop	1.517	1.129
Janbu	1.340	1.053

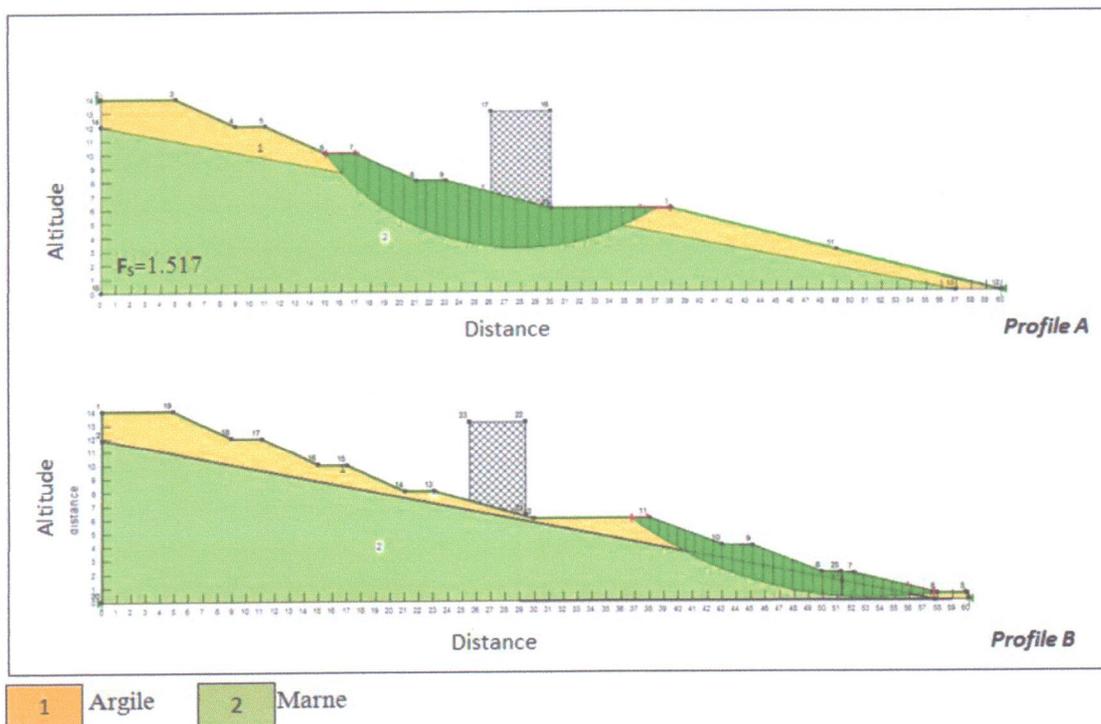


Figure.V.20. Etude de stabilité de talus après le reprofilage du talus.

V.6.2. Action sur la buté en pied du talus :

-Les enrochements : on a proposé au niveau du pied du talus de placer des enrochements.

Les valeurs des caractéristiques physico-mécaniques des enrochements utilisés sont regroupées dans le tableau suivant.

Tableau V.15 Caractéristiques mécaniques des enrochements proposés.

Matériel / caractéristique mécanique	$\gamma_d (kN/m^3)$	$C_{uu} (kPa)$	$\varphi_{uu} (^\circ)$
Enrochements	22	0	43

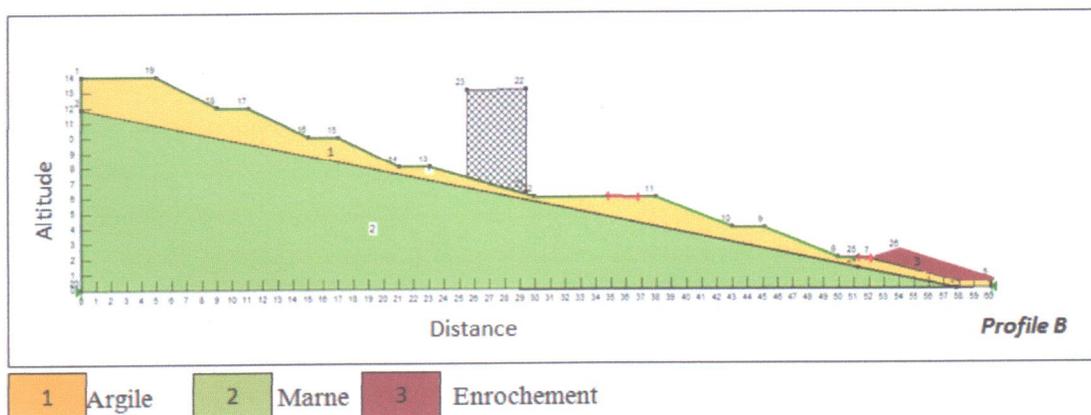
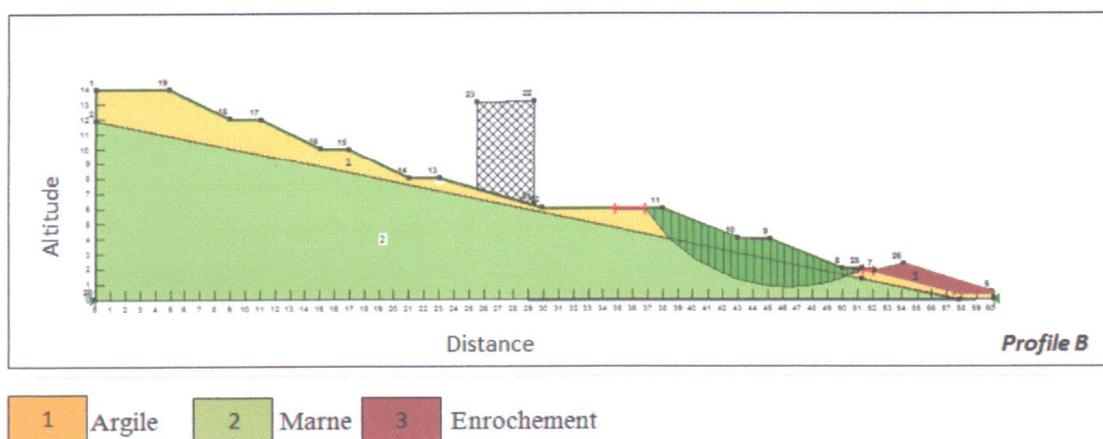


Figure.V.21. Travaux de confortement proposés (reprofilage et enrochements en pied du talus).

Les résultats de l'analyse de stabilité après la combinaison des deux solutions proposées (reprofilage et enrochements) montrent un facteur de sécurité.  $F_s > 1.5$  (profil B), donc le talus est stable. Le cercle critique dans le profil B est présenté dans la Figure.V.22.

**Tableau V.16** Valeurs du facteur de sécurité dans le cas de la combinaison de deux solutions (reprofilage et enrochements).

méthode de calcul	$F_s$
Ordinary	1.501
Bishop	1.538
Janbu	1.492



**Figure .V.22** Etude de stabilité du (profil B), solutions combinées (reprofilage et enrochements).

### V.6.3. Action de l'eau :

#### a. Collecte et canalisation des eaux de surface :

L'objectif est de limiter les infiltrations dans le massif en question. Les eaux peuvent provenir de zones de sources, d'un défaut d'étanchéité sur un réseau à l'amont ou plus simplement des eaux de ruissellement.

En effet, les eaux de surface ont tendance à s'infiltrer dans les fissures, à stagner dans les zones de faible pente et aggravent ainsi la situation. Aussi les ouvrages de collecte des eaux (fossés, caniveaux, cunettes), bien que sont indispensables.

#### b. Les tranchées drainantes :

Très souvent, l'eau joue un rôle moteur déterminant dans les phénomènes de glissements. Les tranches drainantes sont proposes dans le but de:

- éviter les infiltrations des eaux en profondeur.

Les tranchées drainantes sont des ouvrages couramment utilisés pour baisser le niveau de la nappe. Elles sont disposées sur le site de façon à intercepter les filets d'eau. Le choix de l'implantation (dans le sens de la plus grande pente ou dans un sens parallèle aux lignes de niveau, ou encore en épis) dépend des résultats de l'étude hydrogéologique. Elles sont remplies de matériaux poreux (graviers 3/8, graviers 15/25 et ballast 25/40), surmontant un drain en buse perforée de 200 mm de diamètre. Ces ouvrages sont revêtues de dalles en béton ou de pelouse.

- **proposition d'une tranchée drainante dans le site des 24 logements :**

On propose de mettre des tranchées drainantes au pied du versant supérieur de la cité, pour protéger les fondations des bâtiments contre les venues d'eau (Figure .V.23).

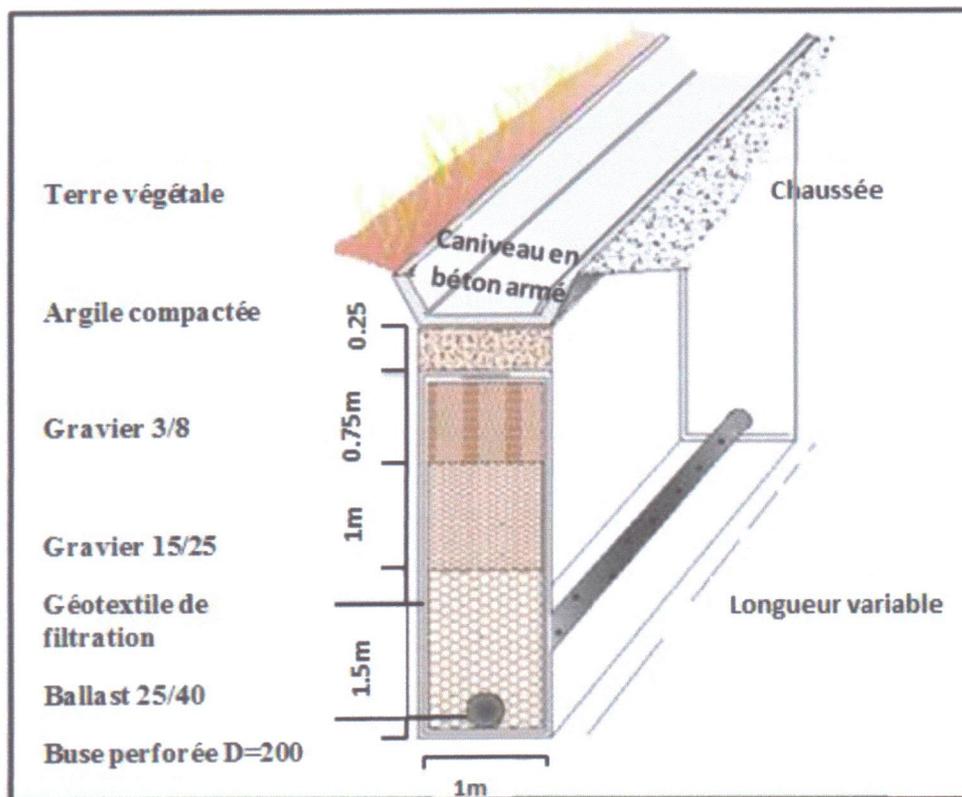


Figure .V.23. Schéma de la tranchée drainante proposée.

#### V.6.4. Sur le plan mécanique :

##### a. Réalisation des micropieux pour le confortement des bâtiments :

Les micro-pieux sont des pieux de petit diamètre (15 à 25 cm), dont la longueur peut atteindre une vingtaine de mètres, disposé en groupes pour fonder ou consolider un ouvrage, forés par rotation pour éviter toute vibration ou choc au-dessous des semelles existantes. Ces pieux sont armés d'un ferrailage étudié en fonction des contraintes existantes (étude Génie civil), Ils seront intégrés à l'intérieur de la fondation afin d'assurer une parfaite liaison.

Le micropieu assure deux sortes d'ancrages :

- Le premier est lié au frottement des micropieux dans le sol qui l'entoure, qui offre ainsi une résistance à l'enfoncement.
- Le second est lié à l'effet de pointe qui correspond à l'appui vertical de la fondation sur un sol de qualité acceptable.

Dans le cas où le bon sol est situé à une très grande profondeur, la capacité portante du micropieu est due seulement au frottement latéral.

Le nombre de micropieux nécessaire est déterminé par un calcul indiquée à celui des fondations profondes.

Les micropieux est représenté une solution de reprise en sous œuvre pour minimiser les problèmes d'instabilité des bâtiments.

Pour le cas des bâtiments existants sur le site étudié on propose un système de micropieux comme le montre la figure.V.24 :

Les micropieux ont les dimensions suivantes : un diamètre de 0,20 m et une hauteur de 10 m avec une disposition triangulaire.

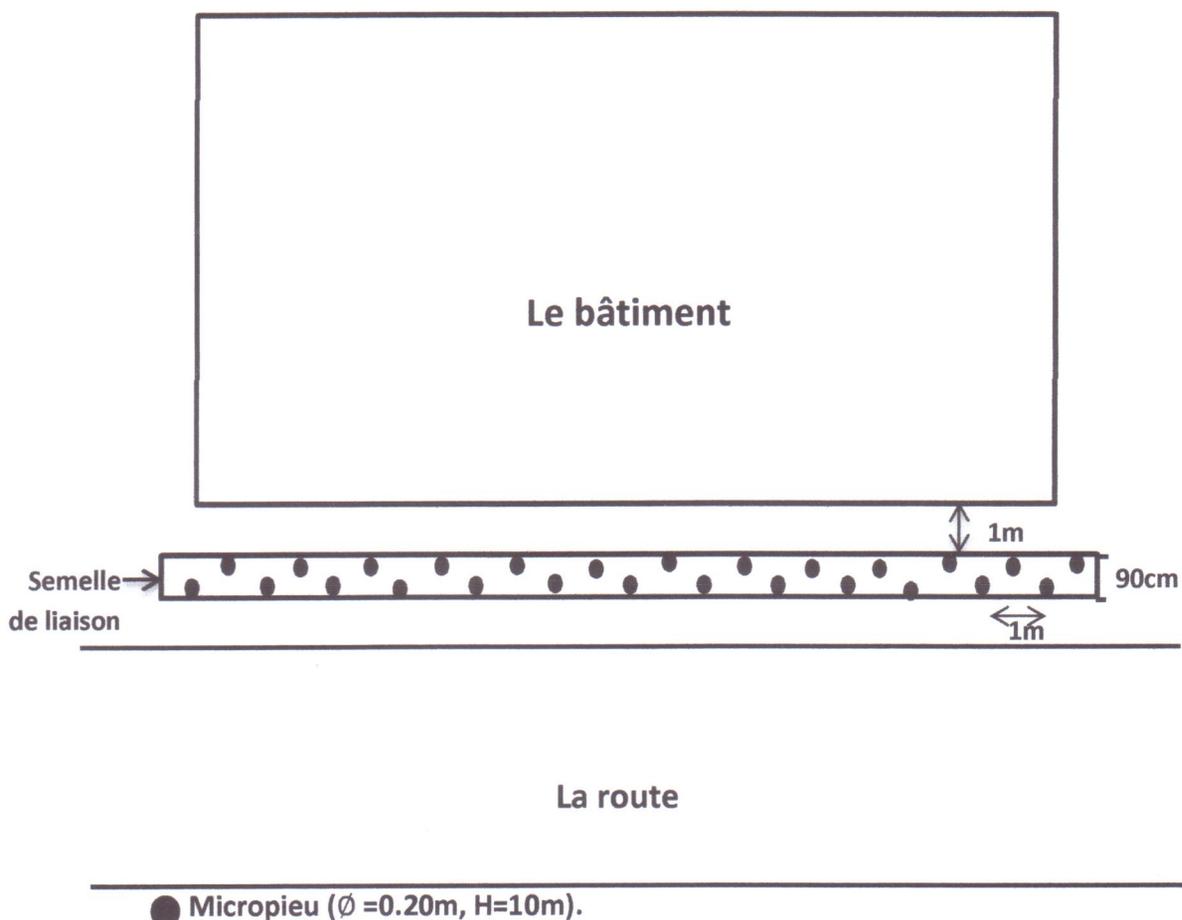


Figure V.24. Schéma du réseau des micropieux proposé.

Notre projet de fin d'étude concerne l'étude de la typologie des mouvements de terrain et le confortement des 24 logements dans la région d'Oudjana située à 8km au sud de la ville de Taher (wilaya de Jijel). Cette étude s'est basée sur la combinaison des données géologiques, hydrologiques et géotechniques.

Le travail été basé sur une inspection visuelle du site suivie de l'analyse des résultats des essais d'identifications géotechnique. A l'issus de ces analyses des solutions de confortement ont été proposées.

Les désordres constatés dans la zone d'étude sont le résultat de la conjonction de plusieurs facteurs : relief accidenté, lithologie du sol, forte pluviométrie, une pente assez moyenne de l'ordre de 10 à 20% en générale; diminution des caractéristiques des sols en place du à une arrivée massive d'eau qui s'infiltré dans le terrain. La combinaison de ces facteurs a conduit à la situation constatée sur le terrain :

- Détériorations et affaissement du dallage autour de l'immeuble.
- Ouverture excessive des joints de dilatation.
- Des escarpements et des bombements du sol.
- Fissuration des murs du fait des mouvements du sol et du phénomène de gonflement.
- Fissuration des dalles en béton.

Les causes des dommages étant cernés, nous préconisons d'adopter la stratégie suivante pour la stabilisation du site et le confortement du site des 24 logements. Nos recommandations pour une solution optimale sont les suivantes :

- Le reprofilage des talus : pour améliorer la stabilité en réduisant la pente moyenne du talus par terrassement.
- Le chargement du pied des talus par des enrochements pour augmenter la boutée au pied du les talus.
- Un drainage périphérique du site (tranchées drainantes, caniveaux, cunettes,...etc.)
- Réalisation de plate-forme étanche autour des bâtiments.
- Réalisation des micropieux pour le confortement des bâtiments.

**Enfin, il est à noter que cette étude acquiert un caractère préliminaire et que tout projet doit faire l'objet d'une étude détaillée en tenant compte de tous les paramètres du terrain et de l'ouvrage.**

## *Références bibliographiques*

**A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydrique (1996).

**Bouillin, J.P. 1977**: Géologie Alpine de la Petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie), thèse Doct. Uni. P. & M. Curie, 511P.

**Bouillin, J.P.1979**: La transversale de Collo et d'El-Milia (Petite Kabylie): une région- clef pour l'interprétation de la tectonique Alpine de la chaîne littorale d'Algérie. Thèse. Paris. Mém. Soc. Géol. France. Nouv. Série. L VII, n°135,84P.

**Djellit, H.1987**: Evolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flyschs en Petite Kabylie occidentale (Algérie).Thèse Doct. Univ d'Orsay Paris, 206P

**Durand Delga, M.1955**: Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Thèse d'Etat. Paris, Publ. serv. Carte géol. Algérie, 24,533P.

**Khalfa.I et Chouial.W.2008**: contribution à l'élaboration de la carte géotechnique de la commune de Jijel .Mém d'ingénieur d'état en géologie de l'ingénieur Université de Jijel.

**Philipponnat, G. & Bertrand, H. 2003**: *Fondations et ouvrages en terre*. Ed. Eyrolles: Paris; 548P.

**Rouikha.Y.2008** :études géologiques et géo mécaniques des roches carbonatées de la région Elchekfa, El chahna, sidibouaza,mémoire de magistère 2008 Univ.Jijel.Algérie.79P.

**Raoult, J.F. 1969 c**: Relation entre la dorsale Kabyle et les flyschs sur la transversale de Dj. Rhédir, phase tangentielle Eocène, paléogéographie (Nord Constantinois, Algérie). Bull. Soc. Géol. France (7), XI, Paris. P523-543.

**Rapports de sols, national de l'habitat et de la construction unité de Rouïba 2008** :Etude géologique et géotechnique de POS d'Oudjana.

**Roger, F.2003** : Calcul des fondations superficielles et profondes. Ed. Techniques de L'ingénieur (TI). Paris, 141P.

**Raoult J.F.1974** : Géologie du centre de la chaîne Numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Mem. Soc. Géol. France, pp 53, 121, 163.

**Raoult J.F.1975**:Évaluation paléogéographique et structurale de la chaîne Alpine entre le golf de Skikda et Constantine (Algérie orientale). Bull. Soc. Géol. France (7), XVIIIn°03, Paris., pp 394-409.

**Sanglerat, G .,Olivari, G ., &Camboer, B .1983**: Problèmes pratiques de mécanique des sols et de fondations. 2° Ed. Dunod, Paris, Tome II, 263 P.