

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE DE LA CONSTRUCTION DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL
Laboratoire Géotechnique Environnement et Aménagement
(LGEA)

MEMOIRE DE MASTER-2- RECHERCHE

Spécialité : Génie Civil

Option : Géotechnique et Environnement

M^{lle} : KECHIDI Zahia



THÈME

**APPLICATION DES ANALYSES MINERALOGIQUES ET
GEOTECHNIQUES DES SCHISTES AU GLISSEMENT DE
TERRAIN D'AIN EL HAMMAM**

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

M^r BAHAR Ramdane, Professeur à L'UMMTO.....Président

M^r MELBOUCI Bachir, Professeur à L'UMMTO..... Rapporteur

M^{lle} LOUADJ Samia, Maitre de conférences classe « B ».....Examinatrice

M^{me} BEN KACI, Maitre assistante classe « A ».....Examinatrice

Promotion LMD 2010

« A l'esprit de mes chers grands parents »

A mes parents

A mes grandes mères

A mes frères et sœurs

A tous mes oncles

A toute mes tantes

A tous mes amis

A mon entraîneur

A tous les athlètes que je connaisse

A tous ceux qui me sont chers

A la mémoire de ma meilleure amie

« A.FAIZA »

REMERCIEMENT

Ce travail a été mené au laboratoire de recherche Géomatériaux, Environnement et Aménagement

« L.G.E.A »

De la faculté Génie de la Construction de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

Je tiens tout d'abord à remercier vivement Monsieur MELBOUCI Bachir professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou ; qui m'a accordé sa confiance dans l'élaboration de ce mémoire. Ses conseils et ses encouragements ont permis de mener à bien ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements à Monsieur BAHAR Ramdane, directeur du laboratoire « LGEA » également Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

Je remercie les membres du jury qui me font grand honneur d'examiner ce travail. Je les prie de croire à ma respectueuse reconnaissance.

Mes remerciements s'adressent à l'ensemble des membres du laboratoire LGEA, qui m'ont cordialement aidé. J'ai pu rencontrer des amis et des collègues qui m'ont encouragé au cours de la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.

Je n'oublierai pas d'exprimer mes remerciements à tous mes enseignants.

Je remercie l'équipe technique du laboratoire qui m'a aidé dans la préparation soignée de la partie expérimentale.

Je souhaite à remercier respectueusement Monsieur FERHANI Amirouche ingénieur à l'agence de Tizi-Ouzou (CTC centre de Tizi Ouzou).

Je tiens à remercier l'ensemble des membres du laboratoire GEOMICA de Boumerdes plus particulièrement Monsieur CHAUCHE.A et Monsieur TALEBIM

Mes remerciements vont aussi au personnel des laboratoires (ORGM et CETIM) de Boumerdes plus spécialement Monsieur MELBOUCI.S(ORGM), Monsieur DAOUDI et Monsieur TFAHI (CETIM).

A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail, surtout et très particulièrement à mes collègues D. Lynda, G. Fadhila, K. Abdenour enfin à tous mes collègues des deux options.

Je dis un grand merci pour toute ma famille, à mon père plus particulièrement, à ma mère et ma grande mère.

Enfin, j'ai une pensée toute particulière et une très profonde gratitude pour mon grand frère « Rachid » qui m'a toujours aidé et soutenu.

TABLE DES MATIERES

Partie I : Partie Bibliographique

§ Introduction de la première partie

Chapitre 1: objectif de l'étude et approche méthodologique

1.1. Objectif de l'étude et méthodologie de travail.....	1
1.2. Minéralogie des roches.....	1
1.3. L'étude pétrographique.....	2
1.4. Influence de l'négligence de l'étude géotechnique - pétrographique dans Les glisse- Ments de terrain.....	2
1.5. Notions générales sur les roches.....	3
1.5.1. Les différents types de roches.....	3
A/ Roches ignées ou magmatiques.....	4
B/ Roches sédimentaires.....	4
C/ Roches métamorphiques.....	5
1.6. Les schistes.....	5
1.6.1. Définition de matériau schiste.....	5
1.6.2. Les différents types des schistes.....	6
▼ Schistes du métamorphisme général.....	6
Ø A)-Schiste du métamorphisme général très faible.....	6
1. Schistes bitumineux.....	6
2. Les schistes ardoisés.....	6
Ø B)-Schiste du métamorphisme général faible.....	6
1. Schiste satinés.....	6
2. Schiste talqueux.....	6
Ø C)-Schiste de métamorphisme général plus fort.....	7
1. Micaschistes.....	7
▼ 2. Schiste du métamorphisme de contact et quelconque.....	7
1. Schistes tachetés.....	7
2. Les schistes ampélites.....	7
3. Les schistes marneux.....	7
4. Les schistes houillers.....	7
1.7. La schistosité.....	7
1.8. La composition minéralogique en générale des schistes.....	7
1.9. Lieu d'extraction de notre matériau.....	9
1.10. Localisation géographique des schistes dans la wilaya de tizi ouzou.....	9
Conclusion.....	9

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

Introduction.....	10
2.1. Historique du mouvement d'Ain EL Hammam.....	10

2.2. Historique sur la région d'Ain El Hammam et l'apparition du mouvement	
De terrain	11
2.2.1. Avant l'indépendance de l'Algérie	11
2.2.2. Après l'indépendance « fin des années 60, début des années 90 »	15
2.2.3. Après les années 90 jusqu'à l'an 2001	15
2.2.4. De l'an 2001 jusqu'à l'an 2006.....	16
2.2.5. De l'an 2007 jusqu'à ce jour	16
2.3. Délimitation de la zone d'étude	17
2.4. L'évolution dans le temps	18
2.4.1. L'évolution de l'an 2006 jusqu'à 2009	18
2.5. Situation géographique d'Ain El Hammam.....	20
2.6. Etude géologique	20
2.6.1. La géologie de la grande Kabylie	21
2.6.2. La géologie de la région d'Ain El Hammam	21
2.6.3. La géologie de la zone étudiée	22
2.7. La surface affectée par les instabilités	23
2.8. Tectonique de la région d'Ain El Hammam	24
2.8.1. Tectonique souple	24
2.8.2. Tectonique cassante	25
• Les failles de direction Est-Ouest.....	25
• Les failles de direction Nord-Sud.....	25
• Les failles de direction Nord Est-Sud Ouest	25
2.9. Caractères géomorphologique.....	25
2.10. La sismicité de la région	26
2.10.1. Sismicité locale.....	26
2.10.2. L'effet de la séismicité	27
2.11. Lithologie de la zone affectée	27
2.12. La climatologie et l'hydrologie d'Ain El Hammam.....	28
a. La climatologie	28
b. Précipitations	33
c. Température.....	34
d. Contexte hydrogéologique	35
1. Réseau hydrographique.....	35
2. Aspect Hydrogéologique.....	35
Conclusion	36

Chapitre 3 : forme du glissement d'Ain El Hammam

Introduction	37
3.1. Description des glissements de terrains	37
a. glissement plan	37
b. glissement circulaire ou rotationnel.....	37
c. glissement quelconque	38
d. 3.2. Les effets de phénomène	38
e. 3.3. Principales causes des glissements terrain	38
3.4. Comment se manifeste un glissement de terrain.....	38
3.5. Le glissement de terrain d'Ain EL Hammam	39

3.5.1. Les cause de ce glissement.....	40
3.5.2. La forme de glissement d'Ain El Hammam.....	42
a) Glissement superficiel (épaisseur environ 10m).....	45
b) Glissement semi-profond (épaisseur 15 à 25 m).....	45
c) Glissement profond (épaisseur 20 à 25 m).....	45
3.5.3. Les différentes zones de glissement d'Ain El Hammam	45
• Zone rouge [zone A].....	45
• Zone vert [zone B].....	46
Conclusion.....	47

§ Conclusion de la première parité

Partie II : Partie Expérimentale

§ Introduction de la deuxième partie

Chapitre 4 : Choix de l'endroit d'extraction des échantillons et étude minéralogique

Introduction.....	48
4.1. Les instabilités de pente observées et les dégâts matériels dans la région étudiée	48
A- les instabilités de pente dans la région.....	48
B- les dégâts matériels causés par le glissement de terrain.....	49
4.2. Les schistes d'Ain El Hammam (de la zone affectée par l'instabilité)	52
4.3. Origine des échantillons.....	54
4.4. Choix de l'endroit d'extraction de nos échantillons.....	55
4.5. Composition minéralogique et texture du matériau de schiste en générale.....	56
4.6. Etude pétrographique et la composition minéralogique	56
4.7. Résultats de l'étude pétrographique (minéralogique).....	57
a) L'étude faite par ORGM (étude de deux échantillons identiques prélevés à Deux dates différentes)	57
b) L'étude faite par CETIM (étude de deux échantillons différents)	59
Conclusion.....	60

Chapitre 5: Analyse géotechnique des différents échantillons

Introduction.....	61
5.1. Reconnaissance de sol	61
5.2. Etude géotechnique	62
5.2.1. La nature Lithologique du site.....	62
5.2.2. Observations sur le terrain	63
5.2.3. Les essais in-situ.....	63
A- Sondages carottés	63
B- Les essais piézométriques	63
5.2.5. Résultat travaux de sondages carottés	64
5.2.4. Travaux sur site	64
5.2.6. Résultat des mesures piézométriques	69
5.2.7. Résultats des mesures inclinométriques.....	71

5.2.8. Analyse des résultats inclinométriques.....	72
5.2.9. Résultats des essais de laboratoire.....	73
A- Résultats des essais physico-mécaniques.....	73
B- Résultats des analyses chimiques du sol.....	74
C- Résultats des analyses chimiques de l'eau.....	74
5.3. Identification des matériaux.....	74
5.3.1. Le cisaillement a la boîte de casagrande.....	75
5.3.1.1. Notions générales sur la résistance au cisaillement.....	75
5.3.1.2. L'essai de cisaillement.....	75
Ø Courbe contrainte-déformation.....	75
Ø Courbe intrinsèque, critère de Mohr-Coulomb.....	75
Ø Angle de frottement ' ϕ '.....	76
5.3.1.3. Principe de l'essai.....	76
5.3.1.4. Appareillage.....	76
* La boîte de cisaillement.....	76
5.3.1.5. vitesse de l'essai.....	77
5.3.1.6. Lecture.....	78
5.3.1.7. Fin de l'essai.....	78
5.3.2. Analyse Granulométrique.....	78
5.3.2.1. But de l'essai.....	78
5.3.2.2. Le principe du tamisage.....	78
5.3.2.3. Equipement utilisé.....	79
5.3.2.4. Présentation des échantillons.....	79
5.3.2.5. Courbe granulométrique.....	81
5.2.3. Principe et mode opératoire des essais de cisaillement.....	83
5.2.3.1. Préparation des deux échantillons de schistes.....	83
5.3.3.2. Présentation des résultats.....	84
A- Courbes contrainte déformation.....	85
B- Courbes Variation de volume-déformation horizontale.....	91
C- Les droites intrinsèques.....	96
• le premier échantillon.....	96
*Calcul de C et ϕ	96
• le deuxième échantillon.....	98
*Calcul de C et ϕ	99
5.3. Interprétation des résultats.....	99
1- Courbes contrainte-déformation.....	99
2- Courbes Variation de Volume.....	101
3- Interprétation suivant C et ϕ	101
Conclusion.....	102

§ Conclusion de la deuxième partie

§ Conclusion générale

§ Référence Bibliographique

§ Liste des annexes

Liste des figures

Figure.1.1. Fig.1.1. Formation des trois types de roches	03
<i>[SOURCE (ENS Cachan – Agrégation de Génie Civil Plan de la deuxième séance François Martin (Cetu)).</i>	
Figure 1.2. carte de localisation des schistes en grande Kabylie	10
Figure .2-1 : la zone du marché d' Ain El Hammam en 1932 Située aujourd'hui En zone rouge	12
Figure. 2-2 : La ville de Ain EL hammam il y'a 81ans.....	12
Figure .2.3 : la rentrée de la ville d' Ain El Hammam en 1929 Située en zone Orange aujourd'hui	13
Figure.2.4 : la rentrée de la ville d' Ain El Hammam en 1929 Située en zone orange aujourd'hui.....	13
Figure. 2-5. rue principale en 1935 appelée aujourd'hui rue colonel Amirouche (Située en zone rouge aujourd'hui)	14
Figure.2-6. entrée de la ville 1939 classée aujourd'hui en zone rouge. La construction à droite existe jusqu'à l'heure actuelle (La bijouterie).....	14
Figure.2 -7- : Les constructions des années 1990	15
Figure.2-8 : Apparition des fissures sur les constructions.....	16
Figure.2 -9 : Démolition des structures	17
Figure.2-10 : La surface digitalisée [correspond à 262.36Ha]. [12]	17
Figure.2-11: Situation de cette zone en 2006(Septembre /2006).....	18
Figure.2.12- : Situation de cette zone en 2009 (Avril /2009)	18
Figure.2-13 : Septembre /2006 Etat des lieux il ya 4 ans	19
Figure.2-14- Etat des lieux il ya quelque mois	19
Figure.2.15. Septembre 2006 les bâtiments 15,14 et 19 Habités	19
Figure.2-16 : Avril 2009 les bâtiments 15,14 et 19 Évacue	19
Figure.2-17. Etat des lieux le 15 juin 2009.....	19
Figure.2-17. Etat des lieux le 15 juin	19
Figure.2-18 : Etat du mur (septembre2006)	20
Figure.2-19-Etat du mur (avril2009).....	20
Figure.2-20 : Situation d la e zone étudiée	23
Figure.2.21: Zone affectée par le glissement.....	24
Figure.2- 22: Carte sismo-tectonique englobant la région de Tizi-Ouzou	27
Figure. 2.23 : carte sismique de la grande Kabylie	28

Figure.3.1 : la rue colonel AMIROUCHE.....	39
Figure.3.2 : Les Constructions de la zone rouge.....	39
Figure.3.3 : Construction sur des remblais récents	40
Figure.3.4 : Apparition des couches de schiste satiné Sur la partie aval du versant.....	40
Figure 3.5.couverture argilo-limoneuse et l'apparition des schistes satinés du coté Sud- est	40
Figure.3.6 : Action de la pente raide et de relief accidenté	41
Figure.3.7 : Les immeubles de l'APC /CNEP et L'effet de surcharge	41
Figure.3.8: Effet de l'eau.....	42
Figure.3.9 : les positions probables des surfaces de rupture	43
Figure.3.10 : la position des profils géologiques réalisés dans le versant.....	44
Figure.3.11 : les hypothèses des surfaces de glissement dans le versant	44
Figure.3.12 : carte des zones de glissement d'Ain El Hammam	46
Figure.3.13 : carte représentant des zones de glissement d'Ain El Hammam	47
Figure.4.1 : Ouverture des joints entre blocs	50
Figure.4.2 : Fissures pénétrantes dans les murs extérieurs.....	50
Figure.4.3 : Fissures pénétrantes dans les murs intérieurs	50
Figure.4.4 : Éclatement des nœuds (Poteau poutre).....	51
Figure.4.5 : Fissures au niveau des murs et des plafonds.....	51
Figure.4.6 : Fissures importantes au niveau des murs.....	51
Figure.4.7 : désordres au niveau des réseaux d'assainissement	52
Figure.4.8.Affleurement de schistes satinés observé du coté nord du site (Au dessus du Boulevard Colonel Amirouche).....	53
Fig.4.9:Affleurement de schistes satinés observé à La sortie sud du site (Coté aval du versant)	53
Figure.4.10 : Les zones de prélèvement des échantillons	54
Figure.4.11 : les endroits d'extraction des échantillons	54
Figure.4.12. Echantillon N°1	55
Figure. 4.13. Echantillon N°2	55
Figure.5.1. Schéma de fonctionnement de la boîte à cisaillement directe	77
Figure.5.2.Boîtes de cisaillement	77
Figure.5.3.Dispositif complet	77
Figure.5.4 : Courbe granulométrique de l'échantillon N° 1	82
Figure.5.5. : Courbe granulométrique de l'échantillon N°2.....	82
Figure.5.6 : Courbe granulométrique des deux types de schiste	83

Figure.5.7 : comparaison des courbes contrainte-déformation aux états humides et secs Pour les contraintes appliquées (100,200et 300KPa) de échantillon l'échantillon.....	86
Figure.5.8 : comparaison des courbes contrainte-déformation aux états secs et humides contraintes appliquées (100,200 et 300KPa) de l'échantillon 2	87
Figure.5.9 : comparaison des courbes contraintes-déformation aux états secs pour les contraintes appliquées (100,200 et 300KPa) des échantillons 1 et 2.....	88
Figure.5.10 : comparaison des courbes contraintes déformations à l'état humide pour les contraintes appliquées des échantillons 1 et 2	89
Figure.5.11 : comparaison des courbes contraintes déformations aux états secs et humides pour les contraintes (100, 200 et 300 KPa) des échantillons 1 et 2	90
Figure.5.12 : comparaison des courbes-contraintes déformations de l'échantillon 1 aux états secs et humides pour les contraintes appliquées (100,200et 300KPa).....	91
Figure.5.13 : comparaison des courbes contraintes-déformation obtenus pour L'échantillon 2 aux états secs et humides pour les contraintes appliquées (100,200 et 300KPa) ; ECH2.....	92
Figure.5.14 : comparaison des courbes de variation de volume à l'état sec des échantillons 1 et 2 pour les contraintes (100, 200 et 300 KPa)	93
Figure.5.15 : comparaison des courbes variations de volume aux etats secs des échantillons 1 et 2 pour les contraintes (100, 200 et 300 KPa)	94
Figure.5.16 : comparaison des courbes variations de volume aux états humides des échantillons 1 et 2.....	95
Figure.5.17 : droites intrinsèque du premier échantillon à l'état sec et humide	96
Figure.5.18 : droites et courbes intrinsèque (echantillon1 pour les deux états).....	97
Figure.5.19 : droites intrinsèque du deuxième échantillon à l'état sec et humide	98
Figure.5.20 : droites et courbes intrinsèque (echantillon2 pour les deux états).....	99
Figure.5.21.apparition d'un sol en pate au niveau du plan de cisaillement pour le cas humide	100

Liste des tableaux

Tableau .2.1 : Valeurs des précipitations mensuelles d' après comblement données anciennes (P.SELTZER ,1913/1938)	30
Tableau n°2 : Valeurs des précipitations mensuelles 1968/1994	30
Tableau n°3 : Valeurs des précipitations annuelles après comblement données (ANRH, 1968/1994).....	31
Tableau .2.4. Valeurs des précipitations moyennes mensuelles à la station d' Ain El Hammam Période (1997-2006)	33
Tableau.2.5. Valeurs des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales (Période 1997-2006).....	34
Tableau 4.1. Echantillon prélevé le 16/01/2010.57 Tableau.4.2.Echantillon prélevé le 16/04/2010	58
Tableaux .5.1. Tableaux montrent les résultats des sondages carottés.....	65
Tableaux .5.2. Tableaux montrent les résultats des sondages carottés complémentaires.....	68
Tableaux .5.3. Tableaux montrent les résultats piézométriques	69
Tableaux.5.4. tableaux montrent les résultats des mesures inclinométriques.	71
Tableau. 5.5. Résultats de l'analyse granulométrique de l'échantillon N°1.....	80
Tableau. 5.6. Résultats de l'analyse granulométrique de l'échantillon N°2.....	80
Tableau.5.7.Les poids utilisés pour l'essai de cisaillement à partir des pourcentages pour le premier échantillon.....	84
Tableau.5.8.Les poids utilisés pour l'essai de cisaillement à partir des pourcentages pour le deuxième échantillon.....	84
Tableau.5.9. ϕ et C du premier échantillon	96
Tableau.5.10. calcul de ϕ et C du deuxième échantillon.....	9

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'étude des glissements de terrain et la prévention des risques qu'ils engendrent relèvent de la géologie appliquée et de la mécanique des sols. Un glissement de terrain constitue une menace sous deux aspects.

- Premièrement le déplacement de la masse de sol ou d'un bloc de roc provoque le débris ou la destruction des éléments situés au niveau de ce site.
- Deuxièmement, l'étalement de la masse résultant de ce mouvement, qu'on appelle débris, peut être la source de dommages majeurs, voir meurtriers.

Les ingénieurs civils spécialisés en géotechnique sont peu nombreux. La plupart du temps, ils réalisent des reconnaissances des sols et roches et dimensionnent des fondations. Les problèmes de stabilité de pentes nécessitent, pour être convenablement traités, un savoir-faire spécifique. Typiquement, deux situations sont rencontrées :

- le terrain n'est pas encore déstabilisé, mais des travaux sont projetés qui modifieront les conditions de stabilité; un glissement de terrain s'est produit. Dans le premier cas l'ingénieur doit évaluer les conditions de stabilité lors des différentes phases des travaux sur la base des caractéristiques de sol incomplètes en utilisant des méthodes de calcul limitées et en respectant des normes ou règlements spécifiques au pays dans lequel l'entreprise fait affaire.
- Dans le deuxième cas, l'ingénieur doit analyser les conditions qui régnaient lors du glissement et définir les solutions de réparation les plus économiques dans des délais relativement courts, car une masse de sol instable reste potentiellement dangereuse. Ce dernier aspect relève la plupart du temps d'une expertise réalisée par un spécialiste.

En outre L'extension des glissements de terrain est variable, allant du simple glissement de talus très localisé au mouvement de grande ampleur pouvant concerner l'ensemble d'un versant. Les profondeurs des surfaces de glissement varient ainsi de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de profondeur. On parle de glissements superficiels dont les signes visibles en surface sont souvent spectaculaires (fissures dans les murs des habitations, bourrelets dans les champs, poteaux penchés...) et de glissements profonds qui présentent moins d'indices observables et qui sont donc plus difficilement détectables.

Pour mieux illustrer ce travail, nous l'avons réparti en deux grandes parties. La première partie présente une synthèse bibliographique portant sur trois chapitres le premier chapitre est consacré à l'étude des glissements de terrain, où sont présentés l'objectif, la méthodologie de notre travail et ainsi que les différentes définitions des glissements.

Le deuxième et le troisième chapitre rassemblent la présentation de la zone d'étude et la forme du glissement d'Ain-El-Hammam.

La seconde partie, purement expérimentale s'articule sur deux chapitres : le quatrième et le cinquième chapitre.

Le quatrième chapitre décrit l'échantillonnage et le choix de l'endroit d'extraction et propose une étude minéralogique des échantillons prélevés à différentes profondeurs.

Le cinquième chapitre est partagé en deux petites sous chapitres. Le premier expose l'analyse géotechnique des différents échantillons ; le second s'intéresse à l'interprétation des résultats obtenus.

Le mémoire se termine par une conclusion générale résumant l'ensemble des résultats obtenus et par une série d'annexes expliquant certaines données des différents chapitres.

PARTIE -I-

"ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE"

Introduction de la première partie

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE

Les mouvements de terrain étant souvent peu rapides, les victimes sont, fort heureusement, peu nombreuses. En revanche, ces phénomènes sont souvent très destructeurs, car les structures et les infrastructures sont très sensibles ce qui engendre des dommages très considérables et irréversibles dans les constructions et les réseaux enterrés. Les bâtiments, s'ils peuvent résister à de petits déplacements, la maçonnerie subit des fissurations intenses, même si les déplacements sont seulement de quelques centimètres. Les désordres peuvent évoluer rapidement, de telle façon que la sécurité des occupants ne peut plus être garantie, la démolition reste alors la seule solution à apporter.

Les mouvements de terrain ont des conséquences sur les ouvrages (bâtiments, voies de communication...), allant de la dégradation à la ruine totale.

Le mouvement de terrain de Ain El Hammam, est un glissement qui date de plus de 40ans, il menace toute une ville de la grande Kabylie, il s'agit d'un versant qui bouge et entraîne avec lui des constructions et des infrastructures. Ce phénomène risque de provoqué des dommages et des dégâts plus que l'on a déjà approuvé.

L'effet simultané des facteurs naturels et anthropiques a accéléré son activation et avancé son développement. L'agent le plus influant est l'eau qui se trouve en grande quantité dans cette zone ainsi que la géologie du site, Le second est les actions incontrôlées de l'homme.

A l'heur actuel la première question qui vient à l'esprit ;

Quelle est la solution à proposer pour la stabilisation du glissement de terrain d'Ain El Hammam, y'a-t-il une solution efficace ?

On va essayer dans cette partie d'étudier ce glissement, les principales causes ayant conduit à son apparition et ses conséquences.

CHAPITRE - 1-

Objectif de l'étude, approche
méthodologique
Et définitions

1.1. Objectif de l'étude et méthodologie de travail

Devant l'aggravation des dégâts observés au cours de ces dernières années, de nombreuses recherches ont été engagées pour pouvoir limiter les risques causés par le glissement d'Ain El Hammam. L'application des analyses minéralogiques et géotechniques des schistes dans l'étude des glissements de terrains vise à développer les objectifs suivants:

- § Faire une synthèse des données existantes sur le glissement d'Ain El Hammam.
- § Mieux comprendre ce glissement et les facteurs déclenchant.
- § Déduire l'influence du sol sur le glissement en se basant sur la minéralogie du site.
- § Prévenir les risques directs ou indirects.
- § déterminer la susceptibilité des différents faciès aux mouvements de masse et ce En relation avec les caractéristiques minéralogiques et géotechniques des schistes.
- § Définition des mécanismes et des formes liées au glissement de terrain d'A-E-H.
- § Détermination de la susceptibilité des matériaux à fluer sous différentes conditions minéralogiques et géotechniques afin de prévoir les zones prédisposées aux mouvements de masse.

La méthodologie adoptée dans ce travail est basée sur deux principes essentiels :

- 1- une étude pétrographique et minéralogique fine qui permet une bonne reconnaissance du matériau étudié.
- 2- L'influence de ce matériau sur le glissement d'Ain El Hammam.

1.2. Minéralogie des roches

Il ya dans la nature quelques 3000 espèces minérales qui sont formées a partir de 92 éléments chimiques.

Les minéraux qui se retrouvent très souvent sont environ de 40 à 50. Ce sont par exemple le quartz, les feldspaths, les micas, les pyroxènes, les amphiboles, l'olivine... ils constituent la plus grande partie des différentes roches.

Beaucoup de minéraux prennent naissance dans les profondeurs de la terre où règnent de hautes pressions et des températures élevées (900 à 1300°C). [27]

1.3. L'étude pétrographique

La pétrographie, est la science qui a pour objet ; l'étude de la composition minéralogique des roches et leur classification. La pétrographie étudie aussi les caractères et la formation (altération du substratum) des sols.

Au regard de cette définition, on comprend directement que la pétrographie au sens large s'appuie sur des sciences telles que, par exemple : la minéralogie, la lithologie ...

Il est à noter qu'au terme de « pétrographie », certains lui préfèrent le terme de « pétrologie ».

1.4. Influence de l'négligence de l'étude géotechnique - pétrographique dans les glissements de terrain

Pour des raisons d'économie ou même quelquefois de négligence, certains maîtres d'ouvrages ne font faire aucune campagne de reconnaissance sur le site où ils ont choisi de construire. Ils se contentent quelquefois d'une vague coupe de terrain récupéré sur un site éloigné de plusieurs centaines de mètres, quand ce n'est pas de plusieurs kilomètres. Malheureusement ce cas est très rencontré en Algérie

Il est indispensable avant la mise au point d'un projet de bien connaître l'environnement géotechnique. Pour cela il est nécessaire de procéder à l'évaluation des points suivants :

- la résistance du sol en procédant à des essais en place, mais aussi en laboratoire, afin de déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des sols.
- la variation des nappes phréatiques dans le temps et notamment le niveau des plus hautes eaux connu...

La négligence de ces études a pour conséquence plusieurs désordres tel que :

- ▶ l'apparition des fissures sur les constructions et parfois leur ruine.
- ▶ voir même des pertes en vie humaine surtout si l'intervention est tardive.
- ▶ La fissuration, la dislocation et des affaissements dans le sol.
- ▶ La rupture des réseaux hydrauliques.
- ▶ Coupure de routes.....

1.5. Notions générales sur les roches

Une roche en géologie et géomorphologie, est un agrégat minéral formé naturellement. Le terme s'applique à des objets de tailles variées de la roche solide qui compose la croûte terrestre. Les roches sont des sols particulièrement complexes de fait de l'hétérogénéité des constituants et des défauts de structure.

Une roche est un matériau constitutif de la lithosphère, formé d'un assemblage massif de minéraux (rarement un seul) et présentant une certaine homogénéité statistique (entendez : ces minéraux se trouvent représentés et assemblés de manière globalement homogène au sein de la roche). [25].

1.5.1. Les différents types de roches

Roche: matériau formé, en général, d'un assemblage de minéraux et présentant une certaine homogénéité statistique.

Minéral: Espèce chimique naturelle se présentant le plus souvent sous forme de solide cristallin. La classification est basée sur leurs caractères chimiques et cristallographiques.

Quelques exemples de grandes classes de minéraux:

- les carbonates, les phosphates, les sulfates, les silicates...

Donc : une roche est un assemblage de minéraux

Un minéral est un assemblage ordonné (cristal) d'atomes.

Le schéma ci-dessous montre les étapes de formation des différentes roches.

On distingue 3 grands groupes de roche que l'on différencie par leur mode de formation : ignées, sédimentaires et métamorphiques.

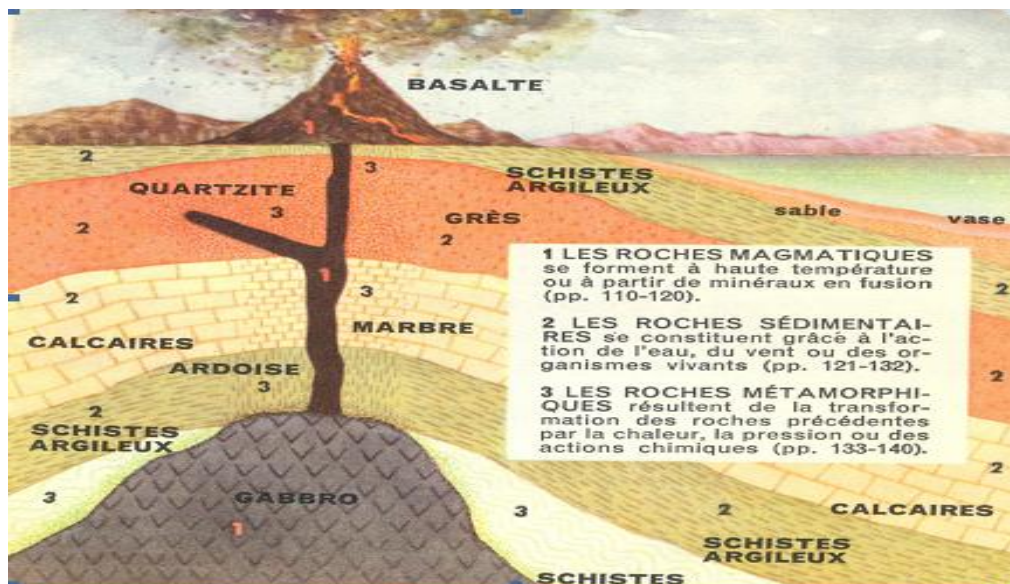


Fig.1.1.

SOURCE (ENS Cachan – Agrégation de Génie Civil Plan de la deuxième séance
François Martin (Cetu).

A/ Roches ignées ou magmatiques

On a longtemps cru, et l'idée reste encore ancrée dans le grand public, que l'intérieur de la terre était le siège d'un "feu central" et qu'il était constitué de matière en fusion qui remontait à la surface lors des éruptions volcaniques.

On sait en effet depuis très longtemps que la température augmente avec la profondeur et les mineurs s'en apercevaient très bien lorsqu'ils descendaient au fond de la mine. L'augmentation de température mesurée à la surface est de l'ordre de 3°C/100m.

À moins de 20 kilomètres de profondeur, on trouve déjà des températures dépassant les 1400° Celsius. À cette température, les matériaux qui forment le manteau fondent et se transforment en masse visqueuse. On appelle cette masse visqueuse « le magma ». C'est de là que vient le nom de roches magmatiques ou roches de feu. À cause de certains mouvements de convection et des différences de pressions, le magma remonte à la surface en certains endroits. En remontant, il refroidit et se durcit. Au moment où le magma se solidifie, il y a formation de cristaux, donnant naissance à une masse solide de roches cristallines. Ce sont les roches magmatiques ou ignées. Elles composent près de 90 % de la croûte terrestre. Il existe différents types de roches ignées, notamment les intrusives et les effusives ou extrusives.

B/ Roches sédimentaires

Ce sont des roches exogènes, c'est à dire formées à la surface de la terre et qui représentent 5% en volume de la croûte et en couvrent 75% de la surface. Elles sont très variées car leur genèse dépend de nombreux facteurs:

- nature initiale des matériaux désagrégés et altérés,
- type d'altération,
- mode de transport,
- zone de dépôt,
- les modalités de la diagénèse (ensemble des processus qui transforment un sédiment meuble en roche compacte et indurée).

Les trois quarts des continents sont recouverts d'une couche de débris. Cette couche a différentes épaisseurs, selon l'endroit. Ces débris proviennent en partie des roches ignées et métamorphiques qui ont été arrachés par l'érosion. Transportés par les glaciers, le vent et l'eau, les débris se déposent peu à peu dans le fond des océans, des lacs et des rivières. Au fil du temps (des milliers d'années), les couches de débris se sont superposées et solidifiées, formant des strates compactes de roches sédimentaires. Au moment de la compaction des débris, il se produit différents phénomènes. Les sédiments sont souvent mêlés aux matériaux

Présents, par exemple au fond de l'océan, et c'est un peu ce qui assure la cimentation des sédiments. Les strates peuvent être étudiées et elles conservent le souvenir des roches primitives résultant de l'accumulation des débris. Tout dépendant des événements qui se sont produits (éboulis, volcans, inondations, etc.), les strates seront différentes. Les roches sédimentaires conservent aussi très souvent la trace des végétaux et animaux qui étaient présents au moment de leur formation. On appelle ces traces des fossiles.

C/ Roches métamorphiques

Définition

Le métamorphisme est la transformation d'une roche à l'état solide du fait d'une augmentation de température et/ou de pression, avec souvent cristallisation de nouveaux minéraux, dits néoformés, et acquisition de textures particulières (ex: schistosité).

La roche de départ peut être n'importe quelle roche (magmatique, sédimentaire ou métamorphique).

Les roches métamorphiques se forment dans les zones de déformation intense de la croûte terrestre: les zones de subduction, la chaîne de montagnes etc....

Exemple

Granite -> augmentation de T et P -> gneiss

Calcaire -> " " -> marbre

Les roches métamorphiques se forment sous l'effet de 2 facteurs : les très hautes températures et les grandes pressions. Par exemple, lorsque le magma circule dans la croûte terrestre, les roches déjà présentes sont exposées à de hautes températures. Lors de la formation des chaînes de montagnes, la pression exercée est très considérable. C'est donc ce qui forme les roches métamorphiques. Lorsque les roches sont soumises à des températures et des pressions élevées, leurs cristaux adoptent des formes tout à fait différentes, elles changent de nature.

La chaleur et la pression transforment les roches de deux façons. Premièrement, elles bouleversent leur composition minéralogique, c'est-à-dire que de nouveaux minéraux sont formés. Ensuite, elles modifient la taille, la forme et l'alignement des cristaux. Les cristaux initiaux sont décomposés et ensuite recristallisés. [11].

1.6. Les schistes

1.6.1. Définition de matériau schiste

Le schiste est une roche métamorphique dans laquelle les cristaux de la minérale principale sont disposés en couches parallèles et formant un grand feuillet bien développé. La roche schisteuse est affectée d'une texture particulière appelée schistosité ou foliation provenant de la transformation des argiles par déshydratation sous l'action de pressions orientées les minéraux argileux de la roche d'origine se réorientent tous perpendiculairement aux contraintes lorsque le métamorphisme est faible : les schistes sont généralement ardoisiers ; les roches soumises à un métamorphisme plus fort ne sont plus des schistes mais des micaschistes : le schiste se forme généralement dans les conditions de faible température et de fortes pressions, il se trouve en couleur noir à gris foncé sans brillance.

1.6.2. Les différents types des schistes

Les schistes varient selon leur composition. Une argile pure donnera un schiste pur tendre feuilleté, mais une argile sableuse donnera un schiste gréseux plus compact et plus dur. On peut distinguer plusieurs types de schiste dont les principaux sont :

✓ 1. Schistes du métamorphisme général

Ø A)-Schiste du métamorphisme général très faible

Les schistes situés à la limite du domaine du métamorphisme : ils sont souvent considérés encore comme des roches sédimentaires, on peut citer par exemple :

1. Schistes bitumineux

Schiste contenant du bitume naturel noir riche en matières organiques. Ils dérivent de boues sapropeliques par destination on extrait des hydrocarbures ou des huiles schisteuses (jusqu'à 10% de leur poids). [3]

2. Les schistes ardoisés

Roches ayant acquis une schistosité à grains fins et homogènes à parois légèrement satinées : noire, grise ou violacée dont le constituant principale est l'argile [2]. Les schistes ardoisiers sont plus durs et peuvent se débiter en plaquettes. Ils sont utilisés comme matériaux de couverture. [8]

Ø B)-Schiste du métamorphisme général faible

Ces schistes montrent des recristallisations minérales plus nettes. [2]

1. Schiste satinés

Roches ayant acquis une schistosité sous l'influence de contraintes tectoniques, de teinte généralement grise à surface blanchâtre, satinées dus à la présence de serriste. [2]

2. Schiste talqueux

Schiste contenant surtout du talc accompagné de micas et de Quartz.

Ø C)-Schiste de métamorphisme général plus fort

1. Micaschistes

Proviennent d'une roche argileuse leur composition minéralogique est complexe. On trouve principalement du quartz, des micas blanc et noire et des feldspaths. Ces derniers se sont regroupés en lits réguliers.

✓ 2. Schiste du métamorphisme de contact et quelconque

1. Schistes tachetés

La schistosité est en générale acquise antérieurement à l'intrusion des roches magmatiques mais elle peut aussi être liée à la mise en place de l'intrusion. Ces roches sont en général de couleur grise à noire. [8]

2. Les schistes ampélites

Les schistes ampélites sont des schistes noirs alunifères et charbonneux, riches en pyrite et en matières organiques. [3]

3. Les schistes marneux

Sont des mélanges de schiste argileux et des marnes. [3]

4. Les schistes houillers

Sont des pélites Psammétique, c'est-à-dire riche en micas d'étriques en général blancs. [3]

1.7. La schistosité

La schistosité se développe lorsque la déformation a dépassé un certain seuil. Une schistosité naissante peut se développer localement par exemple dans les Carnières de plis lorsqu'elle est affectée de vastes ensembles rocheux. Il a fallu que les roches aient été maintenues à une pression suffisante, c'est à dire pratiquement qu'elles aient été enfouies et tectonisées à une certaine profondeur. Ce phénomène correspond à un métamorphisme régional plus ou moins marqué. [5], [15].

1.8. La composition minéralogique en générale des schistes

Parmi les schistes importants figurent les micaschistes, les chloritoschistes et les talcs schistes. Généralement, le quartz est le principal minéral secondaire [10]. La roche schisteuse la plus courante et la roche métamorphique la plus commune après le gneiss est le micaschiste. Il se compose de mica, habituellement sous forme de biotite ou de muscovite et de quartz en quantité moindre. Les schistes qui contiennent des minéraux secondaires sont désignés par le minéral secondaire le plus important : micaschiste à grenat, calcifère, etc....

Les principaux minéraux qui constituent le schiste sont :

- a) **Quartz** : c'est un minérale de couleur grise a éclat huileux (vitreux). Il est en général transparent mais peut aussi être coloré (en blanc laiteux, en violet, noire). Il est dur mais sa résistance aux chocs est très faible. [3]
- b) **Micas** : ils ont la forme de piète plaques brillantes blanches ou noires, ils sont tendres et rayables à l'angle et ils peuvent se débiter en fines lamelles. Ils sont clivables. [3]

-
- c) **Pyrite** : sulfure de fer cristallisant sous forme de cristaux bien définis ainsi qu'en masses amorphes. Ce minéral est de couleur jaune cuivre, il est opaque et présente un éclat métallique [3].
 - d) **Argile** : roche plastique imperméable et résiste quand elle est imbibée d'eau. Les argiles constituent un groupe d'aluminosilicates hydratés formées par l'altération de roches feldspathiques comme le granite. [3]
 - e) **Feldspath** : important groupe de minéraux composés d'aluminosilicates de potassium de sodium de calcium, ils apparaissent en cristaux simple ou en masse [3].
 - f) **Talk** : le talk est l'un de ces minéraux qui rend le touché souvent doux et soyeux. Il est composé d'acide de méta-silicate de magnésium.
 - g) **Humatite** : minérale et minerai de fer le plus abondant composé d'oxyde de fer, il apparait sous forme de cristaux translucides qui varie du gris foncé au noire avec un lustre métallique brillant. [3]
 - h) **Chlorite** : elle se cristallise en petites paillettes marquant la schistosité. [2]
 - i) **Graphite** : il se présente en filets parallèle à la schistosité. [2]
 - j) **Oxyde** : il se présente en baguette allongée. [2]

Le schiste est également riche en silice aluminium et en fer, environ 60% de silice 15% d'aluminium (AL 203) avec des minéraux accessoires constitué de potassium (K) et de calcium (Ca).

Le calcaire est à 90% du carbonate de calcium [3]

1.9. Lieu d'extraction de notre matériau

Notre échantillon a été prélevé dans la zone de glissement d'Ain el-hammam à 50 Km sud-est de la ville de Tizi-ouzou.

1.10. Localisation géographique des schistes dans la wilaya de Tizi-Ouzou

Les schistes sont disponibles en quantités très importantes et ils sont abondants dans tout le massif de la grande Kabylie. Par exemple Tizgirt, Ain-El-Hammam, Ait-Aissa-Mimoune,...

Voir la carte de localisation du matériau schiste au niveau de la grande Kabylie

Conclusion

Les glissements de terrain comptent parmi les risques géologiques les plus importants. La présence du matériau schiste sous un état fragilisé est un paramètre déclenchant ce phénomène. Son influence sur le glissement de terrain de Ain EL Hammam fera l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE -2-

Présentation de la zone D'étude

Introduction

Ain El Hammam est une région montagneuse située à une cinquantaine de kilomètres au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Cette ville est située sur le versant nord du Djurdjura à 1080 m d'altitude. La présente étude est consacrée à la zone de glissement et d'affaissement qui affecte essentiellement la zone du marché et le centre ville d'Ain El Hammam dont la superficie moyenne est de l'ordre de 10 Ha [4]. On dit que les glissements de terrain s'expliquent par la conjonction de facteurs permanents ou de prédisposition (nature et structure des formations géologiques, pente, etc...) et des facteurs déclenchant comme la pluie, une fuite de canalisation, une secousse sismique ou les nappes souterraines, et plus exactement leurs fluctuations liées aux conditions météorologiques ou parfois aux actions humaines, sont très souvent à l'origine des grands glissements.

2.1. Historique du mouvement d'Ain EL Hammam

Il s'agit d'une réactivation d'un glissement ancien qui occupe actuellement des surfaces de plus en plus étendues. Il affecte une zone en versant d'orientation nord – sud, à pente très raide et qui constitue la zone d'extension -Coté ouest de l'ancienne ville d'Ain El Hammam. Cette ville a connu, de par son relief abrupt, des glissements et des affaissements de terrain qui font craindre le pire. Face à cette situation, des mesures préliminaires furent prises par le passé, en attendant d'y remédier durablement. Néanmoins, cette dernière solution tarde à venir face à la complexité du problème. Le mal a été découvert dans les années 1950, une vingtaine d'année plus tard (après 1970) un rapport a été établi par un bureau d'étude français où il est signifié que le terrain de la ville s'affaissera de 2cm par an. En 1975, une solution par un système de drainage a été effectué à l'aide de buses « 300 » perforées et enterrées à trois mètres sous le sol. Cette solution s'est avérée limitée dans le temps puisque avec l'apparition de faille les buses se détachent l'une de l'autre atteignant des décalages de plus de 15cm laissant s'échapper ainsi sous la terre des eaux usées et des ruissellement pluvial, des fissures et des inclinaisons ont été constatées sur plusieurs bâtisses, les chaussées les trottoirs et les réseaux d'assainissement sont endommagés. Les indices d'instabilité les plus marquants ont été localisés au Nord-Ouest de l'ancienne ville. Ces instabilités sont apparues suite à de fortes crues et ont affecté une partie de la chaussée de la RN°15 (quelques bâtisses anciennes et une partie de l'esplanade du marché). Suite à ces désordres, trois rapports préliminaires ont été établis par le laboratoire L.N.T.P.B (Dossier S 32 C 637 ; N° 1119/CC/MF du 27/05/1970 et N° 4473/CC/BA du 10/03/71 ; Dossier 17/72/G du 24/05/1972) [4] ; Les travaux de

reconnaissance se sont avérées insuffisants, ils ont été ensuite complétées en 1972 par une étude plus détaillée effectuée par le même laboratoire (L.N.T.P.B) dans le but de mieux cerner les causes du glissement. A l'état actuel, le mouvement du terrain présente une forme plus complexe et affecte des espaces plus étendus, impliquant aussi bien les ouvrages anciens que récents.

2.2. Historique sur la région d'Ain El Hammam et l'apparition du mouvement de terrain

2.2.1. Avant l'indépendance de l'Algérie

Appelé à l'époque des français Michelet, puis Ain El Hammam après l'indépendance vu les nombreuses sources d'eau existant dans cette région. Cette ville montagneuse a été créée par les français en 1881. Elle fut baptisée Michelet en hommage à l'historien français **jules Michelet**. [1].

Depuis sa création aucun mouvement de terrain n'a été constaté dans toute la région de 1881 jusqu'à 1950. Après 1950, des cisaillements ont été constatés au niveau du marché, des études géologiques sont alors lancées par les français afin de définir la source du problème. Puis une décision d'interdiction de toute construction supérieure à R+1 est prise dans cette zone.

D'après le rapport de l'étude du laboratoire français [TTI] « Les observations sur les terrains et l'examen des photographies aériennes tendent à montrer que des mouvements de terrains étendus à tout le versant se sont produits il ya très longtemps. Des panneaux schisteux volumineux se seraient déplacés, remaniés en partie basse par des glissements et des coulées. Cette activité a totalement disparue et les indices ont été masqués par l'érosion plus récente et la colonisation par la végétation. Cette hypothèse expliquerait un équilibre fragile de l'ensemble du versant et l'existence de terrains remaniés en profondeur ».

Les images ci-dessous montrent les différentes zones étudiées actuellement prises avant l'indépendance.



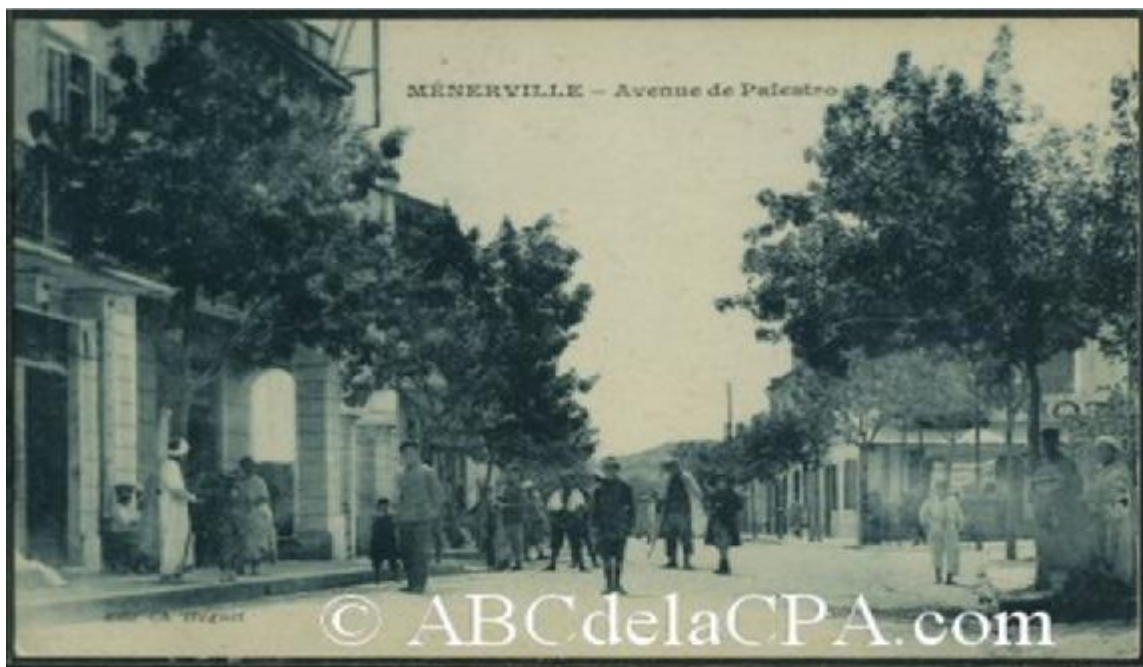
*Fig.2-1 : la zone du marché d'Ain El Hammam en 1932
Située aujourd'hui en zone rouge.*



Fig. 2-2 : La ville de Ain EL hammam il y'a 81ans



*Fig.2.3 : la rentrée de la ville d'Ain El Hammam en 1929
Située en zone orange aujourd'hui*



*Fig. 2-4 : le centre ville de la ville d'Ain El Hammam en 1932
(La moitié en zone rouge et une autre moitié en zone orange aujourd'hui).*

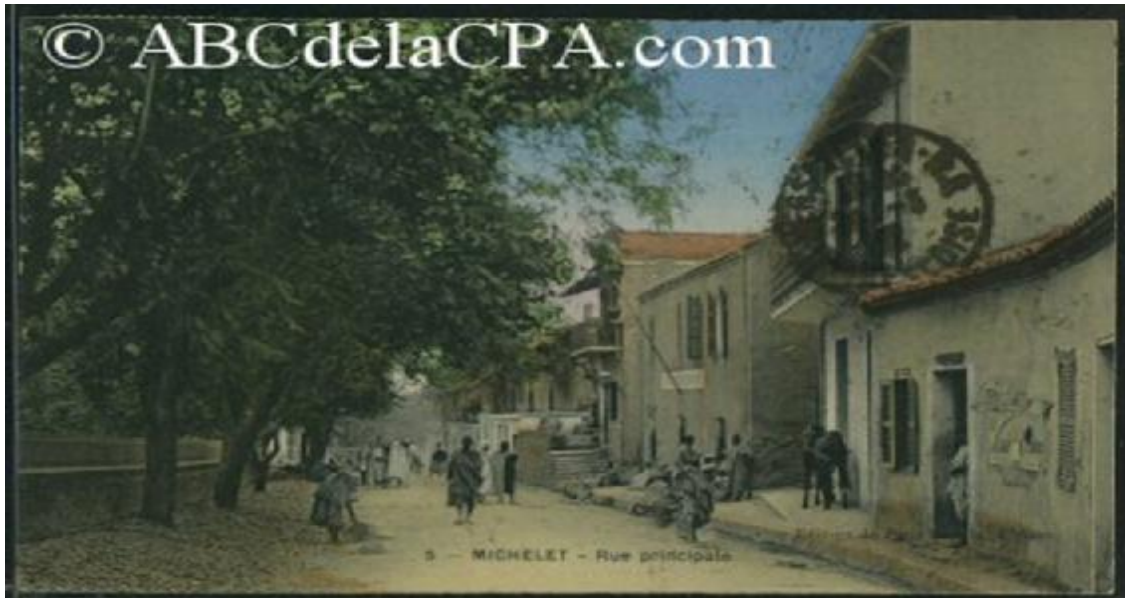


Fig. 2-5. rue principale en 1935 appelée aujourd'hui rue colonel Amirouche(Située en zone rouge aujourd'hui)



Fig.2-6. entrée de la ville 1939 classée aujourd'hui en zone rouge.

*La construction à droite existe jusqu'à l'heure actuelle
(La bijouterie).*

2.2.2. Après l'indépendance « fin des années 60, début des années 90 »

Les signes de réactivation du glissement ont commencé au mois de décembre 1969 après des fortes pluies (lettre de monsieur le président d'Ain El Hammam N°58 et 64/SG/I.Z du 26 janvier 1970). [13].

Le glissement provoque des désordres dans la RN 15 dans les bâtiments environnants et dans le remblai du marché.

Mais pendant cette période seule la partie haute, urbanisée ou en cours d'urbanisation le long du boulevard Amirouche, semble avoir attiré l'attention. Les premières études en 1970-72 indiquaient en particulier que l'instabilité concernait « la couche de remblais et la couverture argilo-schisteuse ».

Les résultats de ces études avaient permis d'élaborer un plan d'occupation du sol interdisant les constructions en hauteur sur le site du marché et ses environs.

2.2.3. Après les années 90 jusqu'à l'an 2001

Vers les années 1990, des constructions en R+5 ont été édifiées le long du boulevard Amirouche. Des instabilités de terrain avaient été signalées lors de la construction du bâtiment de la BDL où l'école située à l'amont a connu de sérieux désordres dans la structure et dans la maçonnerie. [12]



Fig.2 -7- : Les constructions des années 1990.

2.2.4. De l'an 2001 jusqu'à l'an 2006

Ensuite, il ne semble pas qu'il y ait d'événement, hormis de légers affaissements localisés. L'urbanisation va modifier le paysage et c'est en 2002-2004 que des désordres réapparaissent suite à plusieurs facteurs comme le séisme de l'an 2003, la neige de l'an 2005, des désordres importants ont été constatés surtout en 2006, à la suite de fortes pluies orageuses qui ont engendrées une fissuration de plusieurs habitations du Boulevard Amirouche.



Fig.2-8 : Apparition des fissures sur les constructions.

En 2006, il est à noter que le lacet de la petite route descendante au sud-est s'est légèrement affaissé, montrant ainsi que le mouvement a gagné le versant, tout au moins côté sud. Les déplacements apparaissent toutefois relativement peu importants (centimétrique à décimétrique) et lents.

2.2.5. De l'an 2007 jusqu'à ce jour

Une étude géotechnique de glissement et de tassement a été engagée le 25/09/2007. [14].

D'où certaines mesures d'urgence ont été prises.

Jusqu'en novembre 2008 date à laquelle des pluies abondantes provoquent une grande réactivation.

En seconde partie de l'hiver 2008/2009 particulièrement pluvieux, les déplacements, s'amplifient pour atteindre un paroxysme en mars et avril. Les désordres sont alors d'une toute autre ampleur avec la dislocation d'immeubles et d'ouvrages de soutènement, des crevasses sur les chaussées, la rupture de conduite d'eau.....

Si la crainte d'un glissement brutal entraînant une destruction totale du quartier entre le marché et la rue.

De là l'ordre de démolition a été lancé en mai 2009 comme le montre les photos ci-dessous :



Fig.2 -9 : Démolition des structures.

2.3. Délimitation de la zone d'étude

A l'heure actuelle, la délimitation exacte de la zone d'étude qui correspond aux 186.47 Ha [suivant l'étude du laboratoire français] n'est qu'approximative. La limite digitalisée ci-dessous donne une surface de 262.36 ha.

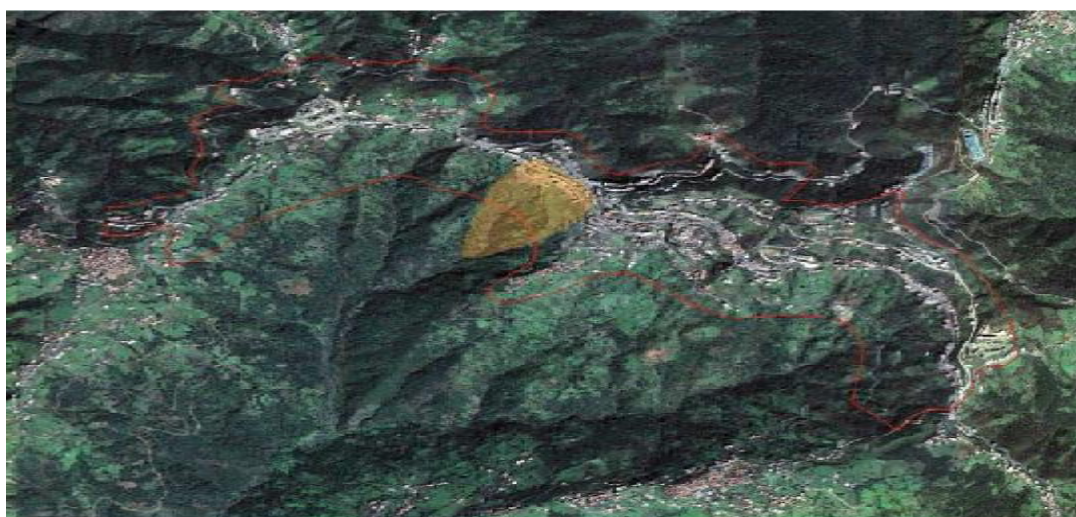


Fig.2-10 : La surface digitalisée [correspond à 262.36Ha]. [12]

2.4. L'évolution dans le temps

A ce jour un pronostic sur l'évolution à court terme est difficile à établir à fortiori pour les années à venir en l'absence de mesures inclinométriques piézoélectrique et de suivi topographique, les seules indications qu'il est possible de donner avec prudence dans le contexte actuel en septembre 2009 sont les suivantes :

- Une réactivation est très probable avec le retour des précipitations hivernales de l'intensité de celles-ci dépendra l'ampleur des désordres
- Un glissement généralisé brutal et catastrophique ne paraît guère envisageable
- Une extension des désordres plus à l'amont devrait être assez limitée [15]

2.4.1. L'évolution de l'an 2006 jusqu'à 2009

Le glissement de terrains qui a affecté la ville d'Aïn El-Hammam continue à évoluer rapidement après avoir connu, des désordres graves irréversibles qui constituent une menace réelle sur les riverains de cette localité. L'évolution de ce phénomène est importante depuis l'an 2006.

Les photos ci-dessus montrent l'évolution après l'an 2006 jusqu'à l'année dernière



*Fig.2-11: Situation de cette zone en 2006
(Septembre /2006)*



*Fig.2.12- : Situation de cette zone en 2009
(Avril /2009)*



*Fig.2-13 : Septembre /2006
Etat des lieux il ya 4 ans.*



*Fig.2-14- avril /2009
Etat des lieux il ya quelque mois.*



*Fig.2.15- :
Septembre 2006 le bâtiment 15,14 et 19
Habités.*



*Fig.2-16 :
Avril 2009 les bâtiments 15,14 et 19
Évacués.*



Fig.2-17. Etat des lieux le 15 juin 2009.

* *Affaissement et Rupture d'un gabionnage localisé à la limite Sud est du site.*



Fig.2-18 : Etat du mur (septembre 2006).



Fig.2-19-Etat du mur (avril 2009).

2.5. Situation géographique d'Ain El Hammam

Ain El Hammam est une daïra de la willaya de Tizi-Ouzou de la grande Kabylie au nord algérien. Elle est Située au pied de la montagne de Djurdjura. La commune de Ain El Hammam s'étend en majeure partie sur le territoire de l'ancestrale tribu (âarch) des At Menguellat. La commune de Ain El Hammam a une superficie de 38,55 km² pour une population de 20 147 habitants soit une densité de 523 hab. /km². Elle est limitée par la commune d'Ait Aggouacha au nord, Aït Yahia à l'est; Abi Youcef au sud-est; Akbil, Yattafène et Iboudraren au sud; Beni Yenni à l'ouest.[1]

2.6. Etude géologique

Outre la consultation des cartes géologiques et l'observation des photographies aériennes, le géologue met en œuvre plusieurs méthodes d'étude, les plus typiques de la géologie étant donné que la Géologie est une science traitant de l'origine de la Terre, de son histoire, de sa forme, des matériaux qui la composent et des processus qui influent ou qui ont influé sur elle. La géologie s'intéresse aux roches et aux matériaux dérivés qui composent les couches externes du globe terrestre.

Certaines formations géologiques sont réputées pour leurs versants fréquemment instables (les argiles, les schistes les gneiss fins.... De la région d' Ain El Hammam).

2.6.1. La géologie de la grande Kabylie

Le nord de l'Algérie correspond à une frontière de plaques majeures. Cette frontière active, concentrée sur la totalité de la déformation actuelle liée à la convergence Afrique-Europe en méditerranée occidentale. Le raccourcissement se répartit en effet entre la terre (~2 à~3 mm /an) (Calais et al, 2003 ; Nocquet et Calais, 2004 ; Meghraoui et Doumaz, 1996 ; Serpelloni et al, 2007).

Les récents travaux (Bracène et Frizon de Lamotte, 2002, Roca et al. 2004) résument sur une coupe au large de l'Algérie la vision actuelle des structures à l'échelle lithosphérique. Si la convergence opposée des structures terre-mer y est bien visible, de nombreuses inconnues demeurent sur :

- 1) La disposition, le nombre et l'enracinement des accidents à convergence continentale dans le bloc de la grande Kabylie et équivalents latéraux.
- 2) La géométrie du contact majeur entre zones interne et externe de la chaîne Maghrébine, qui scelle la paléosubduction Téthysienne.
- 3) La nature, l'âge et la tectogenèse de la zone transitionnelle qui s'étend au-delà des zones internes, notamment sur l'éventuel coulisage tardif entre ces deux zones. Il faut noter également que la vision tridimensionnelle de cette coupe est indispensable pour rendre compte des variations évidentes d'extension des zones internes.

2.6.2. La géologie de la région d'Ain El Hammam

La nature géologique des terrains est un des principaux facteurs d'apparition des glissements de terrain tout comme l'eau et la pente. La présence d'argile en forte proportion est toujours un élément défavorable compte tenu de ses mauvaises caractéristiques mécaniques. La saturation des terrains en eau (présences de sources, fortes précipitations, fonte des neiges brutales) joue aussi un rôle moteur dans le déclenchement des glissements. Aujourd'hui, la région d'Ain El Hammam est touchée par un glissement de terrain de grande ampleur, profond sur plusieurs dizaines de mètres et étendus sur plusieurs dizaines d'hectares. En raison de la présence des couches de sol hétérogènes (des schistes altérés et d'argile ...).

Les études géologiques anciennes ont permis de situer le cadre géologique d'Ain El Hammam.

Au niveau de cette région, les terrains sont caractérisés par les ensembles lithologiques suivants :

- Un ensemble schisteux constitué de schistes satinés et de micaschistes. [4].
- Un ensemble gneissique contenant les gneiss oillés et les gneiss fins. [4].

- Un ensemble intrusif formé de granites, de pegmatites et d'aprites. [4].
- Des roches basiques s'exprimant par des amphibolites. [4].

* Les schistes satinés présentent une schistosité de direction moyenne orientée ENE-WSW avec un plongement qui varie de 40 à 60° vers le Sud-est. Ils sont en contact soit avec les micaschistes, soit avec les gneiss.

La roche est de couleur grise foncée, très finement litée avec un débit facile suivant le plan de schistosité principal. Elle renferme des exsudats de quartz d'échelle centimétrique à métrique conforme à la schistosité. Localement dans les schistes satinés s'intercalent des bancs de quartzites.

* Les micaschistes apparaissent à la base des schistes satinés. D'allongement Est-Ouest, leur schistosité prend une direction ENE-WSW et un plongement qui varie de 30 à 80°.

Les micaschistes se débitent en plaquettes suivant le plan de schistosité principal et présentent des grains très fins. Ils sont de couleur crème foncée à marron clair. Localement, ils sont sombres et ceci peut être dû à la présence de tourmaline et de biotite ; cette dernière se présente en grandes paillettes bien visibles à l'œil nu, et sans aucune orientation préférentielle.

Dans les micaschistes, s'intercalent parfois :

- a) Des bancs de quartzites
- b) Des filon-couches lenticulaires d'amphibolites
- c) Des filons de barytine.

Ces schistes sont plus au moins altérés, et l'altération a été facilitée par la fracturation de la roche dans sa partie supérieure. Le produit d'altération est un limon argileux de couleur rougeâtre qui contient des fragments de schistes. [4].

2.6.3. La géologie de la zone étudiée

La majeure partie des terrains de la zone affectée est masquée par des jets de remblais ou par le tissu urbain. Les remblais peuvent atteindre une épaisseur de 15m selon les travaux réalisés par le LCTP à l'endroit connu sous le nom de < Esplanade du Marché >.

Les rares affleurements existant montrent que les terrains en place sont constitués de schistes satinés grisâtres. Ces terrains schisteux surmontent généralement une épaisse couverture argilo-limoneuse. Ils renferment des bancs de quartzite et présentent un état très fracturé avec des pendages sub-verticaux. [4].

2.7. La surface affectée par les instabilités

Les techniciens du groupement franco-algérien confirment que le glissement d'Ain El Hammam est en perpétuel mouvement au niveau de la rue Amirouche, la rue Bounoir jusqu'à la crête du village Sidi Saïd sur une superficie de 2Ha. Après les sondages carrotés, il est démontré également que la partie urbanisée est sujette au glissement et est érigée sur 4 a 10m de remblai et de schiste altéré. Il est à noter également que les 187 Ha mis à l'étude, la zone concernée par le glissement s'étend sur 10Ha. [El watan le 11/10/2009].[21]

D'après le rapport de « CTC GEOMICA de Boumerdes » ; la zone de glissement et d'affaissement affecte essentiellement la zone du marché d'Ain El Hammam dont la superficie moyenne définie par le cahier des charges est de l'ordre de 10Ha. Le laboratoire a couvert aussi bien la zone du marché que les périphéries immédiates qui subissent les effets du mouvement de terrain ; soit une superficie globale de 12 Ha. (Voir plan de situation ci-dessous) :

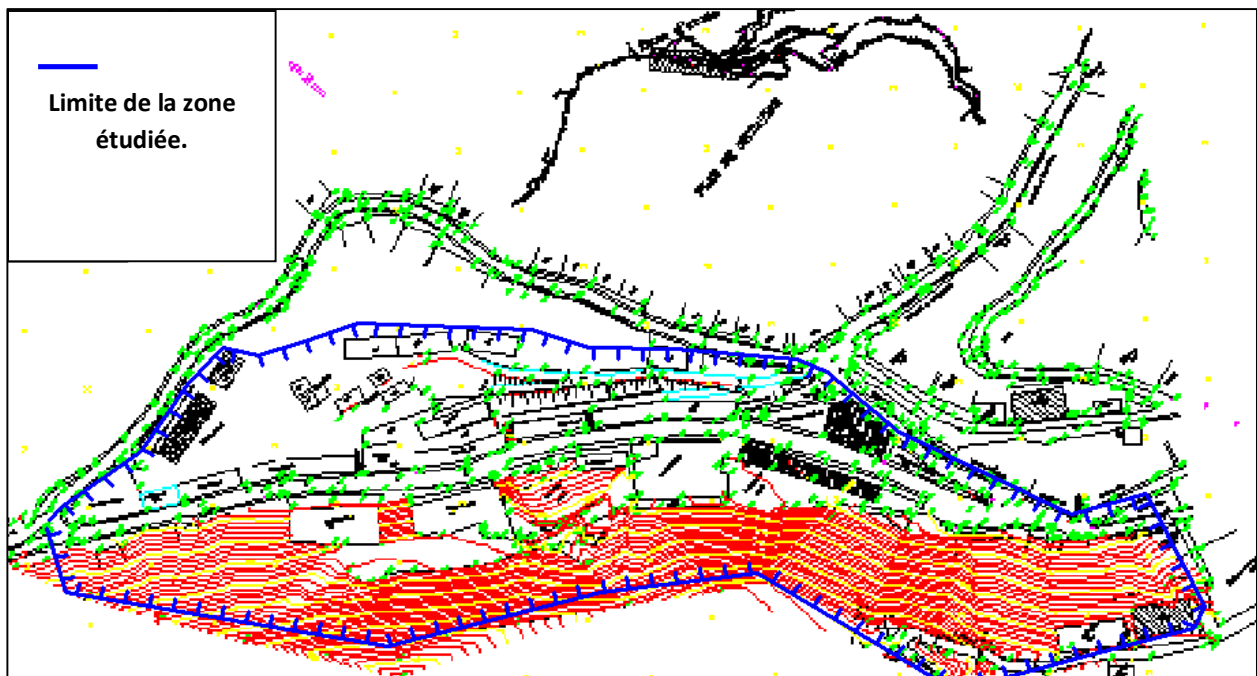


Fig.2-20 : Situation de la zone étudiée.



Fig.2.21: Zone affectée par le glissement.

2.8. Tectonique de la région d'Ain El Hammam

La région d'Ain El Hammam a enregistré les déformations souples et cassantes ayant affectées les ensembles lithologiques du socle de Grande-Kabylie. Les contacts entre ces différents ensembles sont généralement caractérisés par des zones cataclastiques indiquant qu'il s'agit de contacts mécaniques ;

- d) Contact micaschistes- schistes satinés.
- e) Contact micaschistes- gneiss.
- f) Contact schistes satinés- gneiss.

2.8.1. Tectonique souple

La déformation souple, s'est manifestée principalement dans les schistes et les plis observés sont isolinaux droits, d'échelle centimétrique à métrique ; ils sont parfois faillés au niveau de la charnière qui souvent se montre pointue.

Rarement, des plis cylindriques ont été mis en évidence sur la route qui mène de la ville de Ain El Hammam vers le village de Boudafel. Leurs plans axiaux sont de direction N220 et de plongement de 30° vers le Sud-est.

2.8.2. Tectonique cassante

Les failles sont de différentes échelles et leurs directions principales sont d'orientation Est-Ouest, Nord-Sud et Nord Est- Sud Ouest. Elles affectent, soit plusieurs ensembles lithologiques à la fois, soit elles n'affectent qu'un seul.

- **Les failles de direction Est-Ouest**

Au Nord de Taskenfourt, une faille de direction Est-Ouest, soulignée par une brèche d'échelle métrique et affectant les schistes satinés et les gneiss.

Elle est reprise par autre faille de direction Nord Ouest- Sud Est, en faisant d'écarter le compartiment Est vers le Nord-Ouest.

Au village d'Azrou Kellal, une faille révélée par une zone broyée, met en contact les schistes satinés avec les gneiss et elle a été reprise par une faille Nord-Sud.

- **Les failles de direction Nord-Sud**

Au Nord d'Azrou Kellal, un miroir de faille décimétrique dans les gneiss. Cette faille met en contact les schistes satinés à l'Est avec les gneiss à l'Ouest.

- **Les failles de direction Nord Est-Sud Ouest**

Entre les villages d'Azrou Kellal et Boudafel, des failles en « relais » de direction Nord Est-Sud Ouest ont affecté les gneiss et les schistes satinés.

Dans les micaschistes, il y apparaît une fracturation de direction multiple.

Une faille de direction Nord Est-Sud Ouest qui affecte les micaschistes dans leurs ensemble, semble se prolonger jusqu'au village de Menguellet. Localement cette faille est soulignée par une zone cataclastique et met en contact les micaschistes avec les schistes satinés. [4]

2.9. Caractères géomorphologique

Le relief montagneux de la zone étudiée est constitué de crête souvent affilées dominant des versants abrupts et des ravins encaissés. Le réseau hydrographique hiérarchisé est dense. Le relief majeur de cette région est la longue crête qui porte la ville d'Ain el hammam et l'autre bourg important de L. NATH IRATEN, suivant une direction moyenne NW – SE

Au niveau de Ain al hammam la crête urbanisée est surbaissée (côte 1078) avec 2 cols au NW (environ 1055) et au SE (environ 1070) par rapport aux pointements NW (cote 1098) et SE (côte 1155).

Il faut noter ici que la direction structurale majeure So (N60-100°) est oblique par rapport à celle de la ligne de crête et à l'orientation du versant au sommet (N125° au niveau de boulevard AMIROUCHE). Ceci est moins vrai de part et d'autre du bassin versant affecté par un glissement de terrain au sud est (crête 1155) et au nord ouest (crête 1098) où les pentes sommitales sont inclinées vers la sud

Ainsi il apparaît qu'une formation nettement plus tendre (schistes sericiteux largement prédominants est sensibles à l'altération) occupe l'espace entre les 2 cols suivant une direction ENE –WSW. L'examen stéréoscopique des vues aériennes confirme ce trait géomorphologique avec peut être un laminage local en direction structurale (non confirmé), non identifié clairement sur le terrain.

C'est au droit de cette crête surbaissée que le versant côté SW présente des indices géomorphologiques traduisant la présence d'un glissement de terrain ancien ravivé par des ruisseaux et le ruissellement et réactivé récemment tout au moins en parti haute [12]

2.10. La sismicité de la région

L'Algérie du Nord a connu plusieurs séismes historiques dont certains ont été dévastateurs (1716-1825-1856-1954-1980 et 2003). Les données de sismicité historique et instrumentale, publiées au cours de ces 15 dernières années, n'ont rapporté aucun séisme destructeur en Kabylie à l'exception du séisme récent de mai 2003 qui affecta une partie de la Kabylie littorale orientale. Les cartes de sismicité historique et instrumentale d'Algérie montrent une distribution spatiale des épacentres qui suggère que certaines zones dont la Kabylie, peuvent être considérées comme faiblement sismiques.

Les épacentres des rares séismes ayant affecté cette région montre que leur distribution forme deux alignements ;

Le premier, orienté Nord Ouest - Sud Est correspond à l'axe Isser-Bouira et le second, orienté Est - Ouest puis Nord Est - Sud Ouest, correspond à la bordure Sud des massifs Kabyles.

Les évidences géologiques liées à l'activité récente des failles suggèrent plutôt une intense activité tectonique.

2.10.1. Sismicité locale

Les caractéristiques sismiques de la région de **Tizi-Ouzou**, montrent que cette région est caractérisée par une activité tectonique se manifestant sous forme de séismes de magnitudes plus ou moins élevée. [4].



Fig.2- 22: Carte sismo-tectonique englobant la région de Tizi-Ouzou.

2.10.2. L'effet de la sismicité

La sismicité joue souvent un rôle important dans le déclenchement des mouvements de terrain. La région de Ain El Hammam est une zone moyennement sismique. Les séismes de forte magnitude qui se produiraient sur un rayon de 50 km de la région de Ain El Hammam réactiveraient les mouvements de terrain affectant la zone étudiée et provoqueraient des désordres plus importants sur les infrastructures existantes. [4]

2.11. Lithologie de la zone affectée

Les rares affleurements identifiés au niveau de la zone affectée ont montré que le terrain en place est constitué par des schistes satinés, généralement surmontés par une couverture argilo-limoneuse ou des remblais.

Ces schistes satinés présentent une schistosité de direction moyenne orientée ENE-WSW avec un plongement qui varie de 40 à 60° vers le Sud-est.

La roche est de couleur grise foncée, fracturée et très finement litée avec un débit facile suivant le plan de schistosité principal. Localement dans les schistes satinés s'intercalent des bancs de quartzites.

Le réseau de fracturation intense qui caractérise ces schistes, favorise l'infiltration des eaux (Pluviales et accidentelles), ce qui accentue leur état d'altération et diminue leur degré de résistance mécanique [4].

La carte ci-dessous montre l'historique sur la sismicité de la grande Kabylie.

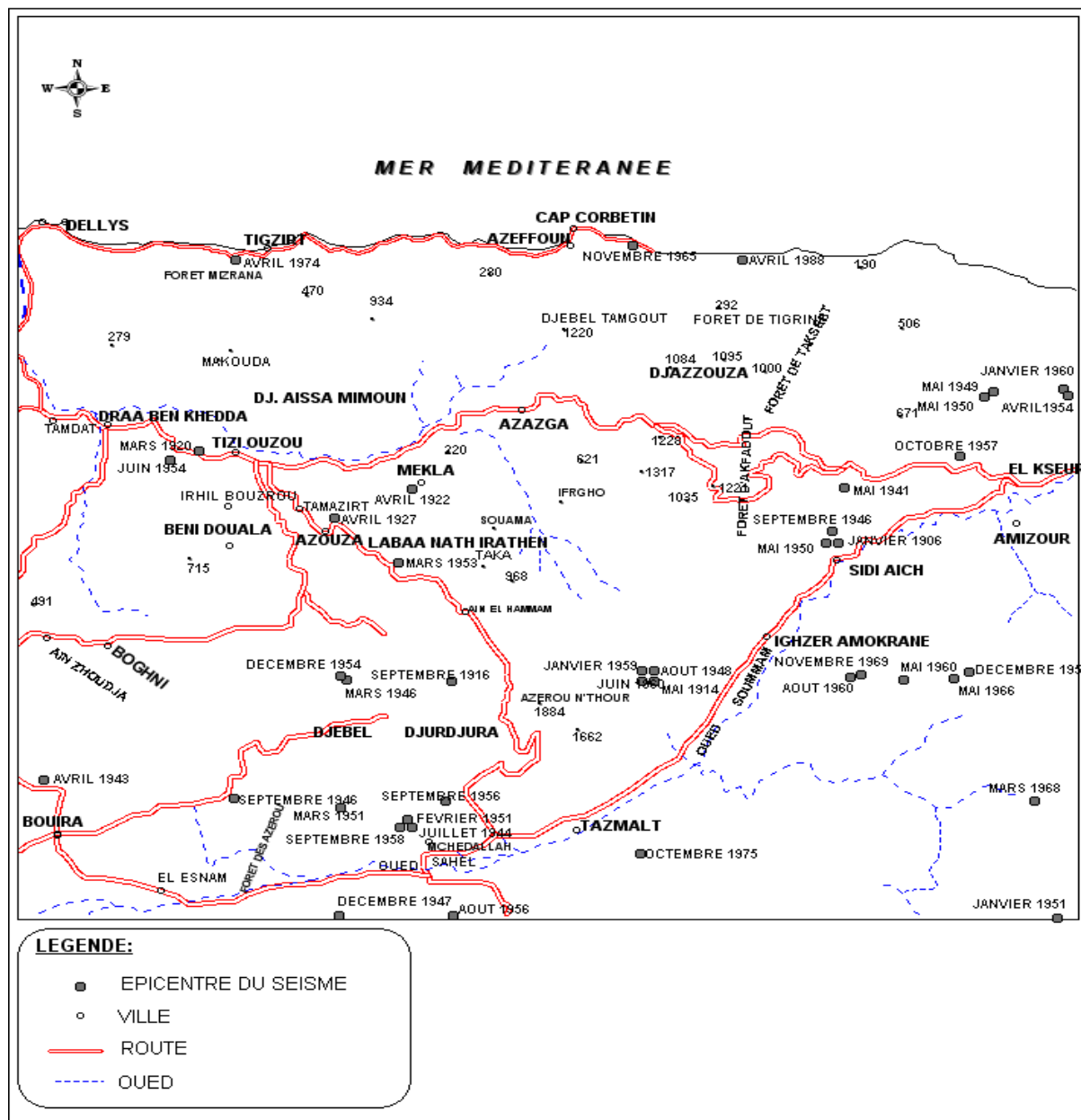


Fig. 2.23 : carte sismique de la grande Kabylie.

2.12. La climatologie et l'hydrologie d'Ain El Hammam

a- La climatologie

La pluie est en général le facteur principal des glissements de terrain. Leur gravité dépend essentiellement de son intensité, de la fréquence et de sa durée, ainsi que de la précipitation....

Le climat de la région d'Ain el Hammam est complexe. La température moyenne annuelle inférieure à 0°C en saison hivernale. Néanmoins, les précipitations connaissent un régime méditerranéen continental. Il a une forte amplitude thermique (température inférieure à 0°C en hiver et supérieure à 35°C en été). Le climat de cette région est donc favorable à l'apparition des mouvements de terrain. En effet, il combine une phase de préparation du matériel (hiver froid suivi d'un printemps humide et un été très chaud et sec). Les saisons automnales et hivernales sont considérées comme les plus dangereuses du fait des précipitations importantes et de la saturation élevée de sol.

Les pluies s'échelonnent sur une période de 5 à 6 mois avec de fortes précipitations comprises entre novembre et mars. La région d'Ain El Hammam est l'une des régions les plus arrosées. A partir des deux tableaux de variations mensuelles des précipitations (Tab.1 et Tab.2 ci-dessous), deux histogrammes ont été établis et montrent les variations des précipitations moyennes mensuelles. A partir de ces figures, il ressort que les mois les plus pluvieux sont : Novembre, décembre, janvier, février et mars et que le mois de décembre étant le plus arrosé et le mois de juillet étant le mois le plus sec de l'année.

A partir du tableau n°3, des variations des précipitations interannuelles calculées au niveau de la station d'Ain El Hammam font ressortir que les années fortement pluvieuses dépassent les 1100mm.

Exemples

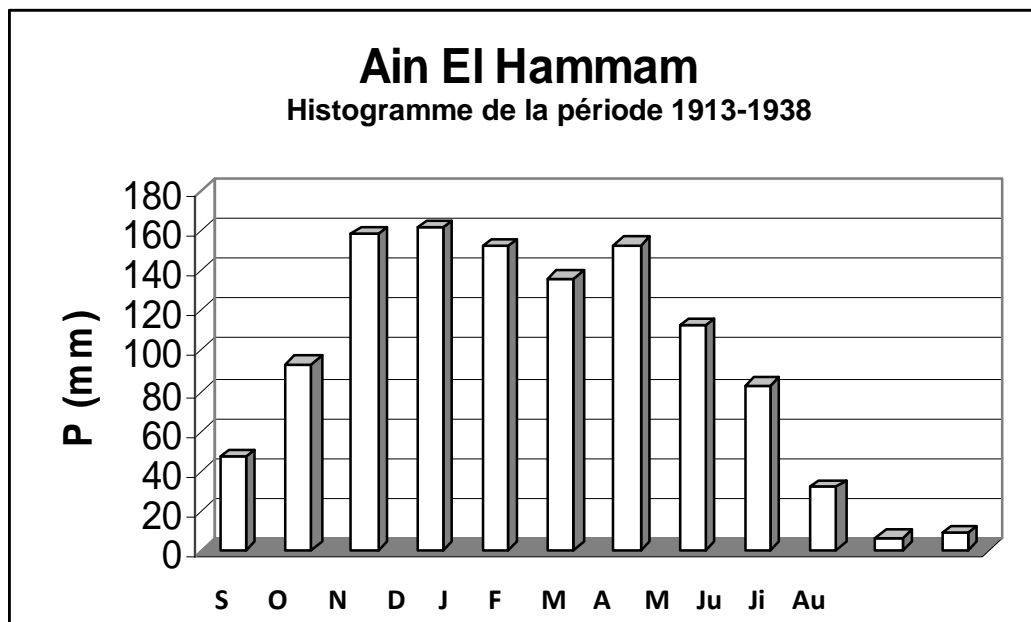
1150.20mm pour l'année 1969
1559.40mm pour l'année 1973
1358.40mm pour l'année 1975
1127.30mm pour l'année 1976
1317.90mm pour l'année 1980
1251.20mm pour l'année 1983
1167.20mm pour l'année 1984
1316.10mm pour l'année 1986
1260.30mm pour l'année 1994

Ces précipitations élevées ont eu souvent pour effet la réactivation de glissements anciens ou l'amorce de nouveaux mouvements de terrain.

Données climatiques d'Ain El Hammam antérieures aux dix dernières années

*Tableau .2.1 : Valeurs des précipitations mensuelles d'après comblement
Données anciennes (P.SELTZER ,1913/1938).*

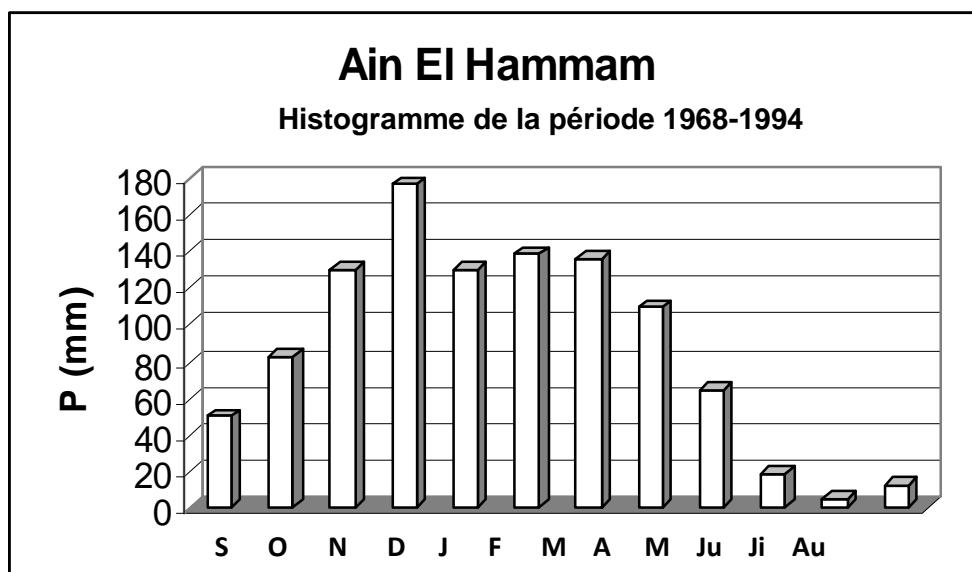
Station	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	Année
Ain El Hammam	47	94	159	162	153	137	154	113	83	32	6	9	1149



Grappe N°2-1.

Tableau n°2 : Valeurs des précipitations mensuelles 1968/1994

Station	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	Année
Ain El Hammam	49.86	83.10	130.92	177.34	130.99	138.82	137.13	109.74	64.95	18.58	4.99	12.54	1058.83



Graphe N°2.

Tableau n°3 : Valeurs des précipitations annuelles après comblement

Données (ANRH, 1968/1994).

() Valeurs comblées par régression linéaires*

Station d'Ain El Hammam		Code C021703
X=644.15m Y=364.50m Z=1140m		
Année	Précipitations annuelles après comblement	
1968	441.6	
1969	1150.2	
1970	806.8*	
1971	1098.9	
1972	882.0	
1973	1559.4	
1974	889.4	
1975	1358.4	
1976	1127.3	
1977	1074.4*	

1978	995.0
1979	1095.9
1980	1317.9
1981	984.6*
1982	1070.8
1983	1251.2
1984	1167.2
1985	1059.8
1986	1316.1
1987	819.7
1988	1028.4
1989	784.2
1990	1093.0
1991	1075.7*
1992	924.1
1993	956.0
1994	1260.3
Moyenne	1058.8

Données climatiques d'Ain El Hammam relatives aux dix dernières années

L'analyse des données climatiques récentes mesurées à la station météorologique de Ain El Hammam, permet d'évaluer les paramètres suivants:

b- Précipitations

Les valeurs des précipitations enregistrées au niveau de la station d'Ain El Hammam, résumées sur le tableau ci-dessous, montrent un rythme pluviométrique mensuel et annuel, le tableau ci-dessous, montre un rythme pluviométrique mensuel et annuel irrégulier.

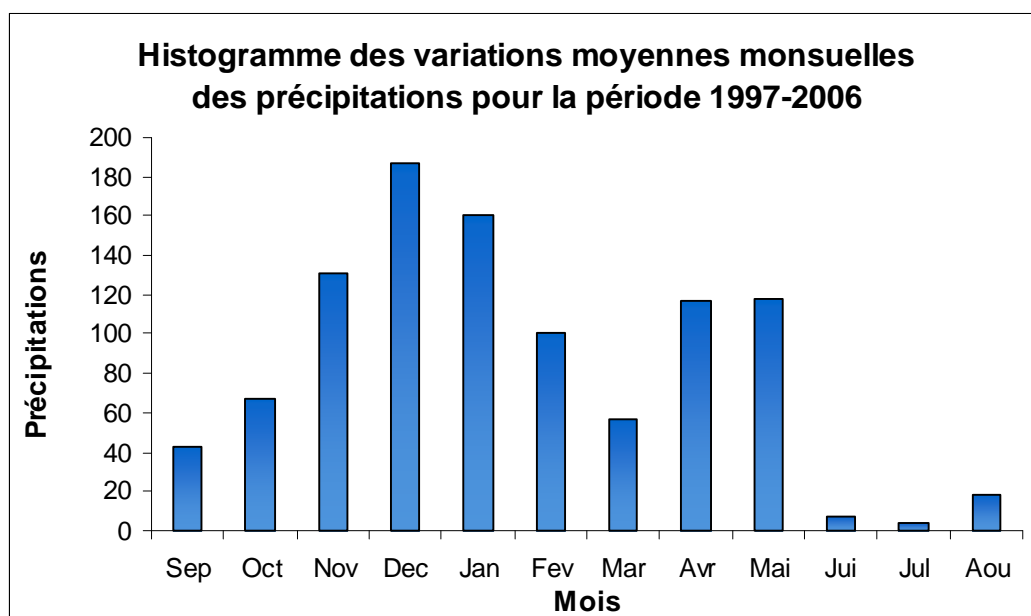
Mois	SEp	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû
P.moy (mm)	42,6	67,2	130,8	186,9	160,7	100,8	56,9	116,6	117,3	7,2	4,4	18,4

Table N°4 :

*Valeurs des précipitations moyennes mensuelles à la station de Ain El Hammam
Période (1997-2006).*

Pour la période (1997-2006), la station météorologique a enregistré une lame d'eau moyenne d'environ 84,2mm. La période pluvieuse s'étend du mois de **Novembre au mois de Janvier**. Les mois de Décembre et Janvier étant les mois les plus pluvieux avec des valeurs moyennes de 186,9mm et de 160,7mm respectivement. Le mois de juillet est le plus sec, avec une valeur moyenne de 4,4mm.

Graphe N°3



c- Température

Les températures moyennes mensuelles sont résumées sur le tableau N°5 et le graphe ci-dessous

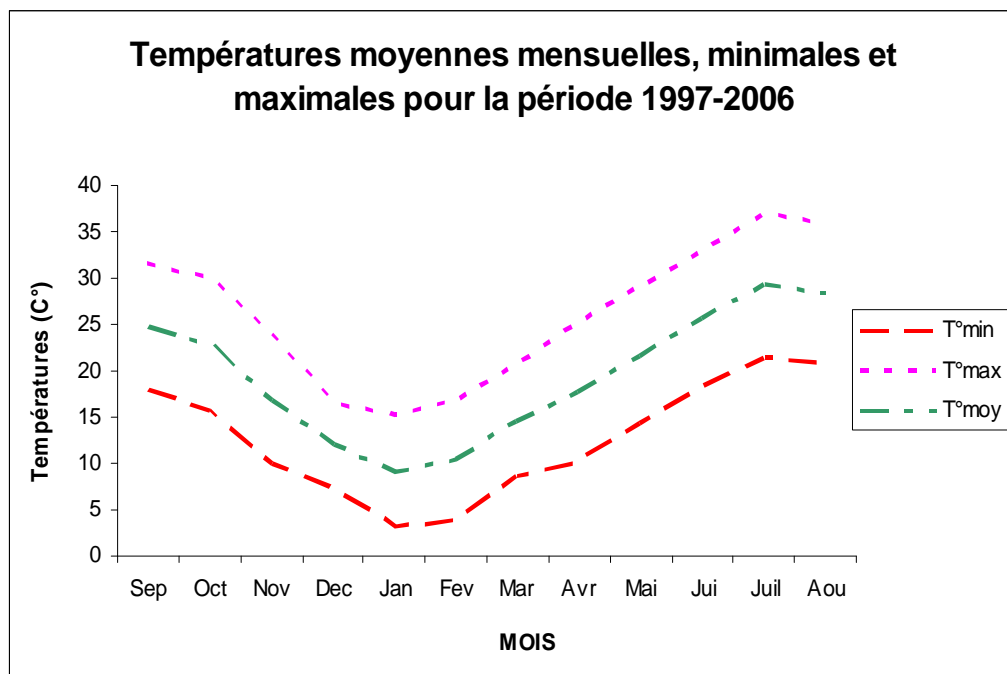
Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
T(C°) Max	31,7	30,1	23,8	16,7	15,19	16,84	20,7	25,2	29	33	37,1	35,83
T(C°) Moy	24,8	22,9	16,9	11,9 5	09,15	10,37	14,65	17,7	21,7	25,75	29,21	28,36
T(C°) Min	17,9	15,7	10,1	07,2	03,1	03,9	08,6	10,18	14,4	18,50	21,32	20,9

Table°5

Valeurs des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales

(Période 1997-2006)

Graphe N°4



Source de l'information [4]

Synthèses

Le mois le plus froid est le mois de Janvier, avec **3,1C°**, tandis que, le mois le plus chaud est celui de Juillet avec **37,1C°**.

Les trois courbes représentatives de chaque température montrent que la région est caractérisée par deux saisons :

- Une saison chaude allant du mois **Mai au mois d'Octobre**.
- Une saison froide allant du mois **Novembre au mois d'Avril**.

*Le maximum des températures est enregistré durant les mois de **Juillet et Août**.*

d- Contexte hydrogéologique

Étant donné le rôle primordial que joue l'eau dans les instabilités des versants, l'estimation montre qu'environ 55 % des glissements ont une cause hydraulique. En effet, l'étude hydrogéologique est très importante. Elle a pour but de connaître la répartition des pressions interstitielles dans le sol, leur évolution dans le temps et en prévision de la réalisation d'un drainage, le fonctionnement des nappes (sens des écoulements, alimentation...).

Le fait marquant dans le cas étudié est l'existence de nombreuses sources dans le versant glissé et que certaines d'entre elles sont pérennes. Ceci signifie qu'il existe une zone aquifère importante assez surprenante et les formations schisteuses à priori sont peu perméables. Cette abondance d'eau est connue depuis très longtemps puisqu'elle est à l'origine du développement d'Ain el hammam en particulier de ses bains. [12]

1. Réseau hydrographique

Le régime hydrographique au niveau de la région étudiée est caractérisé par des cours d'eaux de type torrentiel et semi-permanent.

Au niveau de la zone affectée, le réseau hydrographique se caractérise par la présence de talwegs d'importance variable orientés nord sud. Ces derniers sont drainés par un oued principal situé à la sortie aval du versant. [4]

2. Aspect Hydrogéologique

La formation de schistes satinés et micaschistes qui caractérisent la zone étudiée constitue un excellent réservoir pour les eaux pluviales. Ces eaux s'infiltrent aisément à travers le réseau de fissures et les zones de fractures. [4]

Conclusion

Les phénomènes de glissement sont déclenchés par des conditions particulières, mais le mouvement de masse ne s'interrompt pas sous les conditions normales. Il continue à une moindre vitesse et cause beaucoup de perturbations aux constructions et à l'infrastructure routière.

CHAPITR-3-

Forme du glissement

D' Ain El Hammam

Introduction

Les glissements de terrain sont des mouvements qui affectent les talus et les versants naturels. Ils peuvent provoquer des dommages importants aux ouvrages et aux constructions, avec un impact économique sensible, et parfois causer des victimes. Ils surviennent à la suite d'un événement naturel – forte pluie, érosion de berge, séisme, par exemple. Ils sont la conséquence plus ou moins directe d'actions de l'homme, telles que travaux de terrassements ou déforestation. L'étude des glissements de terrain et la prévention des risques qu'ils engendrent relèvent de la géologie appliquée et de la mécanique des sols.

3.1. Description des glissements de terrains

Les glissements de terrain sont des déplacements lents (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) d'une masse de terrain cohérente le long d'une surface de rupture généralement courbe ou plane. Les glissements des terrains peuvent être définis sommairement comme le mouvement d'une masse de sol ou de roche le long d'une surface de rupture, qui s'amorce essentiellement où il y a un talus. Dans la plupart des cas, le mouvement de la masse est soudain et rapide. Il est engendré par l'action de la gravité, des forces extérieures (hydrauliques ou sismiques)

Selon la géométrie de cette surface, on peut distinguer trois types principaux de glissements:

a. glissement plan

Mouvement au long d'une surface sensiblement plane (couche ou surface tectonique). Il se produit surtout en milieu rocheux.

b. glissement circulaire ou rotationnel

Surface de glissement plus ou moins circulaire ; mouvement caractérisé en général par l'existence d'une zone de départ nette et par un bourrelet frontal plus ou moins marqué ; le remaniement interne dépend de la nature des terrains et de l'importance du déplacement. Il se produit en particulier en terrains meubles, dans les roches homogènes à faible cohésion ou très divisées.

c. glissement quelconque

Le mouvement est très semblable au précédent dans son allure externe, mais la section verticale de la surface de glissement est de forme irrégulière. Il s'agit souvent d'une combinaison des deux cas précédents.

3.2. Les effets de phénomène

Du fait des fissures, des déformations et des déplacements en masse, les glissements peuvent entraîner des dégâts importants aux constructions. Dans certains cas, ils peuvent provoquer leur ruine complète comme dans le cas étudié.

3.3. Principales causes des glissements terrain

Le passage de l'état de stabilité à l'état d'instabilité d'un versant relève de causes nombreuses et variées : la nature géologique des terrains est un des principaux facteurs d'apparition de ces phénomènes ainsi que des conditions morphologiques, physiques et anthropiques ou humaines. Certaines causes sont externes, comme par exemple l'érosion d'un bas de pente par la mer ou par une rivière, par l'ouverture d'une carrière de sable ou de roche, par les secousses d'un tremblement de terre, par la surcharge d'une construction, etc. D'autres causes sont considérées comme internes, telles que l'augmentation de la pression interstitielle après de fortes pluies, l'accumulation d'eaux usées rejetées dans le sol, le développement de l'altération de la roche, le degré de plasticité du sol ou sa sensibilité à l'eau, etc. Si les causes des mouvements de versants sont diverses, il existe toujours un seul facteur de déclenchement, c'est-à-dire un stimulus externe (fortes précipitations, secousses sismiques, éruptions volcaniques, etc.) apte à provoquer rapidement le mouvement.

3.4. Comment se manifeste un glissement de terrain

Un glissement de terrain peut se traduire par :

- un affaissement plus ou moins brutal.
- des glissements de terrain par rupture d'un versant instable. (En Montagne)
- des écroulements et chute de blocs,
- des coulées boueuses et torrentielles.
- des glissements ou écroulements sur les côtes à falaises. (Sur le littoral).
- une érosion sur les côtes basses sablonneuses. [10]

3.5. Le glissement de terrain d'Ain EL Hammam

Ce glissement est un phénomène qu'a focalisé toute l'attention depuis le début des investigations en juin 2009, suite à une réactivation à la fin de l'hiver 2008/2009 cause de dégradations importantes sur des immeubles et les voiries.



Fig.3.1 : la rue colonel AMIROUCHE.



Fig.3.2 : Les Constructions de la zone rouge.

3.5.1. Les causes de ce glissement

Certaines causes restent toujours inconnues face à ce glissement. On peut citer quelques facteurs ayant probablement conduit à la déstabilisation de la zone d'étude :

- Négligence de l'étude géologique (aucune étude de sol n'a été faite).
- Construction sur des remblais récents.



Fig.3.3 : Construction sur des remblais récents.

- L'hétérogénéité des couches de sol (des couches d'argile et de schiste) provoque l'instabilité).



Fig.3.4:

*Apparition des couches de schiste satiné
Sur la partie aval du versant.*



Fig.3.5 :

*couverture argilo-limoneuse et l'apparition
des schistes satinés du côté sud-est.*

- La Présence des sources d'eau et des différentes nappes sur le relief accidenté.
- Effet de la pente et du relief.



Fig.3.6 : Action de la pente raide et de relief accidenté.

- Les immeubles de l'APC /CNEP construits dans les années 1990 ; ce sont donc une vingtaine de blocs (des surcharges) qui ont été réalisés en quelques années sur un relief accidenté. [El watan 28/07/2009]. Ces surcharges ont un rôle principal dans ce glissement. L'effet de surcharge (Constructions imposantes, jets de remblais et effet du trafic sur le boulevard). [4]



Fig.3.7 : Les immeubles de l'APC /CNEP et L'effet de surcharge

- L'effet des eaux usées issues d'un système d'assainissement défectueux et celui des infiltrations des eaux pluviales. [4]



Fig.3.8: Effet de l'eau.

- La morphologie largement modifiée par le terrassement avec des jets de remblais et des suppressions de butées naturelles importantes. [4].

3.5.2. La forme de glissement d'Ain El Hammam

la forme de glissement d'Ain El Hammam est complexe (la forme exacte ainsi que la ligne de rupture reste toujours non identifiées jusqu'à l'heure actuelle).

A l'état actuel, le mouvement de terrain présente une forme plus complexe et affecte des espaces plus étendus, impliquant aussi bien les ouvrages anciens que récents.

D'après le rapport de laboratoire GEOMICA on à l'interprétation des résultats des essais qui sont donnés dans les figures ci-dessous

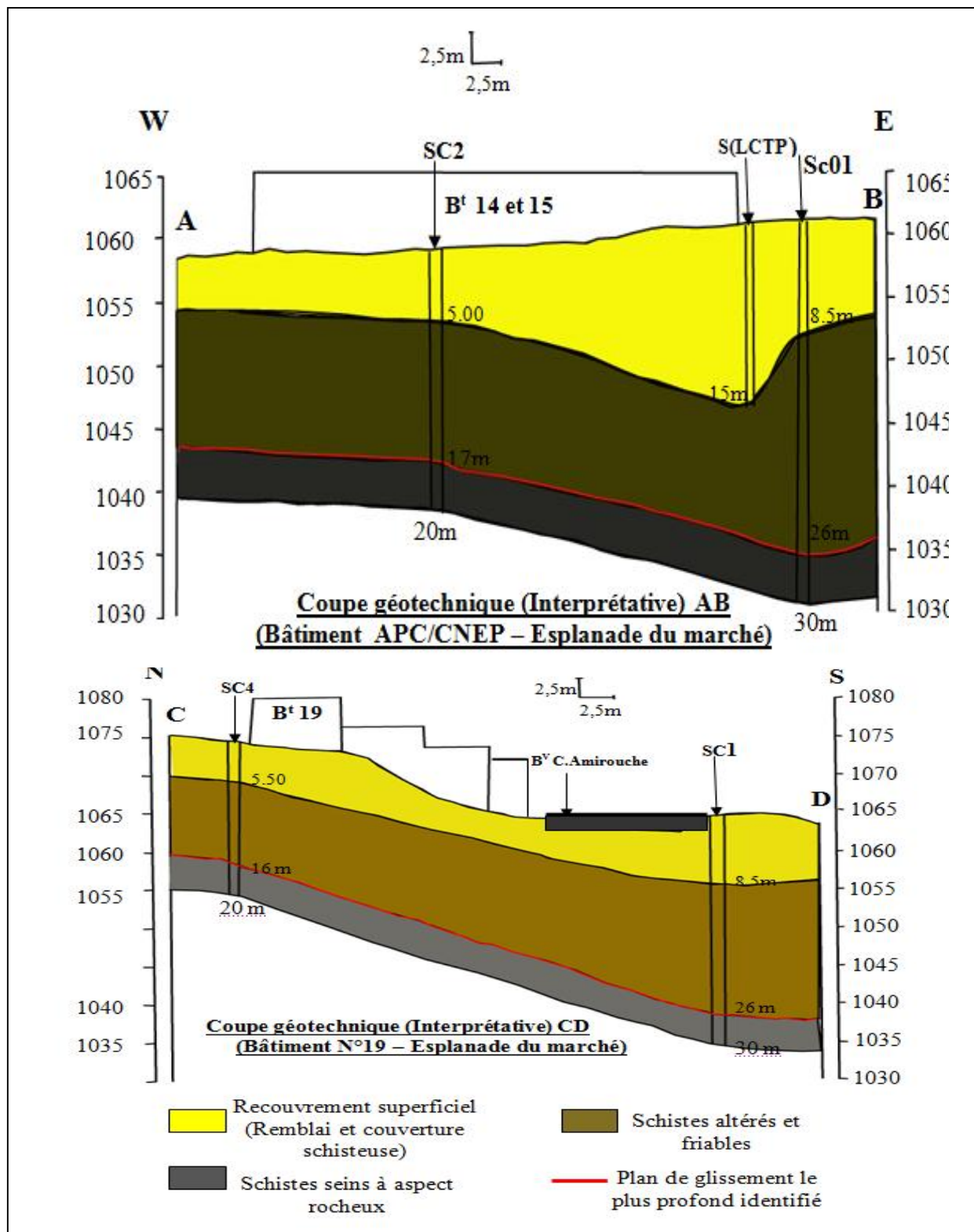


Fig.3.9 : les positions probables des surfaces de rupture

D'après le rapport préliminaire de l'étude de laboratoire français (ANTEA)

On a les hypothèses suivantes

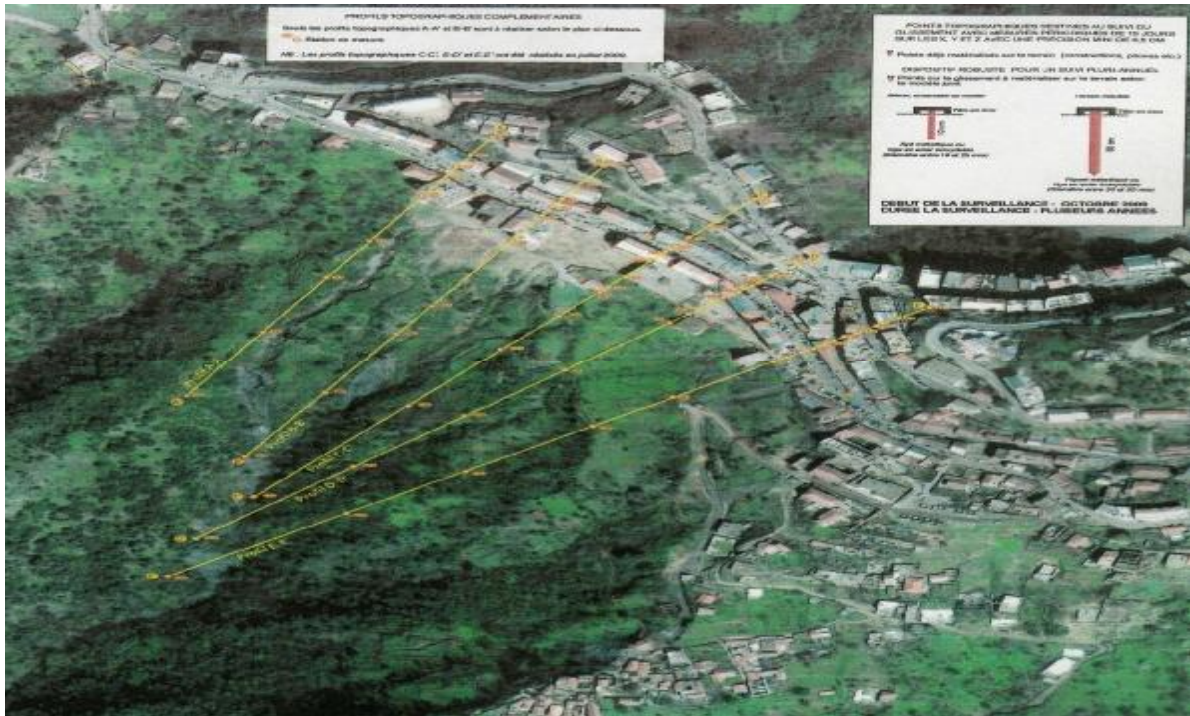


Fig.3.10 : la position des profils géologiques réalisés dans le versant.

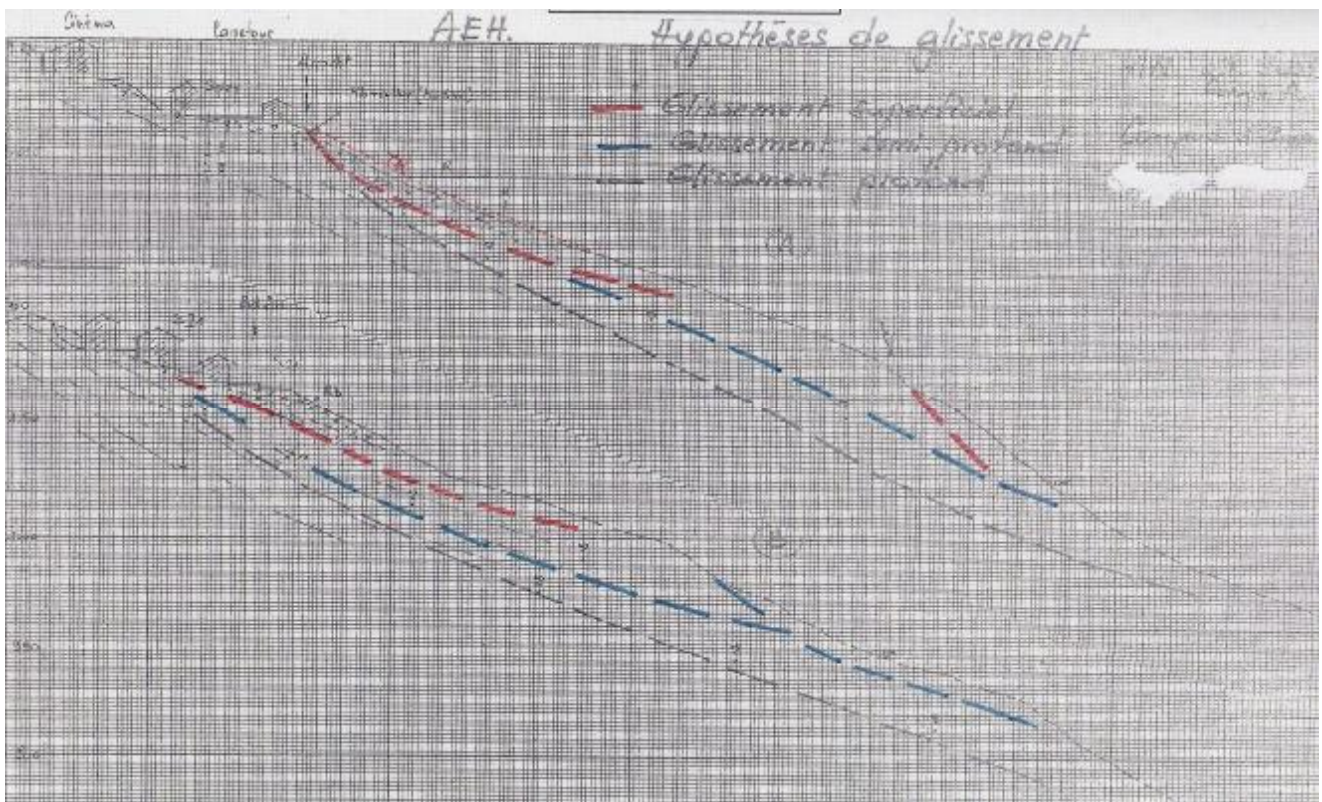


Fig.3.11 : les hypothèses des surfaces de glissement dans le versant.

a) Glissement superficiel (épaisseur environ 10m)

Avec en partie haute une mobilisation de la couverture meuble et une tranche peu épaisse de schistes altérés. Le glissement ne concernerait guère que la partie supérieure du versant avec des débordements latéraux correspondant aux deux grands ravins en bordure. Ceci signifie que la partie médiane constituée de panneaux schisteux volumineux n'aurait pas bougé.

b) Glissement semi-profond (épaisseur 15 à 25 m)

Montrant la mobilisation d'une tranche de substratum schisteux sur une grande partie du versant, avec des reprises éventuelles à l'aval. Dans ce cas, la partie médiane bombée et disloquée se serait légèrement déplacée. L'activité dans les deux grands ravins latéraux serait due à des effets de bordures.

c) Glissement profond (épaisseur 20 à 25 m)

Cette instabilité affecte une couche de substratum sur toute la hauteur du versant, et mobilise des panneaux de roche très volumineux.

L'hypothèse de l'existence de mouvement ancien ayant déjà affecté cette zone est très probable.

les volumes estimés en mouvement varient considérablement.

3.5.3. Les différentes zones de glissement d'Ain El Hammam

Selon l'importance des indices d'instabilité, deux zones ont été délimitées

- **Zone rouge [zone A]**

Cette zone délimite la zone du marché et sa périphérie immédiate. Le mouvement affecte aussi bien les constructions anciennes et récentes. Les facteurs ayant conduit à la déstabilisation de la zone sont probablement ;

- a) L'effet de surcharge (Constructions imposantes, jets de remblais et effet du trafic sur le boulevard).
- b) L'effet des eaux usées issues d'un système d'assainissement défectueux et celui des infiltrations des eaux pluviales.
- c) Effet de la pente.
- d) La morphologie largement modifiée par le terrassement avec des jets de remblais et des suppressions de butées naturelles importantes. [4]

- **Zone vert [zone B]**

Située à l'extrémité Ouest de la zone déclarée instable. Il s'agit d'une zone d'apparence stable, mais dans un équilibre limite.

Vu sa morphologie en pente très raide, toute urbanisation induisant une modification des conditions naturelles conduirait à la déstabilisation de cette zone. [4]

Il est à noter également que deux autres zones à savoir, une « orange » et une « jaune » ont été dégagées et faisant ressortir respectivement, des constructions nécessitant une surveillance topographique journalière et hebdomadaire à bimensuelle.(rapport du CTC).

Vue les dommages observés sur les bâtiments et les rues.

La carte ci-dessous montre les zones à grand risque .Source [4] et [12].

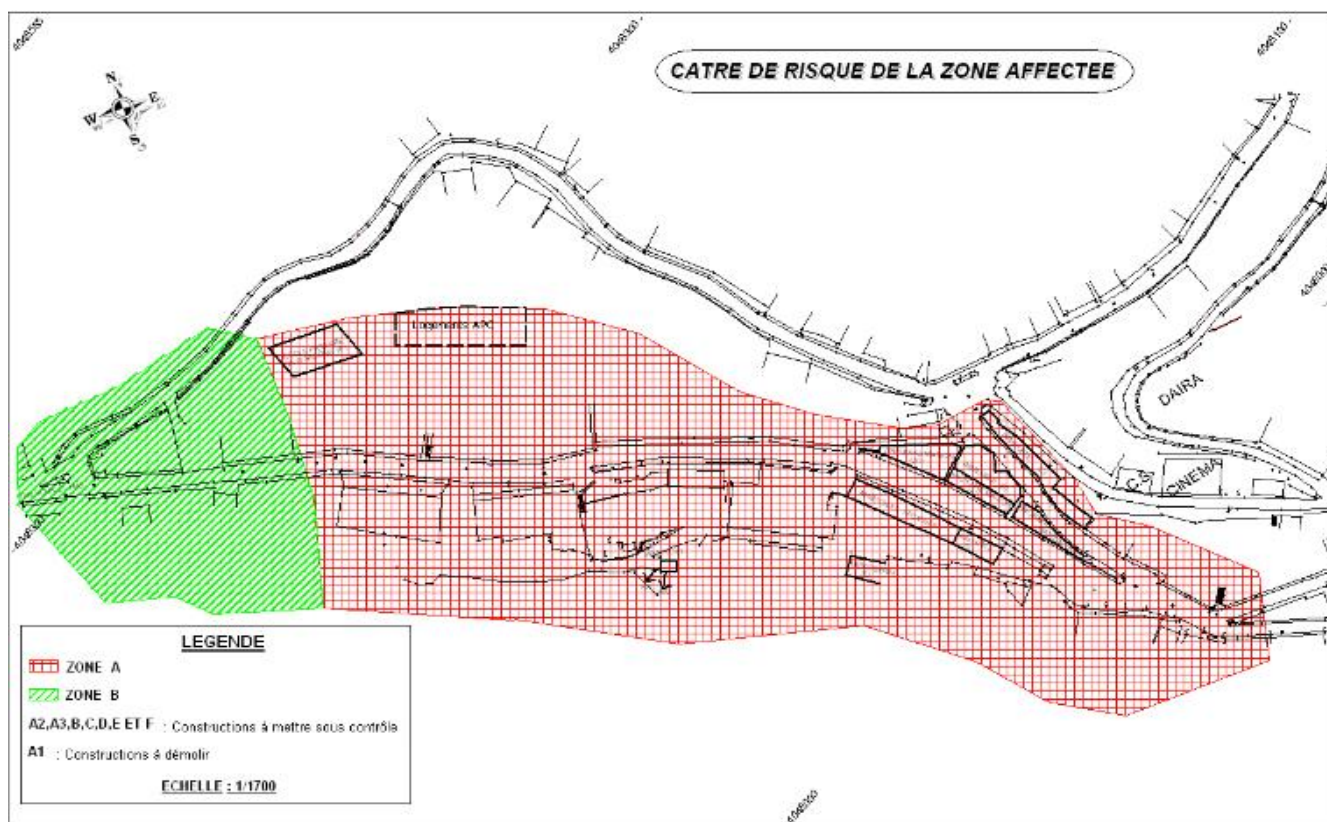


Fig.3.12 : carte des zones de glissement d'Ain El Hammam.

Deux autres zones à savoir, une « orange » et une « jaune » ont été dégagées et faisant ressortir respectivement, des constructions nécessitant une surveillance topographique journalière et hebdomadaire à bimensuelle.

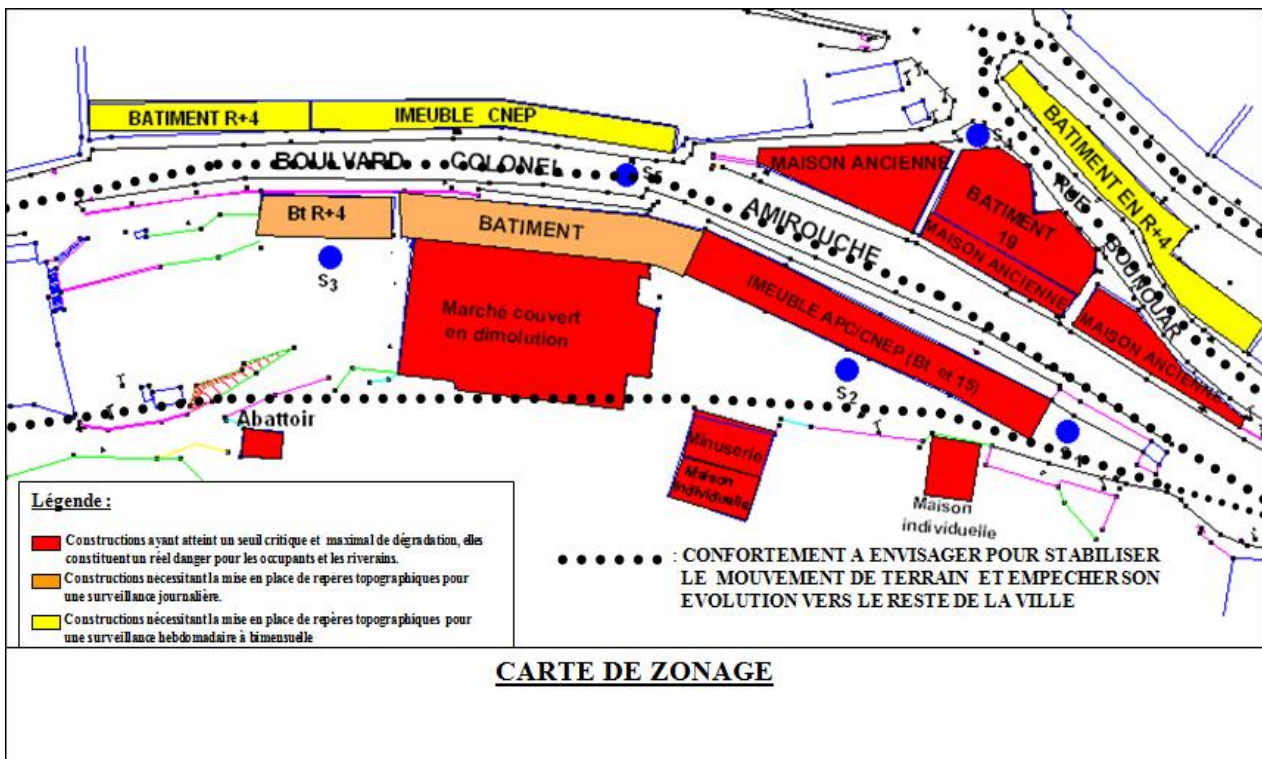


Fig.3.13 : carte représentant des zones de glissement d'Ain El Hammam.

Conclusion

En définitif et à la lumière de ce qui a été cité plus haut, on constate que ce glissement est très complexe, c'est un mouvement de masses de terrain d'épaisseur très variable le long d'une surface de rupture. L'ampleur de ce mouvement, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés sont également très variables. C'est un glissement qui affecte un versant sur plusieurs mètres d'épaisseur, Une grande déstabilisation a été constatée dans la zone étudiée.

Conclusion de la première partie

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Les événements connus et les quelques mesures topographiques disponibles à ce jour indiquent

- Une déstabilisation relativement récente (vers 1970) et lente au niveau de la partie urbanisée ;
- Des déplacements faibles (quelques cm à dm) jusqu'au début des années 2000 ;
- Une réactivation périodique depuis 2005 ;
- Un paroxysme en mars et avril 2009 avec des déplacements plus élevés (horizontaux =1 à quelques m et verticaux =1.5 à 3 m) de la partie orientale et un mouvement étendu sur 400 m de largeur au niveau de la ville. [12]

D'autre part il est à noter aussi que :

- L'étude climatologique de la région montre que la saison pluviale est importante en Période hivernale. Les eaux de pluie en l'absence du réseau hydrographique, coulent en surface et s'infiltrent à travers la couche de remblais, pour finir ensuite, par atteindre le socle schisteux, gisant à plus de 3 mètres de profondeur. Ce contact modifie alors les caractéristiques physico-chimiques des schistes en entraînant une réduction des contraintes donnant naissance ainsi à des phénomènes d'affaissement.
- La présence d'une épaisse couche de remblai variant de 3.00 à 3.50 mètres du côté bas de l'école et de 15 m du côté bas du marché, constitue un sol à caractéristiques géotechniques défavorables.
- La topographie du site caractérisée à l'origine par un relief accidenté, favorise l'accumulation des eaux de ruissellement et des eaux circulant à faible profondeur en engendrant le desserrage des terres sous les fondations.

PARTIE -I-

"Partie expérimentale"

Introduction de la deuxième partie

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE

Divers risques naturels menacent la vie humaine et les biens. Parmi eux, les mouvements de terrains plus spécialement les glissements qui sont susceptibles de provoquer des dommages et des pertes. Il existe une grande variété de types de mouvements de terrain avec des typologies diverses plus ou moins détaillées, mais pour tous ces glissements, il s'agit, par définition, d'un phénomène dynamique qui comprend une zone d'apparition du mouvement, une zone de propagation et une zone d'arrêt ; les trois zones peuvent se chevaucher.

En revanche, pour les glissements « courants » on s'est surtout préoccupé de la zone d'apparition du mouvement et non de savoir, une fois que le mouvement est apparu, jusqu'où il peut y aller, en tentant d'évaluer la susceptibilité d'apparition du phénomène.

Pour des raisons d'économie ou même parfois de négligence, certaines personnes ont construit n'importe où et n'importe comment, tout en sachant que seules des études géotechniques-géologique et géophysiques permettent de distinguer les terrains constructibles.

Un glissement comme celui d' Ain El Hammam, qui est d'une grande ampleur, se situe dans une zone montagneuse. Il nécessite qu'il soit maîtrisé et interprété, des études géologiques géotechniques et même pétrographiques... complètes et très approfondies sont indispensables. Il n'est pas toujours nécessaire de faire appel à des techniques perfectionnées ou à des spécialistes de l'extérieur pour réaliser ces études. Des observations effectuées par des personnes expérimentées permettent parfois de repérer et de conforter des zones menacées par des glissements de terrain. Il suffit seulement d'offrir les moyens nécessaires pour traiter le problème.

Cette partie sera consacrée à l'analyse des études pétrographiques des divers échantillons prélevés à différents endroits de la zone affectée. Ces échantillons seront ensuite soumis à l'étude géotechnique. Une interprétation des résultats géotechniques suivra et la partie se terminera par une conclusion sur les différents résultats obtenus.

CHAPITRE -4-

Choix de l'endroit
d'extraction et étude
minéralogique

Introduction

Pour bien mener l'étude minéralogique, des échantillons de schiste ont été prélevés dans deux endroits différents de la zone affectée par les affaissements. Pour le choix du lieu d'extraction, les échantillons doivent être les plus représentatifs possibles, Cela nous a conduit à les extraire aux endroits où il y'a apparition des lignes de ruptures. Leur nombre est limité car on ne peut pas se permettre un grand nombre d'échantillonnage car cela est très onéreux.

Dans ce chapitre, une description du lieu de prélèvement des échantillons a été réalisée et une étude pétrographique a été faite pour connaître les différents minéraux constituant les matériaux, ce qui va faciliter l'explication de leurs comportements.

4.1. Les instabilités de pente observées et les dégâts matériels dans la région étudiée

A- les instabilités de pente dans la région

Localement, la zone étudiée se présentait à l'origine sous forme d'un versant à pente raide, d'orientation générale Nord – sud. Actuellement, l'allure du versant a été largement modifiée par les travaux de terrassement. L'état de stabilité des versants est conditionné par plusieurs facteurs : morphologiques, climatiques, lithologiques et anthropiques. Par ailleurs, toute modification des conditions d'équilibre naturelles du versant peut donner lieu à des désordres d'importance variable.

Le glissement de Ain El Hammam connu depuis le mois de décembre 1969 ou même quelques années avant, impliquant une zone où les facteurs naturels et anthropiques ont agi conjointement pour l'amorce du mouvement de terrain.

• Quelques facteurs d'instabilité

En effet, la zone affectée par les instabilités se caractérise par :

- Une morphologie du versant orienté nord-sud, à pente très raide.
- Un contexte géologique local des plus défavorables, caractérisé par le contact des schistes satinés avec une formation plus ancienne constituée par des micaschistes qui affleurent à la sortie ouest de la ville de Ain El Hammam. Ce qui explique l'état très fracturé et profondément altéré des schistes au niveau du site étudié.
- Mise en place et jets de remblais anarchiques sur le versant qui constitue le site.
- Une urbanisation très intense du site avec la réalisation d'immeubles qui ont nécessité des terrassements importants. Ce qui a engendré une surcharge du versant, une modification de sa morphologie initiale et a généré des suppressions de butées naturelles importantes.

-
- L'absence d'un système de drainage des eaux pluviales et ceux d'infiltration auquel s'ajoute un réseau d'assainissement défectueux et non opérationnel.
 - La couverture neigeuse en saison hivernale.
 - Pententes fortes avec de grandes dénivellations.
 - Structure très feuilletée à pendage aval...

B- les dégâts matériels causés par le glissement de terrain

Le glissement de Ain El Hammam a été la source de plusieurs dégâts matériels au niveau de cette région. Les désordres et les dommages sont d'ampleurs diverses ayant affecté les bâtiments et les infrastructures existantes au niveau de ce site. Les dégâts observés au niveau de cette zone ont permis de constater que le mouvement de terrain est très actif ; plus précisément pendant les périodes hivernales de ces dernières années où la réactivation du mouvement a été très importante, ce qui a engendré des dommages et des désordres de plusieurs ouvrages.

► Désordres au niveau des constructions

- Dégradation quasi totale des structures avec voilement de l'ensemble.
- gondolement de plusieurs planchers et plafonds de plusieurs structures.
- tassements différentiels importants au niveau des dallages.
- apparition de grandes fissures, pénétrantes et multidirectionnelles, sur la plupart des structures que ce soit dans les murs extérieurs et intérieurs que dans les plafonds. Ces dernières ont entraîné des dislocations de panneaux de quelques façades et de certaines constructions après leur ouverture trop importante.
- Ouverture des joints entre blocs.
- Fissures importantes dans quelques poutres des planchers et éclatement des nœuds (poteau poutre)...
- Apparition des fissures au niveau de l'école des garçons de Ain El Hammam et sa fermeture au mois de mars 2010....

Les photos ci-dessous montrent quelques désordres observés au niveau des constructions



Fig.4.1 : Ouverture des joints entre blocs

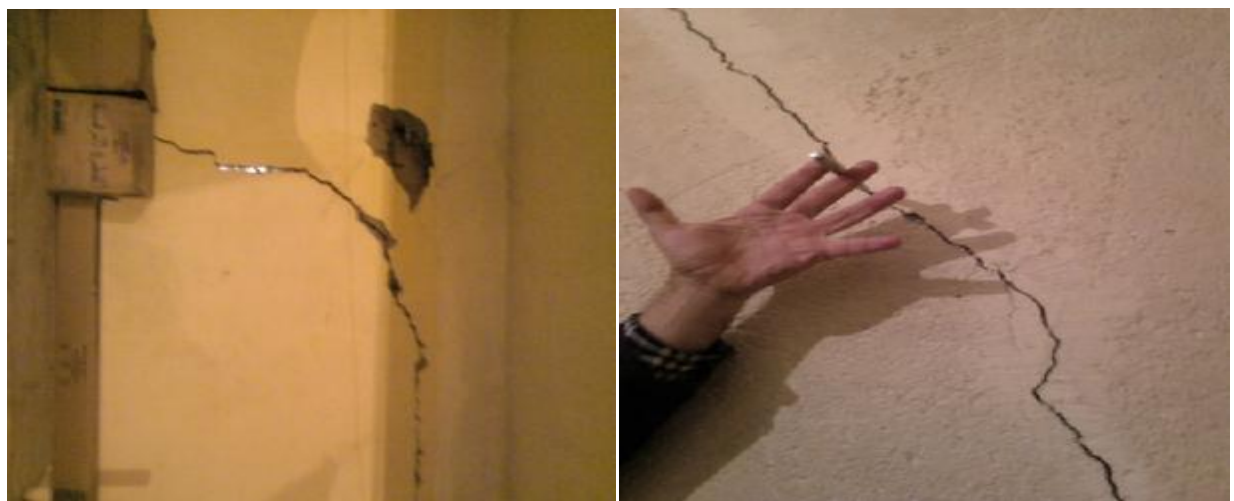


Fig.4.2 : Fissures pénétrantes dans les murs extérieurs

Fig.4.3 : Fissures pénétrantes dans les murs intérieurs



Fig.4.4 : Éclatement des nœuds (Poteau poutre)

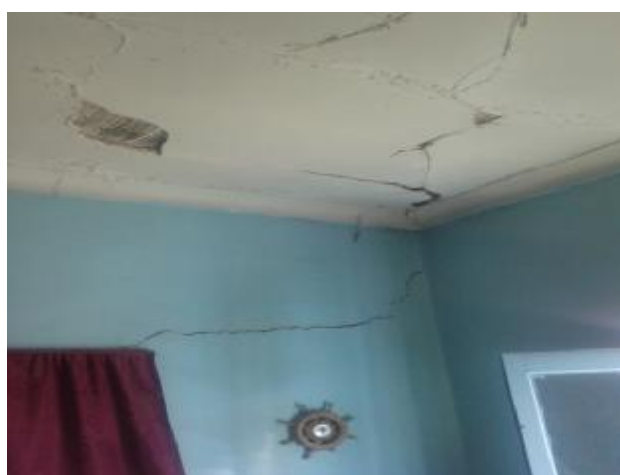


Fig.4.5 : Fissures au niveau des murs et des plafonds



Fig.4.6 : Fissures importantes au niveau des murs

► **Désordres au niveau des ouvrages d'art**

- affaissement important et remarquable de la chaussée longeant les immeubles appartenant à l'agence foncière / APC.
- Dégradation très importante de l'ex marché de Ain El Hammam.
- Basculement des murs de soutènements.
- Une grande dégradation du boulevard « colonel AMIROUCHE et la rue BOUNOIRE ».

► Désordre au niveau des réseaux hydrauliques

Les déplacements et les affaissements du sol dus au glissement de terrain, ont causé la rupture de plusieurs réseaux d'assainissement et d'alimentation en eau potable et du système de drainage réalisé.



Fig.4.7 : désordres au niveau des réseaux d'assainissement

► Les constructions et les ouvrages démolis

- Démolition des bâtiments 15 et 14 et la cage d'escalier (R+4), Leur construction remonte à l'année 1995, par l'APC/CNEP
- Démolition du bâtiment en (R+3) qui est composé en trois blocs construit en 1969
- Démolition du bloc RDC+1 avec une toiture en charpente « Sa réalisation remonte, à l'année 2005 » appelé Bloc des 08 logements à la cité des fonctionnaires
- Annonce de la démolition de l'Immeuble en R+3 avec 1 sous sol et Immeuble en RDC + 2 sous sol + 1 cave. Ces ouvrages ont été construits en 1983 « immeuble de la menuiserie »
- Démolition du marché de Ain El Hammam ...

4.2. Les schistes d'Ain El Hammam (zone affectée par l'instabilité)

Le matériau schiste est un élément qui favorise les glissements de terrain. On trouve ce matériau en grande quantité dans la région de Ain El Hammam. Il se présente dans la zone affectée par les instabilités sous forme :

- D'un ensemble schisteux constitué de schistes satinés et de micaschistes.

Les schistes satinés présentent une schistosité de direction moyenne orientée ENE-WSW avec un plongement qui varie de 40 à 60° vers le Sud-Est. Ils sont en contact soit avec les micaschistes, soit avec les gneiss.

La roche est de couleur grise foncée, très finement litée avec un débit facile suivant le plan de schistosité principal. Elle renferme des passages de quartz d'échelle centimétrique à métrique conforme à la schistosité.

Les micaschistes apparaissent à la base des schistes satinés. D'allongement Est-Ouest, leur schistosité prend une direction ENE-WSW et un plongement qui varie de 30 à 80°.

Les micaschistes se débitent en plaquettes suivant le plan de schistosité principal et présentent un grain très fin. Ils sont de couleur crème foncée à marron clair. Localement, ils sont sombres et ceci peut être dû à la présence de tourmaline et de biotite ; cette dernière se présente en grandes paillettes bien visibles à l'œil nu, et sans aucune orientation préférentielle.

En outre coté Sud-Est du marché les couches sont constituées de schistes satinés grisâtres. Ces terrains schisteux surmontent généralement une épaisse couverture argilo-limoneuse. Ils renferment des bancs de quartzites et présentent un état très fracturé avec des pendages sub-verticaux. En effet; au niveau du site étudié, les schistes satinés présentent un état très fracturé et affleurent sous forme d'écailles, avec un plongement sub-vertical, Sud-Est



Fig.4.8.Affleurement de schistes satinés observé du côté nord du site (Au dessus du Boulevard Colonel Amirouche)

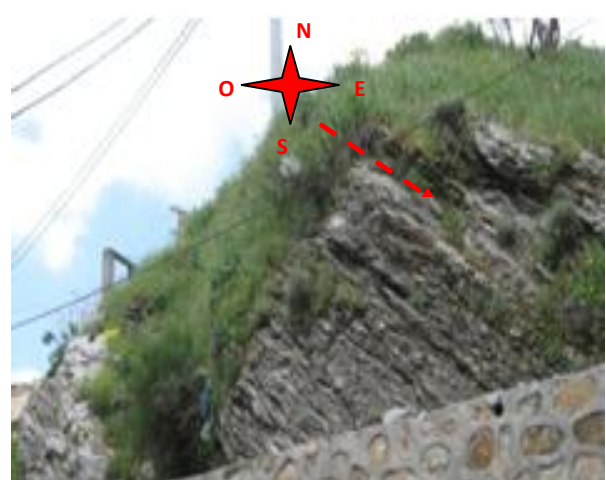


Fig.4.9:Affleurement de schistes satinés observé à La sortie sud du site (Côté aval du versant).

4.3. Origine des échantillons

Les matériaux retenus sont de deux types de schiste. Les deux échantillons ont été prélevés à deux dates différentes et dans deux endroits différents de la zone affectée par les instabilités ; (*Dans notre étude, les prélèvements ont été réalisés manuellement*).



Fig.4.10 : Les zones de prélèvement des échantillons



Fig.4.11 : les endroits d'extraction des échantillons

Echantillon N°1

Il a été prélevé le 16/01/2010 au sein de la zone affectée par une grande ligne de rupture



Fig.4.12. Echantillon N°1.

Echantillon N°2

Il a été prélevé le 16/04/2010 au sein de la zone affectée par un grand affaissement et une rupture de sol.



Fig. 4.13. Echantillon N°2.

4.4. Choix de l'endroit d'extraction de nos échantillons

Il est important de connaître précisément les caractéristiques physiques et chimiques du terrain. Les renseignements obtenus sur le terrain, autant en surface qu'en profondeur, permettent de mieux comprendre le phénomène, de mieux localiser les points d'échantillonnage et de préciser le bon endroit pour avoir des échantillons les plus représentatifs de l'ensemble du site. Les

principaux éléments à connaître et à identifier sur le terrain sont les caractéristiques de surface, le contexte géologique et hydrogéologique, les lieux d'apparition des lignes de rupture ; delà on va envisager les paramètres à prendre en compte.

4.5. Composition minéralogique et texture du matériau de schiste en général

La composition minéralogique des schistes est essentiellement représentée par des silicates du métamorphisme qui est un ensemble de minéraux de composition chimique identique ou voisine, ne prenant naissance que dans les roches métamorphiques.

4.6. Etude pétrographique et la composition minéralogique

La pétrographie est la science ayant pour objet :

- la description des roches ;
- l'analyse de leurs caractères structuraux, minéralogiques et chimiques.

Elle se distingue de la pétrologie, discipline mettant l'accent sur les phénomènes de genèse, par la mise en place et par l'altération des roches décrites statiquement. Par ailleurs, l'étude de la pétrographie d'une roche ou d'un matériau minéral est complexe. Elle nécessite des connaissances poussées en chimie et en minéralogie (fluorescence X, diffraction des rayons X, étude de lames minces...). Outre le caractère descriptif de cette science, elle s'efforce de comprendre comment les minéraux s'agencent entre eux dans l'espace (structure des roches ou matériaux) mais donne également des indications sur la chimie du matériau ou de la roche. [24].

En outre, La composition minéralogique est le caractère individuel le plus important à examiner pour l'identification des roches. Quel que soit le groupe d'appartenance des roches, elles sont généralement composées de quelques minéraux fondamentaux appartenant à des « familles » peu nombreuses. La détermination précise de la composition minéralogique nécessite généralement une étude en lame mince, voire une détermination chimique. Cependant, quand les minéraux sont discernables à l'œil nu, les propriétés des principaux minéraux permettent une première détermination qualitative très utile.

Notre étude pétrographique a été réalisée par deux laboratoires spécialisés «ORGM et CETIM » de BOUMERDES :

- Le premier laboratoire « ORGM » a réalisé l'étude de lames minces ;
- Le deuxième laboratoire « CETIM » a effectué une étude pétrographique, en utilisant la technique de broyage ;

Le but est d'identifier les caractéristiques pétrographiques et minéralogiques des schistes de la zone instable et d'évaluer le pourcentage des minéraux constituant ces schistes. A partir de là on pourra déduire leur influence sur le glissement de terrain.

4.7. Résultats de l'étude pétrographique (minéralogique)

a) L'étude faite par ORGM (étude de deux échantillons identiques prélevés a deux dates différentes)

Les différents résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux ci-dessous.

Les deux tableaux donnent la minéralogie des deux échantillons

Tableau 4.1. Echantillon prélevé le 16/01/2010

Composition minéralogique	Teneur (en%)	Morphologie Des grains	Dimensions des grains
Minéraux principaux			
-micas	65	Empilement+lits	0.25-0.01
-chlorite	15	Ecailles+lits	0.1-0.01
-quartz	20	Xénomorphes	0.1-0.01
Minéraux secondaires			
-silice secondaire	□ 1	En auréol	
-hydroxydes de fer	□ 1	En tache	
MINERAUX ACCESSOIRES			
-impuretés (inclusions)	□ 1	Inclusions	□ 0.01
Minéraux opaques	□ 1	Dissémination	0.05-0.02

Description

La lame mince montre une roche de texture massive et de structure orientée à foliation régulière. Elle est constituée par un fond phylliteux représenté par une alternance de très fins lits micacés à dominance sericiteux en forme d'empilement lepidoblastique et en lamelles isolées en structure crypto-écailleuses disposées en alignement préférentielle suivant le sens de foliation et intercalent par endroit des lamelles presque de même taille que le chlorite. Ces lits micacés

alternent d'autres lits de moindre épaisseur en alignement parallèle constitués essentiellement par du quartz en grains microgranoblastiques en forme endentés solidement agencés en agglomérats montrant une extinction roulante, les grains de quartz intercalent très rarement des particules de feldspaths à contours rectilignes de même taille que le quartz. Parfois on note la présence d'inclusions noires et de minéraux opaques (particules charbonneuse) dans les lamelles de micas et de chlorite. La roche est également recouverte par de très fines accumulations d'hydroxydes de fer et d'un enduit de matière argileuse.

Tableau.4.2.Echantillon prélevé le 16/04/2010

<i>Composition minéralogique</i>	Teneur (en%)	Morphologie Des grains	<i>Dimensions des grains</i>
Minéraux principaux			
-micas	6	Empilement+lits	0.25-0.01
-chlorite	15	Ecailles+lits	0.1-0.01
-quartz	20	Xénomorphes	0.1-0.01
Minéraux secondaires			
-silice secondaire	□ 1	En auréol	
-bydroxydes de fer	□ 1	En tache	
Minéraux accessoires			
-impuretés (inclusions)	□ 1	Inclusions	□ 0.01
MINÉRAUX OPAQUES	□ 1	Dissémination	0.05-0.02
Matériel pelitique	3	pelitomorphe	□ 0.01

Description

L'échantillon N°2 est de même nature que l'échantillon précédent, avec un matériel pelitique relativement plus abondant. La lame mince montre une roche de texture massive et de structure orientée à foliation régulière. Elle est constituée par une alternance sub-parallèle de très fins lits micacés à dominance sericiteux en forme d'empilement lepidoblastiques et en lamelles isolées de structures cryptoécailleuses disposées en alignement préférentielle suivant le sens de foliation et intercalent par endroit des lamelles presque de même taille que le chlorite.

Ces lits micacés alternent d'autres lits de moindre épaisseur en alignement parallèle constitués essentiellement par du quartz en grains microgranoblastiques en forme endentés solidement agencés en agglomérats montrant une extinction roulante, les grains de quartz intercalent très rarement des particules de feldspaths à contours rectilignes de même taille que le quartz. Parfois on note la présence d'inclusion noires et de minéraux opaques (particules chabonneuses) dans les lamelles de micas et de chlorite. L'arache est également recouverte par de très fines accumulations d'hydroxydes de fer et d'un enduit péritomorphe de matière argileuse.

Remarque

Les deux échantillons étudiés par l'ORGM, donnent des résultats pratiquement identiques, ce qui démontre la fiabilité de la méthode utilisée (vu que les deux échantillons analysés sont identiques « *prélevés a deux dates différentes mais dans un même endroit* »).

b) L'étude faite par CETIM (étude de deux échantillons différents)

L'analyse par diffraction du rayon X, réalisée sur les deux échantillons codifiés échantillon1 et échantillons 2, consiste à déterminer la nature des minéraux. La composition minéralogique estimative (semi-quantitative) des deux échantillons à été évaluée sur la base des résultats chimiques, donnés dans le tableau suivants (les graphes montrant leur pourcentage sont joints en annexe) :

Code échantillon	Composition minéralogique %minéraux						
	Quartz	albite	Chlorite	kaolinite	Muscovite	Anatase	Minéraux ferrugineux +fond RX
Echantillon1	22.5	9	8.5	14.5	37.5	1	7
Echantillon2	34	8	8	9.5	33	1	6.5

Les graphes montrant le pourcentage des minéraux constituant des deux échantillons seront joints en annexe. Le laboratoire a réalisé aussi une analyse chimique élémentaire effectuée par fluorescence X des deux échantillons,

Les résultats sont donnés ci-après.

N°	nom échantillon (1-20)	Perte au feu(%)	Somme des conc.(%)	SiO2 Si2 (%)	AL2O3 AL2 (%)	Fe2O3 Fe2 (%)	CaO Ca2 (%)	Mgo Mg2 (%)	SO3 S2 (%)°	K2O K2 (%)	Na2O Na2 (%)	P2O5 P2 (%)	TiO2 Ti2 (%)
1	ECH1	5.7700	100.000	54.17	23.83	7.16	0.26	1.93	0.01	4.44	1.07	0.13	1.22
2	ECH2	4.3500	100.000	60.99	19.70	6.96	0.28	1.81	0.01	3.87	0.97	0.11	0.96

Conclusion

Les résultats des deux études démontrent que notre matériau est fragile, ceci est justifié par la quantité de quartz qui n'est pas importante ; en revanche les minéraux argileux sont prédominants, ce qui rend le matériau fragile et friable. Les deux études démontrent que le schiste étudié est un mélange de minéraux argileux (chlorite, albite kaolinite et micas...), de quartz et d'un pourcentage négligeable des oxydes et hydroxydes de fer.

CHAPITRE -5-

Analyse des études géotechniques

Introduction

Les phénomènes naturels tels que les glissements sont susceptibles de provoquer des dommages aux ouvrages et peuvent affecter même les personnes. Dans un site donné, les analyses et les études géotechniques permettent de faire l'inventaire des risques potentiels, la manifestation intempestive d'un phénomène naturel ; il est alors possible d'y adapter des ouvrages ou de renoncer à les construire dans ce site.

Les catastrophes naturelles, vécues dans le passé comme une fatalité, sont maintenant perçues comme un risque inacceptable. Des études géotechniques et géologiques sont alors vivement recommandées afin d'éviter de tels désastres.

5.1. Reconnaissance de sol

Une bonne connaissance du sol dans la zone étudiée et ses alentours est indispensable pour effectuer une reconnaissance sérieuse de ce site des laboratoires spécialisés ont été engagés (tels GEOMICA, le groupement ANTEA-TTI-HYDROENVIRONNEMENT...). La reconnaissance du sol comporte généralement deux phases :

1-la reconnaissance de base ou superficielle qui s'effectue à partir de documents et d'examens sur place.

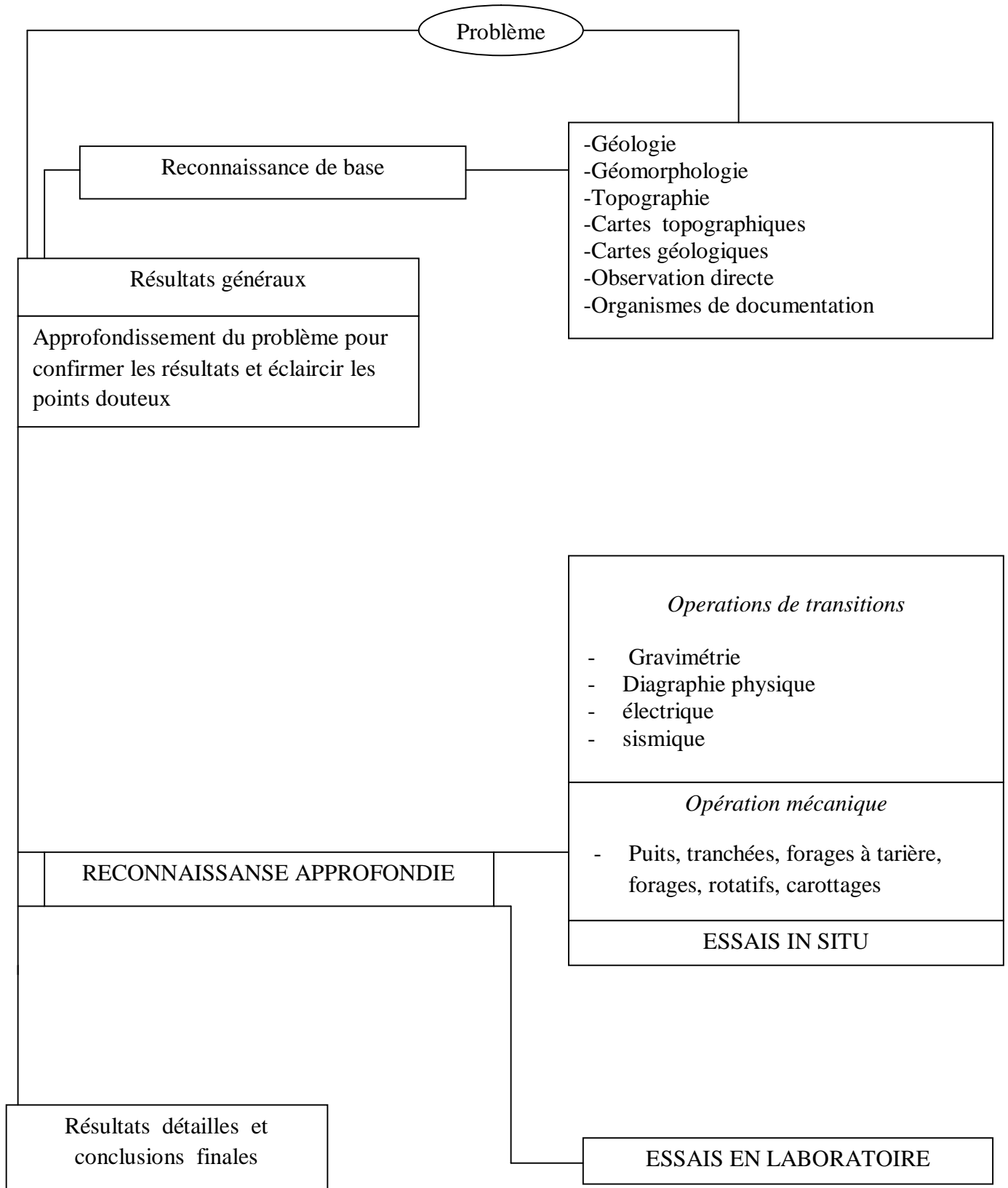
2-la reconnaissance approfondie qui nécessite un matériel perfectionné et adapté à la nature du terrain.

La première ne comporte pas l'utilisation de moyens mécaniques et ne constitue qu'une interprétation des phénomènes et données naturelles.

La seconde nécessite des sondages, des tests, des essais... De ce fait, elle est onéreuse mais nécessaire.

Cette reconnaissance de sol peut se résumer comme suit :

ORGANIGRAMME DE COMPAGNE DE RECONNAISSANCE



5.2. Etude géotechnique

5.2.1. La nature Lithologique du site

L'identification de la nature lithologique du site a été basée sur les observations de terrain avec, l'exploitation de tous les affleurements existants et l'exécution d'un programme de sondages carottés et de profils sismiques et des profils électriques.

5.2.2. Observations sur le terrain

La majeure partie des terrains de la zone affectée étant masqués par des jets de remblais ou par le tissu urbain, ce qui n'a pas permis, une bonne identification de la lithologie du site à base des observations sur le terrain.

Néanmoins, les rares affleurements identifiés au niveau du site étudié montrent que le terrain en place est constitué de schistes satinés, de couleur grisâtre.

Au niveau du site, la formation schisteuse présente un état altéré et fissuré et surmonté par des remblais et une couverture argilo-limoneuse à éléments schisteux. [4]

5.2.3. Les essais in-situ

A- Sondages carottés

D'une façon générale, les sondages carottés ont un double but :

- 1- Géologique, car le sondage permet de compléter la connaissance géologique du sous-sol, qui sera exprimée par une coupe géologique détaillée. Pour cette raison, le prélèvement des échantillons se fait le plus souvent en continu afin de disposer d'une coupe sans lacunes. Ces carottes peuvent être légèrement remaniées car elles sont uniquement utilisées pour l'identification.
- 2- Géotechnique, car le sondage est un moyen d'accès au sous-sol pour le prélèvement d'échantillons intacts destinés au laboratoire. [26]

B- Les essais piézométriques

La présence d'eau dans le sol crée toujours un obstacle sérieux à la réalisation d'ouvrage l'eau est également l'un des facteurs les plus déclenchant des glissements de terrain. Pour permettre la mise en œuvre des moyens techniques de nature à surmonter cet obstacle, il est nécessaire de connaître le mieux possible les caractéristiques et le comportement de la nappe souterraine, à savoir :

- la position de la surface s'il s'agit d'une nappe libre.

-la surface piézométrique s'il s'agit d'une nappe captive.

-les fluctuations éventuelles en fonction de la pluviométrie et des saisons.

La mise en place d'un réseau de piézomètre répond à ces objectifs et constitue le complément indispensable de toute campagne d'investigation géologique et géotechnique bien conduite.

5.2.4. Travaux sur site

Les sondages ont été réalisés par le laboratoire GEOMICA de BOUMERDES. Afin d'identifier la nature lithologique du site, il a été programmé et exécuté une investigation par sondages carottés et géophysique par sismique réfraction.

Vu l'importance de la surface couverte par le mouvement de terrain et la quantité prévue par la convention d'étude en terme de travaux de sondage (100ml), il a été implanté et exécuté (05) cinq sondages carottés d'une profondeur allant de 20 à 30m. Ces derniers ont été concentrés au niveau de la partie du site urbanisée et très affectée par le mouvement de terrain.

La totalité des sondages exécutés dans la zone affectée sont :

- 5 sondages carottés (Sc1 à Sc5) équipés d'inclinomètres (2) ou de piézomètres (3).
« Réalisés en avril et juin 2009 ».
- 3 sondages carottés complémentaires (Si-01, Si-02 et S-01) équipés d'inclinomètres (2) et de piézomètre(1), « réalises en juin 2009 »

5.2.5. Résultat travaux de sondages carottés

(Les informations données ne sont pas suffisante pour une étude géotechnique complète).

Tableaux .5.1. Tableaux montrent les résultats des sondages carottés

SONDAGE S01

PROFONDEUR : 15.00 – 30.00M

<i>Profondeur (en m)</i>	<i>Nature du terrain</i>
0,00 – 8,00m	<ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse).
8,00 - 12,80m	<ul style="list-style-type: none"> • Schistes très altérés à rares éléments de quartz
12,80-17,80m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste grisâtre de consistance rocheuse
17,80-20,70m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste friable (Récupéré sous forme de sable très fin avec des passées de consistance rocheuse)
20,70-25,50m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste plus ou friable (récupéré sous forme de sable très fin)
25,50-30,00m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste grisâtre de consistance rocheuse, à éléments de Quartz.

SONDAGE S02

0.00 – 20.00 M

<i>Profondeur (en m)</i>	<i>Nature du terrain</i>
0,00-4,90m	<ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse).
4,90-7,25m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste friable, récupéré sous forme de sable
7,25-15,70m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste satiné grisâtre à aspect rocheux avec un passage d'un niveau altéré et friable entre 12.50 et 13.50m.
15,70-17,50m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste oxydé et très altéré
17,50-20,00m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste satiné grisâtre Compact et à aspect

SONDAGE S03**0.00 –30.00M**

<i>Profondeur (en m)</i>	<i>Nature du terrain</i>
0,00-9,40m	<ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse). • Schiste friable (Récupéré sous forme de sable très fin à rares éléments de quartz • Schiste altéré et oxydé • Schiste grisâtre, de moyenne consistance
9 ,40-15,00m	
15,00-24,00m	
24,00-30,00m	

SONDAGE SC04**0.00 – 20.00M**

<i>Profondeur (en m)</i>	<i>Nature du terrain</i>
0,00-5,20m	<ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature • Schiste grisâtre de consistance rocheuse très fin • Schiste friable et peu consistant (Récupéré sous forme de sable fin) • Schiste grisâtre de consistance rocheuse • Schiste friable et peu consistant (Récupéré sous forme de sable fin) • Schiste grisâtre de consistance rocheuse
5,20-8,30m	
8,30-10,70m	
10,70-14,00m	
14,00-16,50m	
16,50-20,00m	

SONDAGE SC05**0.00 – 25.00M**

<i>Profondeur (en m)</i>	<i>Nature du terrain</i>
0,00-3,50m	<ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse). • Schiste altéré et très oxydé très fin
3,50-8,50m	
8,50-11,20m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste friable (Récupéré sous forme de sable très fin)
11,20-13,60m	<ul style="list-style-type: none"> • 12.50 et 13.50m. Argile schisteuse et finement sableuse, très peu
13,60-25,00m	<ul style="list-style-type: none"> • Schiste grisâtre de consistance rocheuse, à éléments de Quartz.

Les coupes des cinq sondages sont jointes en annexes.

Les tableaux suivants présentent les résultats des sondages complémentaires. Réaliser le 05/07/2009

- Si01 équipé d'inclinomètre avec une profondeur de 40.5m.
- Si02 équipé d'inclinomètre avec une profondeur de 47.0 m.
- S01 équipé d'un piézomètre avec une profondeur de 40.0 m.

Tableaux .5.2. Tableaux montrent les résultats des sondages carottés complémentaires.

Sondage Si 01

0,00-40,50

<i>Profondeur (en m)</i>	<i>Nature de terrain</i>
0,00-4,10m	<ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse).
4,10-29,50m	<ul style="list-style-type: none"> • Schistes déstructurés • Schistes broyés et fracturés en place • Schistes durs • Schistes déstructurés
29,50-34,40m	<ul style="list-style-type: none"> • Schistes durs et compacts
34,40-40,50m	<ul style="list-style-type: none"> • Schistes massifs

Sondage Si 02

0,00-47,00m

<i>Profondeur (en m)</i>	<i>Nature de terrain</i>
0,00- 6,00m	<ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse).
6,00- 25,50m	<ul style="list-style-type: none"> • Débris de schistes
25,50-41,50m	<ul style="list-style-type: none"> • Schistes altérés et déstructurés
41,50-47,00m	<ul style="list-style-type: none"> • Schistes compacts fracturés gris bleuté

Sondage Si 03**0,00-40,00**

<i>Profondeur (en m)</i>	<i>Nature de terrain</i>
0,00-1,70m	• Remblais et éboulis
1,70-5,00 m	• Schistes fracturés et altérés
5,00-13,50 m	• Schistes déstructurés
13,50 -18,00m	• Limon et sable argileux
18,00-24,00 m	• Débris de schistes
24,00-36,50 m	• Schistes broyés remaniés
36,50-40,00m	• Argile et schistes altérés
	• Schistes durs compacts

5.2.6. Résultat des mesures piézométriques

Afin d'identifier la présence et de mesurer la profondeur de circulation des eaux souterraines au niveau du site étudié, trois des cinq sondages programmés ont été équipés de piézomètres comme on l'a mentionné précédemment. Il s'agit des sondages S01, S03 et S05.

Il y a lieu de noter, que juste après avoir effectué les premières mesures de niveaux d'eau, le piézomètre du sondage n°Sc03 a été obstrué par les riverains et ceux des sondages n°Sc01 et Sc05 ont été endommagés par le mouvement du terrain. Ainsi que Les mesures de niveaux d'eaux effectuées ont enregistré au niveau des trois sondages des pertes d'eau dans les trous des forages [4].

Le tableau donné ci-contre résume les niveaux d'eaux mesurés au niveau des trois sondages équipés en piézomètre.

Tableaux .5.3. Tableaux montrent les résultats piézométriques.

Sondage Sc01

Date de mesure	Niveau d'eau mesuré
21/03/09 (Fin des travaux sur le Sondage)	15.30m
25/03/09	14.50m
05/04/09	20m
Mesure envisagée le 15/04/09	Piézomètre complètement obstrué par le mouvement du terrain

Sondage Sc03

Date de mesure	Niveau d'eau mesuré
27/03/09 (Fin des travaux sur le sondage)	8.30m
05/04/09	14,50m
10/04/09	14.60m
Mesure envisagée le 15/04/09	Piézomètre complètement obstrué par les riverains.

Sondage Sc05

Date de mesure	Niveau d'eau mesuré
05/04/09 (Fin des travaux sur le sondage)	8.00m
15/04/09	8.60m
25/04/09	9.20m
05/05/09	10.00m
12/05/09	10.80m
15/05/09	> 11 m (Piézomètre obstrué par le mouvement à partir de 11.00m)

Remarque

Je tiens à signaler que cette partie à été complètement négligée, après l'endommagement des trois piézomètres. Bien que la région est caractérisée par des sources et des écoulements d'eau importants. Il faut souligner le rôle important que joue l'eau dans l'activation et la réactivation des mouvements de terrain. A noter également que le sondage piézométrique Sc05 exécuté au niveau du Bd Colonel Amirouche a mis en évidence la présence d'un niveau particulièrement altéré et très remanié de la formation schisteuse en place et ce, sur la tranche de profondeur 11,50 et 14.50m.

La mesure piézométrique prévue lors du rabattement du niveau d'eau a dépassé les 11.00m de profondeur et a révélé que le piézomètre mis en place a été obstrué par le mouvement à

partir de cette profondeur. Ceci, montre que le mouvement du terrain a bien évolué vers le coté amont du site et menace désormais la trame supérieure des immeubles longeant le Bvd C. Amirouche.

5.2.7. Résultats des mesures inclinométriques

Les sondages SC02 et SC04 d'une profondeur de 20m ont été équipés d'inclinomètres. Afin de mettre en évidence la profondeur des plans de rupture qui affectent le terrain au niveau du site étudié. Le choix d'implantation a été motivé par l'état de dégradation avancé des immeubles. Le premier a été implanté à proximité des bâtiments APC/CNEP N°14 et 15 situés du côté de l'esplanade du marché.

Quant au sondage SC04, il a été implanté à proximité du Bâtiment N°19 situé du côté de la rue BOUNOUAR.

Il est à rappeler que ces deux endroits sont parmi les zones qui ont subit des désordres de grande ampleur.

L'objectif capital de ces mesures est de déterminer au cours du temps l'amplitude et la direction des déplacements horizontaux du terrain en profondeur, mais aussi la surveillance des déplacements des constructions.

Les mesures inclinométriques traitées sont résumées dans les tableaux ci-dessous.

Tableaux.5.4. tableaux montrent les résultats des mesures inclinométriques

SONDAGE INCLINO- METRIQUE	Lecture	Date De Lecture	Direction Principale A (coté sud)	Direction Secondaire B (Cote est)
SC2 Coté Bt 14 et 15	L0 (Mesure d'étalonnage)	07/04/09	-	-
	L1	15/04/09	Déplacement maximal = 2.2cm	Déplacement maximal= 0.32 cm
	L2	28/04/09	Déplacement maximal = 7cm	Déplacement maximal = 1.72cm

SONDAGE INCLINO- METRIQUE	Lecture	Date De Lecture	Direction principale (coté sud)	Direction secondaire (Cote est)
SC4 Coté Bt19	L0	15/04/0	-	-
	L1	21/04/09	-	1.10 cm
	L2	28/04/09	Déplacement maximal = 7.7 cm	-

5.2.8. Analyse des résultats inclinométriques

Vu l'état de dégradation très avancé des immeubles, juxtaposant les deux sondages inclinométriques, les mesures données dans le rapport GEOMICA ont été très rapprochées dans le temps afin de pouvoir évaluer le risque qu'encourt les occupants de ces immeubles et aider à la prise à temps des décisions adéquates.

Il est à noter que ces premières mesures inclinométriques sont certes très rapprochées dans le temps mais elles coïncidaient avec une réactivation du mouvement de terrain suite à des crues importantes pendant cette période.

Les résultats des mesures donnés dans les tableaux précédents mettent en évidence l'importance des déformations subies par les inclinomètres mis en place et reflètent le caractère très actif et inquiétant du mouvement de terrain ;

En effet ;

- ▶ L'inclinomètre SC02 (Côté Bâtiments 14 et 15) a enregistré un déplacement conséquent aussi bien vers le côté sud (Sens de la pente) que vers le coté Est et ce, en un laps de temps très court. Ces déplacements montrent que le mouvement de terrain implique une tranche de terrain importante. Soit, de 0.00 à 17.00m de profondeur.

Au niveau de cette partie du site, il y a lieu de noter qu'en plus du mouvement de terrain qui s'effectue vers le sud (dans le sens de la pente), un affaissement du terrain engendrant des tassements différentiels excessifs au niveau du Bt APC/CNEP a été constaté.

- ▶ Quant au deuxième inclinomètre mis en place au niveau du sondage SC04, implanté à proximité du bâtiment N°19, il a montré qu'entre la lecture L1 et L2, un déplacement brusque et important a été enregistré.

Ce mouvement à caractère brusque et imprévisible s'explique par le fait que cette partie du site constitue la partie amont de la zone de glissement (Escarpelement du mouvement de terrain). Ce type de mouvement se produit à chaque fois que des déplacements importants se sont produits au niveau de la partie aval et centrale de la zone instable générant des suppressions de butée très importantes.

Les déformations enregistrées par les inclinomètres ont montré que le mouvement de terrain affecte aussi bien le recouvrement superficiel que les schistes plus ou moins friables sous jacents.

5.2.9. Résultats des essais de laboratoire

La rupture d'un sol peut entraîner la ruine des ouvrages, pour cela il est impératif de déterminer toutes les caractéristiques physiques et mécaniques, la connaissance des propriétés d'un sol permet de mieux comprendre son comportement ainsi pouvoir le renforcer à l'aide d'un autre matériau qui va le rendre plus résistant, ou d'essayer d'adopter des solutions.

Pour en savoir plus sur les propriétés des différents matériaux, il existe des sciences qui étudient le comportement mécanique des matériaux (déformation) sous l'effet d'une contrainte. Ces sciences ont été créées pour répondre aux besoins de la technologie moderne.

A- Résultats des essais physico-mécaniques

Les résultats obtenus à partir des essais physico-mécaniques effectués sur des échantillons de sols intacts et remaniés prélevés au niveau des cinq sondages révèlent que :

- Le recouvrement superficiel se caractérise par ;
 - Un état non saturé avec des teneurs en eau naturelles assez faibles qui varient de 7.71 à 13.61%.
 - Une granulométrie caractéristique d'un sol essentiellement grossier et hétérogène.
 - Des densités sèches moyennes à élevées. Elles varient de 1.88 à 2.02 t/m³.
 - Un état très peu plastique ($W_L \approx 24\%$ et $I_p \approx 3.43\%$).
 - Des Cohésions faibles et des angles de frottement élevés. Soit ; une cohésion de 0.17 à 0.34Bars pour des angles de frottement qui varient de 36.80 à 46.51°.
 - Un état peu consolidé, non gonflant et moyennement compressible. Soit ;

($0.59 < Pc \text{ Bars} < 1.84$; $1.19\% < Cg < 2.06\%$ et $15.81\% < Cc < 16.13\%$).

- Les niveaux altérés et friables de la formation schisteuse en place se caractérisent par ;
 - Des teneurs en eau naturelle faibles et très variables ($4,38 < W\% < 11.65\%$).
 - Des densités sèches moyennes à élevées. Elles varient de 1.79 à 2.31 t/m³.
 - Une granulométrie caractéristique d'un sol essentiellement grossier et hétérogène.
 - Un état très peu plastique ($19.05 < WL < 31.78$ et $1.47 < Ip < 7.3$).
 - Des Cohésions faibles et des angles de frottement assez élevés. Soit ; une cohésion de 0.09 à 0.58Bars pour des angles de frottement qui varient de 14.27 à 35.37 °.
 - Un état peu à moyennement consolidé, non gonflant et moyennement compressible. Soit ; ($1.14 < Pc \text{ Bars} < 1.25$; $1.30\% < Cg < 1.51\%$ et $10.86\% < Cc < 11.15\%$). [4]

B- Résultats des analyses chimiques du sol

Les résultats des analyses chimiques effectuées sur des échantillons de sol prélevés au niveau des sondages carottés attestent que les échantillons analysés ne présentent aucune agressivité notable vis-à-vis des bétons en infrastructure. En effet ; [4]

- Les taux de sulfates obtenus varient de 0.05 à 0.12% (Classe A0) ;
- Les taux de chlorures sont de l'ordre de l'ordre de 0.019 %.
- Les valeurs du PH obtenues varient de 7.88 à 8.41 ;
- Les taux de carbonates sont inférieurs 0.22%.

C- Résultats des analyses chimiques de l'eau

Afin de vérifier l'état d'agressivité des eaux d'infiltration qui s'effectuent au niveau du site étudié, un échantillon d'eau a été prélevé au niveau du sondage piézométrique SC05 et soumis à une analyse chimique.

Les résultats obtenus sont résumés dans un tableau joint en annexes du présent rapport. Ces résultats attestent que l'échantillon d'eau analysé ne présente pas une agressivité notable.

- La teneur en sulfates est 65.47mg/l.
- La teneur en chlorures est 60.80 mg/l.
- La valeur du PH obtenue est de 7.33.s

5.3. Identification des matériaux

Les essais effectués en laboratoire portent nécessairement sur des quantités réduites de matériaux pour permettre de mesurer les paramètres caractéristiques de l'ensemble du matériau dans lequel on a fait le prélèvement.

Il faut que l'échantillon utilisé soit représentatif.

Dans cette partie, on va présenter les résultats d'essais de cisaillement direct à la boîte réalisée au laboratoire de Génie Civil de Tizi Ouzou.

5.3.1. Le cisaillement a la boîte de casagrande

5.3.1.1. Notions générales sur la résistance au cisaillement

-Lorsqu'un système de forces est appliqué sur un volume déterminé d'un sol, il se développe en général des contraintes de cisaillement. Ces contraintes de cisaillement entraînent des déformations du sol. Ces déformations peuvent être importantes le long de certaines surfaces que l'on appelle surfaces de glissement ou surfaces de rupture.

-La résistance au cisaillement d'un sol est définie comme étant la contrainte de cisaillement dans le plan de la rupture, au moment de la rupture.

-La notion de résistance au cisaillement n'est pas toujours facile à définir, en effet, si on porte l'évolution de la contrainte de cisaillement τ en fonction de la déformation (ϵ), dans le plan de cette contrainte de cisaillement. On obtient alors la courbe « contrainte déformation ».

5.3.1.2. L'essai de cisaillement

Il s'agit de déterminer les caractéristiques mécaniques d'un sol en procédant au cisaillement rectiligne d'un échantillon sous charge constante.

L'essai de cisaillement direct a pour but de déterminer des paramètres de résistance du sol, l'angle de frottement interne (φ) et la cohésion (c), qui sont souvent représentés par la courbe intrinsèque ou droite de Coulomb.

Ø Courbe contrainte-déformation

La résistance au cisaillement est définie comme étant : Le maximum de la contrainte de cisaillement (τ_{max}),

Ø Courbe intrinsèque, critère de Mohr-Coulomb

Lors de ses essais, **Coulomb** remarqua que la résistance au cisaillement à la rupture était directement proportionnelle à la contrainte normale : plus cette dernière augmentait, plus la résistance au cisaillement devenait importante. Il nota aussi que les sols cohérents manifestaient une certaine résistance au cisaillement due à leur cohésion quand la contrainte

normale était nulle. En partant de ces observations, il formula la relation suivante, connue sous le nom : **équation de Coulomb** ;

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

Ø Angle de frottement 'φ'

Dans tous les sols, une partie de la résistance au cisaillement est due au frottement qui se manifeste aux points de contact entre les grains. La résistance au cisaillement d'un sol est exprimée par un angle (φ) qui est d'autant plus élevé que le sol est (frottant); donc un sol plastique ou argileux est peu frottant.

5.3.1.3. Principe de l'essai

L'essai de cisaillement direct est parmi les plus anciennes méthodes, issu des expériences de Coulomb. L'idée première d'une boîte de cisaillement appartient au français Alexandre Colin (1846), dont la forme la plus récente, qu'on lui connaît actuellement, à été élaborée par Arthur Casagrande en (1932). Il s'effectue à l'aide d'une boîte de cisaillement, dans laquelle on cherche à obtenir la rupture de l'échantillon. Cette boîte est constituée de deux parties se déplaçant l'une par rapport à l'autre dans un plan horizontal.

L'essai de cisaillement consiste à placer un échantillon de sol dans une boîte de cisaillement dite « boîte de Casagrande » et le soumettre à une charge vertical N, puis à une charge horizontale, que l'on augmente progressivement jusqu'à la rupture, la vitesse à laquelle on augmente la charge horizontale doit être assez faible pour assurer les meilleures conditions de drainage possibles et dissiper toutes les pressions interstitielles. Le plan de rupture se développe progressivement le long du plan horizontal imposé par le déplacement de la partie inférieure de la boîte de cisaillement définit les conditions de rupture

5.3.1.4. Appareillage

* La boîte de cisaillement

Il existe différents modèles de boîtes de cisaillement, dans laquelle est mise l'éprouvette d'essai, mais tous répondent au principe schématisé suivant.

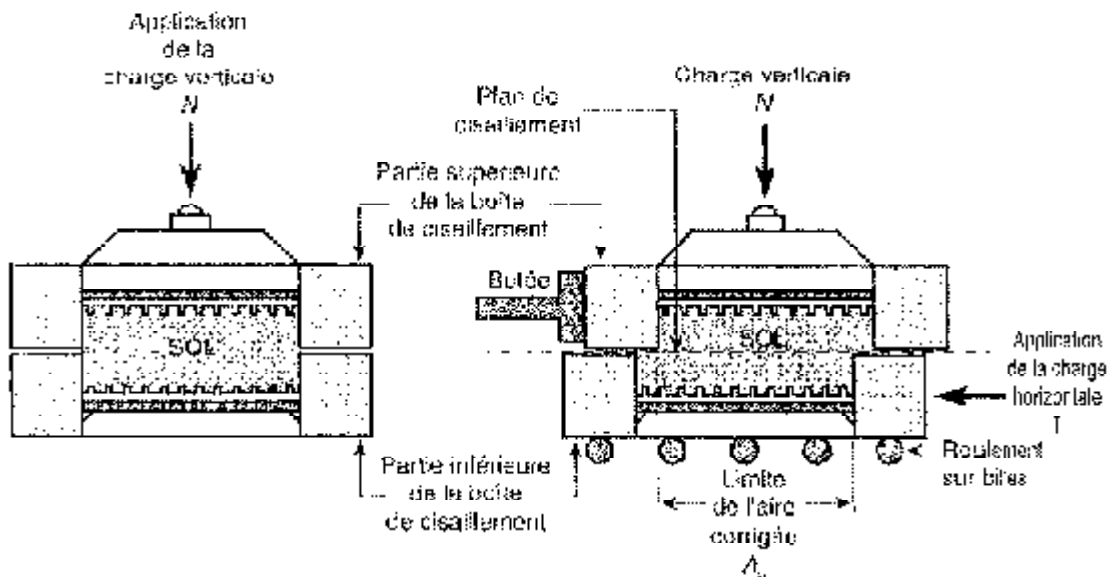


Fig.5.1. Schéma de fonctionnement de la boîte à cisaillement directe



Fig.5.2. Boîtes de cisaillement



Fig.5.3. Dispositif complet

5.3.1.5. vitesse de l'essai

1. sols pulvérulent

La vitesse sera de l'ordre de 1,5 mm /mn (millimètre /minute)

2. sol cohérent

- § essai non drains, consolide ou non (uu ou cu) vitesse de l'ordre de 1,5 mm / mn
- § essai draine cd, vitesse la plus lente.

5.3.1.6. Lecture

- § Pour tous les essais, on notera les indications du comparateur de l'anneau pour les intervalles de déplacement de la boîte inférieure de 4 /10 de mm (c'est-à-dire toute les 25 secondes)
- § Relever à intervalles de temps égaux les indications du comparateur vertical (toutes les 25 secondes)
- § Arrêter l'essai lorsque la contrainte de cisaillement est devenue constante, ou si elle continue à croître, lorsqu'on a une déformation horizontale d'environ 10%

5.3.1.7. Fin de l'essai

- § Enlever les poids du plateau de charge.
- § Débloquer l'anneau dynamométrique.
- § Enlever la boîte du chariot de la machine.
- § Sortir l'éprouvette de la boîte.
- § Examiner les plan de ruptures et noter les particularités .Prendre si besoin une photo.

Nettoyer les boîtes de cisaillement.

5.3.2. Analyse Granulométrique

5.3.2.1. But de l'essai

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau. Elle Permet également de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.

- La granulométrie s'intéresse à la détermination de la dimension des grains.

-La granularité concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat.

La courbe de répartition dimensionnelle des éléments d'un sol permet souvent son indentification géologique.

De plus, elle offre toujours une première approche intéressante des qualités géotechniques, notamment par la connaissance de l'importance de la phase argileuse.

5.3.2.2. Le principe du tamisage

Pour une distribution dimensionnelle en poids des particules de dimension supérieure ou égale à 80 micromètres, on utilise une série de tamis et l'on note, pour une masse de sol déterminée la masse des fractions retenues dans chaque tamis. On peut procéder par voie sèche (pour les

sols pulvérulents) ou par voie humide (pour les sols cohérents). Dans ce cas, il faudra sécher les résidus retenus par chaque tamis avant pesage.

Les matériaux retenus et passant dans chaque tamis sont respectivement appelés refus et tamisâts ; les résultats de l'analyse granulométrique sont reportés sur une courbe représentant la distribution de l'ensemble des grains selon leur diamètre. Ce dernier est donné en abscisse sur une échelle logarithmique des diamètres des ouvertures, alors qu'en ordonnée, on porte les pourcentages de tamisâts cumulés.

Cette courbe contribue à l'identification du matériau et permet de prévoir certaines de ses propriétés. Elle est notamment utilisée pour la classification des sols Grenus.

5.3.2.3. Equipement utilisé

Ce sont des tamis qui sont constitués d'un maillage métallique définissant des trous carrés de dimension normalisée disposés sur une machine à tamiser électrique.

La dimension nominale des tamis donnée par l'ouverture de la maille. Ces dimensions sont telles qu'elles se suivent dans une progression géométrique de raison $\sqrt{10}$, depuis le tamis 0,08 mm.

Les dimensions des tamis utilisés sont : 5.00, 4.00, 3.15, 2.50, 1.60, 1.00 mm et 500, 315, 80 Mic.

5.3.2.4. Présentation des échantillons

Après concassage manuel des blocs de schiste, on verse chaque échantillon de sol « à l'état sec » du haut de la colonne formée par une série de tamis (la série de tamis contient neuf tamis plus un fond) ; et on fait vibrer l'ensemble pendant 10mn à une fréquence de 50 Hz. Connaissant la masse totale de l'échantillon, on détermine par pesage le pourcentage relatif des particules recueillies par chacun des tamis après le tamisage. Les résultats sont représentés dans les tableaux suivants : les deux tableaux représentent l'analyse granulométrique (0/6)

Poids total de l'échantillon après concassage 1328.16 [g] échantillon N°1.

Tableau. 5.5. Résultats de l'analyse granulométrique de l'échantillon N°1.

Diamètre (mm)	Refus (g)	Refus (%)	Refus cumulé (%)	Tamisât cumulé (%)
6,3	00,00	00,00	00,00	100
5	190,94	14,37	14,37	85,63
4	176,26	13,27	27,64	72,36
3,15	181,19	13,64	41,64	58,72
2,5	118,58	8,92	50,20	49,80
1,6	210,93	15,88	66,08	33,92
1	146,25	11,01	77,09	22,91
0,5	120,10	09,04	86,13	13,87
0,315	50,830	03,82	89,95	10,05
0,08	105,60	07,91	97,86	02,14
0	28,020	02,10	100	0

Poids total de l'échantillon après concassage 1424.55 [g] échantillon N°2.

Tableau. 5.6. Résultats de l'analyse granulométrique de l'échantillon N°2.

Diamètre (mm)	Refus (g)	Refus (%)	Refus cumulé (%)	Tamisât cumulé (%)
6,3	00,00	00,00	00,00	100
5	233,14	16,36	16,36	83,64
4	229,07	16,08	32,44	67,56
3,15	180,45	12,66	45,10s	54,9
2,5	147,25	10,33	55,43	44,47
1,6	180,60	12,67	68,10	31,9
1	137,78	09,67	77,77	22,23
0,5	112,45	07,89	85,66	14,34
0,315	47,770	03,35	89,01	10,99
0,08	112,01	07,86	96,87	3,13
0	44,030	03,13	100	00,00

5.3.2.5. Courbe granulométrique

Les pourcentages des tamisâts cumulés sont représentés sous la forme d'une courbe granulométrique, en portant les ouvertures des tamis en abscisse sur une échelle logarithmique et le pourcentage des tamisâts en ordonnée sur une échelle arithmétique ;

Expression des résultats sous forme de courbes (courbes granulométrique).

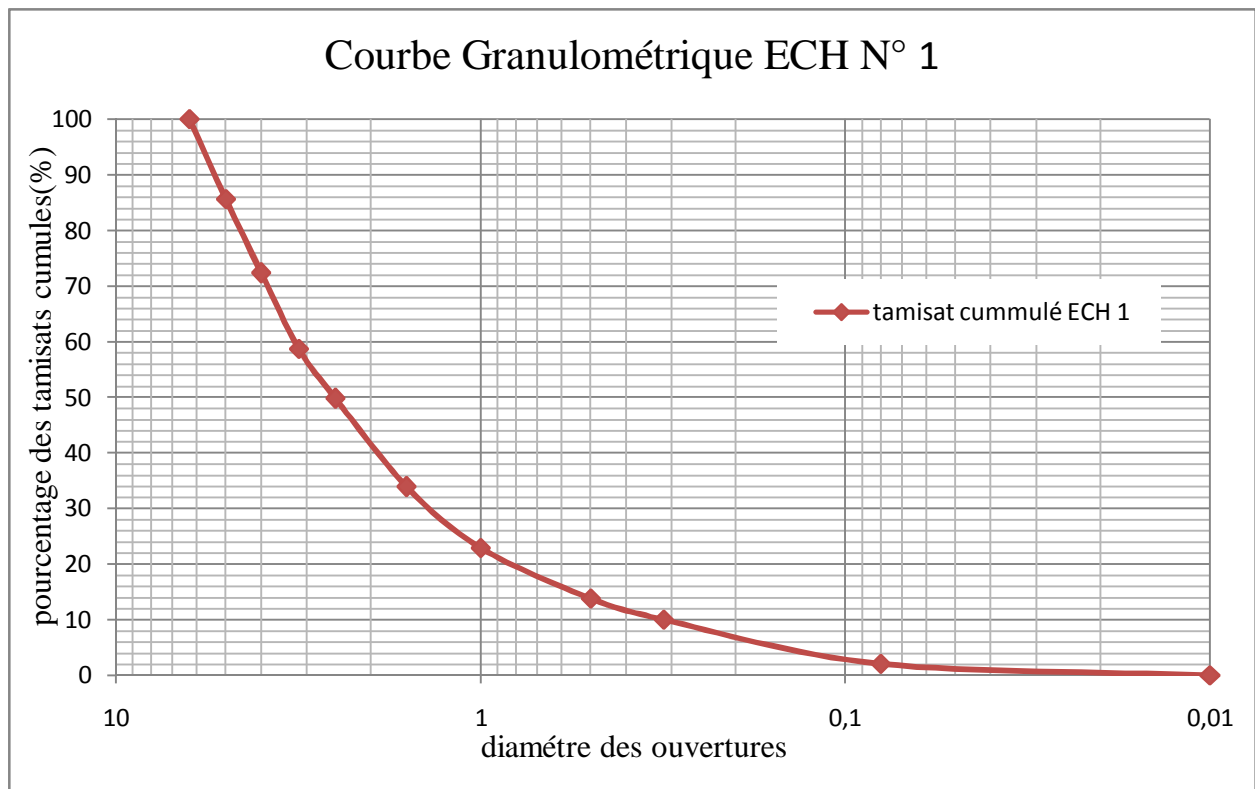


Figure.5.4 : Courbe granulométrique de l'échantillon N° 1.

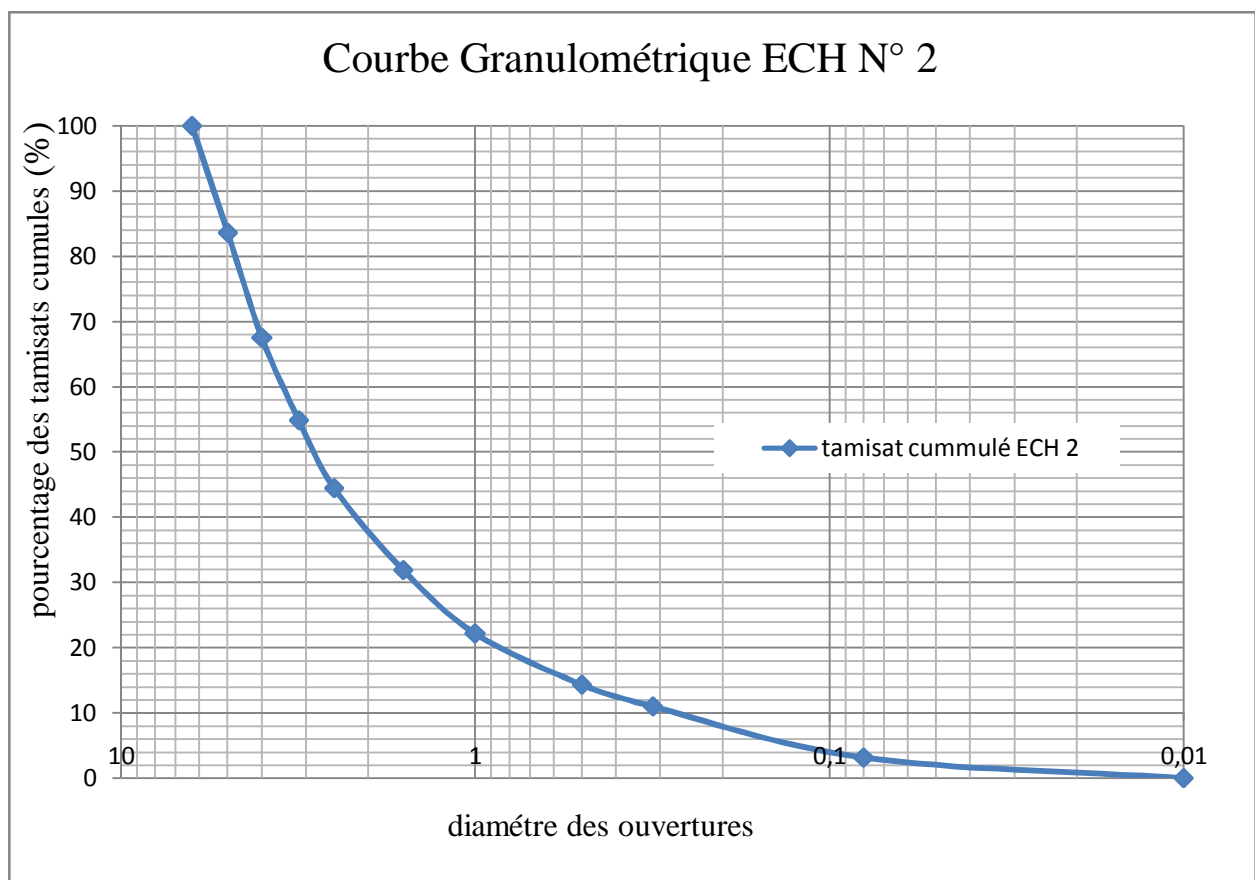


Figure.5.5. : Courbe granulométrique de l'échantillon N° 2

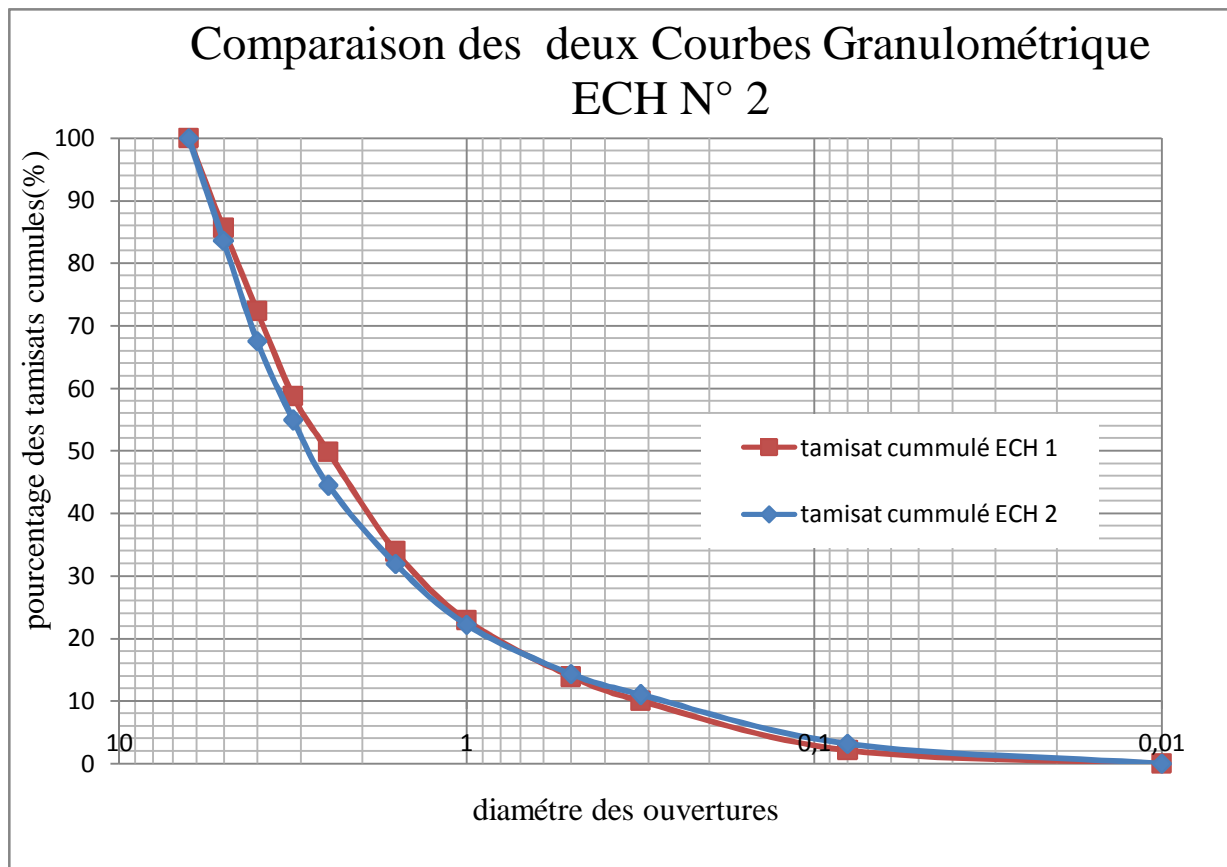


Figure.5.6 : Courbe granulométrique des deux types de schiste.

5.2.3. Principe et mode opératoire des essais de cisaillement

5.2.3.1. Préparation des deux échantillons de schistes

§ Granulométrie 0/6 ;

Le poids du matériau (schiste broyer) correspondant au volume de la boîte de cisaillement est déterminé (190g). A partir de ce poids les masses de matériau correspondant à chaque refus sont déterminés (en utilisant le pourcentage des refus).

Les différents résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

Tableau.5.7.Les poids utilisés pour l'essai de cisaillement à partir des pourcentages pour le premier échantillon.

Diamètre (mm)	Refus (g)	Refus (%)	Poids (g)
6,3	00,00	00,00	00,00
5	190,94	14,37	27,30
4	176,26	13,27	25,21
3,15	181,19	13,64	25,91
2,5	118,58	08,92	16,95
1,6	210,93	15,88	30,17
1	146,25	11,01	20,91
0,5	120,1	09,04	17,17
0,315	50,83	03,82	07,26
0,08	105,6	07,91	15,03
0	28,02	02,10	04,00

Tableau.5.8.Les poids utilisés pour l'essai de cisaillement à partir des pourcentages pour le deuxième échantillon.

Diamètre (mm)	Refus (g)	Refus (%)	Poids (g)
6,3	00,00	00,00	00,00
5	233,14	16,36	31,08
4	229,07	16,08	30,55
3,15	180,45	12,66	24,05
2,5	147,25	10,33	19,62
1,6	180,6	12,67	24,07
1	137,78	09,67	18,37
0,5	112,45	07,89	14,99
0,315	47,77	03,35	06,36
0,08	112,01	07,86	14,93
0	44,03	03,13	05,87

Remarque

A chaque essai on fait l'étude à l'état sec et à l'état humide (saturé).

5.3.3.2. Présentation des résultats

Dans cette partie, nous présentons les résultats de cisaillement à la boîte de Casagarande, obtenus pour les deux échantillons de schiste pour la classe granulaire (0/6). Les échantillons sont soumis à des contraintes normales de compression allant de (100, 200 à 300 KPa).

Les résultats des essais de cisaillement rectiligne à la boîte sont illustrés par des courbes en faisant varier les paramètres suivants :

- Æ Le type du matériau (échantillon 1 et échantillon 2).
- Æ l'état sec ou humide (état saturé).
- Æ la contrainte normale appliquée ($\sigma = 100, 200$ et 300 KPa).

Ces résultats sont ensuite analysés pour chaque essai individuellement. Une comparaison entre les différents paramètres a été menée. Les différents résultats obtenus sont présentés sous forme de ;

- 1- *Courbes contrainte-déformation*
- 2- *Courbes de variation de volume*
- 3- *Droites intrinsèques*

A- courbes contrainte déformation

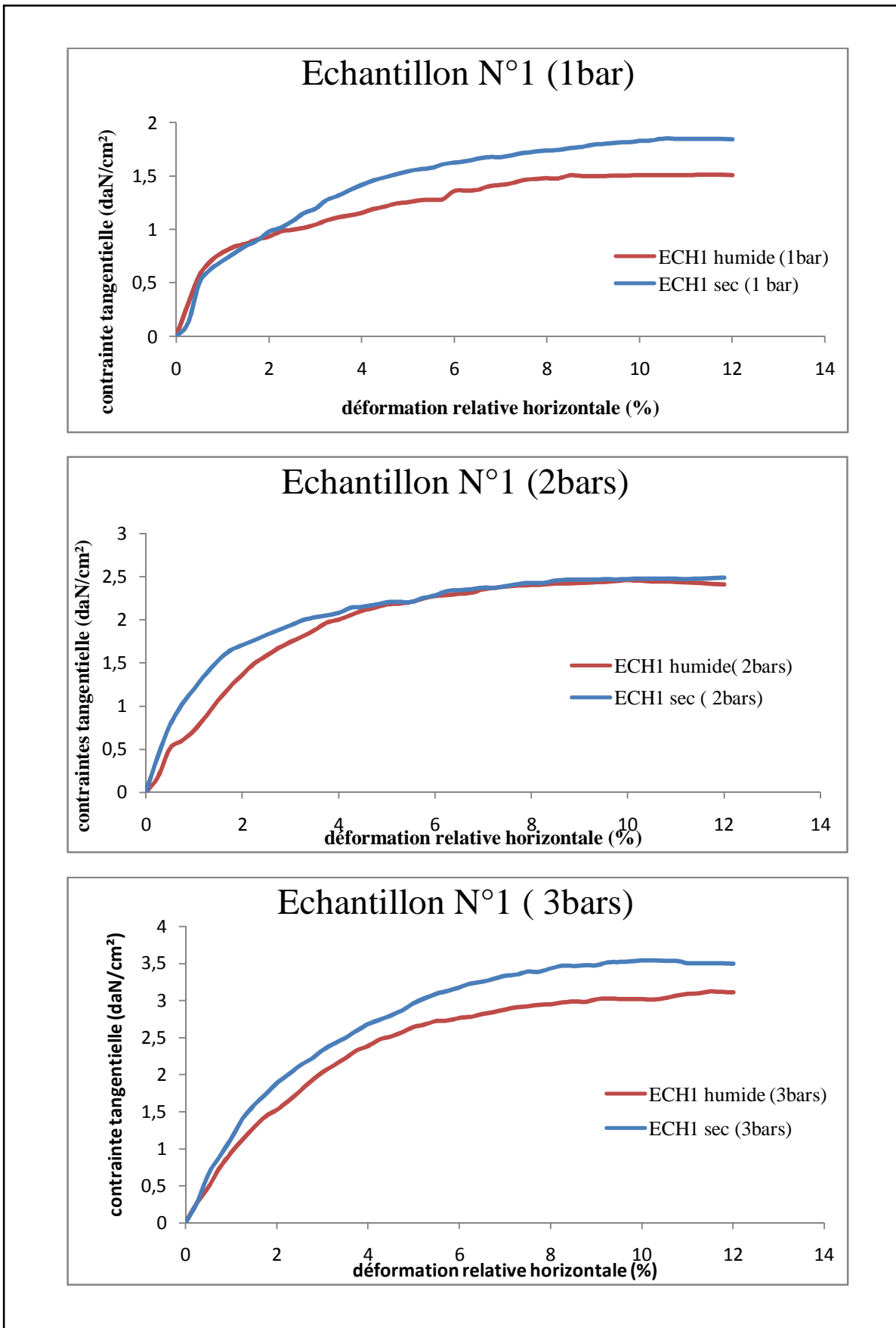


Fig5.7 : comparaison des courbes contrainte-déformation aux états humides et secs pour les contraintes appliquées (100,200et 300KPa) de échantillon l'échantillon 1.

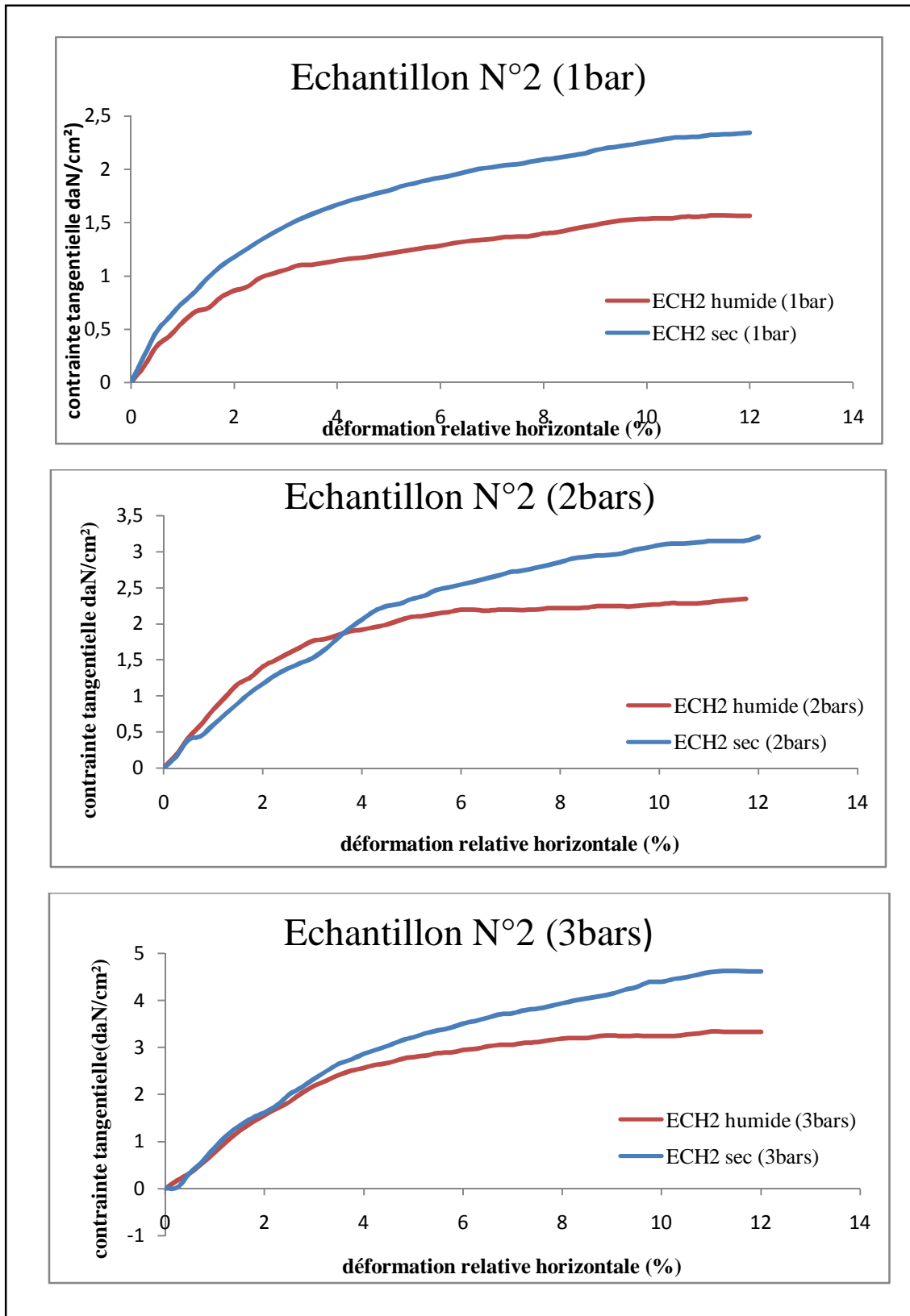


Fig5.8 : comparaison des courbes contrainte-déformation aux états secs et humides contraintes appliquées (100,200 et 300KPa) de l'échantillon 2.

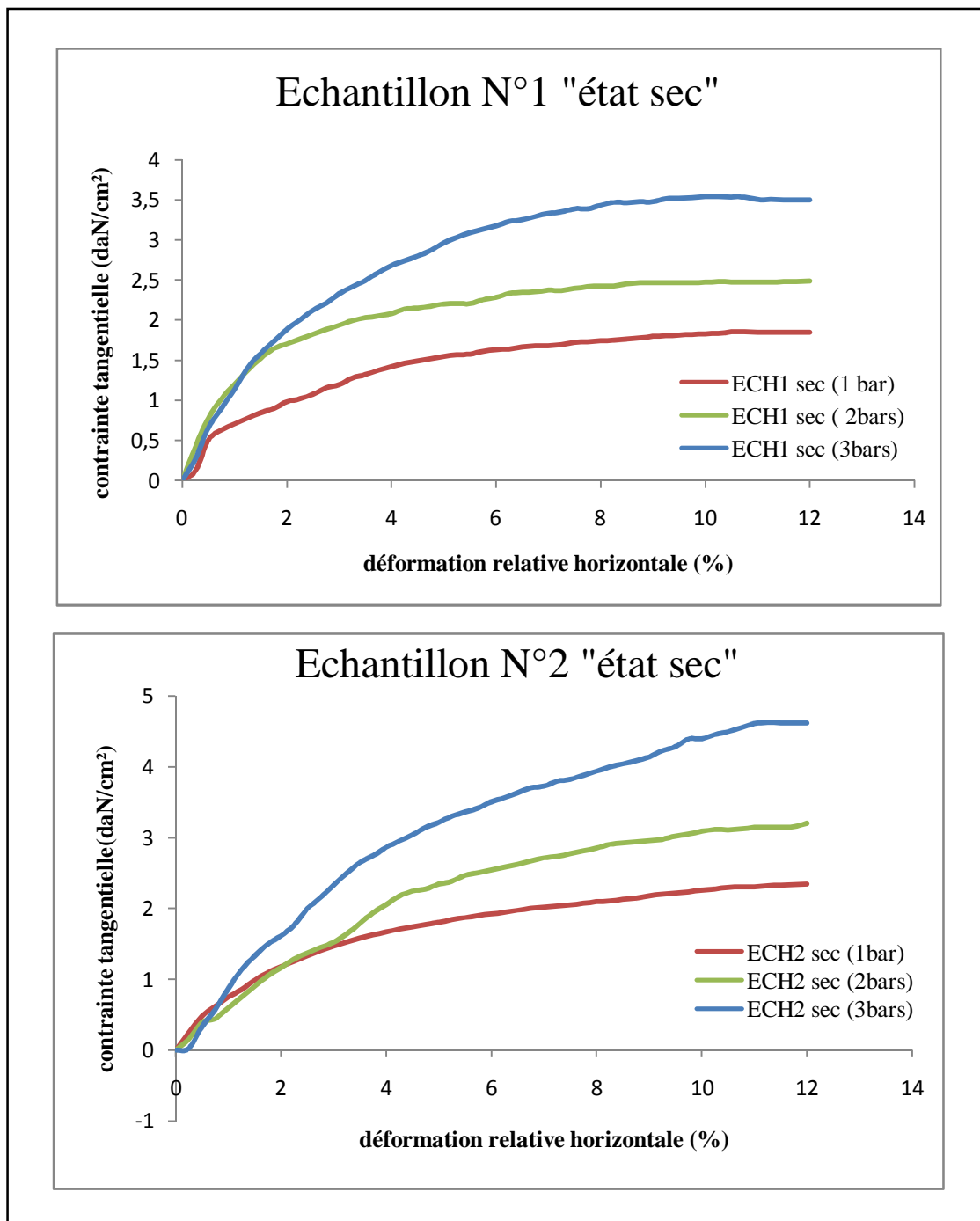


Fig.5.9 : comparaison des courbes contraintes-déformation aux états secs pour les contraintes appliquées (100,200 et 300KPa) des échantillons 1 et 2.

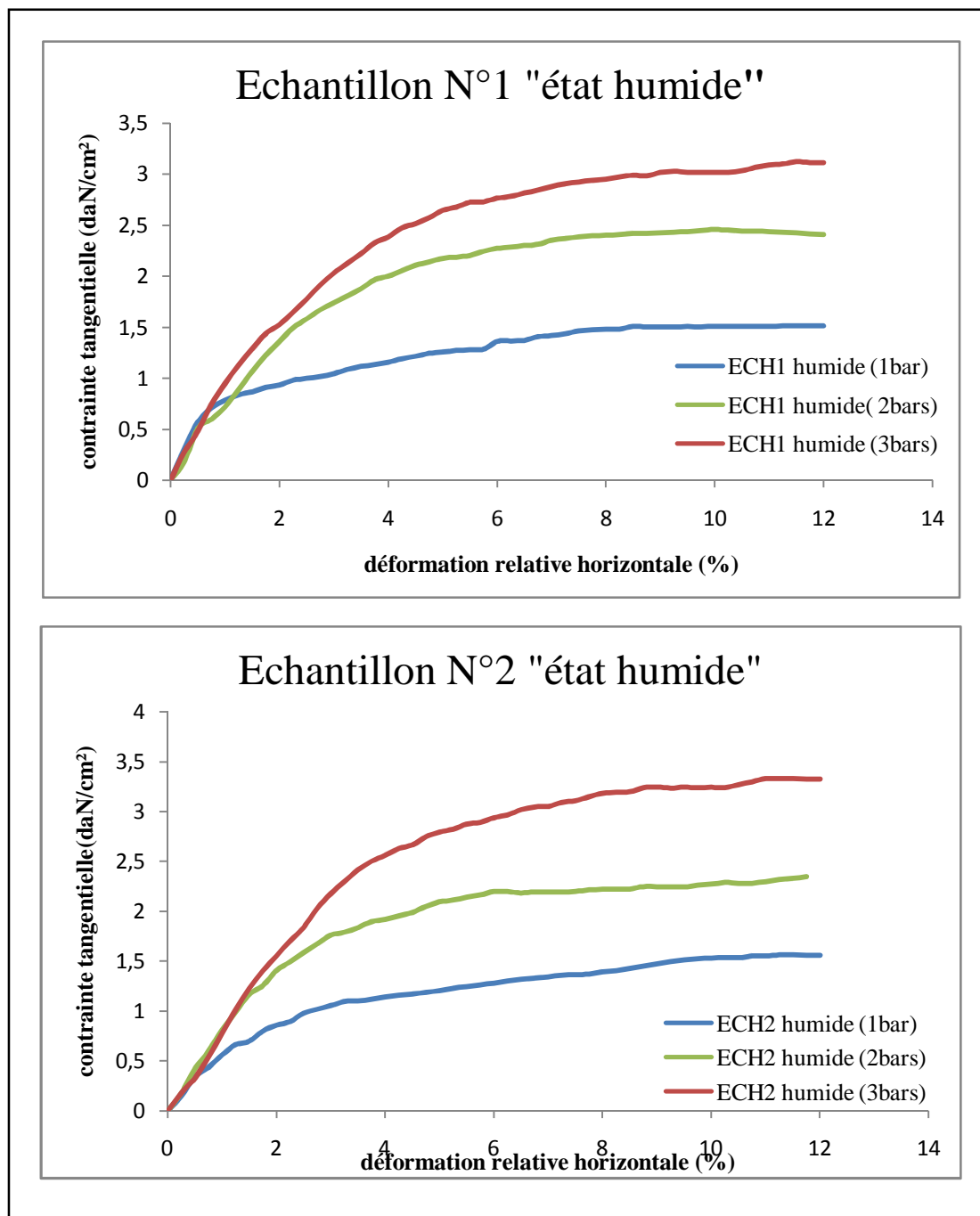


Fig.5.10 : comparaison des courbes contraintes déformations à l'état humide pour les contraintes appliquées des échantillons 1 et 2

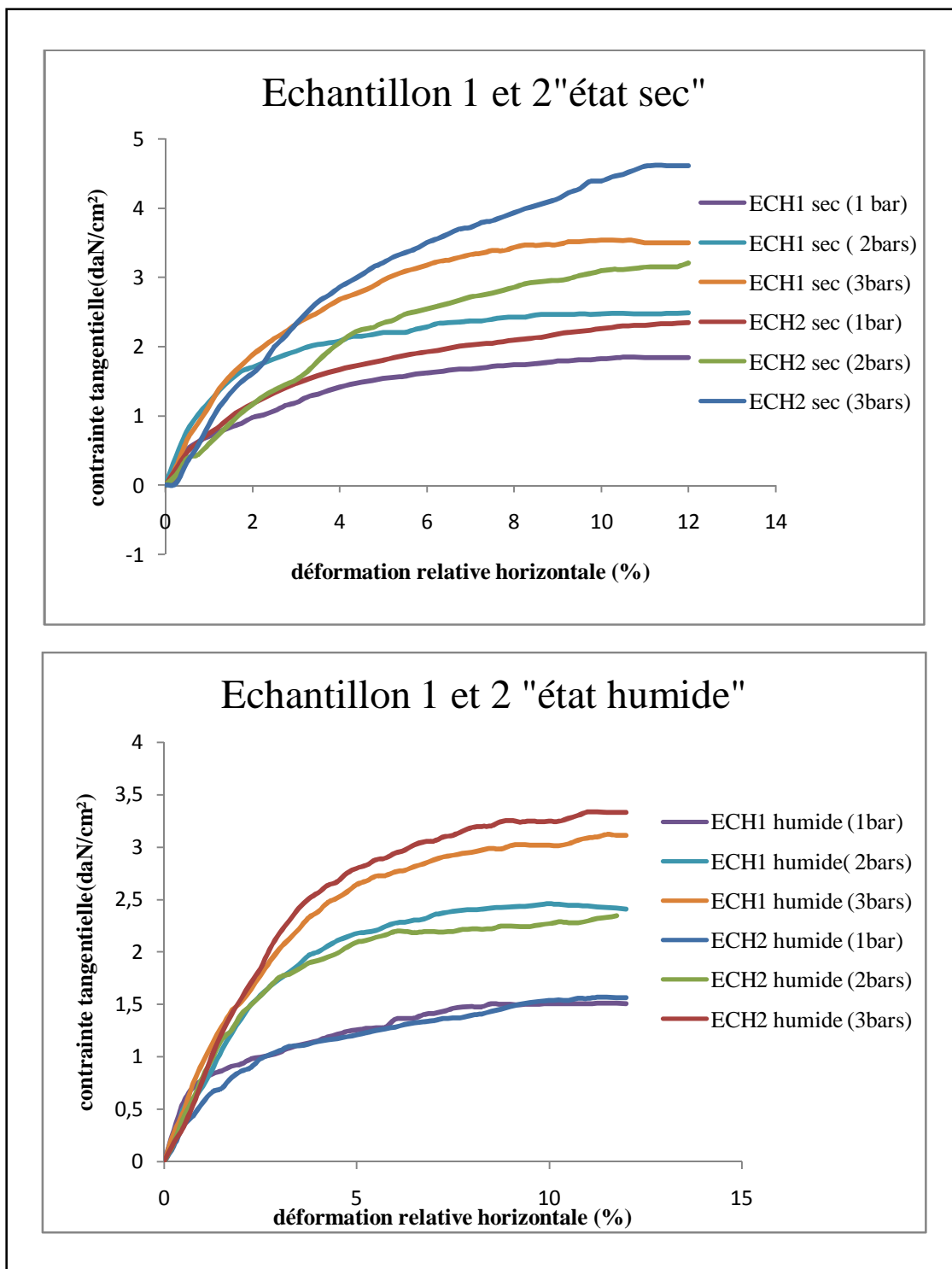


Fig.5.11 : comparaison des courbes contraintes déformations aux états secs et humides pour les contraintes (100, 200 et 300 KPa) des échantillons 1 et 2.

B- courbes Variation de volume-déformation horizontale

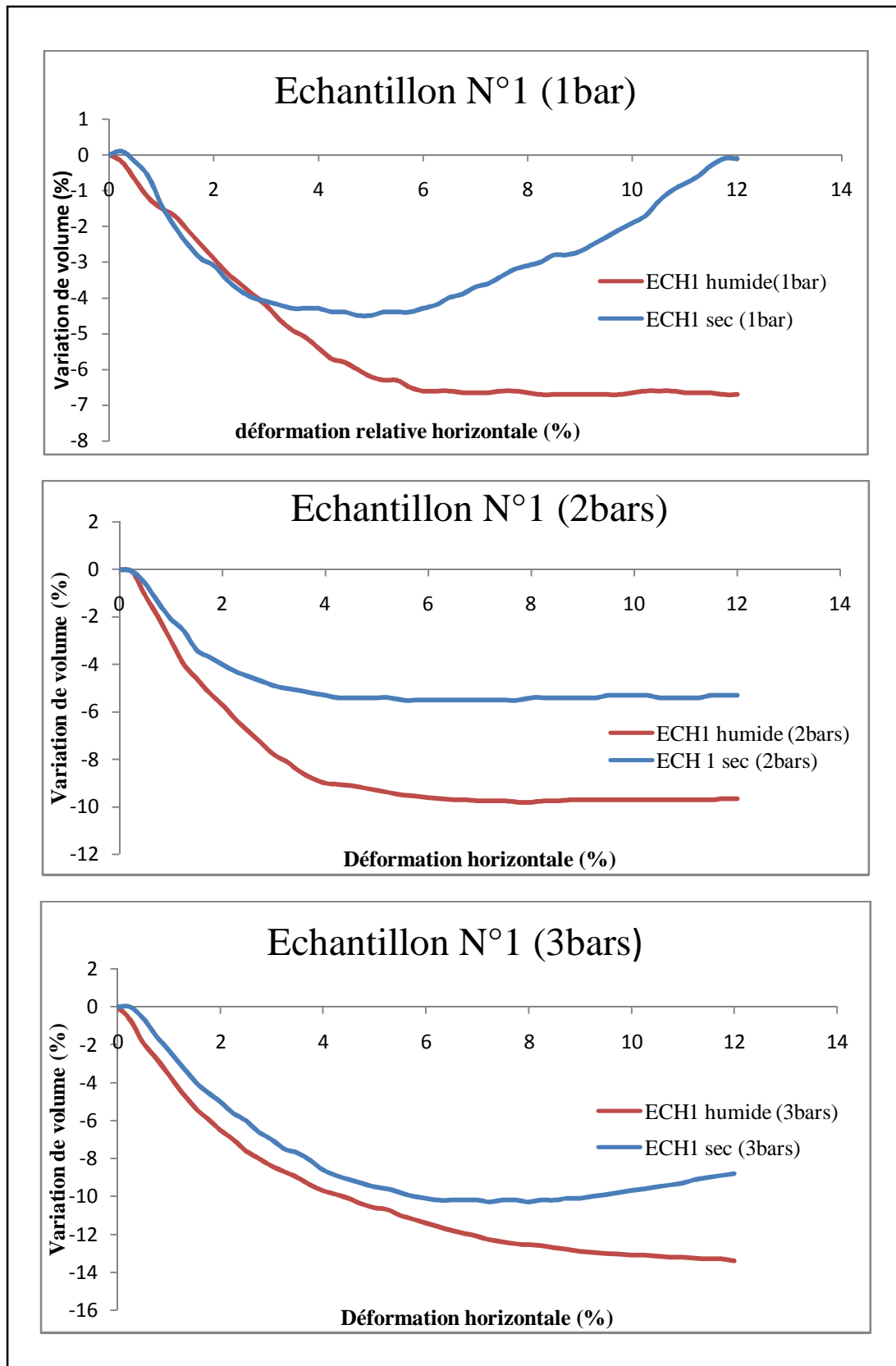


Fig.5.12 : comparaison des courbes-contraintes déformations de l'échantillon 1 aux états secs et humides pour les contraintes appliquées (100,200et 300KPa).

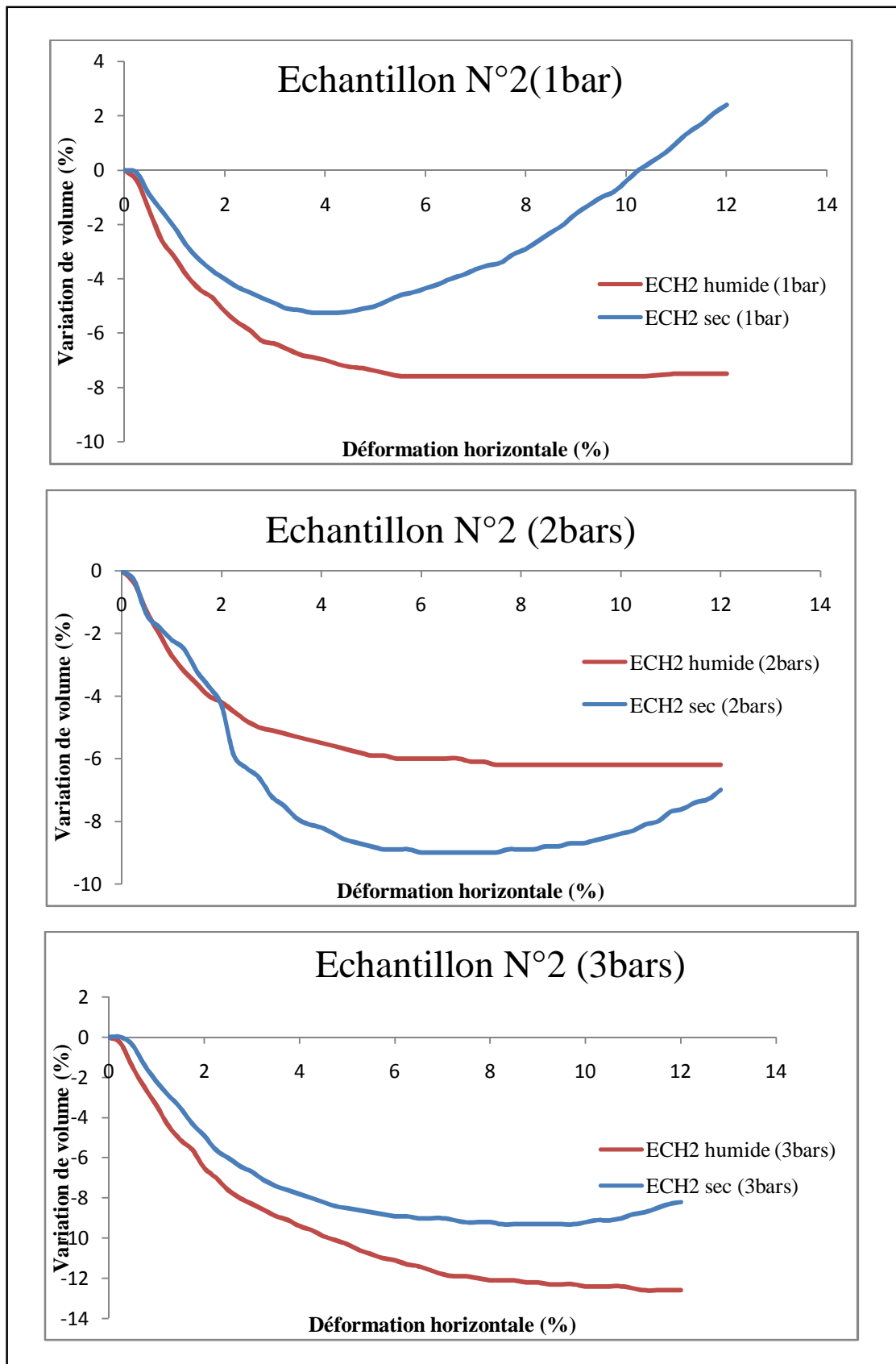


Fig.5.13 : comparaison des courbes contraintes-déformation obtenus pour l'échantillon 2 aux états secs et humides pour les contraintes appliquées (100,200 et 300KPa) ; ECH2.

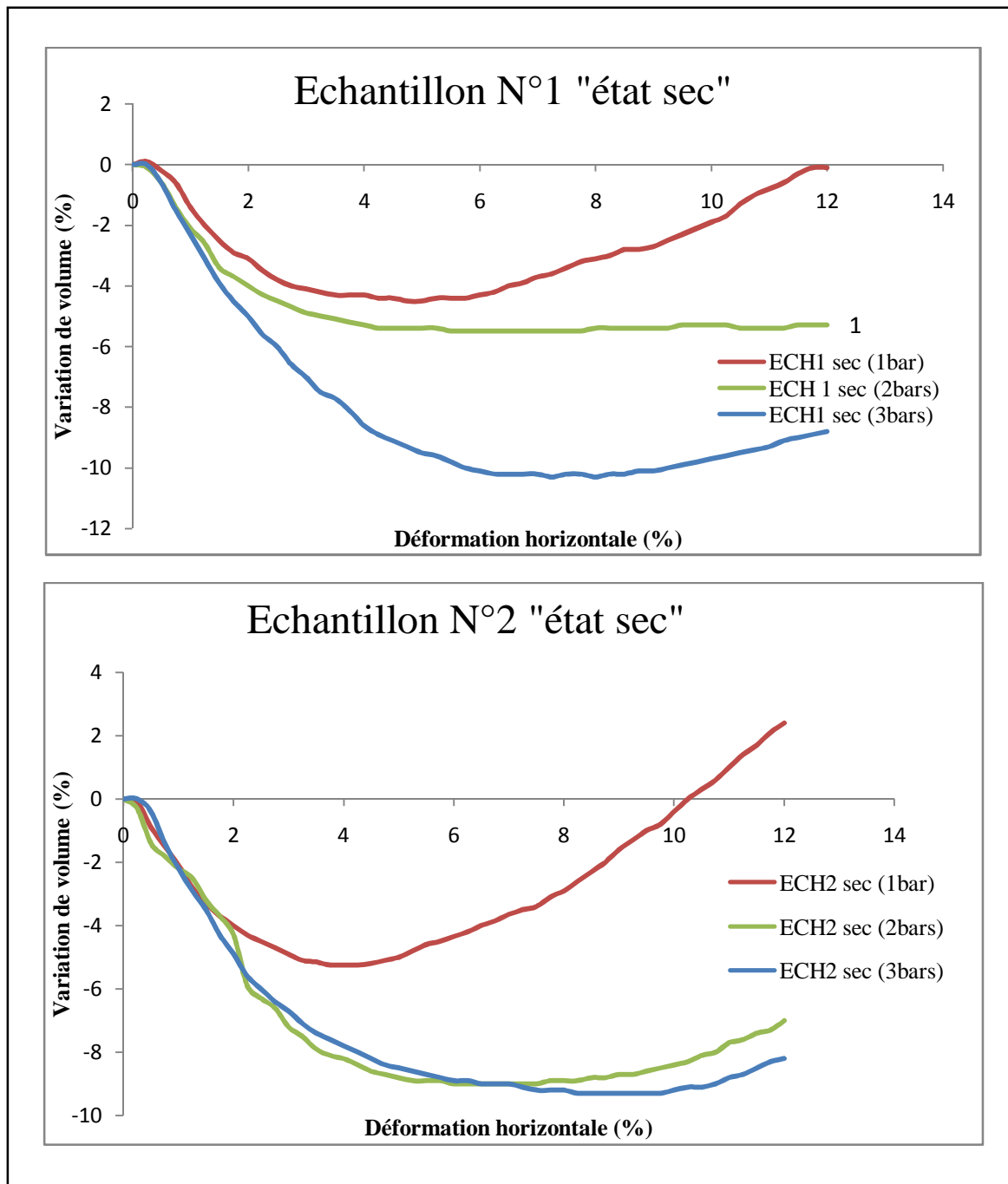


Fig.5.14 : comparaison des courbes de variation de volume à l'état sec des échantillons 1 et 2 pour les contraintes (100, 200 et 300 KPa).

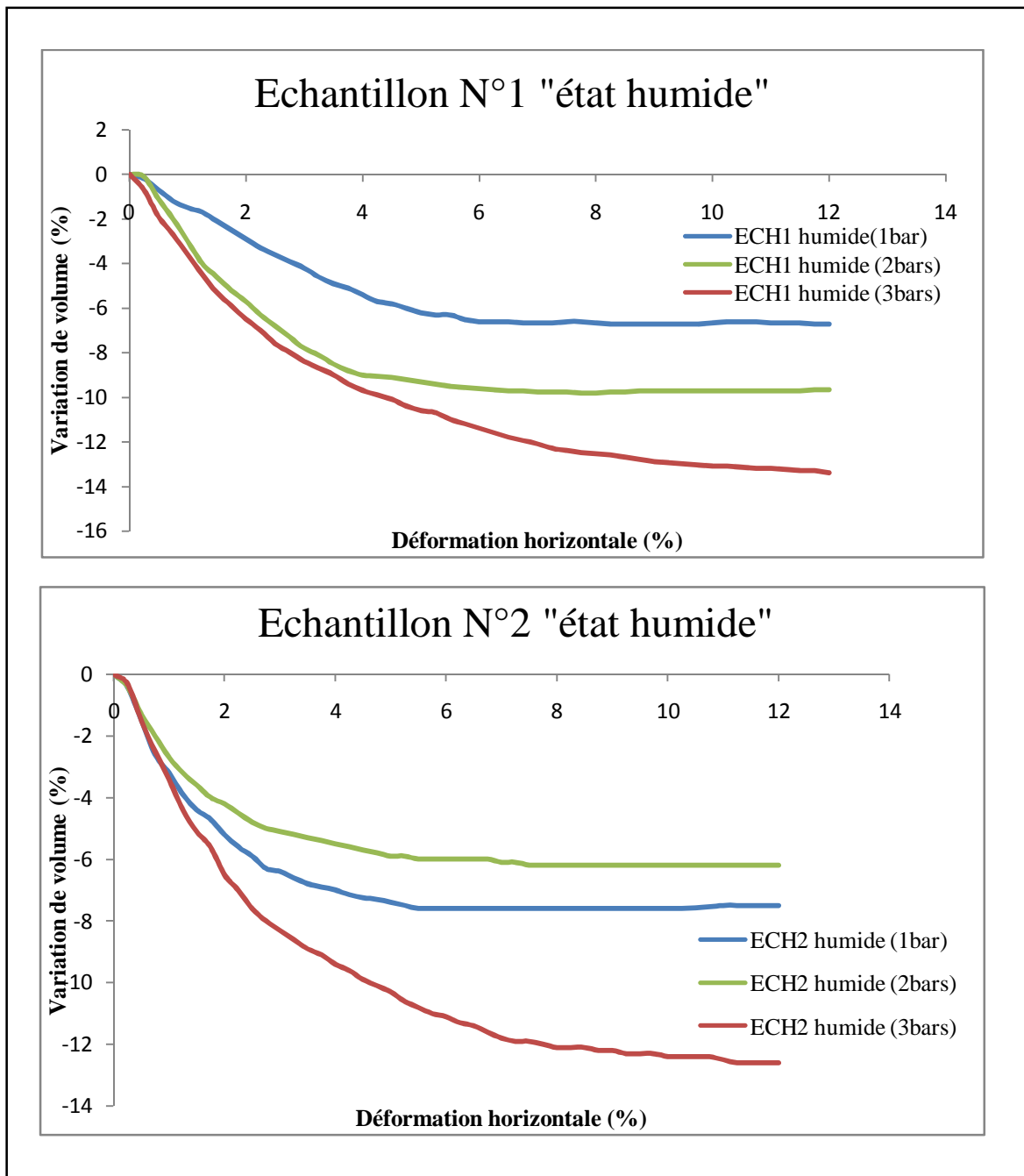


Fig.5.15 : comparaison des courbes variations de volume aux états secs des échantillons 1 et 2 pour les contraintes (100, 200 et 300 KPa).

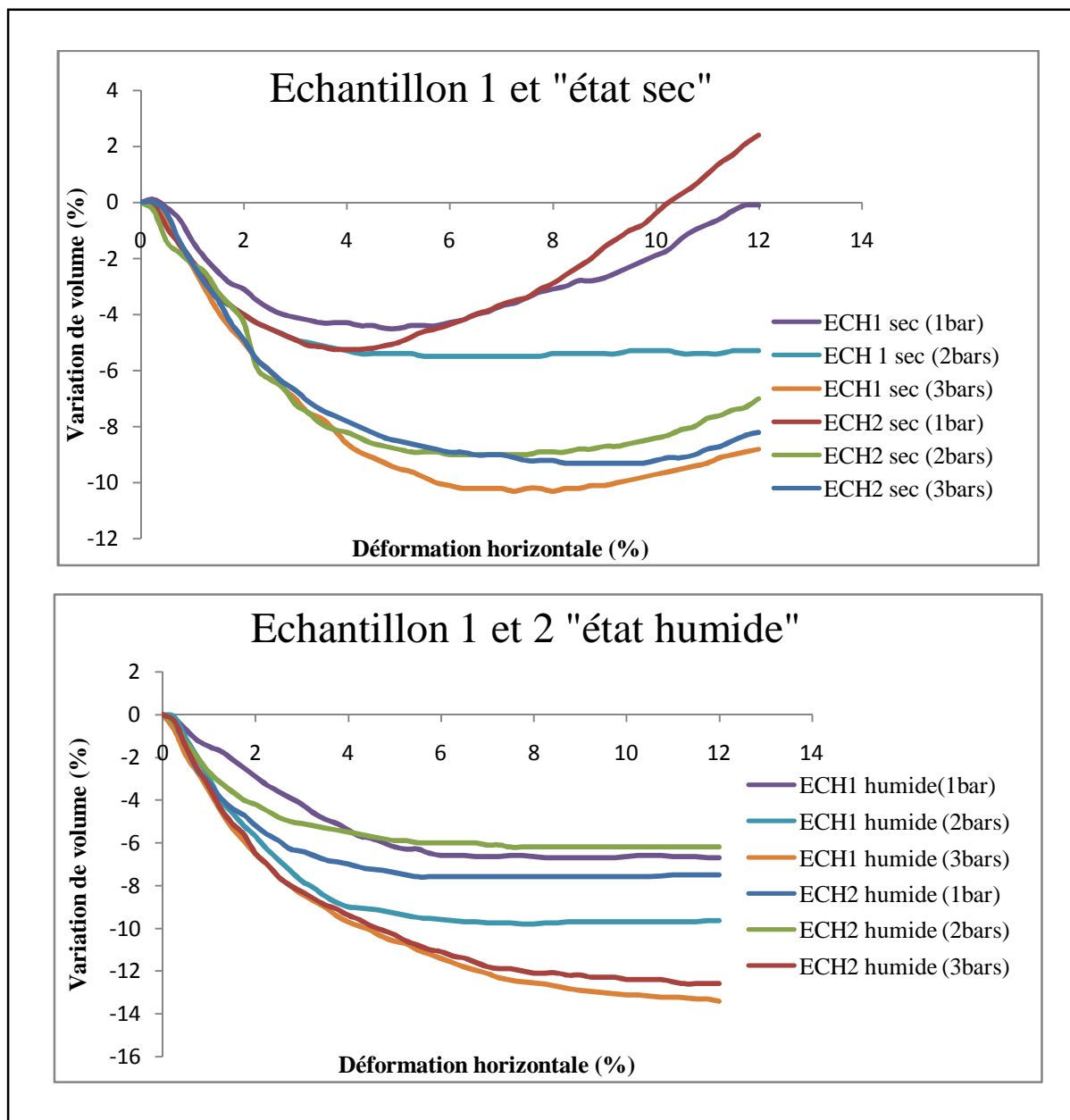


Fig.5.16 : comparaison des courbes variations de volume aux états humides des échantillons 1 et 2.

C- Les droites intrinsèques

- le premier échantillon

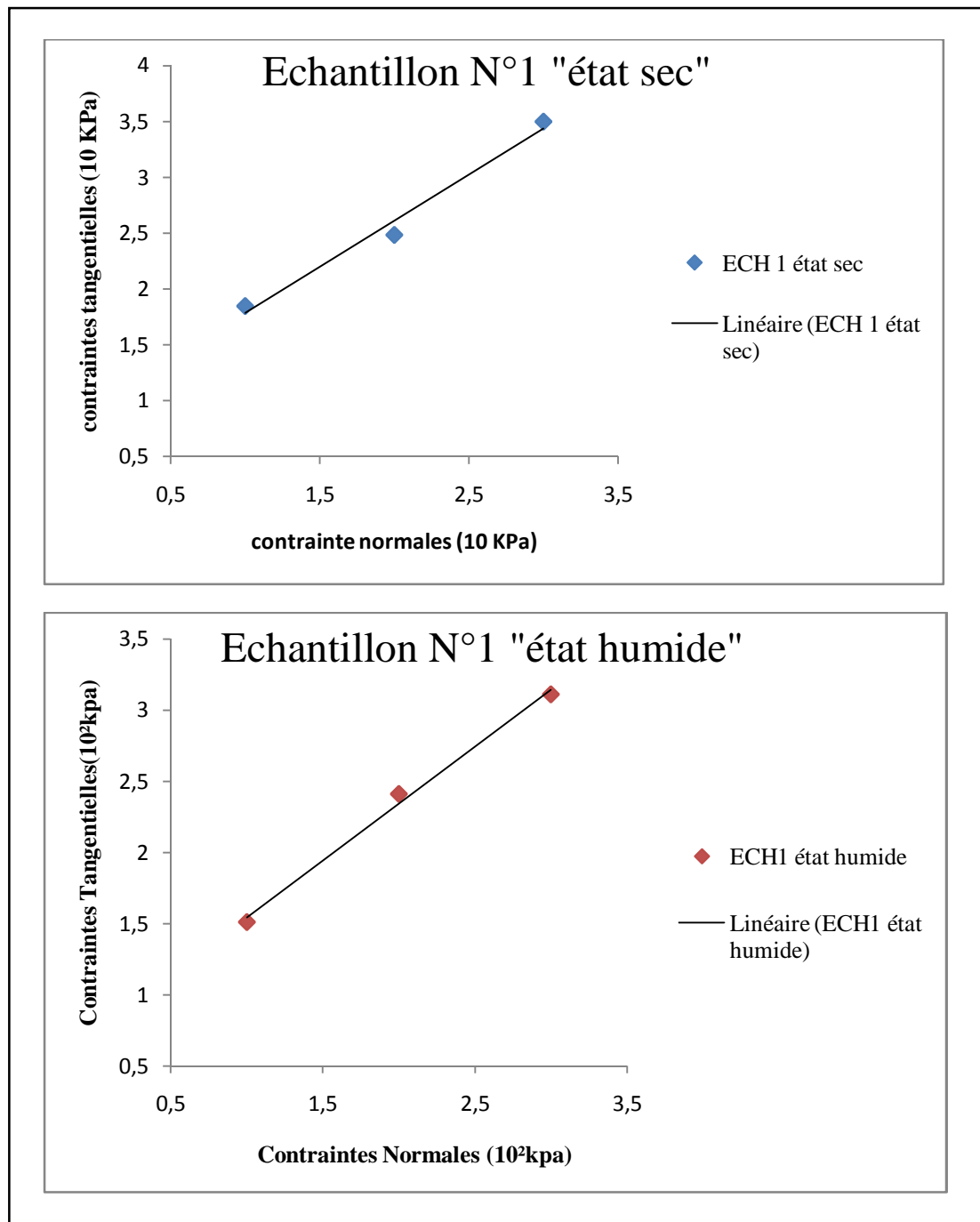


Fig.5.17 : droites intrinsèque du premier échantillon à l'état sec et humide

Calcul de C et ϕ Tableau.5.9. ϕ et C du premier échantillon

	Echantillon I	
	Sec	Humide
ϕ°	42.43	37.59
C (KPa)	130	110

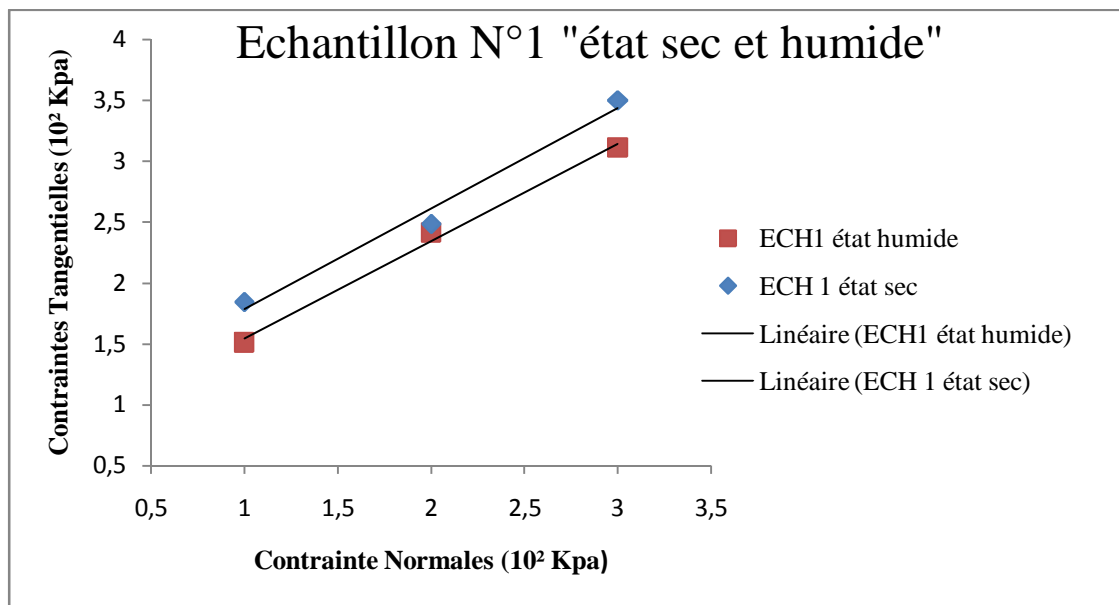


Fig.5.18 : droites et courbes intrinsèque (echantillon1 pour les deux états)

- le deuxième échantillon

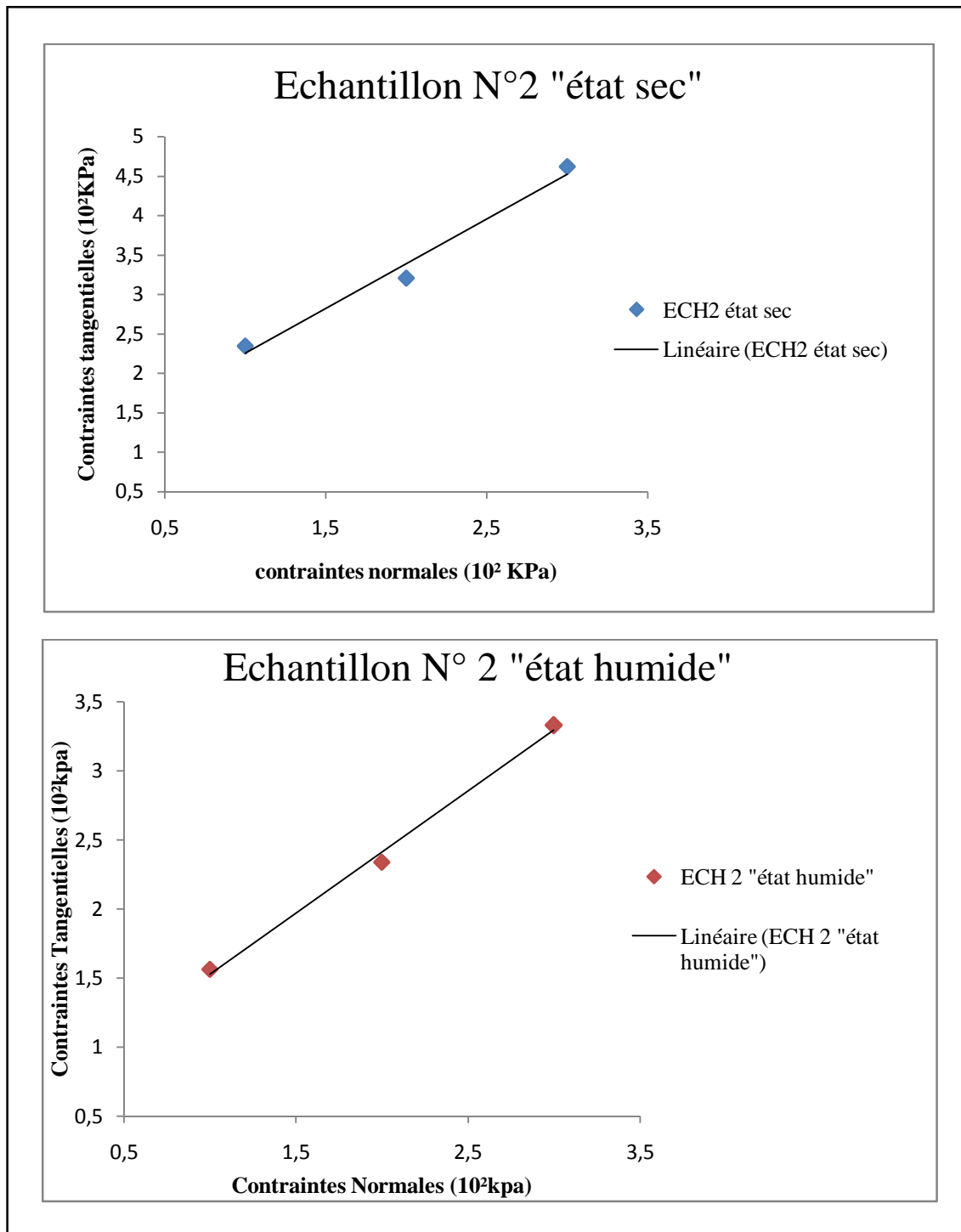


Fig.5.19 : droites intrinsèque du deuxième échantillon à l'état sec et humide

Calcul de C et ϕ

Tableau.5.10. calcul de ϕ et C du deuxième échantillon.

	Echantillon II	
	Sec	Humide
ϕ	47.6°	47.35°
C (KPa)	170	110

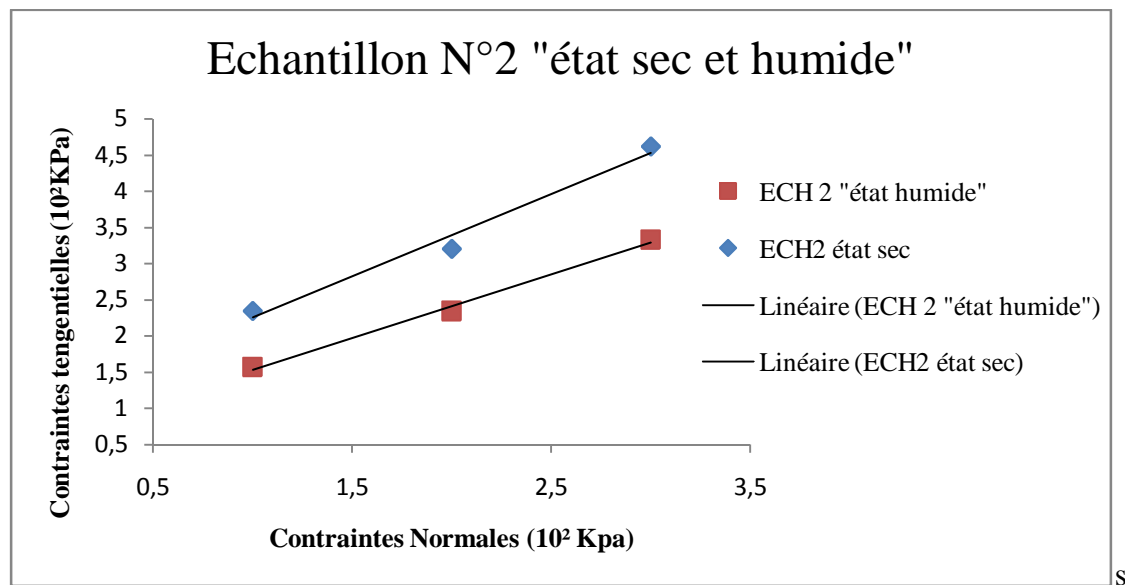


Fig.5.20 : droites et courbes intrinsèque (echantillon2 pour les deux états).

5.3. Interprétation des résultats

1- Courbes contrainte-déformation

D'après les courbes contraintes-déformations obtenues et représentées dans les figures précédentes (fig5.1....fig.5.11), on a constaté les points suivants ;

- Au début des essais, les contraintes de cisaillement présentaient des valeurs faibles. Ces valeurs évoluent au cours de l'essai pour atteindre un palier qui correspond à un seuil de stabilité.
- l'application des contraintes normales de compression (σ_n) avec des valeurs successivement élevées, engendrent une augmentation systématique des contraintes de cisaillement, et ce pour les deux échantillons utilisés aux différents états « sec ou humide ».
- les courbes contraintes déformations ne présentent pas de pic,

- l'humidification du matériau, donne une contrainte de cisaillement plus faible que celles obtenues à l'état sec, car la présence des molécules d'eau sur la surface des grains engendre un état plus altérable des couches superficielles des grains.
- la résistance au cisaillement de l'échantillon N°1 est supérieure à celle de l'échantillon N°2, cela s'explique par la quantité de quartz qui est de 34% au sein de l'échantillon N°2 et de 20% au sein de l'échantillon N°1 « influence directe des constituants minéralogiques des échantillons ». (Voir l'analyse minéralogique des deux échantillons ; Chapitre IV).
- lors des essais, on a remarqué pour l'état humide l'apparition d'un sol pâteux, au niveau du plan de cisaillement. Les photos prises lors des essais le démontrent.



Fig.5.21. apparition d'un sol en pate au niveau du plan de cisaillement pour le cas humide.

2- Courbes Variation de Volume

Courbes illustrant le changement de volume en fonction des déformations horizontales sont représentées dans les figures (fig.5.12...fig.5.16). D'après les résultats, nous avons constaté ce qui suit ;

- Certains graphes présentent le phénomène de la dilatance, qui se manifeste par une augmentation de volume des échantillons au début des essais avant que les grains ne se fracturent. Cette étape qui précède celle de la rupture, se caractérise par un réarrangement des grains.
- Pour les contraintes normales (100,200 et 300 KPa), les deux échantillons se contractent suite au cisaillement engendrant une dégradation des grains.
- La contractance du matériau est dominante à l'état humide que sec. (on prend la valeur absolue).

3- Interprétation suivant C et ϕ

- Pour l'échantillon N°1 nous avons constaté que le sol perd ces caractéristiques en présence d'eau, cela s'explique par l'angle de frottement et la cohésion, qui ont diminué après l'humidification du matériau.
- Pour le second échantillon, nous avons constaté aussi une réduction des caractéristiques mécaniques du sol en présence d'eau. Dans ce cas la variation de l'angle de frottement est négligeable, cela est forcément dû à la présence d'une quantité plus importante de quartz ; ce qui rend le matériau plus résistant et limite l'écrasement des grains.
- Nous avons aussi observé que le deuxième échantillon est plus résistant que le premier. Ceci est dû probablement à la quantité de quartz qui est plus importante.

Conclusion

Les résultats obtenus des essais à la boîte de casagrande, nous amènent à conclure que les deux échantillons de schiste utilisés, ont une résistance au cisaillement différente, cela en fonction de leur composition minéralogique. L'échantillon N°2 à forte composition en quartz, affiche une résistance au cisaillement la plus élevée.

Les échantillons à l'état humide ont tendance à se fracturer plus facilement par rapport à l'état sec. Donc la résistance mécanique du sol ou de la roche est proportionnelle au pourcentage des constituants minéralogiques.

Conclusion de la deuxième partie

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

Une étude géotechnique approfondie est nécessaire pour mieux comprendre ce mouvement de terrain. Une identification de la nature lithologique, des formations rencontrées sur le site instable d'Ain El Hammam, a été basée sur des observations de terrain en exploitant tous les affleurements, montre que le terrain est constitué essentiellement de schistes satinés de couleur grisâtre généralement altérés.

Une analyse minéralogique, effectuée sur deux échantillons de schistes prélevés dans le site instable au niveau des deux ruptures observées à l'Est et à l'Ouest de la zone instable, démontre que le sol présente une résistance faible (faible pourcentage en quartz, 20% pour l'échantillon 1 et 34% pour l'échantillon 2) ainsi que l'état altéré de la roche qui contient un pourcentage important de minéraux argileux. Le deuxième échantillon est plus résistant vu qu'il comporte un pourcentage plus important en quartz.

Les résultats des essais de cisaillement, à la boîte de casagrande, réalisés sur les deux échantillons de schistes concassés (prélevés aux limites Est et Ouest de la zone instable), démontre que la résistance au cisaillement de ce matériau diminue considérablement à l'état humide. De plus, l'échantillon 2 présente une résistance au cisaillement plus importante que l'échantillon 1 ; ce qui démontre que la résistance de cette roche est proportionnelle au pourcentage de quartz qu'elle contient.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'objectif du travail présenté dans ce mémoire consiste à déduire l'influence du comportement du matériau schiste sur le glissement de Ain El Hammam. Cette étude comporte deux parties principales :

- Une analyse bibliographique portant sur la compréhension du phénomène.
- Une analyse des caractéristiques du matériau à partir des essais mécaniques.

L'étude bibliographique a surtout mis en évidence la complexité et l'ampleur du mouvement. En effet, la lithologie de Ain El Hammam est caractérisée essentiellement par la présence de roches métamorphiques (schisteuses). L'étude minéralogique réalisée sur deux échantillons de schistes prélevés dans la zone instable, révèle la présence d'un faible pourcentage de quartz. Ce qui confirme sa faible résistance et sa prédisposition à l'altération. Ce résultat démontre l'influence directe de la minéralogie et de la texture de cette roche sur le mouvement de terrain qui affecte la ville d'Ain El Hammam (Il est à noter que cette étude a été carrément négligée dans toutes les études réalisées). De plus, la présence d'eau, sous toutes ses formes, accélère et favorise l'altération de la roche qui se transforme en débris de schiste ou en limon argileux.

Afin de mieux illustrer le comportement du schiste à l'état broyé (débris de schiste), rencontré souvent dans les carottes extraites par le laboratoire GEOMICA, une série d'essais de cisaillement à la boîte casagrande a été réalisée. Les résultats de cette étude confirment les caractéristiques médiocres de ce matériau et l'influence négative d'eau sur cette formation.

La fracturation du schiste favorise l'infiltration d'eau en profondeur et une altération de la roche. Ce qui explique l'évolution en profondeur et latéralement du mouvement.

Pour mieux cerner le problème, une investigation géotechnique complémentaire incluant le versant instable et une reconnaissance géologique approfondie de la région, permettant une meilleure couverture de la zone instable, sont recommandées. Il est nécessaire aussi de vérifier la présence ou pas de niveaux remaniés plus profonds pouvant entraîner des mouvements de terrain.

BIBLIOGRAPHIE

➤ [1] recherche internet.

www.bepdf.com, www.youpdf.com, www.yopdf.com, www.google.com.

➤ [2] ALKAMA Farida 2003 ; Etude expérimentale du comportement Mécanique du matériau schistes en géotechnique routière. Mémoire de magister en génie civil ; Université de Tizi-Ouzou.

➤ [3] AKCHICHE Aziz et MOURAB Mouloud 2001/2002.

Influence des fibres polypropylène sur l'écrasement du matériau Schiste à la boîte de CASAGRANDE. Mémoire de fin d'étude, Université de Tizi Ouzou, 2001/2002.

➤ [4] CHAOUICHE. A

CTE GEOMICA (2009), Etude géotechnique de la zone de glissement d'Ain El Hammam « rapport phase 1 et phase2 »

➤ [5] office nationale de recherche géologique et minière (O.R.G.M) de Boumerdes 2000.

➤ [6] ABDEZIEM Akli, OURAK Ali et IFTENE Djoudi.

Rapport final (1995-1998) prospection régionale des poly métaux dans Socle de la Grande Kabylie.

➤ [7] AMIRI Zakia

Influence de la teneur en eau sur la caractéristique au cisaillement Application au granite et schiste satine. Mémoire de fin d'étude 2005. Génie Civil TiziOuzou.

➤ [8] SEDKI Farid, CHELOUCHE Hamid 2004/2005

Étude de la caractérisation de l'angle de frottement interne pour les Matériaux (granite schiste et grés).

Mémoire de fin d'étude 2004/ 2005 en Génie Civil Tizi Ouzou.

➤ [9] Microsoft encarta junior 2009. « la géologie »

1993-2008 Microsoft Corporation (article sur la géologie)

- [10] MANGENEY Anne. Octobre 2005, analyses des mines, responsabilité et environnement Institut de physique du globe de Paris.
([Be PDF] recherche internet).
- [11] véronique fournier et Patricia fournier .PIST/UNIVERSITE LAVAL 2004. ([YOU PDF] recherche internet).
- [12] rapport préliminaire N°1 septembre 2009 N°55848/A.
Direction de l'urbanisme et de la construction (étude de glissement de Ain El Hammam).
- [13] étude géologique et géotechnique du glissement d'Ain-el hammam (L'laboratoire national des travaux publics et du bâtiment (LNTPB)
Etude faite en 1973
- [14] ARNAUD Fanny ; Influence de la végétation arborée sur l'activité De glissements de terrain superficiel « Exemple du bassin de Barcelonnette, Alpes de Haute Provence (04) »
Mémoire de Master Recherche « Géosciences, Environnement et Risques »
Présenté le ; 14 Septembre 2007
- [15] DURVILLE Jean-Louis et SÈVE Gilles
Technique de l'ingénieur C 254. Géotechnique et stabilité des pentes (Glissement de terrain meuble)(Géologie). 1997
- [16] BAHAR Ramdhane
Glissement de terrain et les méthodes de stabilisation et de confortement.
Laboratoire de Géomatériau, Environnement et Aménagement Université de TIZI OUZOU.
- [17] Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de mouvement De terrain des communes de GRANVILLE et de DONVILLE-LES-BAINS.
Service Instructeur : Direction Départementale de l'Équipement de la Manche.
Réalisation : Alp'Géorisques Juillet 2009.
- [18] FALEH Ali, SADIKI Abdelhamid, AKDIM Brahim et HALOUI Benyounes.

Application Des Analyses Minéralogiques Et Géotechniques Des Argiles Dans L'étude Des Glissements De Terrains: Exemples Du Prérif Central (Maroc Septentrional). Papeles de Geografía (2002, 35; pp. 115-128).

➤ [19] TALBI. M et HADDADENE O. 1988.

Géologie et Minéralisations a Magnétite-Barytine Dans Les Secteurs De Ain El Hammam et Tighzert, (GRANDE KABYLIE).

Mémoire d'ingénieur d'état En Géologie 1988, Option Géologie Minière.

➤ [20] PONTON Julien (2008) ; Caractérisation hydro-géophysique par Tomographie électrique d'un glissement de terrain argileux de type "coulée" à l'échelle de la parcelle et du versant. Mémoire de Master 2 Géosciences, Environnement et Risques Mention Risques Technologiques et Naturels Parcours Risques Naturels 2007/2008.

Université Louis Pasteur – Strasbourg I Institut de Physique du Globe, UMR 7516 ULP-CNRS.

➤ [21] GUILLON Julien

Interprétation morphologique de l'évolution du glissement-coulée de Poche et caractérisation physico-mécanique des matériaux marneux. (Alpes-de-Haute-Provence, France)

Mémoire de maîtrise de géographie physique Université Louis Pasteur Faculté de géographie. Strasbourg, Octobre 2001.

➤ [22] DOUICI Nordine, El watan 11/10/2009.

GLISSEMENTS DE TERRAIN À AÏN EL HAMMAM.

➤ [23] BOUZID Ramdane (1985) – contribution à l'étude des glissements De Terrain cas du glissement d'El Biar- Alger – mémoire de magister en génie civil, Ecole nationale polytechnique, 88 pages.

➤ [24] Congrès Mondial du Verre ICG2007 « 850 participants venus du monde entier » octobre 2007 au parc des expositions Strasbourg.

Article « LA PÉTROGRAPHIE ET CES APPORTS »

➤ [25] JEAN Tanguy

Initiation à la Géologie. 2007. Club CPN des Sittelles. Connaître et Protéger la Nature. « [Http : // cpn. Sittelles.free.fr](http://cpn.sittelles.free.fr) »

➡ [26] HADDOUCHE Mohamed et KHENDEK Ibrahim.

Etude géotechnique en vue de la réalisation d'un projet de fondation.

Mémoire en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie civil Juin 1990 TIZI OUZOU

➡ [27] BELEH Hkima et MAKHLOUFI Nedjmme-eddine

Identification géologique et géotechnique du matériau a base des roches magmatiques (aplo-pegmatites).

Mémoire d'ingénieur construction civile et industrielle 1996 TIZI OUZOU.

➡ [28] GHOUILEM Kamel.

Influence de l'écrasement des grains sur l'angle de frottement interne des matériaux granulaire.

Mémoire de magister en génie civil, spécialité géotechnique et environnement 2007 TIZI OUZOU.

ANNEXES

ANNEXE A

ANNEXE B

TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS

D'IDENTIFICATION PHYSIQUE

Sondages	Sc1	Sc1	Sc1	Sc2	Sc2	Sc3	Sc3	Sc3	Sc5	Sc5	Sc5
Ech/ Profond (m)	4.00 – 4.20	13.00 – 13.10	19.00 – 19.10	2.00 – 2.20	6.00 – 6.20	6.50 – 6.70	16.50 – 16.70	23.00 – 23.95	4.50 – 4.70	9.50 – 9.70	13.20 – 13.40
gh (t/m3)	2.21	2.30	2.29	2.21	2.41	2.13	2.00	1.99	2.08	1.98	1.96
gd (t/m3)	2.02	2.10	2.17	2.05	2.31	1.88	1.83	1.79	1.88	1.85	1.79
W %	10.28	9.46	5.35	7.71	4.38	13.61	9.44	11.65	10.58	6.84	9.13
Wsat %	12.76	10.60	8.94	11.74	6.24	16.30	17.69	18.97	16.11	16.94	18.78
Sr%	80.57	89.26	59.79	65.71	70.25	83.54	53.36	61.45	65.68	40.36	48.63

ANNEXE C

COUPE DU SONDAGE SC01
PROFONDEUR : 0.00 – 15.00M

Date de l'essai : Mars /2009

Coordonnées UTM
X : 616 965 Y = 404 8052

profond (m)	coupe	Nature Lithologique
-		Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse).
1-		
-		
2-		
-		
3-		
-		
4-		
-		
5-		
-		
6-		
-		
7-		
-		
8-		Schistes très altérés à rares éléments de quartz
-		
9-		
-		
10-		
-		
11-		
-		
12-		
-		
13-		Schiste grisâtre de consistance rocheuse
-		
14-		
-		
15-		

COUPE DU SONDAGE S01
PROFONDEUR : 15.00 – 30.00M

Date de l'essai : Mars /2009

Coordonnées UTM
X : 616 965 Y = 40 48 052

Profond (m)	Coupe	Nature Lithologique
16 –	[Blue bar]	Schiste grisâtre de consistance rocheuse
17 –		
18 –		
19 –	[Yellow bar]	Schiste friable (Récupéré sous forme de sable très fin avec des passées de
20 –		
21 –		
22 –	[Yellow bar]	Schiste plus ou friable (récupéré sous forme de sable très fin)
23 –		
24 –		
25 –		
26 –		
27 –	[Blue bar]	Schiste grisâtre de consistance rocheuse, à éléments de Quartz.
28 –		
29 –		
30	[Blue bar]	. Fin du sondage

COUPE DU SONDAGE S02
PROFONDEUR : 0.00 – 20.00M

Date de réalisation : Mars/2009

Coordonnées UTM
X : 616 933 Y = 404 8090

Profond- (m)	Coupe	Nature Lithologique
1- 2- 3- 4- 5-		Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse).
6- 7-		Schiste friable, récupéré sous forme de sable
8- 9- 10- 11- 12-		Schiste satiné grisâtre à aspect rocheux avec un passage d'un niveau altéré et friable entre 12.50 et 13.50m.
13- 14- 15-		
16- 17-		Schiste oxydé et très altéré
18- 19- 20-		Schiste satiné grisâtre Compact et à aspect Fin du sondage

COUPE DU SONDAGE S03
PROFONDEUR : 0.00 – 15.00M

Date de l'essai : Mars/2009

Coordonnées UTM
X : 616 848 Y = 404 8167

Profond- (m)	Coupe	Nature Lithologique
-		Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse).
1 -		
-		
2 -		
-		
3 -		
-		
4 -		
-		
5 -		
-		
6 -		
-		
7 -		
-		
8 -		
-		
9 -		
-		Schiste friable (Récupéré sous forme de sable très fin à rares éléments de quartz
10 -		
-		
11 -		
-		
12 -		
-		
13 -		
-		
14 -		
-		
15 -		

COUPE DU SONDAGE S03
PROFONDEUR : 15.00 –
30.00M

Date de l'essai : Mars/2009

Coordonnées UTM
X : 616 848 Y = 404 8167

Profond (m)	Coupe	Nature Lithologique
-		Schiste altéré et oxydé
16-		
-		
17-		
-		
18-		
-		
19-		
-		
20-		
-		
21-		
-		
22-		
-		
23-		
-		
24-		Schiste grisâtre, de moyenne consistance
-		
25-		
-		
26-		
-		
27-		
-		
28-		
-		
29-		
-		
30-		
		Fin du sondage

COUPE DU SONDAGE SC05
PROFONDEUR : 0.00 – 15.00M

Date de l'essai : AVRIL/2009

Coordonnées UTM
X : 616 6886 Y = 404 8153

Profond- (m)	Coupe	Nature Lithologique
- 1 - - 2 - - 3 - -		Recouvrement superficiel (Remblais et couverture argilo limoneuse à éléments de nature schisteuse).
- 4 - - 5 - - 6 - - 7 - - 8 - -		Schiste altéré et très oxydé très fin
- 9 - - 10 - - 11 - -		Schiste friable (Récupéré sous forme de sable très fin) 12.50 et 13.50m.
- 12 - - 13 - -		Schiste grisâtre de consistance rocheuse, à éléments de Quartz Rocheux.
- 14 - - 15 -		Argile schisteuse et finement sableuse, très peu

COUPE DU SONDAGE SC05
PROFONDEUR : 15.00 – 25.00M

Date de l'essai : AVRIL/2009

Coordonnées UTM
X : 616 6886 Y = 404 8153

Profond- (m)	Coupe	Nature Lithologique
-		
16 -		
-		
17 -		
-		
18 -		
-		
19 -		Schiste grisâtre de consistance rocheuse, à éléments de Quartz
-		
20 -		
-		
21 -		
-		
22 -		
-		
23 -		
-		
24 -		
-		
25 -		Fin du sondage

