

# CARACTERISATION GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE DES GLISSEMENTS DE LA VILLE DE BOUGAA. EST ALGÉRIEN.

CHARACTERIZATION OF LANDSLIDE GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CITY OF BOUGAA. Eastern Algeria.

ABDERRAHMANE BOUDOUKHA<sup>1</sup>, SAMIR DJENBA<sup>2</sup>, JEAN-SYLVAIN MAGAGNOSC<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de recherche en hydraulique appliquée université de Batna.

<sup>2</sup>Département des sciences de la terre, faculté des sciences université de Batna.

<sup>3</sup>Département de géographie, université de Poitiers France.

boudoukha\_abderrahmane@yahoo.fr

## RESUME

La région de Bougaa est affectée par un glissement déplaçant un volume considérable de matériaux détritiques formés par des colluvions, des éboulis à gros blocs et des éboulis de pente argilo-limoneux rougeâtre reposant sur un substratum imperméable d'argilite schisteuse. Ce glissement est façonné dans des formations géologiques particulièrement sensibles à ce type de mouvement à cause de l'hétérogénéité de leurs faciès, de l'imperméabilité de certaines couches et de l'effet de la tectonique cassante et de la karstification. Le but de cette étude est de caractériser ces glissements à l'aide d'outils géologiques, géotechniques et géomorphologiques. Le rôle des eaux d'infiltration est primordial dans le déclenchement de ces glissements où la lithologie, la disposition structurale, le climat sont des facteurs favorables. La présence de pentes > 20 %, de sources émergeant du réservoir karstique de Guergour, créant des zones humides qui permettent le déclenchement du mouvement du sol dans cette région.

**MOTS CLES:** Bougaa, Lithologie, Eau, Argilite, glissement.

## ABSTRACT

Bougaa region is affected by a shift moving a considerable amount of detritus formed by colluvial deposits, scree to boulders and scree slope reddish clay loam resting on a substratum of impermeable shale shale. This shift is shaped in geological formations particularly sensitive to this type of movement because of the heterogeneity of their facies, the impermeability of certain layers and the effect of tectonics and karstification. The purpose of this study is to characterize these shifts using tools geological, geotechnical and geomorphological features. The role of seepage is essential in triggering these shifts where lithology, structural arrangement, the climate is favorable factors. The presence of slopes > 20%, emerging sources of karst reservoir Guergour, creating wetlands that allow triggering of ground motion in this region.

**KEYWORDS:** Bougaa, Lithology, Water, argillite, slipping.

## 1 INTRODUCTION

Certains versants du Nord sétifien présentent un aspect chaotique et boursoufflé reflétant la fragilité du milieu et sa sensibilité à la morphogénèse active, qui se manifeste, entre autres, par des mouvements de masse allant des petits arrachements aux grands glissements rotationnels.

Dans la région de Bougaa au Nord de Sétif (Fig. 1), les risques de déplacement des matériaux en masse menacent aussi bien les hommes que les biens. Ils provoquent la dégradation des infrastructures routières et les constructions. Ils perturbent parfois la dynamique fluviale lorsqu'ils déposent une quantité considérable de matériaux

dans les lits des oueds. Cette morphodynamique accélérée constitue une lourde contrainte dans le domaine de l'aménagement du territoire. Ces glissements sont provoqués le plus souvent par la présence d'eau dans un terrain à lithologie favorable. Dans la région de Bougaa, on peut constater la présence de glissements de terrain anciens ou récents affectant les zones de pente où dominent les colluvions et les éboulis à gros blocs. La pente et surtout l'eau en sont les facteurs qui favorisent les mécanismes glissements de terrain. Le substratum sain, constitué d'argilite, ne participe en aucune manière au mouvement.

L'objectif de cette étude est de caractériser du point de vue géologique et géotechnique, ces glissements.

La méthodologie adoptée s'articule sur :

- l'étude de l'environnement géologique et géomorphologique du site, qui constitue une étape nécessaire pour émettre une hypothèse sur le processus d'instabilité de cette région ;
- une reconnaissance géotechnique incluant les caractéristiques géomécaniques à la fois des formations de pente et le substratum marneux.

## 2 CONDITIONS NATURELLES

### 2.1 Situation géographique

La ville de Bougaa est située dans la partie nord-ouest de la wilaya de Sétif, à 45 Km environ du chef-lieu de la wilaya. La zone concernée par cette étude englobe l'ancienne ville et son extension vers l'est; elle dessine une forme quasi-rectangulaire, d'une superficie de 375 hectares (Fig. 1). Il s'agit d'un quadrilatère limité par les méridiens  $X = 714\ 250$  à  $717\ 000$  m et  $Y = 338\ 800$  à  $340\ 500$  m.

### 2.2 -Géologie régionale et tectonique

La région de Sétif fait partie de la chaîne alpine d'Algérie orientale, cette dernière est structurée par la superposition anormale (à la suite de phases tectoniques successives) de plusieurs types de séries diverses par leurs styles et leurs caractères distribués en général du Trias au Priabonien. Ces séries adhèrent parfois à un socle paléozoïque ou plus ancien, de nature cristallophyllienne forte complexe. Dans cet empilement anormal sont impliquées des formations oligo-miocènes variées. Une sédimentation mio-pliocène essentiellement continentale coiffe partiellement cet édifice [6;7].

La ville de Bougaa se trouve à la limite septentrionale d'une fenêtre de terrains jurassique et crétacé autochtone. Après la mise en place des nappes au Miocène inférieur, les bombements tectoniques ont fait ressortir le massif de Guergour, composé de terrains calcaires dolomitiques et marneux du Jurassique et du Crétacé, formant les reliefs au Nord de la ville. Par ailleurs l'assise de cette dernière est formée par les argiles et des calcaires de l'Eocène de la

nappe de Djemila. Deux types d'accidents majeurs en rendent compte, le premier d'une direction NW-SE, le second de direction conjuguée N-S et E-W. Une intense fracturation a facilité l'édification de formes karstiques qui sont dirigées le long des failles majeures. Fig. 2.

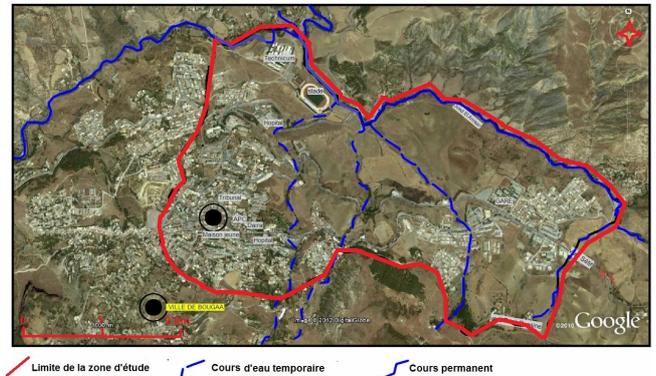


Figure 1: Figure 1. Carte de situation géographique

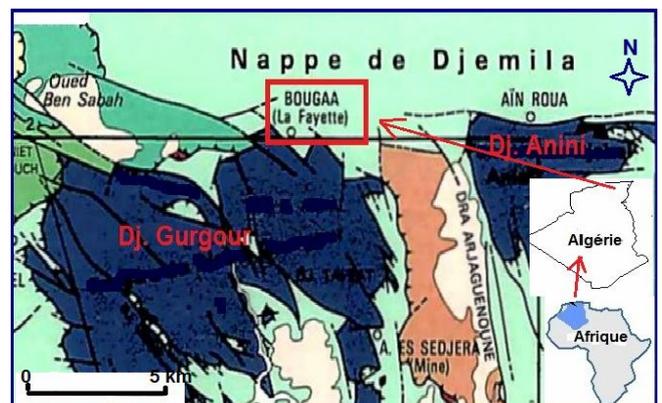


Figure 2: Carte de situation géographique et géologique de la région de Bougaa.

### 2.3 Géomorphologie

La ville de Bougaa à relief spécifiquement montagneux est accrochée au flanc de Dj. Guergour surplombant le bas-relief creusé par Oued Kef El Anncer, Sidi Ali, El Guetter. Ces cours d'eau collectent toutes les eaux de surface pour les acheminer vers le cours d'eau principal, Oued Bousslem, inséré dans les gorges de Dj. Tafat. Ce réseau hydrographique draine les eaux d'un certain nombre de petites sources à faible débit. La ville de Bougaa a en général une pente Nord-Sud allant de 8 à 35 %. Fig. 3. La région est caractérisée par un point culminant de 1000 m et une dénivellée maximale de 300 m.

Notons que le bas du versant est moins penté que le sommet sur lequel repose la ville de Bougaa à cause de la différence pétrographique des formations géologiques. Les formations éocènes compactes forment les pentes les plus accentuées alors que les formations de pente constituées essentiellement d'argile, parfois à blocs, à cailloux coïncident avec les faibles pentes.

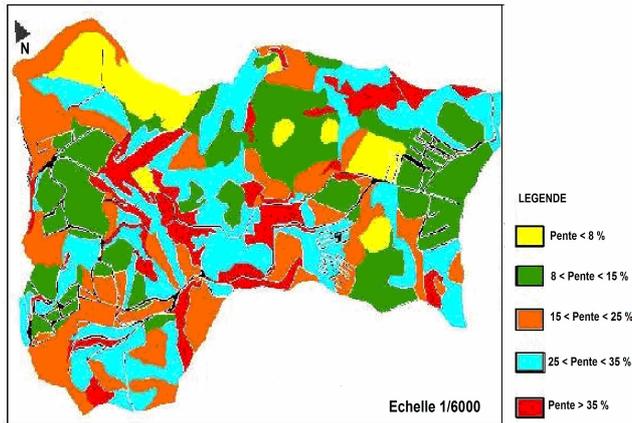


Figure 3: Carte des pentes de la région de Bougaa.

## 2.4 Climatologie et hydrogéologie

La région de Bougaa est caractérisée par un climat subhumide avec un hiver humide et un été chaud. La pluviométrie annuelle oscille entre 500 et 800 mm selon l'altitude et une température moyenne annuelle de 16.1 °C [6].

Du point de vue hydrogéologique le massif de Guergour est caractérisé par un réseau de fractures très dense et très complexe ; la présence d'un réseau karstique comblé par des sédiments ferrifères avec la présence d'une source à fort débit au niveau du village de Ain Roua. Cette karstification permet l'émergence d'un certain nombre de petites sources dans les colluvions de pente et dans la partie altérée du sommet du bed-rock. La région est caractérisée par la présence d'une importante source d'eau chaude à Hammam Guergour traduisant la présence d'un réservoir hydrothermal fort important.

## 2.5 Ensembles lithologiques

Les observations du terrain et les reconnaissances par sondages carottés [1 ;2 ;4], permettent de constater que le terrain est très hétérogène. Fig. 4. Ces terrains sont de deux types :

### 2.5.1 Les formations de pente

#### *Les dépôts de pente fins (colluvions)*

Ils sont représentés par des argiles beiges, brunes à jaunâtres renfermant parfois des graves et cailloux ou encore de fragments rocheux de petites dimensions peu usés. Ces dépôts colluviaux couvrent de grandes surfaces du versant, ils sont de granulométries fines, issues de formations meubles plus anciennes. Il présente une épaisseur très variable (2 à 20m).

### *Les dépôts de pente grossiers*

Ce sont d'anciens éboulis fixés dans une gangue argileuse. La granulométrie de ces formations est très hétérogène et grossière avec des éléments métriques fréquents. Nous associons à cette catégorie, les éboulis consolidés avec de gros blocs de calcaire et de brèche à ciment limono-argileux rougeâtre.

### *Les alluvions anciennes*

Elles couvrent l'étendue plate le long de Oued Anser dans la zone nord-est de la carte. Ces alluvions sont formées par des graves et de cailloux enrobés dans une matrice limono-argileuse.

### *Les matériaux de dépôts (les remblais)*

Les remblais sont constitués de terre végétale, limons, argiles, et de fragments de roches diverses, leur épaisseur est variable (1 à 5m).

### 2.5.2 Le matériau rocheux

#### *Les argilites schisteuses grises à brunes, à boules jaunes*

Cette formation constitue le substratum et se présente sous forme d'affleurement dans les zones hautes et centrales. Ces roches relativement dures forment un relief plus ou moins accusé, elles sont parfois légèrement calcaire avec quelques bancs de calcaire marneux.

#### *Les calcaires à silex*

Ces calcaires ont un affleurement très limité et très réduit, ayant un pendage vers le Nord.

## 3 IDENTIFICATION GÉOTECHNIQUE

### 3.1 Caractéristiques géomorphologiques

Le travail de terrain [1 ;2 ;4] a permis de faire un levé géologique et géomorphologique détaillé de la région qui a abouti à la réalisation de la carte des indices Fig. 5. Cette carte traduit la présence de glissements anciens au nombre de quatre localisés sur les colluvions et de glissements récents au nombre de onze localisés en major partie sur les éboulis à blocs; tous ces mouvements sont associés à des pentes moyennes à fortes. On remarque également la présence d'un réseau de ruisseaux qui converge vers le Nord et quatre zones humides installés sur les formations de pente qui suggèrent un écoulement d'eau souterraine. Toutefois le travail de terrain a permis de constater, selon les dommages causés aux constructions, l'existence de deux couloirs de glissement de direction NW-SE.

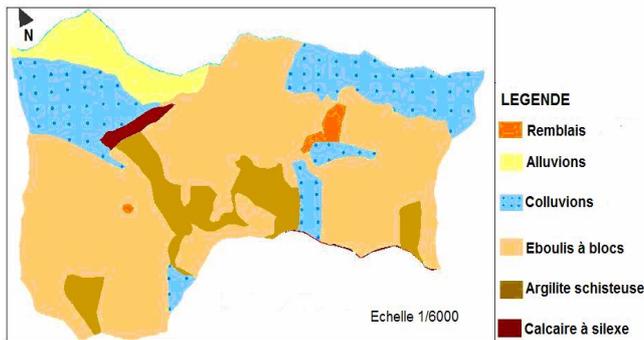


Figure 4: Carte lithologique de la région de Bougaa.

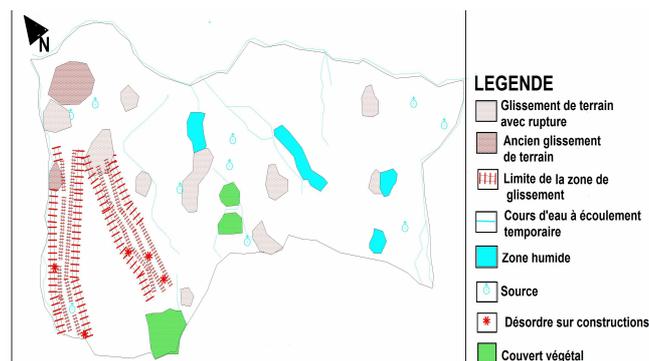


Figure 5: Carte des indices de glissement de la région de Bougaa.

### 3.2 Essais de pénétration

Neuf essais de pénétration statique ont été réalisés dans la zone de glissement [8]. Ces essais ont traversé l'argilite et ont donné une résistance moyenne allant de 10 et 30 bars à la rupture. Cette résistance augmente avec la profondeur pour atteindre 40 bars.

Ces essais de pénétration au nombre de 31, ont permis de déceler les horizons suivants:

- Un horizon de portance moyenne à forte pour lesquelles la résistance dynamique en pointe est comprise entre 30 et 80 bars, d'une épaisseur allant de 2 à 10 m. Cet horizon correspond aux dépôts fins argileux (colluvions) de bas de pente.

- Sous cet horizon de surface, on rencontre des argilites altérées caractérisées par une résistance en pointe qui croit avec la profondeur (80 à 120 bars).
- Le dernier horizon correspond à l'argilite saine plus ou moins indurée où l'on enregistre généralement un refus.

### 3.3 Caractéristiques géomécaniques des formations de pente

Des essais réalisés sur des échantillons intacts [4] ont montré la présence des formations fines de pente type argiles (colluvions) dont les caractéristiques ont été reportées dans le tableau 1.

L'analyse granulométrique montre que ces colluvions forment un sol fin et hétérogène. Les éléments inférieurs à 80 microns représentent entre 42 et 98 % et ceux inférieurs à 2 microns représentent 2 à 68 %.

La limite de liquidité est en général comprise entre 33,5 et 80% et la limite de plasticité varie entre 20 et 35% alors que l'indice de plasticité est compris entre 20 et 41,8

La représentation des résultats sur le diagramme de plasticité montre que la partie fine (<42 $\mu$ ) est constituée en grande partie (66 %) d'argile de forte plasticité, d'un faible pourcentage (26 %) d'argile de plasticité moyenne et d'un très faible (8%) pourcentage de limon de haute compressibilité.

Les essais sur l'argilite Tableau 2, ont montrés que cette dernière est caractérisée par un indice de plasticité qui varie entre 20,4 et 30, une limite de liquidité comprise entre 43,8 et 62, les écarts types sont nettement serrés par rapport a ceux des formations de pente traduisant ainsi une formation plus ou moins homogène. Cette concentration se remarque sur le diagramme de plasticité où la partie fine est constituée soit d'argile très plastique soit d'argile peu plastique.

En ce qui concerne la résistance a la compression simple (Rc) les valeurs sont comprises entre 0,15 et 3,23 bars Pour tous les échantillons, le matériau a un comportement à tendance fragile ou tendre.

Tableau 1: Caractéristiques géomécaniques des formations de pente

Paramètres	4	% < 80 $\mu$	% < 2 $\mu$	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Wn (%)	WI (%)	4.1 Ip 4.2 (%)	Cu (bar)	$\phi_u$ (°)
Min		42	14	1.43	14.07	33.5	15.9	0.15	2
Max		98	72	1.95	32.58	80	41.8	1.15	19
Moy		79.47	43.84	1.65	22.66	56.38	28.9	0.44	9
Ecart-type		14.19	14.70	0.11	1.23	10.53	5.67	0.22	5
Nb essais		46	46	52	52	50	50	15	15

Tableau 2:Caractéristiques géomécaniques de l'argilite

Paramètres	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	WI (%)	Ip(%)	CaCo3 (%)	Rc (bar)
Min	1.60	43.8	20.4	2.32	0.15
Max	2.44	62	30	32	3.23
Moy	1.93	50.06	25.18	17.49	1.39
Ecart-type	0.275	0.275	3.10	8.71	1
Nbre d'essais	17	11	11	25	14

## LEGENDE DES TABLEAUX 1 ET 2.

$\% < 80\mu$  : % des particules inférieure à 80  $\mu\text{m}$ ;

$\% < 20\mu$  : % des particules inférieure à 20  $\mu\text{m}$ ;

$\gamma_d$  : Densité sèche des particules en (t/m<sup>3</sup>)

Wn : la teneur en eau naturelle (%);

WI : limite de liquidité;

Ip : indice de plasticité;

Cu : la cohésion non drainée

$\phi_u$  : Angle de frottement non drainé;

CaCo3 : teneur en carbonates ;

Rc : la résistance à la compression simple.

## 4 SYNTHÈSE

Les observations faites sur le glissement de Bougaa montrent que la formation superficielle d'argilites parfois altérées favorise l'infiltration des eaux de ruissellement et l'installation d'une nappe perchée sur la roche mère. La présence d'une formation calcaire karstifiée permet le déversement des eaux infiltrées au niveau de l'épikarst, aggrave la situation. La présence d'une importante quantité d'eau dans ces argilites permet leur passage à l'état plastique puis liquide ce qui est un facteur déclenchant du glissement surtout sur des pentes > 20 %. En réalité les causes de ce glissement sont multiples et variés mais le principal agent est l'eau qu'il est difficile de contrôler dans une région où les ressources en eau de surface et souterraines sont importantes.

## 5 CONCLUSION

Les causes du glissement de Bougaa sont multiples et diverses. Il est difficile de différencier la part de responsabilité de chacune au moment du mouvement. L'eau

reste l'agent prépondérant, il est le moteur et le catalyseur de la plupart des facteurs en présence d'une lithologie, une structure et un climat très favorables.

Sous l'action de l'eau, la déformation mécanique des argiles qui forment la fraction dominante des formations géologiques du versant est la cause principale. Les formations riches en argiles sont généralement imperméables à l'eau, cependant, la disposition structurale et l'intervention humaine ont amplifié la densité des zones de faiblesse qui permettent une imbibition en profondeur des argilites. Les matériaux étant préparés, il ne restait que l'action de la pesanteur et de la gravité. Celle-ci a été facilitée par le sapement de base par l'Oued Bousselem et ses affluents.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] BENYAHIA, S. 2006. cartographie géotechnique de la ville de bougaa; mémoire d'ingénieur univ. Batna.160 p.
- [2] DJENBAS 2008.caractérisation géologique et géotechnique des glissements de bougaa ; 2<sup>ème</sup> colloque international terre et eau Annaba.
- [3] KAZI TANI M.N., OUSSEDIK M.M. 1977. Carte géologique de l'Algérie. Feuille de Bousselem.au 1/50 000. Ministère de l'industrie et de l'énergie. Algérie.
- [4] L.T.P.E 2002. rapport interne : étude géotechnique de glissement de terrain ville de bougaa, 35p.
- [5] MEBARKI A. 2009. Ressources en eau et aménagement en Algérie. Les bassins hydrographiques de l'Est. Office des Publications Universitaires, Algérie, 389 p.
- [6] Vila J. M. 1980. La chaîne alpine d'Algérie orientale et les confins algéro-tunisiens. Thèse de Doctorat. Université Pierre et Marie Curie. Paris VI, France.
- [7] Wildi W. 1983. La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. Revue de géologie dynamique et de géographie physique, Paris, Masson, 10, 201-297