



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Larbi Tébessa –Tébessa-

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Des Science de la Terre et l'Univers

MEMOIRE DE MASTER

Domaine: Science de la Terre et l'Univers

Filière: géologie

Spécialité : Géologie de l'Ingénieur et géotechnique

Thème:

**Etude de la stabilité et proposition des remèdes
d'un glissement de terrain sur la route reliant
Khenchela – Djellal au niveau du Pk111**

Présenté par :

Lekmine walida

Salhi Afaf

Devant le jury:

Président Dr Bobaya Djamel ; maitre de conférence A. Université Larbi Tébessa

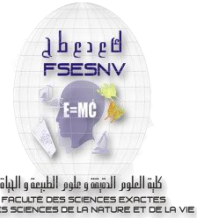
Examineur ; Athamnia Djamel ; maitre de conférence A Université Larbi Tébessa

Dr Athamnia Université Larbi Tébessa

Rapporteur : Pr. Fehdi Chemseddine ...professeurUniversité Larbi Tébessa

Date de soutenance: jeudi 02 juin 2020

Note : Mention :



Dédicace

AFAF

Avec tout honneur et fierté, je dédie ce modeste travail de recherche

A ma chère maman « **OUM Elkhir** » qui m'a aidé par son encouragement durant toute ma vie.

A mon cher papa « **MADANI** », ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as Déployés pour mes études. J'implore le tout puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

A mon encadreur : « **Pr. Fehdi Chemseddine** »

A mes chers frères ; **IMAD, HICHEM**

A mes chères sœurs : **IMENE, SALOUA**

A mes Cher petit : **RASSIM**

Et à leurs parents : **NADIA, TAYAB**

Et spéciale à mon cher : **CHARAF EDDINNE**

A mes chères Copines: **WALIDA, MANAR, SARA, SAWSAN, BESSMA, BOUTHIANA, HAKIMA,**

SAJIDA, SAMERE, HANA, IMEN CHAIMA, WARDA, LOUBNA, HANAN, KAWTHAR.

A tous **mes amis**

A toute la promotion de deuxième année master 2019-2020.

Dédicace

Avec tout honneur et fierté je dédie ce modeste travail

A mes chères parent « **BANNECER** » et « **AICHA** » qui m'a vraiment aidé par son

encouragement durant tout ma vie

A mes chères sœurs : **NAZIHA, HANA**

A mes chers frères : **MOURAD, KACEM, YAZID.**

A mon encadreur « **Pr. Fehdi Chemseddine** » qui m'aider par son encouragement, son

soutien durant mes études

À tous les membres de ma famille qui m'ont entouré de soins. **ADEL, HAFIDHA,**

CHIHAB, TADJDINE, YAZAN, SADJIDA.

A tous mes amis **SAWSAN, SARA, AFAF, SANA, KHEWLA, MALAK, HANAN,**

KAWTHER.

A tous la promotion de master 2019- 2020.

Remerciement

Afaf

Je remercie d'abord Allah qui m'a donné la force et la patience pour achever ce modeste travail et le courage durant mes études.

Je remercie également à mon très cher père et ma très chère Mère ma mère pour l'encouragement et le soutien qu'il m'a apporté.

Je remercie également à mon très cher père et ma très chère Mère ma mère pour l'encouragement et le soutien qu'il m'a apporté.

Je remercie mes frères, mes amis, mes collègues pour soutien moral et aide.

A d'autre cote :

Walida

Je tiens à remercier tout d'abord Dieu qui nous a donné la santé, le Courage et la patience pour mener à bien ce modeste travail

De plus cela ne me cache pas de remercier ma sœur **HANA**, qui m'ont beaucoup aidé et qui travaillent à la direction des travaux publics, en termes scientifiques et en termes d'encouragement.

Nous voudrions remercier particulièrement notre encadreur « **Pr. Fehdi Chemseddine**

» pour avoir accepté ses précieux conseils et sa patience et tous les efforts inestimables

qu'elle m'a fournis.

Mes plus remerciement vont aussi aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon

travail.

Mes plus remerciements aussi a les amis de promotions de master deux

2019-2020.

Résumé

Les glissements de terrain sont des phénomènes très dangereux qui dépendent de plusieurs paramètres et critères très répandus en Algérie.

L'étude présentée dans ce mémoire a pour but d'analyser la stabilité et de proposer des remèdes à un glissement de terrain sur la route reliant Khenchela – Djellal au niveau du PK 111.

Pour cela, il faut tenir compte de ces phénomènes et de leurs dangers, et prendre les précautions convenables pour détecter les zones instables afin de trouver les meilleures solutions de protections ou de traitement.

D'après les essais géotechniques au laboratoire et les reconnaissances in situ effectués dans la zone d'étude, nous avons proposé des variantes pour la stabilisation et le confortement du talus ainsi que l'assainissement sur la route nationale RN 83 entre le PK 173+000 et le PK 220+000. En fonction du degré de risque, on a proposé des parades actives ou passives à savoir :

Ecran pare-blocs, merlon pare-blocs, grillage pendu pour les parades passives. -
Purge/ déroctage, béton projeté, grillage plaque pour les parades actives.

En ce qui concerne l'assainissement, on a recommandé d'assurer le parfait fonctionnement des ouvrages d'assainissement, réparer tous les regards détériorés, collecter toutes les habitations au réseau d'assainissement, réaliser des fosses en terre tout le long de la route, et en béton à l'endroit des habitations.

Mots clés : glissement, route, laboratoire, stabilisation, géotechnique, remèdes, essais.

ملخص

انزلاق الأرضية ظاهرة خطيرة للغاية تعتمد على العديد من المعايير وهذه المعايير مستخدمة على نطاق واسع في الجزائر.

تهدف الدراسة المقدمة في هذه الرسالة إلى تحليل استقرار واقتراح علاجات الانهيار الأرضي على الطريق الذي يربط خنشلة - جلال عند مستوى النقطة الكيلو ومترية 111. كما يجب الأخذ بعين الاعتبار هذه الظاهرة ومخاطرها وأخذ الاحتياطات اللازمة والتقيب على المناطق المعرضة للانزلاقات من أجل إيجاد أحسن الحلول للحماية والعلاج

بناء على تجارب الجيوتقنية في المخبر والمعارف التي أجريت في الموقع (منطقة الدراسة) لقد اقترحنا متغيرات لتحقيق الاستقرار وتعزيز المنحدر كما أنه يتم تطهير الطريق الوطني رقم 83 - الواقعة بين النقطة الكيلومترية 173 + 000 و 220 + 000 بناء على درجة الخطورة اقترحنا عروض نشطة سلبية وهي:
درع كتلة، حارس كتلة، شبكة سلكية هذا فيما يخص العروض النشطة أما العروض السلبية هي كالتالي:

تطهير، تآكل الصخور، خرسانة الحماية، شبكة سلكية
فيما يخص التطهير كان من الجدير ضمان السير الحسن لمؤلفات التطهير أو التعقيم،
تصليح قنوات الصرف الصحي المعطلة، تجميع كل السكان على شبكة التعقيم، وإنشاء
حفر بخرسانة في الأرض على طول الطريق حيث يعيش السكان

الكلمات المفتاحية: انزلاق أرضي، طريق، مخبر، استقرار، تقنيات جغرافية، علاجات تجارب.

Abstract

Landslides are dangerous phenomena that depend on different parameters and criteria, which are frequent in Algeria.

The study presented in this thesis has to analyse the stability and proposal of remedies for a landslide on the road connecting Khenchela - Djellal at the level of PK 111.

Much can be given to these phenomena and their dangers; therefore, it needs to take proper precautions to detect unstable areas to find out the best solutions for protection or treatment.

According to the geotechnical tests and the reliable reconnaissance carried out in the study zone. We suggested variants for the stabilization and reinforcement of the slope as well as sanitation on the national road RN 83 between PK173+000 and PK220+000.

Depending on the degree of risk, we proposed active or passive displays namely:

Block screen, block barrier, hanged wire mesh for passive display. Purge/rock erosion, shotcrete, and wire mesh plate for active displays. Regarding the sanitation, it was recommended to ensure the perfect functioning of the sanitation works, repair all deteriorated manholes, collect all dwellings in the sanitation network, make earthen pits all along the road, and on concrete at the place of dwellings.

Keywords: landslide, road, laboratory, stabilization, geotechnics, remedies, tests.

Table des matières

- ملخص-

- Abstract

- Résumé

- Dédicace

- Remerciements

-Introduction Générale

<u>Chapitre 01: cadre générale</u>		
Numéro de titre	Titre	Page
Introduction		
1	Aperçu géographique	2
1.1	Situation géographique	2
1.2.	Relief physique et hydrographie	5
1.3	Milieu naturel	7
1.3.1	La flore	7
1.4	Milieu humain	7
1.4.1	La population	7
1.4.2	L'agriculture	8
1.4.3	L'industrie	8
1.4.4	L'habitat	8
1.5	Infrastructures routières	8
Conclusion		

Chapitre 02 : Aperçue géologique et tectonique

Introduction

2.1	Géologie	11
2.1.1	La géologie générale de la Willaya de Khenchela	11
2.2	Aperçu tectonique	15
2.2.1	La tectonique	15

Conclusion

Chapitre 03 : hydro climatologie

Introduction

3.1	Climatologie de la zone d'étude	17
3.2	Caractéristiques climatiques de la région d'étude	17
3.2.1	Les précipitations moyennes mensuelles, saisonnières et annuelles	19
3.2.2	Etablissement du bilan hydrologique	22
3.2.2.1	Analyse des différents éléments du bilan	23
3.2.2.2	Bilan hydrologique Selon la méthode de C.W. Thornthwaite	25
3.3	Etude hydrologique	27
3.3.1	Etude hydrologique	27
3.3.2	Réseaux hydrographiques	28
3.4	Caractéristiques morphologiques des bassins versants	29
3.4.1	Surface du bassin versant	30
3.4.2	Altitude moyenne	30
3.4.3	Détermination du temps de concentration	30
3.5	Etude hydraulique	32
3.5.1	Débit d'apport et débit capable de l'ouvrage hydraulique	32
3.5.2	Choix du coefficient de ruissellement	33
3.5.3	Choix de la période de retour T (Ans)	34

3.6	Projection des ouvrages hydraulique	34
Conclusion		
<u>Chapitre 04 : Conditions géotechniques</u>		
Introduction		
4	Contexte Hydrologique et Hydrogéologique	39
4.1	Objet et déroulement de l'étude	40
4.1.1	Reconnaissance géotechnique	40
4.1.2	Programme de la reconnaissance	40
4.1.3	Exploitation des données de la reconnaissance in situ	41
4.1.4	Lithologie La coupe ci-dessous donne la succession lithologie au droit du sondage réalisé	41
4.1.5	Synthèse de la lithologie	42
4.2	Essais géotechniques en laboratoire	43
4.2.1	Programme des essais	43
4.2.2	Présentation des résultats	43
4.2.3	Interprétation des résultats L'examen des valeurs des différentes caractéristiques	43
4.2.4	Synthèse sur les caractéristiques physiques	43
4.2.5	Résistance à la compression	44
4.2.6	Synthèse sur les caractéristiques mécaniques	44
4.3	Description du massif rocheux	45
4.3.1	RQD	47
Conclusion		
<u>Chapitre 05 : le problème d'un glissement et les remèdes proposé</u>		
Introduction		
5.1.1	Classification des mouvements de terrain	50
5.1.2	Glissements de terrain	50
5.1.2.1	Les glissements proprement dits	50
5.1.2.2	Glissement par fluage et coulée boueuses	52
5.1.3	Principales causes des mouvements de terrain	53
5.2.1	les falaises	54
5.2.2	Les éboulements rocheux	54

5.3.1	Facteurs intervenant dans la chute de blocs	56
5.3.1.1	Facteurs de prédisposition	56
5.3.1.2	Facteurs de déclenchement	56
5.4	Caractérisation des instabilités	57
5.4.1	Les différents modes de rupture-Mécanismes d'instabilités	58
5.4.1.1	La propagation	59
5.5	Carte de l'aléa de départ	60
5.6	Méthodologie de détermination des risques	61
5.7	Dommages potentiels	64
5.8	Niveau de dommages potentiels	64
5.9	Interprétation des résultats	66
5.10	Fiches Sectorielles	70
5.11	Profils des secteurs	75
5.12	Cartographie des niveaux de risque	78
5.13	Mesures de protection	81
5.14	Reportage photographique	87
5.15	Résultats des étudiants (RMR, SMR, RQD...)	91
5.16	Proposition des variantes	91
5.17	Assainissement	103
5.17.1	Etat des lieux	103
5.17.2	Recommandations	105
Conclusion		

Liste des tableaux

Numéro de tableau	Titre de tableau	Page
Tableau 01	présente les daïras et communes de la Wilaya de Khenchela	2
Tableau 02	coordonnées GPS des trois zones du projet	4
Tableau 03	présent les taux d'emplois en (%)	8
Tableau 04	longueur du réseau routier par secteurs	9
Tableau 05	Coordonnées de la station climatologique du bassin versant d'oued El Arab	17
Tableau 06	Les précipitations à la station de Babar	19
Tableau 07	Températures moyennes mensuelles à la station de Babar pour la période (1980-2015)	21
Tableau 08	Calcul de l'ETP selon C.W. Thornthwaite à la station de Babar	23-24
Tableau 09	Les différentes valeurs de l'ETR	25
Tableau 10	Le bilan hydrologique à la station de Babar	26
Tableau 11	Caractéristiques morphologique et hydrographique du bassin versant	32
Tableau 12	Coefficient 1 (C1)	33-34
Tableau 13	Coefficient 2 (C2)	34
Tableau 14	Coefficient 3 (C3)	34
Tableau 15	Localisation des deux (02) sites	39
Tableau 16	Présent les coordonnées d'un sondage.	41
Tableau 17	Présentation des résultats L'ensemble des résultats est récapitulé	43
Tableau 18	Présentation des classes de résistance en compressions uni axiale (RC) et moyen utilisé excavation	44
Tableau 19	présent la qualité du massif rocheux	47
Tableau 20	RQD des carottes et la profondeur des carottes L>10 cm	47

Tableau 21	Principaux processus d'évolution des compartiments rocheux (d'après LCPC, 2004)	57
Tableau 22	Définition et critères d'évaluation des niveaux d'aléa chutes de blocs	60-61
Tableau 23	Nbre d'instabilités sur la zone de départ appart ire de synthèse aléa d'écroulement	63
Tableau 24	Nbre d'instabilités sur la zone de départ appart ire de Synthèse aléa d'écroulement	63
Tableau 25	présent Alea résultant : (Niveau de risque, Niveau de dommages)	65
Tableau 26	Fiches Sectorielles	70-71
Tableau 27	Profils des secteurs	75-76
Tableau 28	Reportage photographique	87-88
Tableau 29	résultat de RQD	91
Tableau 30	résultat de RQD	91
Tableau 31	proposition des variantes	92

Liste des figures

Numéro de figure	Titre de figure	Page
Figure 01	Localisation de la zone d'étude	3
Figure 02	localisation de la commune dans la wilaya de Khenchela	3
Figure 03	Localisation des deux sites	4
Figure 04	Image satellite de la zone d'étude	5
Figure 05	Etat initial de la partie de la RN83 concernée par le projet	5
Figure 06	Cours d'eau dans la zone d'étude	6
Figure 07	Distribution de population par tranche d'âge (ONS. 2008)	7
Figure 08	Réseau routier de la wilaya de Khenchela (MTP)	9
Figure 09	La géologie de la région de Khenchela (R Laffitte, 1939).	13
Figure 10	Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (établie d'après Côte, 1998a in Mébarki, 2005).	18
Figure 11	Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien. (A.N.R.H, 1993).	19
Figure 12	Variation des précipitations moyennes annuelles (station Babar)	20
Figure 13	Variation des précipitations moyennes mensuelles	20
Figure14	Variation des précipitations moyennes saisonnières	21
Figure 15	Variation mensuelle des températures à la station de Babar (1980-2015)	22
Figure 16	Représentation graphique du bilan hydrique	26
Figure 17	Carte des principales zones aquifères	28
Figure 18	Carte des réseaux hydrographiques de la wilaya de Khenchela	29
Figure19	Photo Autocad de bassins versants du projet	30

Figure20	Présent les Bassins versants du projet	30
Figure 21	présent un dessin d'un fossé triangulaire en béton	35
Figure 22	une photo qui présent le forage et le passage submersible	35
Figure 23	une photo qui présent les oued dans la zone d'étude	36
Figure 24	Photo qui présent (dalot hydraulique)	36
Figure 25	Photo qui présent (dalot hydraulique)	37
Figure 26	Photo qui présent dimension d'ouvrage projetés (pont).	37
Figure 27	Localisation des deux sites	39
Figure 28	les cours d'eau qui traversent la zone d'étude	40
Figure 29	sondeuse géotechnique utilisée	41
Figure 30	endroit de réalisation du sondage réalisé	41
Figure 31	caisse à carottes de 0.0 à 8.0m de profondeur	42
Figure 32	caisse à carottes de 8 à 12.5m de profondeur	42
Figure 33	photo illustrant les joints de stratification	45
Figure 34	photo illustrant les discontinuités subverticales	46
Figure 35	Glissement plan	51
Figure 36	Allure général du glissement rotationnel.	52
Figure 37	Glissement par fluage	53
Figure 38	Eboulement rocheux sur la RN 9 à AOKAS (BEJAIA)	55
Figure 39	Modes de rupture en versant rocheux d'après Hoek and Bray (1981).	59
Figure 40	Trajectoire de chute d'un bloc.	60
Figure 41	Zoning du Site 1 du PK191+600 au PK194+00.	66
Figure 42	Zoning du Site 2 du PK203+000 au PK203+692	67
Figure 43	Secteur 1 de la zone 1	67

Figure 44	Secteur 3 de la zone 1	68
Figure 45	Secteur 4 de la zone 2	68
Figure 46	Secteur 5 de la zone 3	68
Figure 47	Secteur 6 de la zone 3	69
Figure 48	Secteur 7 de la zone 3	69
Figure 49	Secteur 8 de la zone 4	69
Figure 50	Secteur 9 de la zone 4	70
Figure 51	Site 1 (Khenchela, RN83) : Du PK191+600 au PK194+000	78
Figure 52	la zone des risques (dessin avec des photos ; zone1, zone2, zone3, zone4)	80
Figure 53	Site 2 (Khenchela, RN83) : Du PK203+000 au PK203+692	81
Figure 54	Exemple de grillage pendu après l'éboulement.	82
Figure 55	Exemple d'écran de filet	83
Figure 56	Exemple de Merlon pare-blocs (a. Avant l'éboulement, b. Après l'éboulement).	83
Figure 57	Exemple de grillages plaqué	84
Figure 58	Exemple de confortement par boulon d'ancrage	84
Figure 59	Exemple de confortement par paroi de béton projeté	85
Figure 60	Exemple confortement par butée de soutènement	85
Figure 61	Exemple de déroctage et purge	85
Figure 62	traitement surfacique (grillage plaqué) et ponctuel (boulon d'ancrage)et soutènement (béton projeté ancré)	98
Figure 63	traitement surfacique grillage plaquéet traitement ponvtuel boulon d'ancrage .	100
Figure 64	Absence des fossés en terre	103
Figure 65	Trace de venue d'eau sur la falaise	104
Figure 66	Réseau d'assainissement	104
Figure 67	Dégradation d'un regard.	105

-Conclusion Générale

Introduction générale

La géotechnique est l'ensemble des applications des connaissances concernant les propriétés des sols, des roches, et des ensembles géologiques, notamment en vue de la construction d'ouvrage d'art (ponts, routes, immeubles.....).

La géotechnique étudie la sub-surface où l'action de l'homme est directe pour l'aménagement ou l'exploitation, et se propose de déterminer et de mesurer les propriétés physiques, mécaniques et chimiques des sols et leurs caractéristiques qui intéressent essentiellement le génie civil et compte tenu de celle-ci elle contribue aux choix et à la mise en œuvre des techniques spéciales Soient leurs dimensions et leurs distinctions.

Les recherches et les études des ouvrages d'art. Tendant à prendre à travers le monde une importance considérable, tant par la création de réseaux neufs que la jonction d'infrastructures nouvelles capables d'être le poumon de l'économie de domaine

D'une façon générale, une route est au sens littéral une voie terrestre (au niveau du sol ou sur viaduc) aménagée pour permettre la circulation de véhicules à roues.

Ce mémoire consiste à faire l'étude géotechnique et le dimensionnement d'un ouvrage d'art sur une voie ferrée au niveau de la route nationale numéro 83 dans la wilaya de Khenchela. Ce projet vise à :

- ✓ Augmenté la stabilité de terrain
- ✓ Décongestionner les zones urbaines ;
- ✓ Assurer la fluidité de trafic ;
- ✓ Garantir le confort et la sécurité des usagers ;
- ✓ Diminué le glissement d'un terrain

Nous allons traiter les principales étapes de l'étude géotechnique et étude de la stabilité et proposition des remèdes d'un glissement de terrain et faisabilité de la réalisation de cet ouvrage d'art selon l'organisation suivante :

Introduction générale

Chapitre I : aperçue géographique et géomorphologique

Chapitre II : aperçue géologique et tectonique

Chapitre III : Hydroclimatologie

Chapitre IV : condition géotechnique

Chapitre VI : le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Conclusion générale

Introduction

Deux sites de falaise sur la RN83 situés respectivement du PK191+600 au PK194+000 (site 1) et du PK203+000 au PK203+692 (site 2) sur une longueur d'environ 3 km.

De procéder à un levé topographique d'une série des falaises sur la RN83 qui se localise entre la wilaya de Khenchela et la wilaya de Biskra.

L'établissement du levé topographique de ce site, constitue un élément essentiel pour l'étude de projet.

Le présent rapport topographique comporte :

- Le levé topographique détaillé du site.
- L'établissement de la cartographie au 1/500.

Chapitre 01 : cadre générale

1. Aperçu géographique

1.1. Situation géographique :

✓ Localisation et description de site :

Djellal est une commune de la wilaya de Khenchela dans la région des Aurès, au nord-est de l'Algérie. La commune est distante de 75 km de la ville de Khenchela, et de 22 km de la commune de Chechar. Elle se localise entre les wilayas de Khenchela et de Biskra. Le village de Djellal est connu pour ses montagnes.

✓ La délimitation de la zone d'étude :

La délimitation de la zone d'étude consiste à cerner le territoire susceptible d'être touché par les travaux liés au présent projet. La délimitation facilitera, par conséquent, la connaissance des milieux physique, biologique et humain y afférents.

La zone d'étude touchée directement ou indirectement par le présent projet est toute la Wilaya de Khenchela et principalement les communes de Djellal et Chechar.

✓ Cadre administratif :

Sur le plan administratif, le projet concerne les communes de Chechar et Djellal de la wilaya de Khenchela. La Wilaya de Khenchela est située à l'Est du pays, au Sud -Est de la Constantinoise au contrefort du mont de l'Aurès s'étendant sur une superficie de Constantine située à l'Est du pays, au Sud-est du Constantinois et au contrefort du mont d'Aurès s'étendant sur une superficie de 9.715 km².

La Wilaya de Khenchela est limitée par les wilayas suivantes :

- Oum El Bouagui au nord ;
- Tébessa à l'Est ;
- Batna à l'Ouest ;
- El Oued au Sud ;
- Biskra au Sud- Ouest.

Le tableau 01 : présente les daïras et communes de la Wilaya de Khenchela :

Daïras	Communes
Khenchela (CLW)	Khenchela (CLW)
Kais	Kais, Taouzinet, Remila
Ain Touila	Aougrouit , Deldoul , Metarfa
El Hamma	El Hamma, Ensigna, Tamza, Baghaïa
Bouhmama	Bouhmama, Yabous, Chélia, M'sara
Chechar	Chechar, Djellal, Kheirane, El Ouldja
Ouled Rechache	El Mahmel, Ouled Rechache
Babar	Babar

Cadre géographique

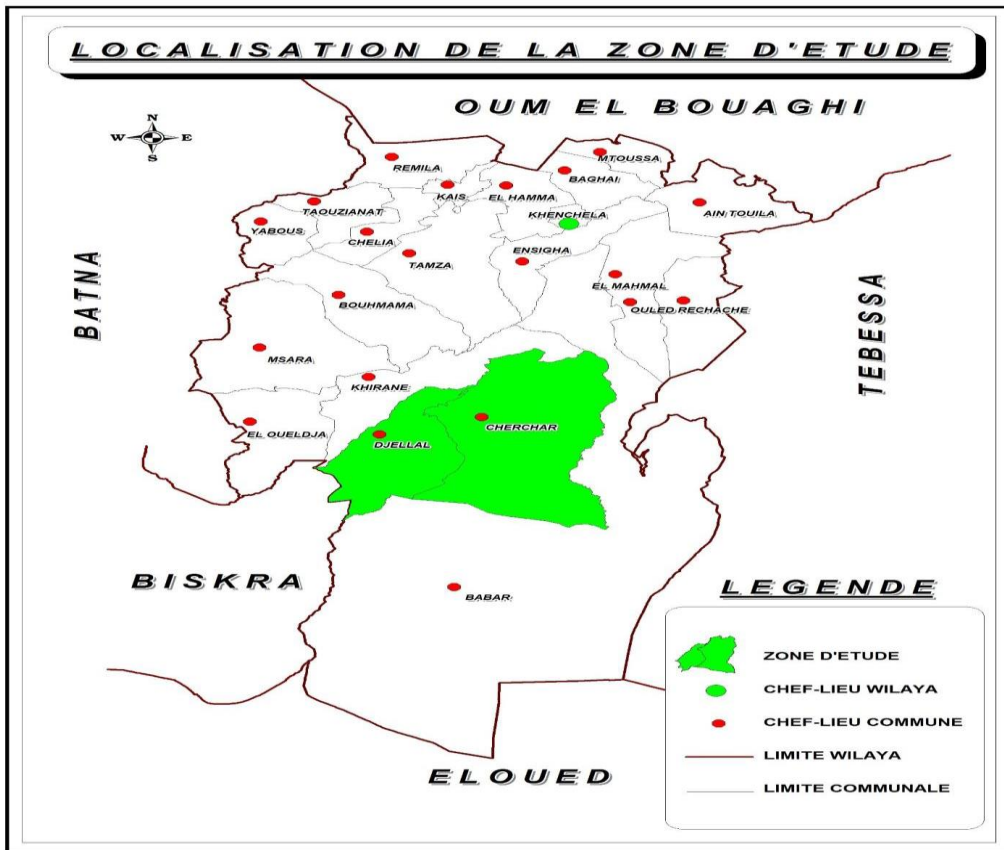


Figure 01 : Localisation de la zone d'étude

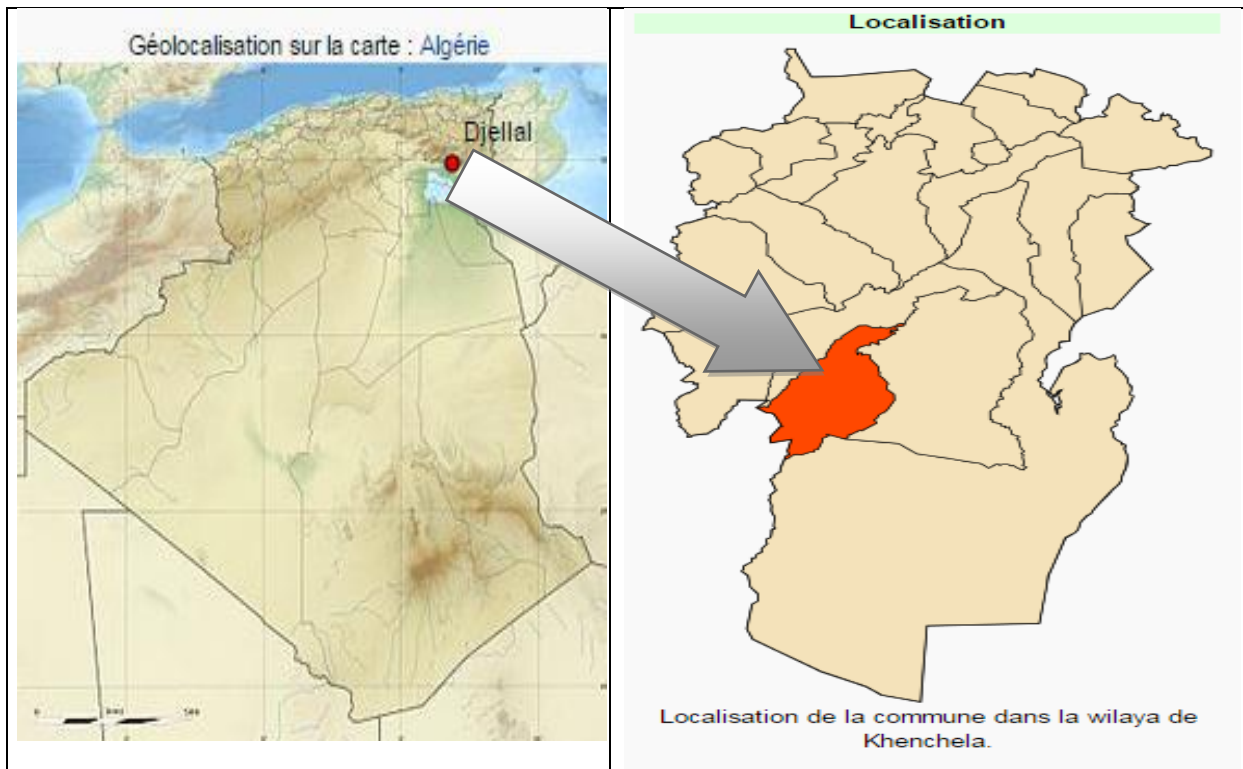


Figure 02 : localisation de la commune dans la wilaya de Khenchela

✓ Localisation

Les deux sites de falaise en question se situent sur la RN83 au sud-ouest de la ville de **KHENCHELA** (zone semi désertique), la figure suivante extraite de 'GOOGLE' montre les deux sites d'étude (Début et fin de chaque site).

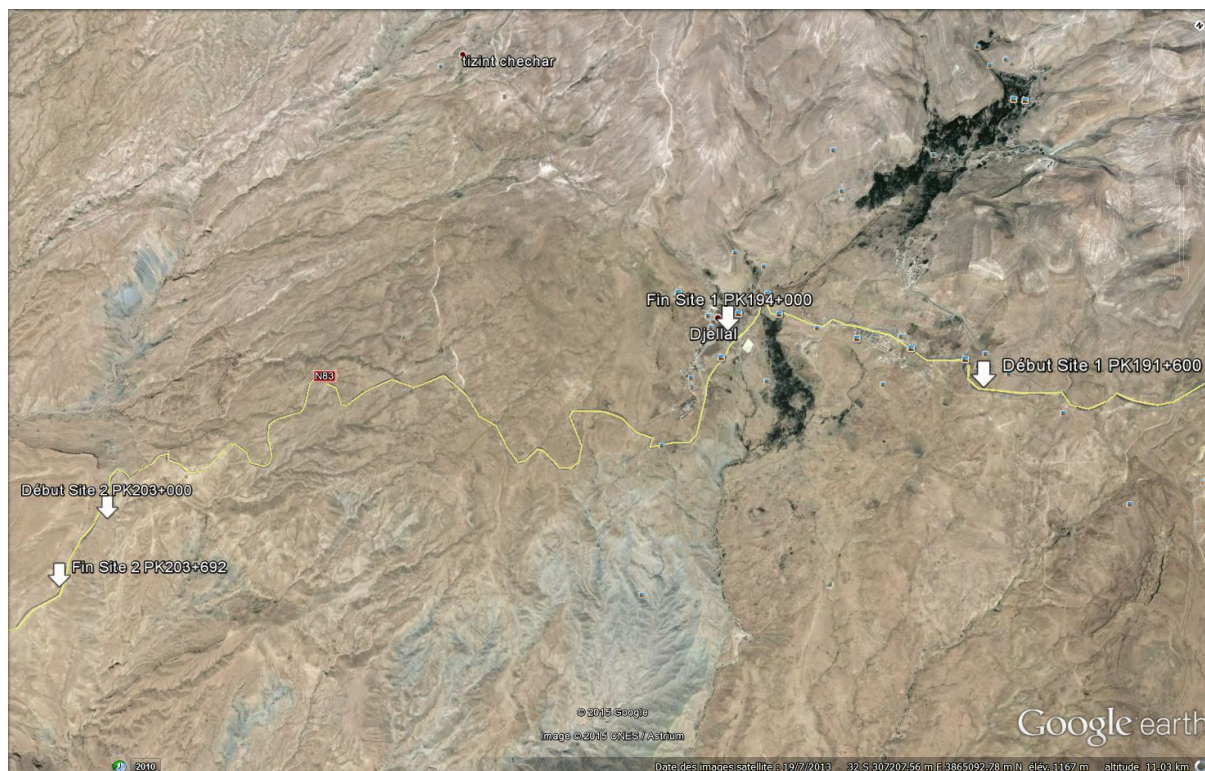


Figure 03 : Localisation des deux sites

Le présent projet compte trois zones appartenant à trois points différents de la RN83 appelées: Zone 1, zone 2 et zone 3.

Nous présentons dans le tableau ci-après les coordonnées de navigation du système GPS des trois zones du projet :

Tableau 2 : coordonnées GPS des trois zones du projet

PK	X	Y
Zone 1	34°55'31.72"N	6°54'37.06"E
Zone 2	34°55'21.13"N	6°53'40.43"E
Zone 3	34°52'36.97"N	6°51'22.37"E



Figure 04 : Image satellite de la zone d'étude



Figure 05 : Etat initial de la partie de la RN83 concernée par le projet

1.2. Relief physique et hydrographie :

a. Relief :

Cadre géographique

Le relief de la Wilaya de Khenchela est caractérisé par une hétérogénéité avec quatre (04) ensembles géographiques différents :

La zone montagneuse :

Elle est située essentiellement à l'Ouest de la Wilaya (Les Aurès), au centre (Les Nememchas) et au Nord-Est (Ain-Touila).

La région abrite le plus haut sommet montagneux du nord de l'Algérie représenté par le Mont de CheliaR'asKeltoum avec une hauteur de 2328 mètres.

Les plateaux :

Situés au Nord /Est (plateau de Ouled.Rechache) qui s'étendent sur les communes de Mahmel Et OuledRechache.

Les plaines :

Situées au Nord et Nord / Ouest de la wilaya, et comprennent Remila qui fut appelée Le Grenier de Rome, Bouhmama et M'toussa.

Les parcours steppiques et dépressions :

Se situent dans la partie méridionale de la wilaya et se caractérisent par des terres sablonneuses avec la présence de chotts constituant ainsi le point de convergence exutoire des oueds drainant le Sud de la wilaya.

b. Hydrographie :

La wilaya de Khenchela est drainée par deux (02) types d'oueds :

Ceux qui se dirigent vers le Nord et se déversent généralement dans la dépression du tarf Comme Oued Baghai, Oued Kais, Oued Boulefrais, Oued Tamzaetc...).

Les oueds se dirigeant vers le Sud pour se déverser dans les chotts, entre autre : Oued El Abiod, Oued El Arab, Oued Mellagou et Oued Bejer.



Figure 06 : Cours d'eau dans la zone d'étude

1.3 MILIEU NATUREL :

1.3.1. La flore :

La végétation existante dans la Wilaya de Khenchela est composée de trois (03) strates (Arbres, arbustes et plantes pérennes).

Les essences principales des forêts de la Wilaya sont le Pin d'Alep (97.746 ha), le cèdre (11.046 ha), le chêne-vert (13.451 ha), le genévrier de Phénicie et le genévrier oxycèdre...

Il a été recensé 398 espèces appartenant à 60 familles botaniques et à 231 genres, le nombre des espèces endémiques et de ce qui correspond à un taux d'endémicité de 58%.

A titre d'exemple, nous présentons ci-après la flore existante dans la zone d'étude.

1.4. MILIEU HUMAIN :

La Wilaya de Khenchela englobe 08 daïras et 21 communes. Le milieu humain est décrit sous ses composantes de données de population (sexe, âge, densité, répartition, activités,...), de données d'urbanisation, celles des activités et des structures sociales et enfin des données sur les infrastructures existantes.

1.4.1. La population :

La population totale de la wilaya de Khenchela est estimée à 414 550 habitants (au 31/12/2011) avec un taux d'accroissement de 1.7%, 52% de la population au-dessous de 24ans et 30% de moins de 15 ans, ce qui est un atout à exploiter dans les années à venir.

Sur le plan démographique les tranches d'âge de population sont présentées dans le tableau suivant :

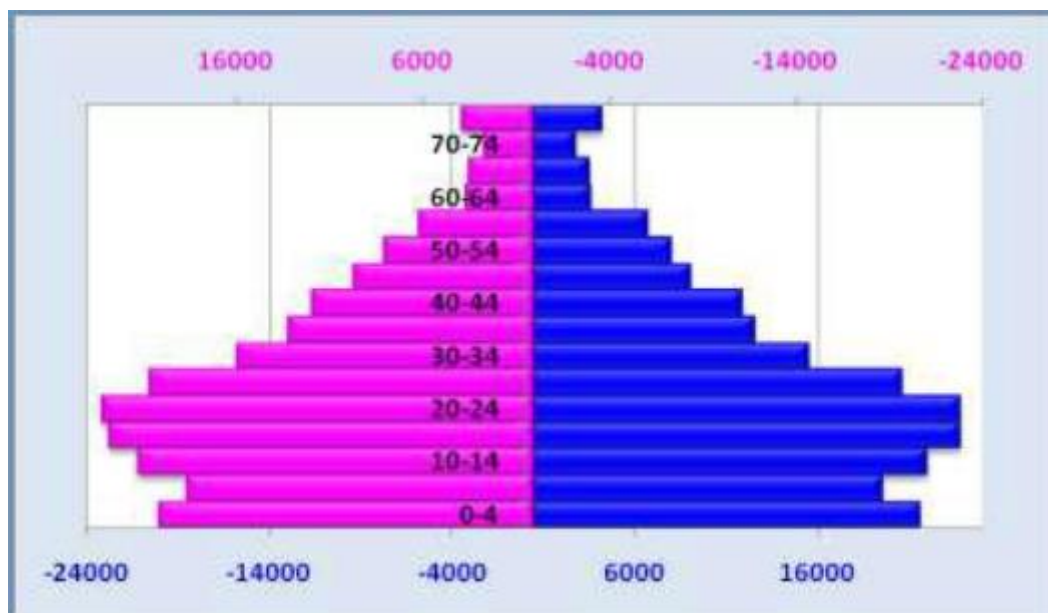


Figure 07 : Distribution de population par tranche d'âge (ONS. 2008)

L'emploi :

La population active dans la Wilaya de Khenchela en 2009 a été estimée à 128.140. Le taux de chômage dans la même année a baissé à 10.5% en 2009.

Le tableau suivant présente la distribution de la population selon les secteurs d'activité :

Tableau 03 : présent les taux d'emplois en (%)

Secteur d'activité	Taux d'emplois (%)
Agriculture	17
BTPH	55
Industrie	3
Santé	15
Services	2
Transport	8

1.4.2. L'agriculture

L'agriculture constitue la principale activité économique de la wilaya de Khenchela, avec une superficie agricole totale de 964 280 hectares et une superficie irriguée de 29 986 hectares. La population active dans le domaine agricole dans la Wilaya de Khenchela représente 35.7% de la population active totale.

1.4.3. L'industrie :

La wilaya de Khenchela est dotée de ressources naturelles métallifères (calcaire, argile, sable, alluvionnaires, gypse, etc...)

Ces richesses lui présentent le choix d'investissement dans différents types d'industries dont les projets suivants :

- Réalisation d'une cimenterie au lieu-dit (Djebel Chettaia) dans la commune d'Ensigna ;
- Réalisation d'une unité de traitement de la pierre d'ornement à Khenchela ;
- Réalisation d'une unité de traitement d'une sablière à Chechar.

La Wilaya de Khenchela comporte une zone industrielle au chef-lieu de Wilaya et 3 zones d'activités ainsi que d'autres en voie de création.

Le secteur industriel de la Wilaya couvre 7.2% de la population active soit 9850 en 2011.

1.4.4. L'habitat :

La wilaya de Khenchela a bénéficié dernièrement d'un quota de 4.000 logts sociaux (LSP) et 7.000 logts sociaux locatifs. De même, un programme supplémentaire de 16.000 logements sociaux locatifs a été lancé incessamment à travers les 21 communes. Pour l'habitat rural, sur plus de 15.000 unités inscrites, 9.201 sont en cours de concrétisation.

1.5. Infrastructures routières :

Cadre géographique

Le réseau routier de la wilaya de Khenchela est divisé comme suit :

Tableau 04 : longueur du réseau routier par secteurs

Désignation	Longueur (km)
Routes Nationales	281,77
Autoroute Est-ouest	0
Chemins de wilaya	742,6
Chemins communaux	1.585

La wilaya de Khenchela ne dispose pas d'aéroport national ou international. Elle est par contre entourée par des aéroports au niveau des Wilayas adjacentes.

La figure ci-après décrit le réseau routier de la Wilaya de Khenchela réalisé par le Ministère des Travaux Publics.

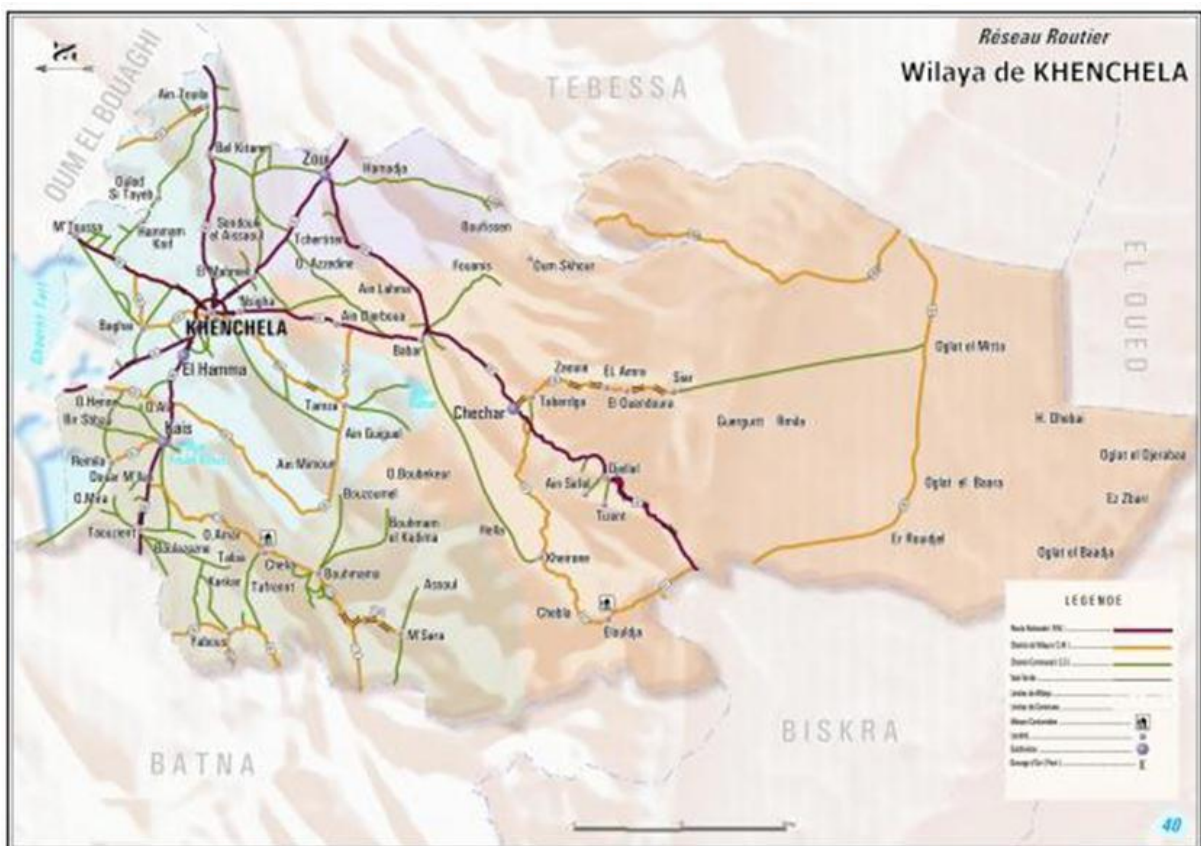


Figure 08 : Réseau routier de la wilaya de Khenchela (MTP).

Conclusion

La zone étudiée est située dans le Sud-Est de l'Algérie, dans les confins Est de l'Atlas saharien et précisément au niveau de la chaîne montagneuse de Djebel Djehfa appartenant aux monts de Nememtcha. La plupart des habitants (plus de 20 000 habitants).

Chapitre 02 : Aperçue géologique et tectonique

Introduction

L'étude lithologique et stratigraphique des faciès permet de donner plusieurs informations pour la description des différents faciès et l'établissement d'une colonne stratigraphique synthétique des différentes strates, la synthèse géologique qui va être présentée a été réalisée sur la base de :

La carte géologique de Khenchela (203) au 1 : 50.000 et sa notice explicative

La wilaya de Khenchela appartient à une zone limitée au nord par l'accident nord-atlasique et au sud par la plateforme saharienne ; cette zone fait suite à l'Atlas Saharien au Nord-Ouest.

La partie centrale de la région est constituée par l'anticlinal des monts de Khenchela, orienté SW-NE et affecté par une fracturation de direction NW-SE.

Au Sud on rencontre les Monts de Nememchas et à l'Est, les Monts des Aurès.

2.1. Géologie

2.1.1. La géologie générale de la Wilaya de Khenchela

Le comportement géologique de la région d'étude a été inspiré des travaux et études Antérieurs réalisés sur le massif des Aurès, sur les hautes plaines steppiques et sur les zones Humides. La plupart de ces études ont été axées sur les caractères stratigraphiques, géomorphologiques, sédiment-logiques et structurales (Laffitte, 1939 ; Guiraud, 1973 ; Vila 1977 ; Houha, 1996 et 2007). D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs Géologues et en particulier par Laffitte (1939), les terrains les plus anciens sont attribués au Trias et les plus récents au Quaternaire. Selon Laffitte (1939) depuis le Trias, la région est le Siège de dépôts épicontinentaux à faciès divers et d'épaisseur variable. Dans cette période, la Région présaharienne représentait une plate-forme qui se caractérisait par l'accumulation de Différents sédiments. Du point de vue tectonique, la région présaharienne se rapporte à l'Atlas Tunisien séparé de l'Atlas saharien par le massif des Aurès avec un point culminant à 2328 m. La région de Khenchela se caractérise par la présence de trois (03) zones différentes qui Peuvent être distinguées comme suit (Figure 09) :

- Au Nord : on a le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, Steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garat El Taref ;

Les parties occidentales et centrales constituent la terminaison périclinale Nord-Est de La chaîne des Aurès, région caractérisée par les Diapirs triasiques ;

- La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememcha ; et plus au Sud, c'est La zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts.

Du point de vue tectonique, le territoire de la Wilaya de Khenchela est situé au Nord de la Flexure Sud atlasique. Les reliefs montagneux sont très accidentés caractérisée par la présence De plusieurs failles. On rencontre deux principales familles : la première correspond aux plus Grandes failles de direction Est-Ouest à Nord-Est=Sud-Ouest. La seconde celle des plus Petites failles de direction Nord-Ouest=Sud-Est. Ces deux types de failles sont verticaux. Il Est à noter que les Diapirs ou dômes triasiques se trouvant dans la partie orientale, empruntent

Aperçue géologique et tectonique

Généralement les zones de failles et de faible résistance pour remonter à la surface du sol et Affleurer. Du point de vue lithologie, on rencontre des calcaires, des marnes, des argiles, du Gypse, des sables, des grès et des conglomérats (Khabtane, 2010).

La géologie locale

Les formations représentées dans la zone d'étude sont (Figure 09) :

a. Le Crétacé supérieur

Il occupe une grande superficie à l'affleurement dans les Aurès et forme l'essentiel des affleurements Mésozoïques des confins des Aurès. Dans la région, il affleure au Djebel Aurès, Djebel Djahfa, Khenchela, Djebel Chettaia.

Aperçue géologique et tectonique

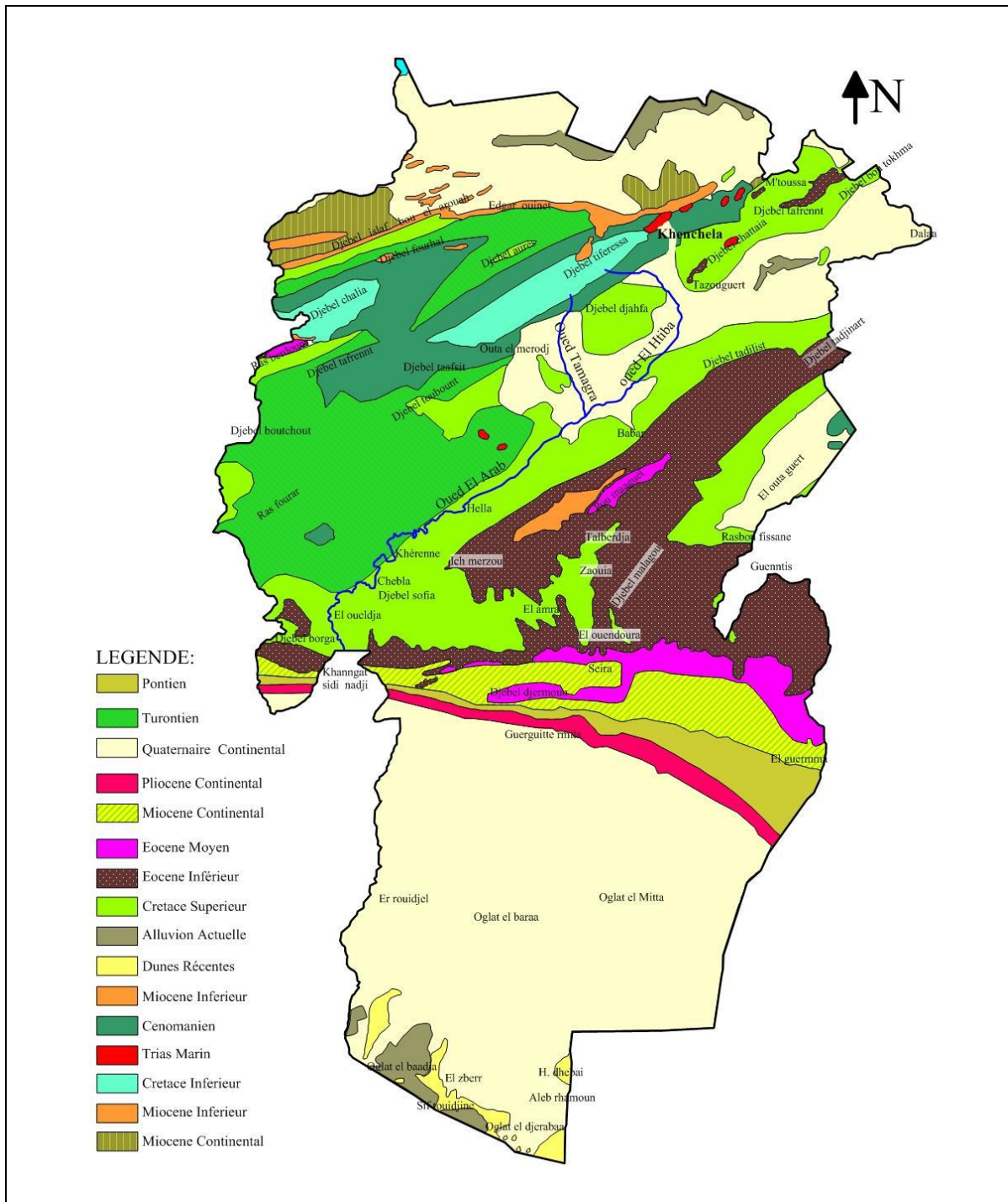


Figure 09 : La géologie de la région de Khenchela (R Laffitte, 1939).

Le Maestrichtien supérieur : est une assise constante et homogène de calcaires massifs Blanchâtres grumeleux, en bancs décimétriques ou métriques, à large stratification oblique Avec les empreintes d'incérâmes Cette formation contient des modules de silex et des tests De lamellibranches. Les principaux affleurements constituent le Djebel Tadleste et Djebel Bouzendag et le sommet de Djebel Djahfa. L'épaisseur de ces formations ne dépasse pas les 95 m. Cependant, le Maestrichtien inférieur est constitué par une alternance de marnes beiges Et de calcaires ocre ou beiges avec une épaisseur de 40 m. Tandis que le Campanien comporte à sa base une barre de marnes crayeuses, en bancs décimétriques où

Aperçue géologique et tectonique

Métriques. A la fin on a un passage de marne avec une épaisseur de 65 m. Au-dessus se Développe 150 m de marne noire à microfaune comparable qui est bien visible dans les Différentes parties du bassin versant surtout sur les limites Sud. Le Santonien et le Coniacien comportent de la marne avec à la base et au sommet quelques barres de marnocalcaires.

Cette formation se trouve essentiellement sur le flanc Sud du Djebel Djehfa et Ne Dépasse pas les 100 m (Vila, 1981).

b. Le Crétacé moyen

Le Turonien occupe des intercalations calcaires et crée une barre bien visible dans la Morphologie au Nord-Ouest du bassin. Le Turonien comporte, en effet, au-dessus des marnocalcaires de base, un ensemble de marnes beiges et des calcaires. Le Turonien est schisteux à la base, calcaire dans la partie moyenne et marno-calcaire au sommet. L'épaisseur du Turonien peut atteindre 800 m dans les faciès marnocalcaires se trouvant du cœur des Aurès (Bouafia H, 2015). Tandis que, le Cénomaniens, il est présent dans tous les grands anticlinaux des Aurès. Il est essentiellement calcaire-marneux. La partie inférieure est surtout marneuse.

La partie supérieure est constituée de bancs calcaires massifs mais peu épais. L'épaisseur de Cette formation est très variable, elle peut atteindre 500 à 600 m au cœur des Aurès. Le Cénomaniens comporte une série de marnes grises dans lesquelles s'intercalent des calcaires Fins argileux, une partie médiane formée de marnes grises, verts ou ocres, contenant parfois Du gypse diffus ainsi que des passées argileuses. Une série terminale constituée de marne et de calcaires formant une corniche (Bouafia, 2015).

c. Le Crétacé inférieur

Il couvre une grande partie des anticlinaux du Djebel Chelia, il affleure aussi au Kef Tifekressa, Ras Serdoun, Djebel Chenntgouma, Djebel Faraoun et Djebel Aidel. [Laffitte \(1939\)](#) a soigneusement décrit la plupart des faciès et c'est à partir de ses descriptions, Modifiées ou complétées en quelques points, par [Guiraud \(1973\)](#) qui résume de façon Schématique les principales variations observables.

Le Barrémien affleure au Nord-Ouest du bassin versant à (Dj. Aidel) sous forme d'une petite Bande locale. Sa lithologie est constituée essentiellement de matériaux détritiques (grés, Calcaires, gréseux, grés quartzeux, conglomérat et marnes vertes ou rouges). Cependant, L'Albien entoure régulièrement l'anticlinal de Khenchela en formant une ceinture plus au Moins continue au-dessus de l'Aptien. Il s'agit d'une alternance de grés et de marne grise, des Dolomies et des argiles grises. La limite inférieure correspond à une surface minéralisée dans Les limites Nord-Ouest du bassin à Djebel El Aidel et Tadlist avec une épaisseur totale De 160m. Alors que, l'Aptien est formé essentiellement à la partie basse par une alternance D'oomicrite, d'oosparite et de calcaire marneux. Cet étage est caractérisé par des calcaires Dolomitiques fortement minéralisées (fer, azurite, malachite, barytine) largement développés Au sommet des montagnes au N-W avec une épaisseur totale est de 330 m.

d. Le Quaternaire

Il couvre une très vaste surface (60%) de la surface totale du bassin avec une épaisseur assez Limitée. [Figure 09](#). Ceci induit des processus érosifs intenses qui provoquent le délavage des Formations superficielles sur les pentes raides (Gaagai, 2009). Les formations récentes sontlargement répondues dans cette zone elles forment en périphérie, de larges et d'épaissesnappes alluviales. Les dépôts quaternaires recouvrent la majeure partie des plaines,

Aperçue géologique et tectonique

ce sont des éboulis à blocs, alluvions récentes ou actuelles, terres arables, alluvions anciennes, glaciopolygénique nappant les reliefs et des croûtes calcaires (Bouafia, 2015). Leur déplacement permet leur accumulation sur les terrasses basses des Oueds ou sur les versants doux moins érodés. Les alluvions de la vallée sont représentées par le Néopleistocène et l'Holocène. Tandis que, les alluvions des terrasses supérieures de l'Oued sont limitées et ne composent de terrains argileux et graveleux (au limon argileux), leur épaisseur totale ne dépasse pas les 5m. Cependant, les alluvions de la première terrasse de l'Oued sont représentées par les terrains argileux et plus rarement par les formations galets-graviers, des limons sableux et argileux, avec une épaisseur de 7 m. (Anonyme, 1973).

1.2 Aperçu tectonique :

1.2.1. La tectonique

La région présaharienne se rapporte à l'Atlas Tunisien séparé de l'Atlas saharien par le massif des Aurès avec le plus haut sommet à 2328 m où la direction des plis change de Nord-Est au Nord-Nord-Est. À partir de la carte géologique de Khenchela, on peut remarquer une position entre deux secteurs: à l'Ouest, le style tectonique ressemble à celui des Aurès. À l'Est, l'organisation plissée perd sa prédominance et les structures sont compliquées par la présence de diapirs triasiques. À la lumière des résultats acquis dans les domaines de la chaîne Atlasiques, principalement par (Guiraud, 1973 et Vila, 1977) et en particulier, les diverses documentations publiées par Laffitte (1939) font état d'un très petit nombre de failles affectant les anticlinaux de Khenchela, (Djebel Aidel et Chelia), orientées presque exclusivement NWSE (Bouafia, 2015). En fait les structures sont nombreuses dans cette zone et elles se répartissent très généralement suivant des directions voisines de NW-SE (les plus fréquents), E-W. Du Nord vers le Sud on a :

➤ **Les grands plis de l'Ouest:**

On a l'anticlinal de Djebel Chelia dont la voûte est visible à l'Est, et au Sud-Est du Djebel Tirkabine. Cet anticlinal paraît effondré et son extrémité Sud-Est est affectée par des accidents cassants orientés selon une direction NW-SE qui peuvent être d'anciens coulissements alpins. Le synclinal des Aurès s'enfonce sous le Miocène gréseux sans terminaison périclinale visible. On signale également l'anticlinal de Khenchela, puissamment fracturé par des failles directionnelles ou sensiblement E-W.

➤ **Les diapirs de l'Est et du Nord-Est :** Ce sont des zones en forme d'anticlinale. Ils'agit du diapir de Khenchela qui a une forme très allongée. Le Trias recoupe des terrains allant du Cénomaniens inférieur au Coniacien; du diapir de Djebel El-Kroumeet Knif qui possèdent une forme plus complexe qui peut être induite par la présence des corps récifaux et des compartiments bousculés par la phase Alpine. Le Trias découpe des terrains allant de l'Albien au Maestrichtien supérieur; du diapir d'El-Mahmel qui est le plus développé malgré le recouvrement Quaternaire qui empêche d'évaluer son tracé et ses dimensions. Le Trias n'est en contact qu'avec le Crétacé supérieur. Entre ces diapirs, les terrains ont gardé une disposition subtabulaire ou faiblement synclinale comme Djebel Djehfa.

➤ **Synclinal de Tirkabine /Djehfa :** Il se trouve au centre du bassin et parallèle à l'anticlinale de Khenchela. Il prolonge la partie Sud du synclinal de Rhassira. Il est formé par le Turonien supérieur (calcaires à rudistes). Plus au Nord, c'est le Sénonien avec des marnes noires et des marnes crayeuses. (Mohammed, 2010).

Conclusion

Dans ce chapitre on a retracé l'histoire de la terre et précise la nature et la structure des matériaux et leur évolution dans le temps.

La région d'étude, est située à la limite de la frontière Algéro-Tunisienne et appartient dans sa majeure partie à l'Atlas Saharien Djebel Djahfa, Djebel Chettaia Les reliefs y sont contrastés, constitués essentiellement par des calcaires à rudistes Plus au Nord, c'est le Sénonien avec des marnes noires et des marnes crayeuses une position entre deux secteurs: à l'Ouest, le style tectonique ressemble à celui des Aurès. À l'Est, l'organisation plissée perd sa prédominance et les structures sont compliquées par la présence de diapirs triasiques

Chapitre 3 : Hydroclimatologie

Introduction

La climatologie est un facteur très important pour la connaissance des caractéristiques hydro-climatiques ou le régime d'infiltration d'eau. Les caractéristiques climatiques influencent les variations des réserves des eaux souterraines, c'est pourquoi il est impératif de connaître leurs évolutions dans le temps et dans l'espace

Les précipitations qui agissent directement sur l'écoulement superficiel d'un bassin versant de même pour les températures ont aussi une grande influence sur l'écoulement, l'évaporation favorise le déficit de l'écoulement, l'humidité et l'aridité qui diminue progressivement les caractéristiques du sol.

3.1. Climatologie de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie de la région de Babar qui se caractérise par des pluies moyennes annuelles de l'ordre de 305 mm (Gaagai, 2009). Cette lame d'eau moyenne annuelle a été obtenue à partir des données de la station climatologique de Babar. Cette dernière se trouve juste à la limite Est de la région d'étude, à l'exutoire du bassin versant. Les données s'étalent sur la période allant de 1969 à 2015, dont les coordonnées sont résumées dans le [Tableau 05](#). Cette station est gérée par L'ANRH.

Tableau 05 : Coordonnées de la station climatologique du bassin versant d'oued El Arab

Station	Latitude	Longitude	altitude (m)	bassin versant
Babar	35°10N	7°09 ^E	1145	Oued El Arab

3.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude

Selon la situation géographique de l'Algérie, on peut distinguer trois zones climatiques ; première à climat méditerranéen au Nord, la seconde à climat semi-aride vers l'intérieur du Pays et enfin un climat aride qui caractérise le grand Sahara. [Figure 10](#).

La région d'étude fait partie de la deuxième zone semi-aride, marquée par les risques et les Aléas. Dans ce qui suit, nous pouvons voir un aperçu hydro-climatique qui est indispensable à la compréhension des processus de changement climatique. Ceci nous permettra d'avoir une vision générale sur le comportement hydrologique des cours d'eau et la variation des réserves Des eaux de surfaces (Mébarki, 2005). Ainsi, la variation des paramètres climatiques influe Sur l'évolution des concentrations des éléments chimiques, en fonction des saisons.

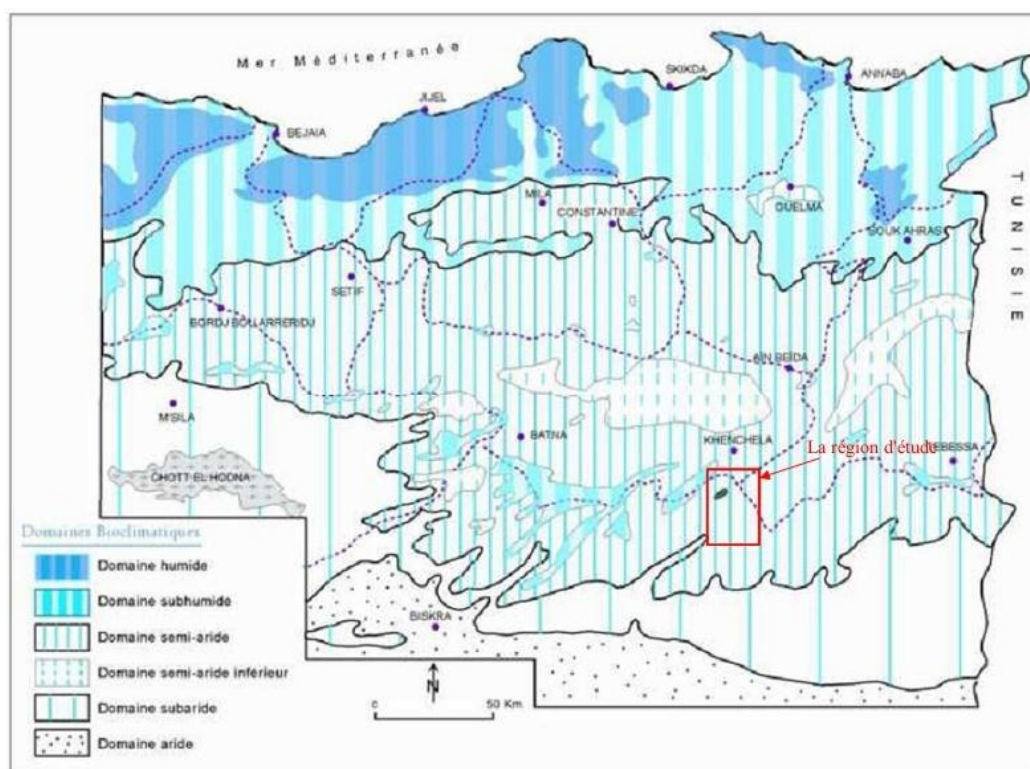


Figure 10 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (établie d'après Côte, 1998a in Mébarki, 2005).

3.2 Étude des paramètres climatiques

a. Les précipitations

La répartition spatiale des pluies obéit à deux paramètres, la répartition hypsométrique et la disposition du relief (Meharzi, 2010). Selon la carte des précipitations annuelles moyennées de l'Est algérien établie par l'A.N.R.H (1993), il a été constaté que la région Sud de Khenchela apparaît à un secteur sec dont les précipitations moyennes annuelles oscillent entre 250 et 400 mm selon un gradient Nord-Sud. (Mébarki, 2005). [Figure 11.](#)

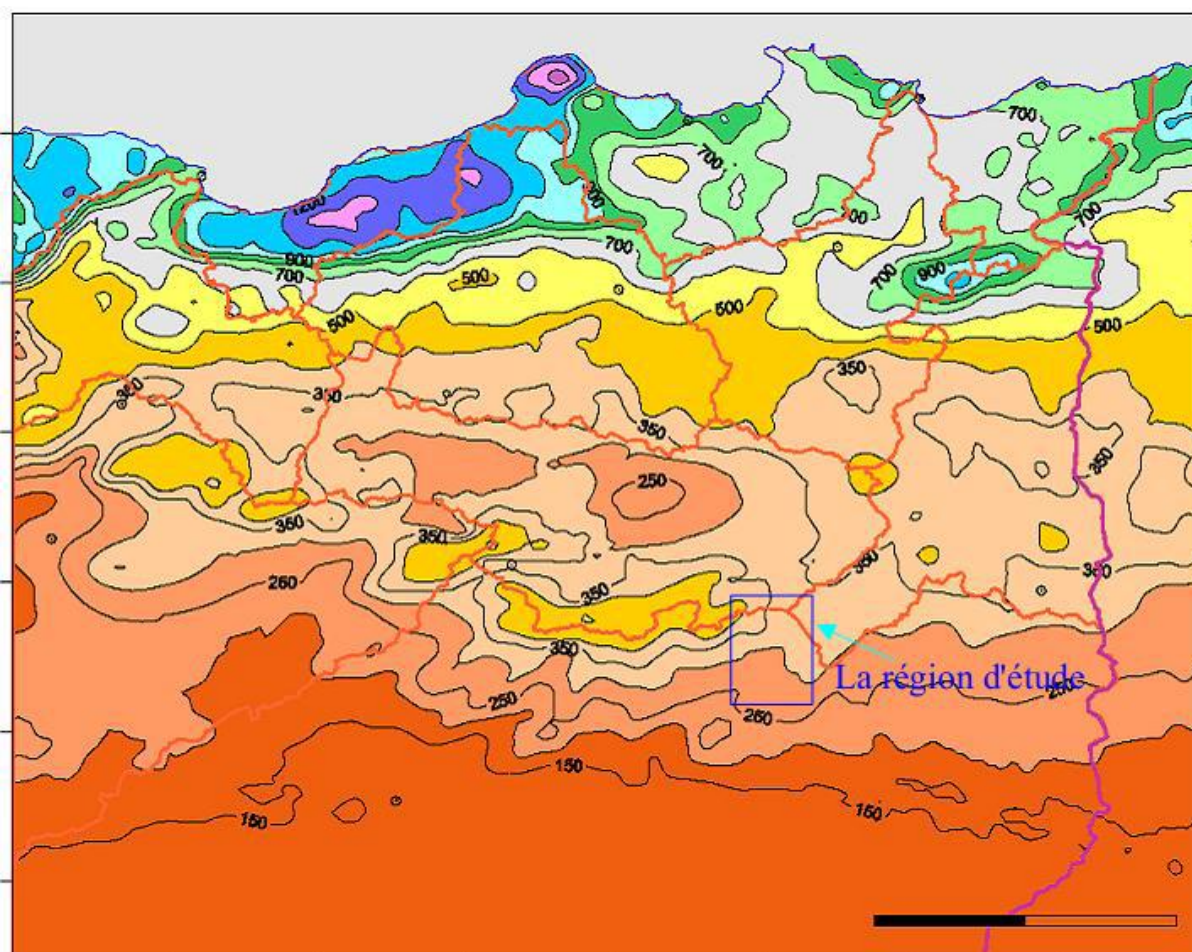


Figure 11 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien. (A.N.R.H, 1993).

3.2.1. Les précipitations moyennes mensuelles, saisonnières et annuelles

Les données climatiques recueillies au niveau de la station pluviométrique de Babar (Tableau 06) s'étalent sur la période allant de 1969 à 2015, permettent de voir les caractéristiques climatiques locales de la région d'étude et de voir également les répartitions moyennes mensuelles, saisonnières et annuelles de cette région.

Tableau 06 : Les précipitations à la station de Babar.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
P(mm)	27.15	21.67	29.28	27.63	28.43	22.33	20.97	25.67	38.24	24.95	17.61	16.94
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	Sep - Oct - Nov			Déc - Jan - Fév			Mar - Avr - Mai			Jui - Juil - Aou		
P(m)	78.1			78.39			84.88			59.5		
P(%)	25.96			26.05			28.21			19.78		

Hydroclimatologie

L'analyse de la [Figure 12](#), montre que l'année la plus humide est 2002-2003, avec une moyenne annuelle de 563 mm alors que l'année la plus sèche est 1969-1970 avec une moyenne annuelle de 140 mm.

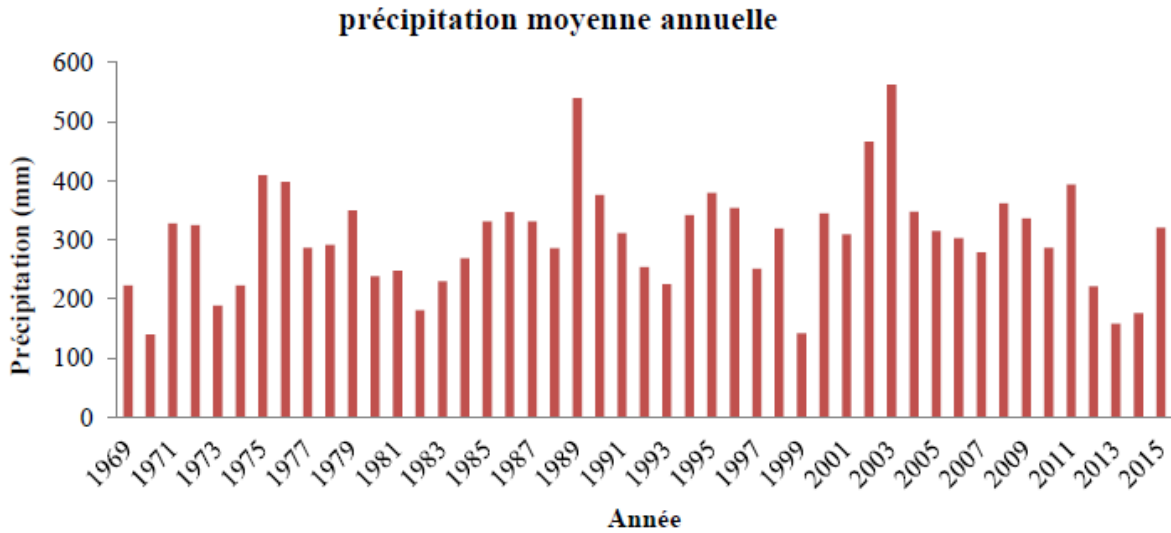


Figure 12 : Variation des précipitations moyennes annuelles (station Babar)

L'analyse de la [Figure 13](#) relative à la variation des précipitations mensuelles montre que le maximum est enregistré au mois de Mai, alors que le minimum est enregistré au mois de Août.

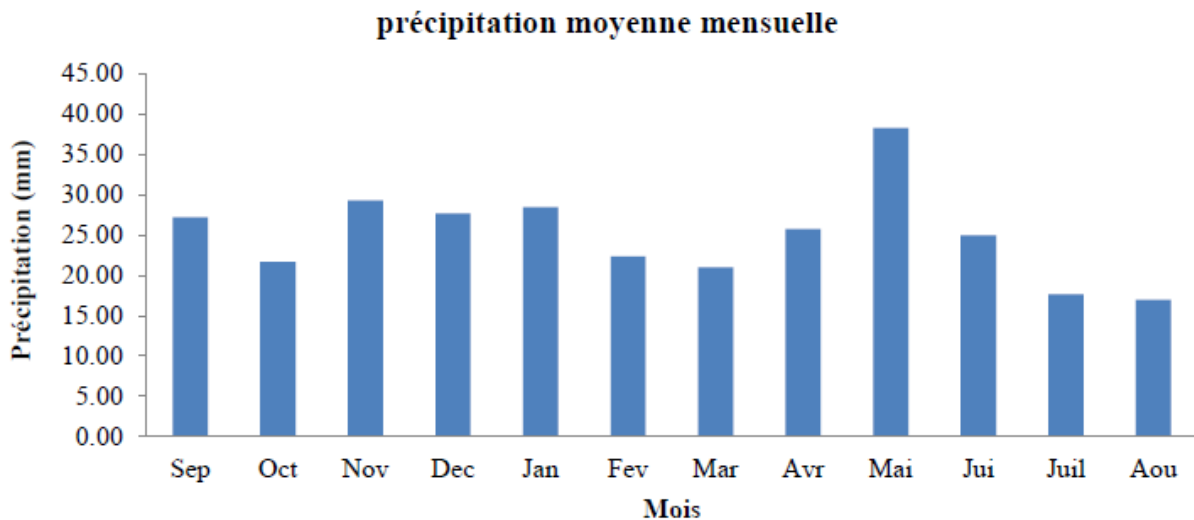


Figure 13 : Variation des précipitations moyennes mensuelles

La [Figure 14](#) montre les variations saisonnières des précipitations pendant la période d'étude. On constate deux périodes, la première où les précipitations sont maximales alors que la deuxième où les précipitations sont minimales. La répartition saisonnière des pluies pour cette région montre que le maximum est enregistré uniquement pendant le Printemps par contre le minimum est enregistré en Été.

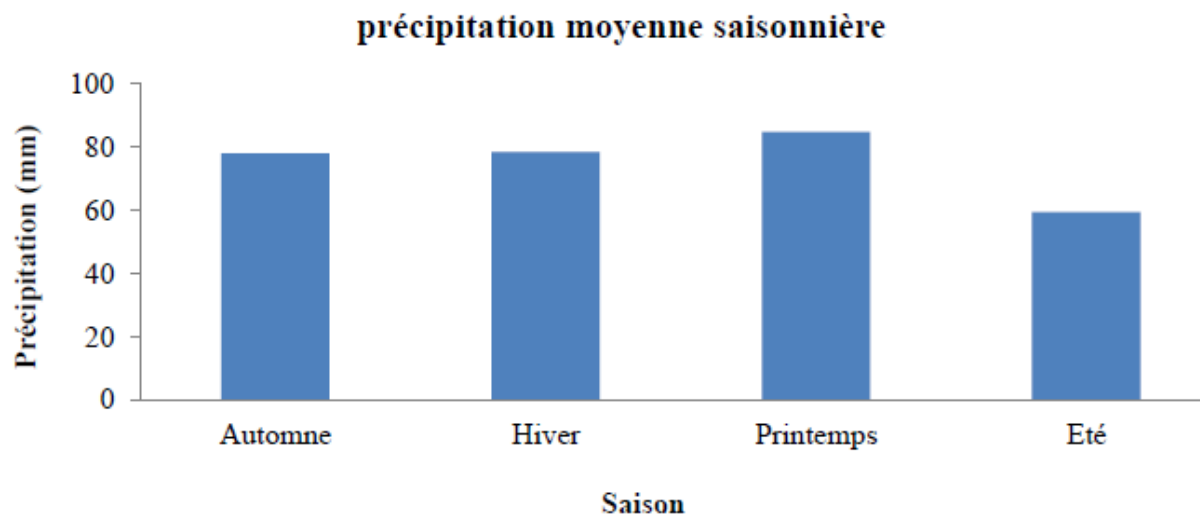


Figure 14 : Variation des précipitations moyennes saisonnières

b. La température

La station de Babar dispose de données de température qui s'échelonnent entre 1980 et 2015. (Tableau 07, Figure 15). Le mois le plus froid est Janvier ayant une température moyenne de 6°C. Le mois le plus chaud est Juillet ayant une température moyenne de 27.6°C

Tableau 07 : Températures moyennes mensuelles à la station de Babar pour la période (1980-2015)

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou
T°C moy	21.4	13.8	11.9	6.1	6	7.1	10.8	13.2	19	24.5	27.6	26.7

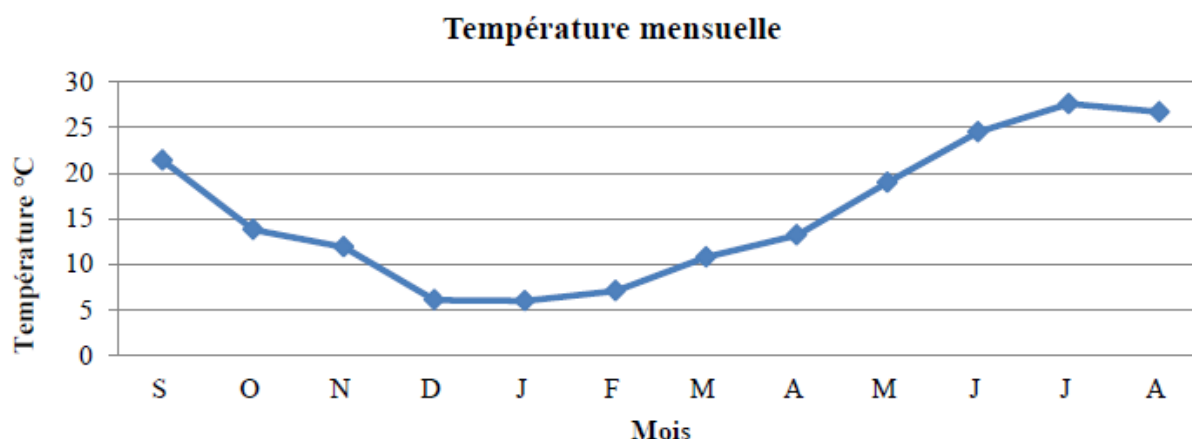


Figure 15 : Variation mensuelle des températures à la station de Babar (1980-2015)

c. Régime des vents

Le vent est un déplacement d'air à peu près horizontalement qui agit surtout sur la pluviométrie, l'évaporation, la température et l'humidité de l'air, il est donc un élément déterminant pour le climat. Dans cette région, les vents dominants au cours de l'année ont une direction Nord Est. Ils sont fréquents pendant l'automne, et l'hiver. Ils ont généralement un caractère pluvieux et une vitesse assez impotente. Les vents du Sud-Ouest ont une vitesse qui s'échelonne entre 15m/s et 29m/s, sont secs et chauds, ils soufflent fréquemment pendant le mois de Juillet rarement pendant le printemps.

3.2.2. Etablissement du bilan hydrologique

Le but principal du bilan hydrologique est de comptabiliser les apports et les pertes en eau d'un bassin versant, autrement dit de quantifier les transferts d'eau issus des précipitations. Pour établir le bilan hydrologique, nous avons utilisé les données des précipitations mesurées dans la station de Babar sur une période de (1969 à 2015).

L'équation générale du bilan au niveau d'un bassin versant s'écrit de la manière suivante :

$$P \text{ (mm)} = Ex \text{ (mm)} + ETR \text{ (mm)} \text{ (II.1)}$$

Avec

$$Ex = I + R \pm V \text{ (II.2)}$$

Où

P : précipitation moyenne annuelle (mm);

Ex : excédent moyen annuel (mm);

ETR : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm);

I : infiltration (mm);

R : ruissellement (mm);

V : variation de la réserve, généralement très faible.

3.2.2.1. Analyse des différents éléments du bilan

a. L'évapotranspiration

L'évaporation est la restitution de l'eau par l'atmosphère sous forme de vapeur à partir de la surface du sol, quelle que soit sa nature (Sol, végétaux, eau libre). Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrologique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal.

a.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on utilise une méthode basée sur des variables climatiques. Cependant le choix dépend principalement du type de données climatiques disponibles et du type de climat de la région. De ce fait, on a jugé bon d'utiliser la méthode de Thonthwaite, pour faire sortir le maximum de paramètres. Cette méthode exprime le pouvoir évaporant au maximum de l'atmosphère au sol en fonction de la latitude, plus exactement de la durée théorique de l'insolation dans la région. Cette formule a été établie en 1948 et tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle. La formule de cette méthode est la suivante :

$$ETR = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a * K, \text{ (en mm).}$$

Où:

ETP: Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm

T: température moyenne mensuelle du mois considéré en °C

a: Coefficient calculé par la formule suivante:

$$a = 1.6 \left(\frac{I}{100} \right) + 0.5$$

I : Indice thermique annuel qui est égal à la somme des douze valeurs de l'indice Thermique mensuel. Cet indice est calculé par la formule suivante:

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.5}$$

K : Coefficient de correction, qui dépend de la latitude.

Les résultats de calcul de l'ETP par cette méthode sont présentés dans le [Tableau 08](#).

Tableau 08 : Calcul de l'ETP selon C.W. Thonthwaite à la station de Babar

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jull	Aou	Anne
T (°C)	21.4	13.8	11.90	06.10	06.00	07.10	10.80	13.20	19.00	24.50	17.60	26.70	15.68
I	09.03	04.45	03.70	01.35	01.30	01.70	03.20	04.34	07.53	11.10	06.70	12.60	/
ETP c	98.40	49.40	39.20	14.50	13.60	16.90	33.60	46.00	81.60	121.70	72.40	139.30	/

Hydroclimatologie

K	1.03	0.97	0.86	0.85	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	/
ETP r	101.4	47.90	33.60	12.30	11.60	14.30	34.60	50.30	98.90	147.30	89.10	161.60	802.80

a.2. L'évapotranspiration réelle (ETR)

Pour le calcul de l'ETR, nous appliquerons plusieurs méthodes, mais l'ETR s'écarte plus ou moins de l'ETP, selon le climat et la nature des surfaces évaporâtes.

1/ Méthode de Turc

Cette méthode est applicable à tous les climats et elle est fonction des précipitations et des températures moyennes mensuelles. La formule est la suivante :

$$ETR = \frac{p}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{p}{L}\right)^2}}$$

Où:

ETR: Evapotranspiration réelle annuelle en mm.

P: Précipitation moyenne annuelle, en mm;

L = 300 + 25 T + 0,05 T³: pouvoir évaporant de l'atmosphère;

T: Température moyenne annuelle, (en °C);

Station de Babar

P = 305 mm, T = 15.68°C, L = 884.8, ETR = 305mm. Soit 100% des précipitations.

2/ Méthode de Thornthwaite :

On peut évaluer l'évapotranspiration réelle par l'établissement du bilan hydrologique selon Deux cas.

A/ Si P > ETP, alors ETR = ETP

Dans ce cas l'excédent provenant des précipitations est emmagasiné dans le sol pour alimenter La RFU jusqu'à sa saturation. Son surplus sera attribué à l'excédent (water surplus).

B/ si P < ETP, alors, ETR = P + R.F.U (toute ou une partie de la R.F.U).

Si R.F.U disponible est insuffisant pour satisfaire l'ETR, alors l'ETR = P, et elle sera inférieur À l'ETP, dans ce cas on aboutira un déficit agricole (Da).

3/ Méthode de M. Coutagne :

Cette méthode fait intervenir les températures et les précipitations. Elle s'écrit de la manière suivante :

$$ETR = P - \gamma p^2$$

Avec :

$$\gamma = \frac{1}{0.8 + 0.14\pi}$$

P: Précipitation moyenne annuelle en mm pour l'application numérique et en (m) pour

Hydroclimatologie

La condition d'utilisation de la formule;

T: Température moyenne annuelle, (en °C);

Cette formule ne sera valable qu'après la vérification de la condition suivante:

$$\frac{1}{8\gamma} < P < \frac{1}{2\gamma}$$

Donc

$$\gamma = \frac{1}{0.8 + 0.14 * 15.68} \rightarrow \gamma = 0.333$$

Remarque

La méthode de M. Coutagne n'est pas applicable pour notre région parce que les précipitations n'appartiennent pas à l'intervalle $1/8 \gamma \leq P \leq 1/2 \gamma$

Les différentes valeurs de l' évapotranspiration réelle sont récapitulatives dans [le Tableau](#) suivant :

Tableau 09 : Les différentes valeurs de l'ETR

Méthodes	Babar	Babar (%)
Turc	305	100
Coutagne	/	/
Thonthwaite	274.31	90

3.2.2.2. Bilan hydrologique Selon la méthode de C.W. Thonthwaite :

Cette méthode fait ressortir quatre paramètres : ETP, ETR, déficit agricole (DA) et l'excédent(EX). A partir de ce dernier paramètre on aboutira au ruissellement et à l'infiltration. Tous ces paramètres, reposent sur l'estimation de la réserve facilement utilisable (RFU).

a. Les réserves facilement utilisables (R.F.U) :

La RFU est la quantité d'eau emmagasinée dans la couche pédologique et qui est facilement utilisable par les plantes, pour son bon fonctionnement physiologique. Richard en 1979 a proposé une formule pour le calcul de la RFU, dans la partie Nord- Est de l'Algérie qui est la suivante :

RFU: réserve facilement utilisable en (mm).

Da: densité apparente du sol, (Da = 0,9).

He: humidité équivalente du sol (capacité de rétention);

He = 5% → pour un sol sablo limoneux

He = 10% → pour un sol limoneux

He = 20% → pour un sol argilo limoneux

Hydroclimatologie

Pour notre cas et vu la nature du sol, on a adopté le dernier cas.

$$He = 20\%$$

P: Profondeur de la terre parcourue par les racines en (m).

P = 0.5m. La RFU maximale calculée est égale à 30 mm et la $RFU_{min} = 0$. L'application de la méthode de Thonhwaite a donné les résultats qui ont été consignés dans le [Tableau 10](#), et La [Figure 16](#).

Tableau 10 : Le bilan hydrologique à la station de Babar

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Paramètres													
T(c°)	21.4	13.8	11.9	6.1	6	7.1	10.8	13.2	19	24.5	27.6	26.7	15.675
ETP (mm)	101.4	47.9	33.6	12.3	11.6	14.3	34.6	24.3	98.9	147.3	89.1	161.6	802.8
P (mm)	27.15	21.67	29.28	27.63	28.43	22.33	20.97	25.67	38.24	17.61	17.61	16.94	305
P – ETP (mm)	-74.25	-26.23	-4.32	15.33	16.83	8.03	-13.63	-24.63	-122.35	-71.49	-17.49	-144.66	/
RFU (mm)	0	0	0	15.33	30	30	16.37	0	0	0	0	0	/
ETR (mm)	27.15	21.67	29.28	12.3	11.6	14.3	34.6	25.67	35.24	24.95	17.61	16.94	274.31
EX (mm)	0	0	0	15.33	30	30	16.37	0	0	0	0	0	91.7
DA (mm)	74.25	26.33	4.32	0	0	0	13.63	24.63	60.66	122.35	71.49	144.66	542.22

Nous remarquerons d'après ce bilan qu'à partir du mois décembre jusqu'au début de mois février, les précipitations sont supérieures à l'**ETP**, donc on aura un excédent d'eau qui sera stocké sous forme de **RFU**. Ces réserves commencent à s'épuiser notamment avec un déficit Maximal au mois d'Août de 144.66 mm.

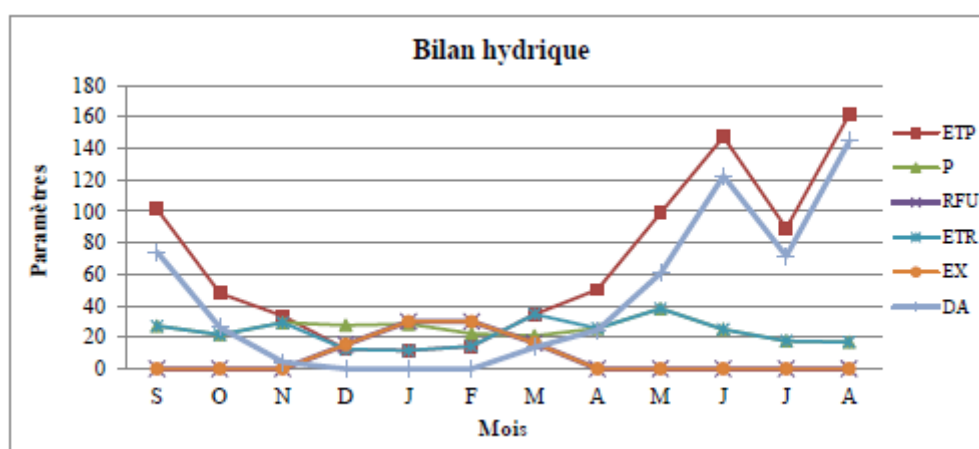


Figure 16 : Représentation graphique du bilan hydrique

3.3. Etude hydrologique :

L'objectif de cette étude est d'établir l'aspect hydrologique de la région étudiée et ses bassins versants, projection des ouvrages nécessaires pour l'évacuation des eaux de ruissèlement.

3.3.1. Etude hydrologique :

L'objectif de l'étude d'assainissement est d'établir les conditions hydrologiques des principaux cours d'eau et oueds traversés par la route nationale RN83 du PK 191+600 au PK 194+00, et les débits de crue correspondants aux différentes périodes de retour, selon la catégorie des ouvrages hydrauliques courants et non courants nécessaires envisagés.

Suite à l'analyse des méthodes hydrologiques disponibles, nous proposons l'application de deux méthodes en fonction des surfaces des bassins versants interceptées :

- Méthode Rationnelle : Bassins versants de surface inférieure à 100 km².
- Méthode du Crupedix : Bassins versants de surface supérieure à 100 km².

Les différentes structures et unités géologiques déterminent quatre types de nappes constituent le système aquifère de la nappe de Khenchela.

Dans la région de Khenchela on a quatre nappes aquifères qui sont identifiées comme suite :

Nappe superficielle :

Il s'agit des nappes phréatiques dont la profondeur moyenne varie de 5 à 30m, et qui sont exploités essentiellement par des puits.

Nappe profonde :

1- Nappe des plaines d'effondrement :

Comblées par un remplissage d'alluvions importantes alimentées par des précipitations et des oueds qui les traversent.

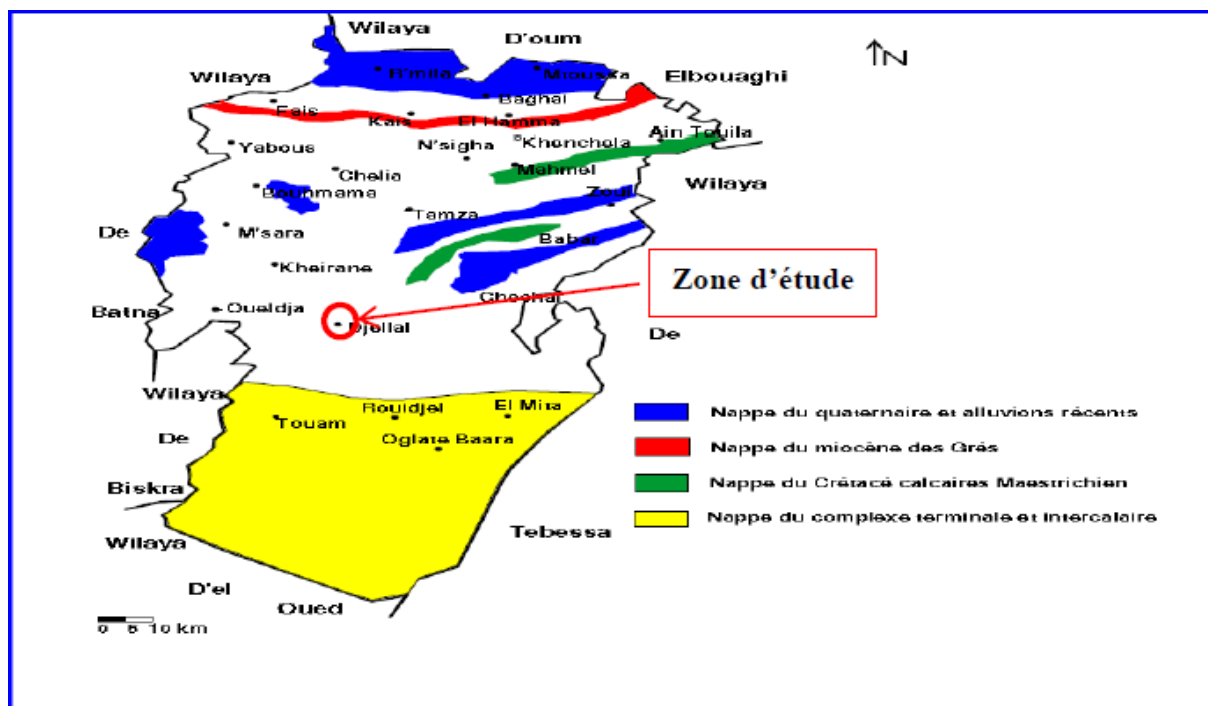
Leurs profondeurs variant de 100 à 200m et son d'âge Miopliocène. Comme on peut associer les nappes des calcaires fissurés du Turonien et Miocène dont la profondeur dépasse les 300m.

2 - Nappe des calcaires fissurés :

L'épaisseur de certaines formations dépassent les 250m et constituent les nappes des calcaires Maestrichtiens.

3-Nappe des formations continentales :

Localisées essentiellement dans la région Sud de la wilaya, leurs profondeurs variant de 200 à 600m. La carte suivante montre la localisation de ces aquifères à travers la Wilaya.



3.3.2 Réseaux hydrographiques

IL est caractérisé par deux principaux drainages :

- Au Nord vers le Chott de Guerra et-Tarf.
- Au Sud vers le Chott Melghir.

Le réseau hydrographique du Nord n'est pas important.

Le réseau de la partie Sud est composé de trois bassins essentiels :

- Bassin de Oued El- Ma.
- Bassin d'Oued El-Arab.



Figure 18 : Carte des réseaux hydrographiques de la wilaya de Khenchela

3.4. Caractéristiques morphologiques des bassins versants

Le bassin versant d'une section d'un cours d'eau, est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section.

Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval.

Le bassin versant sera alors limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente.

3.4.1. Surface du bassin versant

La surface du bassin versant est délimitée en tenant compte des cours d'eau et affluent qu'il contient et en fonction de la topographie du terrain. Cette surface est calculée en utilisant les logiciels – Global Mapper et Autocad.

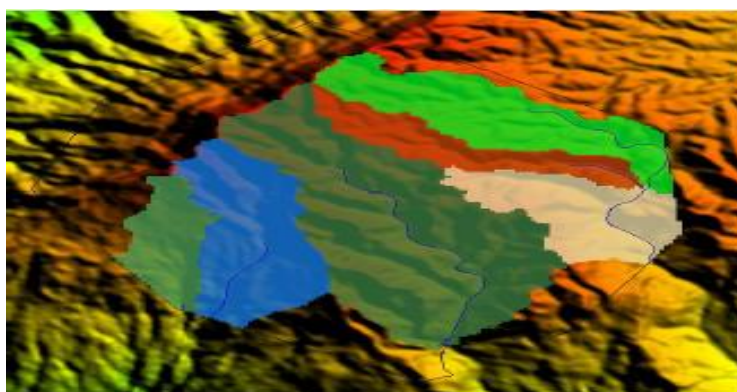


Figure 19 : photo Autocad de bassins versants du projet

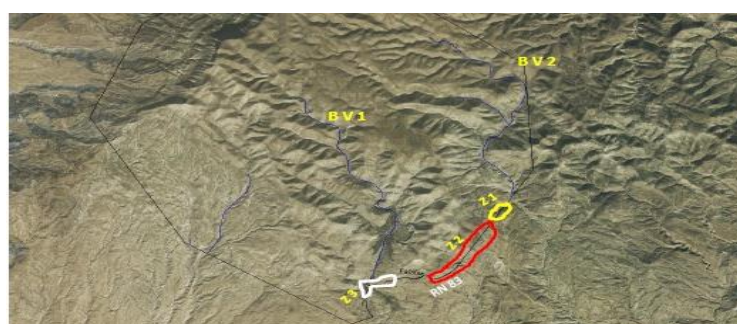


Figure 20 : présent les Bassins versants du projet

3.4.2. Altitude moyenne

L'altitude moyenne est calculée par la formule suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i H_i}{A} = \frac{H_n H_{n-1}}{2}$$

Avec :

H_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveaux consécutives n-1 et n en m.

S_i : surface partielle comprise entre deux courbes de niveau consécutives n-1 et n en Km^2 . A :

Surface totale du bassin versant en Km^2 .

3.4.3. Détermination du temps de concentration :

L'utilisation de la méthode rationnelle pour le calcul des débits de crue suppose la connaissance des caractéristiques géométriques et du temps de concentration de chaque bassin versant.

Pour déterminer le débit maximal à envisager pour un ouvrage avec une période de retour donnée, il est convenu de considérer l'averse la plus défavorable qui puisse alimenter le bassin d'apport

avec la même période de retour. Nous admettons généralement l'averse de durée égale au temps de concentration du bassin versant. Suivant la superficie du bassin versant, nous utilisons les formules de détermination du temps de concentration ci-dessous.

❖ Superficie inférieure à 5 Km² :

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **VENTURA**.

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{I}}$$

T_c : Temps de concentration en (heures).

A : Superficie du bassin versant en (Km²).

I : Pente moyenne du thalweg principal en (m. /.m).

Superficie comprise entre 5 et 25 Km² :

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **PASSINI**.

$$T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{I}}$$

T_c : Temps de concentration en (heures)

A : Superficie du bassin versant en (Km²) L : Longueur du thalweg en (Km)

I : Pente moyenne du thalweg principal en (m. /.m)

L : Longueur du talweg

❖ Superficie comprise entre 25 et 200 Km² :

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **GIANDOTTI**

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

T_c : Temps de concentration en (heures)

A : Superficie du bassin versant en (Km²)

L : Longueur du thalweg en (Km)

H moy : Hauteur moyenne du thalweg en (m).

H min : Hauteur minimale du thalweg en (m).

Les caractéristiques morphologique et hydrographique de notre bassin versant sont résumées dans le tableau suivant :

Hydroclimatologie

Tableau 11 : Caractéristiques morphologique et hydrographique du bassin versant

N° du BV	PK	Surface du B.V (Km ²)	Périmètre du B.V (Km)	H Max (m)	H Min (m)	H Moy (m)	Longueur du talweg (Km)	Pente moyenne (%)	Temps de Concentration (Heures)
01	139+500	27	35	1812	1124	1468	09,50	7,24	2.36

3.5. Etude hydraulique

Il existe plusieurs méthodes de calcul de débit, on cite ici deux méthodes de calcul la méthode rationnelle et la méthode Crupedix.

3.5.1. Débit d'apport et débit capable de l'ouvrage hydraulique

a. Calcul des débits de crue des bassins versant de superficie supérieure à 100km²: (Méthode Crupedix)

Cette méthode permet d'évaluer le débit décennal instantané. Ces différentes valeurs de débits ont été mises en régression avec les principaux facteurs pouvant jouer un rôle. Parmi les plus significatifs, on a retenu : la surface du bassin S en km² ; la pluie journalière décennale P10 en mm/j et un coefficient régional R. Le débit décennal de pointe de crue Q₁₀ en m³/s est donné par la relation :

$$Q_{10} = R. \left(\frac{P_{10}}{80}\right)^2 . S^{0.8}$$

Avec

Q₁₀ = Débit Décennal, en m³/s.

R = Coefficient régional traduisant l'aptitude de ruissellement.

P10 = pluie journalier de période de retour décennale, en mm/j

S_{bv} = Surface en Km².

Evaluation du débit centennal à partir du débit décennal de la formule CRUPEDIX.

On obtient le débit centennal à partir de la corrélation :

$$Q_{100} = b. Q_{10}$$

À priori : $1.4 \leq b \leq 4$

Le paramètre b est d'abord de la superficie du bassin versant :

Jusqu'à 20 Km², b est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcul de Q₁₀ et Q₁₀₀) comme si la formule rationnelle était applicable) ;

Au-delà de 20 km², b est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versant représentatifs à proximité du projet a défaut, b = 2 au minimum.

Choix du paramètre R

Le coefficient régional R est à confirmer localement.

En cas de non possibilité (absence de cours d'eau jaugé sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet) les valeurs des coefficients ci- après peuvent être retenus :

- R=0.2 pour des terrains perméables (champagne, Beauce) ;
- R=1.5 à 1.8 pour des terrains imperméables (plateau lorrain, Vendée) ;
- R= 1 pour des terrains intermédiaires.

b. Calcul de débits de crue des bassins versants de superficie inférieur à 100 km² : (Méthode rationnelle)

La méthode rationnelle permet un grand contrôle sur les résultats obtenus, vu que les variables utilisées ont une signification physique bien définie.

La méthode rationnelle se traduit par l'équation suivante :

$$Q_p = 0.278. Cr. i. A$$

Q_p : Débit de point de drue (m³/s) ;

i : Intensité de précipitation pour le temps de concentration du bassin versant et la récurrence souhaitée (mm/h) ;

A : Aire du bassin versant qui contribue pour la section objet d'étude (km²).

Cr : Coefficient de ruissellement.

3.5.2. Choix du coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport de la hauteur d'eau ruisselée à la hauteur d'eau précipitée.

Il est choisi compte tenu de la nature du bassin versant en particulier de sa couverture du type de sol, de la pente, ainsi qu'en fonction du temps de retour de l'évènement.

Le coefficient de ruissellement dépend des caractéristiques et conditions d'infiltration du sol, l'intensité de précipitation, de la proximité de la nappe phréatique, du degré de compactage du sol, de sa porosité, du couvert végétal, de la typologie d'occupation, de la pente du bassin, de la récurrence, etc.

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

- C1 : dépendant de la pente du bassin versant.
- C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité).
- C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

➤ Tableau 12 : Coefficient 1 (C1)

Pente	C1
-------	----

Hydroclimatologie

3.5 %	0.01	0.03	0.05
Entre 3.5 et 11 %	0.06	0.08	0.10
Entre 11 et 35 %	0.12	0.16	0.20
> à 35%	0.22	0.26	0.30

➤ Tableau 13 : Coefficient 2 (C2)

Nature du sol	C2		
Imperméable	0.22	0.26	0.30
Peu perméable	0.10	0.15	0.20
Perméable	0.06	0.08	0.10
Très perméable	0.03	0.04	0.05

➤ Tableau 14 : Coefficient 3 (C3) :

Couverture végétale	C3		
Rocheux	0.22	0.26	0.30
Prairie	0.17	0.21	0.25
Labours champs	0.07	0.11	0.15
Forêt et territoire sableux	0.03	0.04	0.05

3.5.3. Choix de la période de retour T (Ans) :

Pour chaque ouvrage hydraulique, les conditions d'écoulements et l'effet d'une crue exceptionnelle doivent être appréciés de pointe de crue. Les ouvrages hydrauliques sont dimensionnés pour les périodes suivantes:

- Les passages busés pour T = 10 ans.
- Les dalots pour T = 50 ans. - Les ponts pour T = 100 ans.

3.6. Projection des ouvrages hydraulique

1 Fossé triangulaire en béton

Pour assurer l'assainissement des eaux de ruissellement le long de la route RN 83 du PK 191+600 au PK 194 et du PK 203+000 au PK 203+692, on propose de réaliser un fossé triangulaire en béton, et de le relier avec les ouvrages (buses) existants.

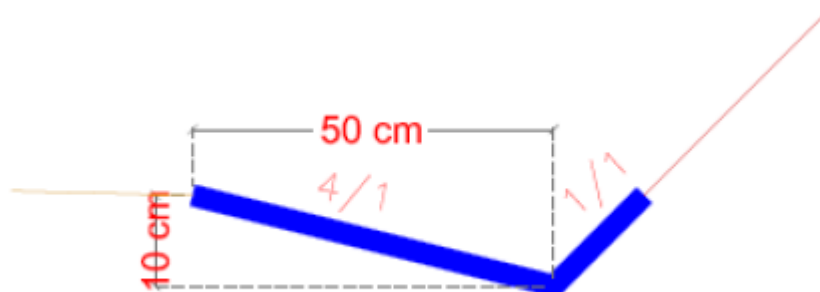


Figure 21 : présent un dessin d'un fossé triangulaire en béton.

2. Ouvrage hydraulique : Dalot / Pont

Pour assurer l'assainissement des eaux Du bassin versant 01, on a proposé de rectifier l'axe de la route, au niveau du passage submersible, par l'emplacement d'un ouvrage hydraulique (dalot / pont).



Figure 22 : une photo qui présent le forage et le passage submersible.

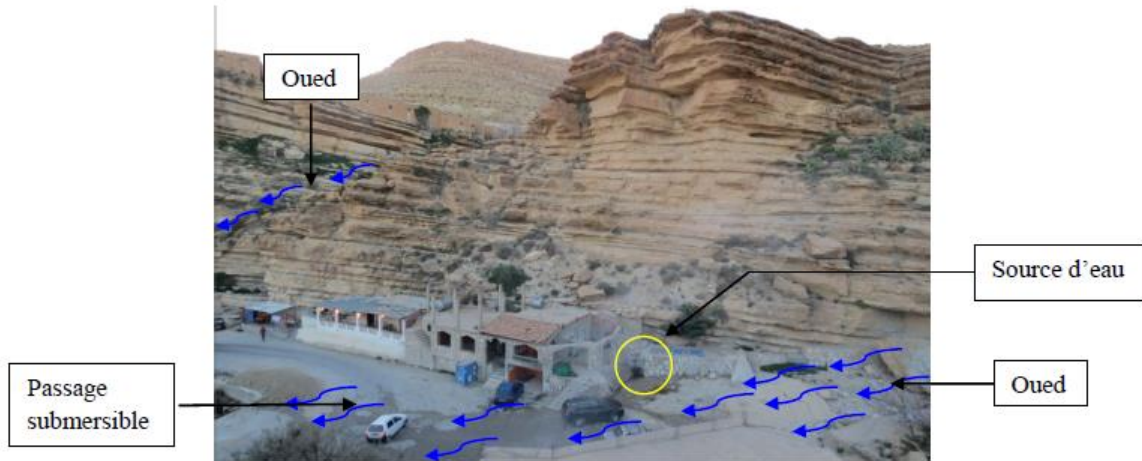


Figure 23 : une photo qui présent les oued dans la zone d'tude



Solution 01 : Dalot

Figure 24 : photo qui présent (dalot hydraulique)

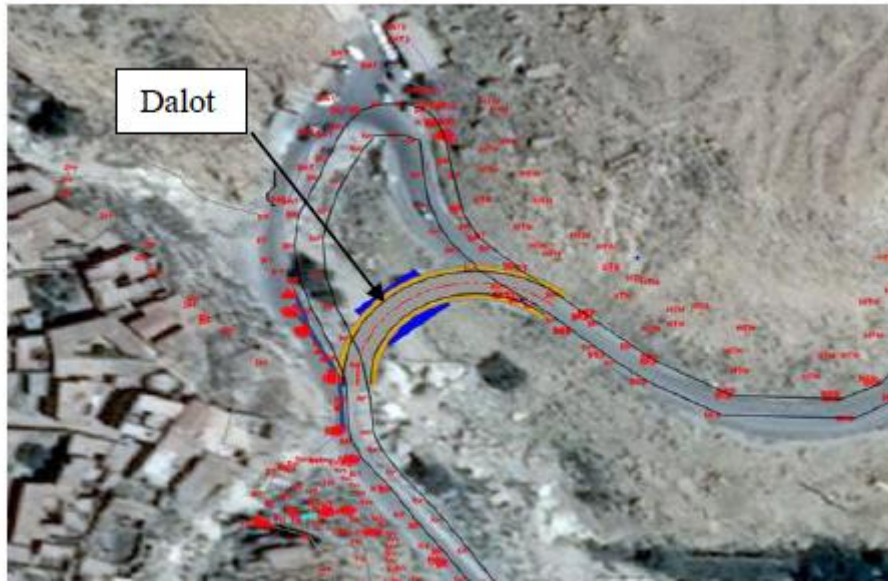


Figure 25 : photo qui présent (dalot hydraulique).

Solution 02 : Pont

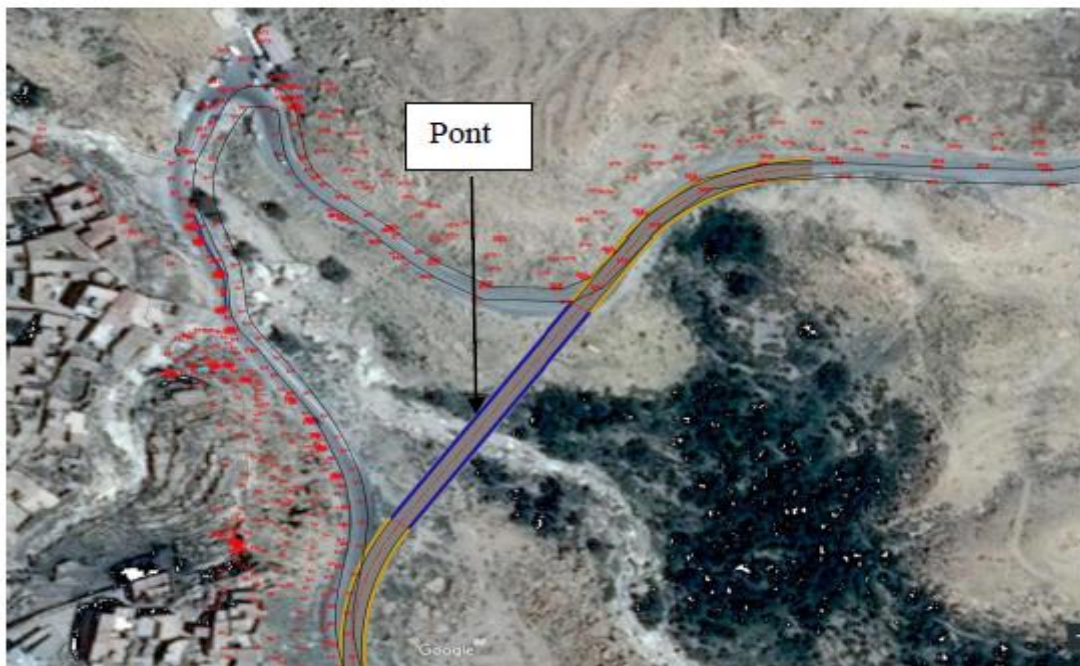


Figure 26 : Photo qui présent dimension d'ouvrage projetés (pont).

N.B : Pour le dimensionnement des deux ouvrages projetés (Dalot / Pont), voir les notes de calcul en APD.

Conclusion:

L'étude hydrogéologique et hydraulique, de la zone d'étude, nous a permis de repérer un seul bassin versant au PK 193+500 (Oued Djellal), dont les caractéristiques morphologique et hydrographique sont :

- La surface du bassin est 27 Km²
- La longueur du talweg est : 9.50 Km
- Périmètre du bassin est : 35 Km
- Temps de concentration : 2.36 heures

Les ouvrages hydrauliques proposés sont :

- Fossé triangulaire en béton au pied de la falaise
- Dalot ou pont au niveau de l'oued Djellal au PK 193+500

Pour le détail de calcul des ouvrages hydrauliques, voir les notes de calcul en APD.

Chapitre 04 : Conditions géotechniques

Introduction :

Le présent l'étude géologique regroupe :

- La campagne de reconnaissance géotechnique.
- Interprétations et commentaires des résultats obtenus.
- Les caisses de carottes.

Localisation Les deux sites de falaise en question se situent sur la RN83 au sud-ouest de la ville de KHENCHELA (zone semi désertique), la figure suivante extraite de 'GOOGLE' montre les deux sites d'étude (Début et fin de chaque site).



Figure27 : Localisation des deux sites

Tableau 15 : Localisation des deux (02) sites :

Sites	Coordonnées géographiques (UTM)		
		X	Y
Site 1	Début	309505	3866730
	Fin	307686	3866027
Site 2	Début	303983	3861945
	Fin	304167	3861282

4. Contexte Hydrologique et Hydrogéologique

Par hydrologie, on entend les écoulements de surface, la topographie du site marquée par une pente forte de sens Nord-Ouest-Sud Est favorise le ruissèlement des eaux pluviales. Sur la zone d'étude, un réseau dense de cours d'eau qui ne drainent que des eaux pluviales à priori.

Conditions géotechniques



Figure 28: les cours d'eau qui traversent la zone d'étude

Par hydrogéologie, on entend les écoulements souterrains, durant l'exécution des sondages aucune venue d'eau n'a été constaté ce qui laisse penser que la nappe est inexistante d'au moins à la profondeur atteinte par les sondages, d'autant plus que la nature des formations constituant le site exclut la possibilité de présence de nappe d'eau. Cependant, une source d'eau se situe à Djellal, juste en dessous de la paroi rocheuse objet de l'étude, l'origine de cette source est certainement les eaux pluviales qui provient des sommets de Djebel Chechar et des sommets plus au nord de Djellal, ces eaux s'infiltrent et se dirigent à travers les réseaux de fissures dans les massifs rocheux vers Djellal.

4.1. Objet et déroulement de l'étude :

L'objet de la présente étude est de déterminer

- * La succession lithologique;
- * Les caractéristiques géotechniques : physiques et mécaniques des formations qui constituent la zone étudiée.

4.1.1. Reconnaissance géotechnique : in situ S'agissant d'une étude géotechnique du sol, notre mission s'inscrit dans le cadre de la classification géotechnique au sens de la norme NF 94+500.

4.1.2. Programme de la reconnaissance : Pour la reconnaissance in situ, il a été utilisé une machine sondeuse travaillant en rotation, Tec Abyss 75.

Conditions géotechniques



Figure 29: sondeuse géotechnique utilisée.

Nous avons réalisé un (01) sondage de 12.5m de profondeur dont les coordonnées sont les suivantes :
Tableau 16 : présent les coordonnées d'un sondage.

SC	X	Y
01	307637	386665



Figure30 : endroit de réalisation du sondage réalisé

4.1.3. Exploitation des données de la reconnaissance in situ :

L'exploitation des données de la campagne de reconnaissance porte sur la lithologie des terrains traversés.

4.1.4. Lithologie La coupe ci-dessous donne la succession lithologie au droit du sondage réalisé :

Conditions géotechniques

Sondage N°1 :

0.0_0.2m : argile graveleuse

0.2_2.0m : Calcaire dolomitique fossilifère beige

2.0_6.5m : calcaire dolomitique marron.

6.5_12.5m : Calcaire, massif à lumachelle bleuâtre



Figure 31: caisse à carottes de 0.0 à 8.0m de profondeur.



Figure 32: caisse à carottes de 8 à 12.5m de profondeur.

4.1.5. Synthèse de la lithologie

L'examen de la coupe du sondage réalisé fait ressortir la succession lithologique suivante :

- Une couche de couverture en argile graveleuse d'environ 0.2m d'épaisseur.

Conditions géotechniques

- Des calcaires dolomitiques beige à marron jusqu'à 6.5m de profondeur.
- Un calcaire massif bleuâtre à lumachelle. La récupération au niveau du calcaire dolomitique très altéré est de l'ordre de 60%, par contre au calcaire massif bleuâtre elle est de l'ordre de 100%.

Au vue de ces coupes, la lithologie du site paraît constituer par des formations ferme (la marne) à rocheuse (le calcaire), ces deux formations sont réputées de leurs bonnes caractéristiques géotechniques.

4.2. Essais géotechniques en laboratoire :

4.2.1. Programme des essais Sur les échantillons paraffinés prélevés à différentes profondeurs, ont été déterminées les caractéristiques physiques et mécaniques par procédés expérimentaux conformes aux normes en vigueur. Ainsi, ont été exécutés les essais suivants :

- Mesure de la densité.
- Résistance à la compression simple.
- Analyses chimiques sommaires.

4.2.2. Présentation des résultats : L'ensemble des résultats est récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Présentation des résultats L'ensemble des résultats est récapitulé

RN 83 KHENCHELA		Nature	γ (t /m ³)	Résistance à la compression en Mpa	Analyse chimiques	
SC	Prof				Sulfates en Mg/Kg	% Co3 Ca
S01	0.8-1.0	Calcaire dolomitique	2.7	40	557 à1115	90
	2.5-2.8		2.71	44		92
	7.5-8.0	Calcaire massif	2.75	75		87
	10.0-11.0		2.82	90		99

4.2.3. Interprétation des résultats L'examen des valeurs des différentes caractéristiques :

Physiques et mécaniques permet de porter des appréciations suivantes :

Classification des sols Selon la GTR (NFP 11-300), le calcaire appartient à la classe R2.

La densité Les valeurs de la densité des échantillons testés varient respectivement comme suit : $2.7 < \gamma < 2.82$ t/m³.

D'après la norme géotechnique en vigueur, on peut qualifier les formations testées de très denses.

Analyses chimiques Des résultats du tableau, nous retenons une teneur en carbonates (Co3Ca), variable de 90 à 99%, et que des traces de gypse, d'où une agressivité faible.

4.2.4. Synthèse sur les caractéristiques physiques :

Conditions géotechniques

L'ensemble des résultats des essais physiques et mécaniques que nous venons d'interpréter permet de porter les appréciations suivantes :

Selon la classification GTR, les formations testées sont des classes R2 pour le calcaire

Les essais d'identifications ont montré que le calcaire s'est avéré qu'elle s'agit d'une formation rocheuse très dense.

4.2.5. Résistance à la compression

1. L'essai de compression uniaxiale ou de compression simple consiste à comprimer un échantillon de roche de forme cylindrique entre deux plateaux parallèles d'une presse rigide. L'échantillon doit présenter de préférence une elongation (rapport hauteur sur diamètre) de

2. L'essai de compression uniaxiale est réalisé suivant les recommandations de la Société Internationale de Mécanique des Roches (I.S.R.M.).

Pour réaliser cet essai, on a procédé au taillage des échantillons de calcaires extraits lors des sondages carottés conformément à la norme qui décrit le mode opératoire de l'essai (voir photos jointes).

Dans le cas de nos échantillons les résistances enregistrées sont comprises entre 40 et 90 MPa, d'après la norme AFNOR NFP 94 420 DECEMBRE 2000. Elle s'agit de roche résistante appartenant toujours selon la même norme à la classe R4 à R5.

Tableau 18 : Présentation des classes de résistance en compressions uni axiale (RC) et moyen utilisé excavation.

	Classe de résistance en compression uniaxiale (RC)			Moyen utilisé excavation
	Classe	Résistance (RC) en (MPa)	Description	
ROCHES	R7	>200	Roche extrêmement résistance	Tir en explosif / Brise roche
	R6	100-200	Roche très résistance	Tir en explosif / Brise roche
	R5	50-100	Roche résistance	Brise roche Marteau piqueur
	R4	12.5-50	Roche moyennement résistance	Brise roche Marteau piqueur
	R3	5-12.5	Roche moyennement médiocre	Pelle mécanique Puissante
	R2	1.25-5	Roche médiocre / tendre	Pelle mécanique
	R1	0.0-1.25	Roche très médiocre	Pelle mécanique

4.2.6. Synthèse sur les caractéristiques mécaniques

A cause de leur nature rocheuse, les formations constituant le site, n'ont fait l'objet que de quelques essais de résistance à la compression.

Conditions géotechniques

Ces essais ont donné des résistances à la compression variable de 40 MPa à 90 MPa. D'après la norme AFNOR NFP 94 420 DECEMBRE 2000, elle s'agit de roche résistante à très résistante appartient à la classe R5 selon la norme citée, une telle roche avec des résistances à la compression pareille est incompressible, ayant une forte compacité et doué de très bonne portance. Chose qu'elle l'lui permettre de supporter tous types de charges.

4.3. Description du massif rocheux :

Le massif rocheux qui constitue la paroi qui surplombe la RN83 est marqué par la présence de 2 deux familles de discontinuité à savoir :

- Les joints de stratifications :

Les joints de stratifications laissent apparaître un sens de plongement de sens Nord-Ouest avec des inclinaisons $>20^\circ$, tandis que le sens de la pente est : Nord-ouest/Sud Est.

On remarque les joints de stratifications sont très abondant dans les premiers mètres, dont le calcaire dolomitique se présente sous forme de petit lits point de vue épaisseur, en revanche, le calcaire massif se présente sous forme de bancs d'épaisseur importantes.

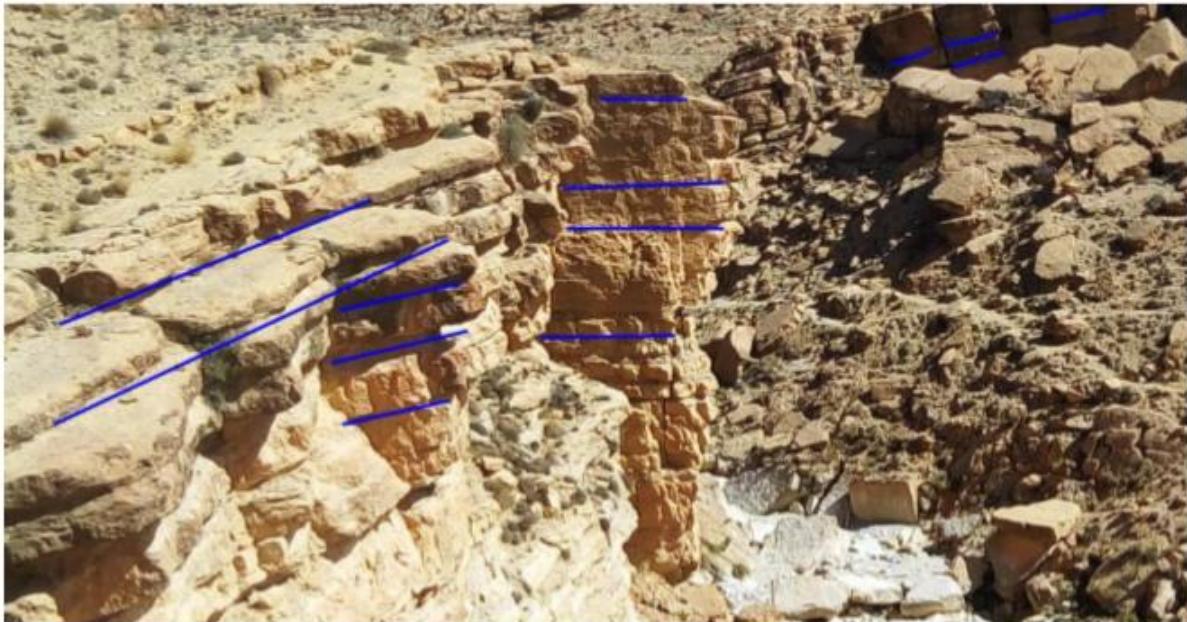


Figure33: photo illustrant les joints de stratification.

Conditions géotechniques

- Les discontinuités subverticales : Les discontinuités subverticales dont on parle ont un sens de plongement vers l'ouest.

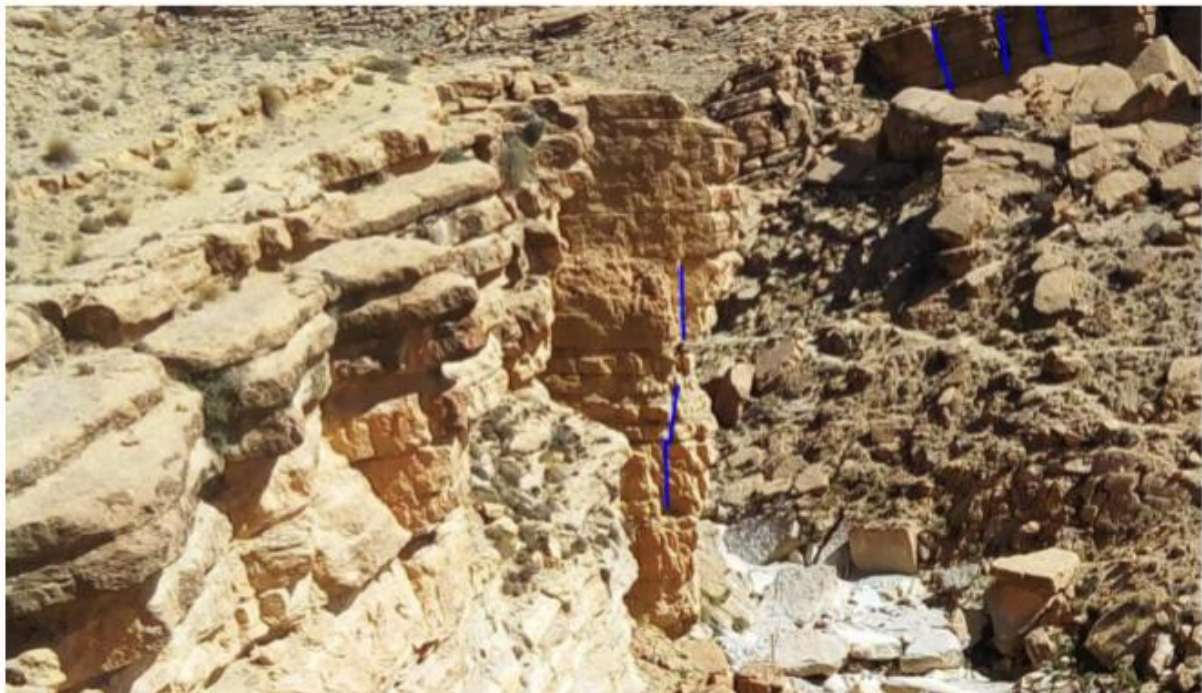


Figure 34: photo illustrant les discontinuités subverticales.

A ces deux familles de discontinuité, s'ajoute le contact lithologique entre le calcaire massif et le calcaire dolomitique situé à environ 6.5m de profondeur. Ces discontinuités génèrent des instabilités qui conduisent aux chutes de blocs rocheux de différentes dimensions.

Conditions géotechniques

4.3.1. RQD :

Un autre paramètre très important pour la classification des massifs rocheux, RQD : ROCK QUALITY DESIGNATION, elle est déterminée en mesurant le pourcentage de récupération de morceaux de carotte de forage dont la longueur est supérieure à 100 mm.

Les échantillons de forage qui ne sont pas durs ou en bon état ne doivent pas être pris en compte, même s'ils ont 100 mm de longueur.

Il s'agit du principal indicateur de zones rocheuses de mauvaise qualité, la formule qui donne la RQD est la suivante :

$$RQD = (\Sigma \text{ éléments de carottes } > 10 \text{ cm/ mètre foré}) \times 100$$

A partir des valeurs calculées, on peut définir la qualité du massif rocheux comme suit :

Tableau 19 : présent la qualité du massif rocheux.

RQD (%)	Qualité globale du massif rocheux
90 à 100	Excellente
75 à 90	Bonne
50 à 75	Moyenne
25 à 50	Mauvaise
0 à 25	Très mauvaise

Dans le cas du massif rocheux qui constitue la paroi surplombant la RN 83 à Djellal, l'indice RQD varie comme suit :

Tableau 20 : RQD des carottes et la profondeur des carottes L>10 cm

Profondeur	Carottes avec L>10 cm	RQD %
0.2 _ 2.0m	19/15/19	38
2.0 _ 6.5m	15/11/10	8
6.5 _ 8.0 m	18/22/10/15/10/12	58
8.0 _ 12.5m	49/24/42/20/11/13/17/15/15/41/34/14/12/15/10	73

Au vue de ces valeurs récapitulées dans le tableau, la qualité du massif rocheux peut être commentée ainsi : De 0.0 à 6.5 : très mauvaise à mauvaise De 6.5 à 12.5m : moyenne, voir bonne pour les derniers mètres très proche à la limite qui distingue une qualité moyenne de qualité bonne.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les différents essais géotechniques en laboratoire sur les échantillons pour déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques

D'après les résultats des essais d'identification, les formations rocheuses qui constituent le Site sont : très denses et ayant une résistance à la compression simple qui se varie de 40 à 44MPa pour le calcaire dolomitique et de 75 à 90 MPa pour le calcaire massif bleuâtre.

Résumant les différents contextes du site, on trouve que :

-Parois rocheuse de qualité médiocre pour les premiers mètres en faisant référence aux Valeurs RQD.

- La zone superficielle du massif rocheux comporte un réseau dense de discontinuité (Joints de stratifications, fissures ...etc.).

Chapitre 5 : le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Introduction:

Contrairement au phénomène de l'érosion qui se passe au niveau des grains, les mouvements de terrain sont des mouvements de masse avec des volumes très variables, ils peuvent aller de quelques mètres cube à plusieurs millions de mètres cube. Les glissements constituent un facteur important dans l'évolution du relief à la surface de la terre, ils représentent aussi pour les aménagements et les habitants un risque qu'il soit nécessaire de localiser et de prévoir.

Un mouvement de terrain peut être déclenché sous le seul effet de la pesanteur, comme il peut être déclenché par l'action de l'homme. Certains travaux (ouverture de fouilles superficielles, modification du régime des eaux, mise en place de surcharge ... etc.) rompent l'équilibre naturel d'un site et amorcent un processus de rupture de masse sur un site auparavant stable.

5.1.1. Classification des mouvements de terrain:

Selon le mode de rupture et la nature des terrains, les mouvements de terrains ont classés en trois catégories :

- Les affaissements et effondrements ;
- Les éboulements rocheux (écroulements) ;
- Les glissements de terrain ;

5.1.2. Glissements de terrain:

Les glissements de terrain sont des mouvements de masse qui se développent dans des matériaux meubles généralement argileux.

Par opposition aux éboulements, rocheux qui se passent souvent brutalement, les glissements de terrain évoluent lentement, ils peuvent affecter des versants naturels, des talus en déblai réalisés lors des terrassements, des talus en remblai, des digues en terre ...etc. Les glissements de terrain sont classés sous l'angle rhéologique en deux grandes familles : les glissements proprement dits et les fluages ainsi que les coulées boueuses.

5.1.2.1. Les glissements proprement dits:

Ils correspondent à une déformation élasto-plastique caractérisée par l'apparition d'une surface de cisaillement relativement bien déterminée. Selon la forme de cette surface, les Glissements sont classés en trois catégories :

5.1.2.1. A. Glissement plan :

C'est un mouvement de translation sur un plan incliné appelé aussi plan de ripage, ce plan s'établit le plus souvent sur une discontinuité à pendage dirigé vers l'aval : joint de stratification, surface de contact entre un terrain de couverture et un substratum en place, plan de schistosité et plan de faille ou de diaclase...etc. La surface de rupture dans ce cas peut suivre une couche de faibles caractéristiques (faible résistance), généralement ce sont Les joints argileux qui favorisent le déclenchement des glissements plans (**fig.35. a.**).

En présence d'eau, les surfaces de discontinuité jouent le rôle d'une couche-savon pour

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

les formations qui les surmontent. Un tel glissement sera encore facile lors de l'ouverture d'une fouille au pied du talus où la position du plan de glissement dépend de la profondeur de la fouille (**fig.35.b**). Les glissements plans sont similaires à celui des éboulements rocheux, lorsque la masse mise en mouvement est constituée de couche dure.

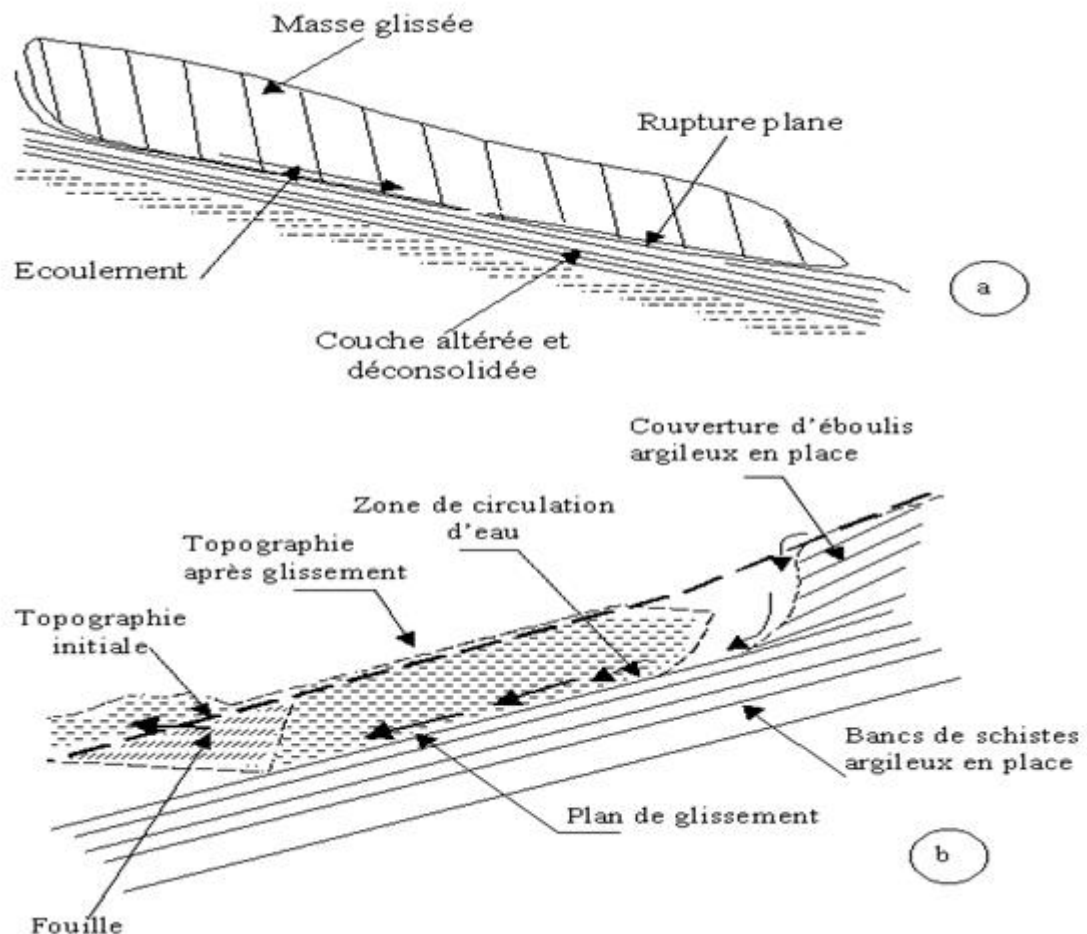


Figure35 : Glissement plan

a-Glissement sur une couche de faible résistance.

b-Glissement dû à l'ouverture d'une fouille au pied du versant

5.1.2.1. B. Glissement rotationnel(circulaire):

C'est le type le plus fréquent, il se développe en principe dans un milieu homogène et isotrope, c'est à dire non affecté par la présence de discontinuités géologiques. En général les sols affectés par ce type de mouvement sont des sols fins (argileux). La surface de glissement est concave, sa coupe selon la ligne de plus grande pente du versant à une forme circulaire (**fig.36. a et b**). Le mouvement de la masse glissée est un mouvement en rotation autour du centre de ce cercle.

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

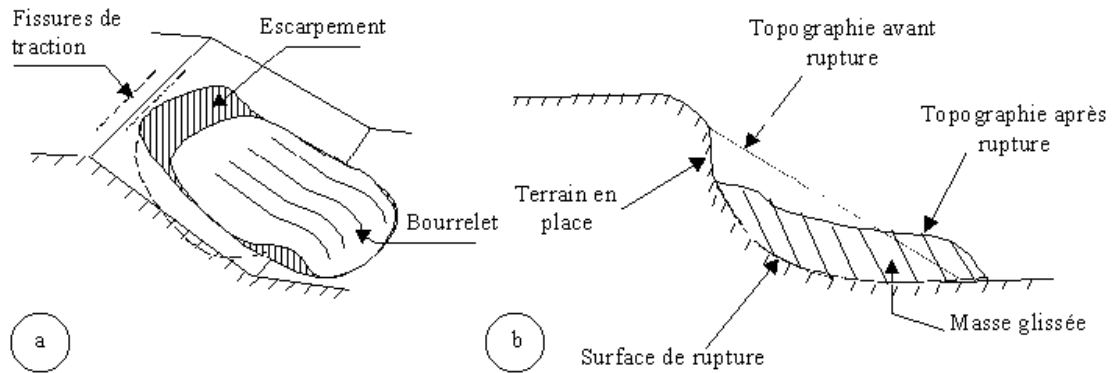


Figure 36 : Allure général du glissement rotationnel.

a- Vu en perspective.

b- Vu en coupe.

Un glissement rotationnel peut se développer par reprise de la rotation et par apparition de surfaces de ruptures nouvelles plus profondes. Ces surfaces sont plus ou moins emboîtées avec la première. Il arrive aussi que les glissements circulaires soient complexes, ceci est dû à la suppression de la butée provoquée par le glissement précédent, donnant par conséquent la naissance à un glissement en amont. Quant à la surcharge en aval, elle peut favoriser le déclenchement d'un troisième glissement : L'ensemble forme des glissements en chaîne. Le développement des glissements rotationnel vers l'amont forme des glissements rétrogressifs.

On remarque que les deux types précédents de glissement et plus précisément de surface de rupture exigent : la présence de surface de discontinuité sur laquelle s'établissent le glissement plan, et l'homogénéité et l'isotropie du terrain dans le cas de glissement rotationnel.

Dans les milieux naturels l'isotropie et l'homogénéité restent l'exception, en effet, il existe beaucoup de glissements dont la surface de rupture est moins géométrique et même tout à fait quelconque. Ce type a eu lieu le plus souvent dans les éboulis de pente et les terrains de couverture.

Les surfaces de glissement de forme quelconque ont posé des problèmes pour le calcul manuel qui, pour la difficulté, impose l'hypothèse de ruptures de géométrie simple. Actuellement, le développement de logiciels permet de cerner de plus près la géométrie complexe de la plupart des ruptures tel que le calcul par la méthode des éléments finis.

5.1.2.2. Glissement par fluage et coulée boueuses :

5.1.2.2. A. Glissement par fluage :

Le fluage correspond à des mouvements lents dus à des sollicitations proches de la rupture (domaine plastique). L'état ultime peut être, soit la stabilisation, soit la rupture. La **figure (37)** montre un banc de marne fluant sous le poids de la couche calcaire ; une des conséquences de ce type de contrainte est la fissuration du banc calcaire et son éboulement par la suite.

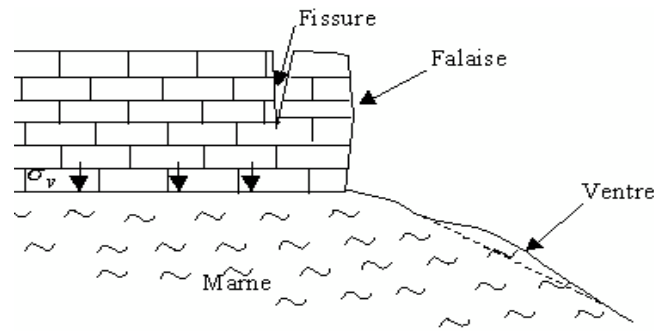


Figure 37 : Glissement par fluage

Il arrive aussi que le simple jeu de la pesanteur puisse entraîner la poussée au vide d'une pente argileuse. Un cas particulier de fluage est la solifluxion, il s'agit d'un phénomène superficiel dû au variation volumique du sol au cours des saisons (gel et dégel). Cette variation entraîne la fracturation du milieu et un accroissement de sa teneur en eau, conduisant en fin à une reptation du sol vers l'aval.

Il est important à signaler que le phénomène de fluage ou plus précisément la déformation par fluage intervient -au moins pour partie- dans la plupart des glissements de terrain.

5.1.2.2. B. Les coulées boueuses :

Il s'agit d'écoulement visqueux ou fluide des milieux argileux gorgés d'eau c'est à dire là où la teneur en eau dépasse la limite de liquidité.

Ces mouvements sont tellement faciles qu'ils puissent se présenter même sur des pentes très faibles (quelques degrés seulement). Plus le milieu est fluide, plus le mouvement est brutal et étendu, les matériaux en mouvement peuvent être entraînés à des centaines de mètres.

Il est évident que les glissements ou les mouvements de terrain d'une manière générale, sont fonction de la nature des formations constituant les terrains, et des contraintes appliquées à ces formations. Les glissements mettent en péril non seulement la vie de l'homme mais aussi les constructions (fondations, voies et ouvrages d'art... etc.) ; donc pour tout aménagement, des précautions bien minutieuses sont à prendre telle que la recherche et l'étude des différents paramètres pouvant contribuer au déclenchement d'un mouvement potentiel ou accélérer un mouvement déjà existant.

5.1.3. Principales causes des mouvements de terrain :

Un glissement de terrain se déclenche le plus souvent à cause de l'action conjointe de plusieurs facteurs. Pour analyser le mécanisme d'une rupture, Il est nécessaire de bien repérer les divers facteurs susceptibles d'être responsables d'un déclenchement de mouvement de terrain.

Lorsqu'on cerne les causes du glissement, on pourra par la suite entreprendre les travaux de confortation nécessaire. Ils existent plusieurs causes responsables du déclenchement d'un mouvement, il s'agit généralement de trois catégories:

- La nature des terrains constituant le site, et plus précisément toutes les données géologiques et géotechniques caractérisant le terrain ;
- Les diverses formes d'action de l'eau : action rhéologique sur le milieu, la

pression interstitielle et la pression de courant ;

- Les actions mécaniques externes : pente du versant, ouverture d'une fouille au pied du versant, affouillement de pied et surcharge de pente ou de crête ;
- Déboisement du site ;
- Séismes et vibration.

5.2.1. Les falaises

Rappels et définitions

Les falaises ou espacement rocheux sont à l'origine de chutes de pierres et de blocs, phénomènes brutaux impliquant des volumes de roche de quelques dm³ à quelques m³.

Ces phénomènes surviennent lorsque la roche présente une certaine prédisposition liée, par exemple à sa stratigraphie, son hétérogénéité ou à son altération et qu'elle est exposée à l'action d'un ou de plusieurs facteurs aggravants tels que les précipitations, les cycles gel/dégel ou encore les séismes.

Ces événements sont les aléas naturels les plus fréquents en zones montagneuses, mais concernant également les zones d'altitude plus modestes présentant des falaises. Chaque année, et principalement en hiver, ils sont à l'origine d'interruptions de circulation, de destructions d'infrastructures, voire d'atteintes mortelles aux personnes (voir figure 10), même lors d'évènements de faible énergie.

De ce fait, il est nécessaire d'étudier des techniques de stabilisation de ces falaises ou d'empêchement les dégâts probables après l'évolution de ces événements.

5.2 .2/ Les éboulements rocheux

Le terme d'éboulement rocheux désigne un mouvement d'une masse rocheuse, dans lequel les blocs ne se déplacent pas seulement en glissant, mais peuvent aussi tomber en chute libre, rebondir ou rouler. Il en résulte que les vitesses atteintes sont trop rapides pour permettre une évacuation de la population menacée (quelques mètres à quelques dizaines de mètres par seconde).

Les éboulements se produisent généralement dans des falaises ou des versants très raides. Ils font souvent suite à un mouvement plus lent, dont ils constituent le dernier stade d'évolution (glissement lent d'une masse rocheuse ou basculement progressif d'un pan de falaise, par exemple).

Le terme d'éboulement, au sens large, couvre un large éventail de phénomènes, depuis les chutes de pierres, très fréquentes sur certaines routes, jusqu'aux écroulements catastrophiques pouvant détruire un grand nombre d'habitations.

Les éléments en mouvement sont appelés pierres, lorsque leur volume est inférieur à quelques dm³, ou blocs pour les volumes plus importants (qui peuvent dépasser la centaine de m³).

La masse rocheuse totale en mouvement est appelée:

- Chute de pierres ou de blocs isolés, lorsque les éléments sont dispersés;
- Eboulement en masse pour des masses fragmentées en éboulis, dont le volume peut aller de quelques dizaines de m³ à plusieurs centaines de milliers de m³.
- Eboulement en grande masse pour des volumes plus importants, pour lesquels les distances de propagation peuvent être considérables (le terme d'écroulement est parfois utilisé).



Figure 38: Eboulement rocheux sur la RN 9 à AOKAS (BEJAIA)

5.3.1 Facteurs intervenant dans la chute de blocs :

5.3.1.1/ Facteurs de prédisposition :

La première condition est la présence d'un relief permettant la délimitation de blocs au sein d'un massif fracturé.

Il y a par ailleurs des facteurs favorables à la mobilisation des blocs (MASSA, Marçot et al, 2011) :

- La présence éventuelle d'une formation sous-jacente plus meuble, déformable ou érodable,
- Une action mécanique de l'eau (via la pression interstitielle),
- Une orientation favorable des blocs.

En effet, le déséquilibre d'une masse rocheuse selon un ou deux plans de discontinuité n'est possible que lorsque le plan ou l'intersection des plans de fracture recoupe le versant avec un pendage aval. Mais cette condition n'est pas suffisante. Il faut en effet que le pendage soit plus fort que l'angle de frottement interne le long des fractures (cas où l'on néglige la cohésion),

- L'état d'altération de la roche.

5.3.1.2 /Facteurs de déclenchement

La mise en mouvement des blocs est liée à un changement des conditions de stabilité qui peut avoir plusieurs origines, combinées ou non.

Ainsi les facteurs naturels favorisant le déclenchement d'un événement sont nombreux :

Les événements pluvieux ou la fonte des neiges (augmentation des pressions hydrostatiques),

- Les fortes variations de températures (cycle gel/dégel : cryoclastie),
- Les séismes,
- La croissance des racines des arbres.

Le tableau ci-dessous récapitule les processus et leurs actions qui sont à l'œuvre dans la déstabilisation des masses rocheuses.

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Tableau 21 : Principaux processus d'évolution des compartiments rocheux (d'après LCPC, 2004).

Processus	Agents	Effets	Dynamique
Action Physicochimique et dissolution	Eau	Altération matricielle -Destruction de ponts rocheux -Altérations des caractéristiques mécaniques	Lente et souvent masquée
Dislocation	-Effets gravitaires - Racines -Fluage d'une assise Gel, faible profondeur	-Destruction mécanique des ponts rocheux -Ouverture de fissuration	Lente sous nos latitudes
Erosion mécanique, Mise en surplomb	-Ecoulement d'eau - Abrasion Erosion éolienne	-Mise en équilibre par suppression d'appui -Perte de cohésion	Variable, peut être rapide
Action mécanique de l'eau (pression hydraulique)	-Infiltrations - Circulation internes du massif	-Déstabilisation par des poussées hydrauliques	Variable, peut être rapide, cyclique
Gélifraction	Gel	-Réduction des surfaces d'appui par ablation -Décohésion et dislocation des fractures	Lente
Fatigue mécanique	-Sollicitation physique et niveau de contraintes élevées	-Ecaillage, dégradation mécanique et pont rocheux -Progression des fissures	Rarement processus significatif à l'échelle humaine, sauf contextes extrêmes
Application de forces extrêmes	-Variation d'effort - Déstabilisation anthropique - Modification des conditions hydrauliques - Séismes	Déstabilisation, activation de nouveaux mécanismes de rupture	Variable, éventuellement rapide. Peut-être accidentel

5.4. Caractérisation des instabilités :

Les instabilités de falaises rocheuses constituent l'un des risques naturels majeurs en région de montagne. Elles se manifestent généralement de façon brutale sous forme de glissements ou de basculements de masses rocheuses qui entraînent des chutes de blocs et des éboulements à grande énergie cinétique. Les impacts sur le terrain et les constructions peuvent être destructeurs si l'on ne limite pas les risques par des ouvrages de protection judicieusement implantés, conçus et dimensionnés pour dévier ou arrêter les masses en mouvement.

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Idéalement, une instabilité est définie par un périmètre, un type de mécanisme, un volume, un intervalle de la taille des blocs et une probabilité de rupture. La probabilité de rupture peut être qualifiée à l'aide d'une valeur numérique reflétant l'état d'instabilité d'un massif. Elle est sensible à plusieurs facteurs :

- Les facteurs intrinsèques : qui décrivent la structure, la lithologie et le comportement géomécanique du massif rocheux
- Les processus d'évolution : qui influent par le biais de processus physiques et chimiques sur la stabilité des massifs (eau, température, sismicité de base, etc.)
- Les facteurs déclenchants : qui sont des processus physiques intervenant soit à la surface du sol (climat) soit en profondeur (sismicité, pression hydraulique dans les fissures, etc.) et qui du fait de leur intensité suffisante provoquent la rupture.

5.4.1. Les différents modes de rupture-Mécanismes d'instabilités :

La connaissance des mécanismes de rupture des massifs rocheux et des phénomènes dynamiques élémentaires associée aux chutes de blocs constitue un préalable nécessaire à toute étude concrète d'un site à risque potentiel ou déclaré:

- pour pouvoir identifier la nature des événements possibles, délimiter leur ordre de grandeur et évaluer l'extension des zones concernées;
- pour pouvoir interpréter les observations d'événements antérieurs (état des falaises, relève des blocs tombés, traces d'impact sur le versant ou de dégâts sur les arbres et constructions existantes);
- pour contrôler le fonctionnement des modèles numériques de simulation bi- ou tridimensionnelle des chutes de blocs, au moyen de cas simplifiés (géométrie du terrain et des blocs, paramètres physiques) dont la mécanique générale peut fournir des solutions exactes ou approchées de façon explicite.

Les caractéristiques des plans de discontinuités et du massif rocheux définissent des modes de ruptures différents.

Les instabilités de falaises rocheuses sont généralement prédéfinies par les surfaces de discontinuités du massif intersectant la topographie (Hoek and Bray, 1981, Descoedres, 1988). La figure suivante décrit schématiquement les modes de rupture en relation avec l'orientation et le pendage des discontinuités.

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

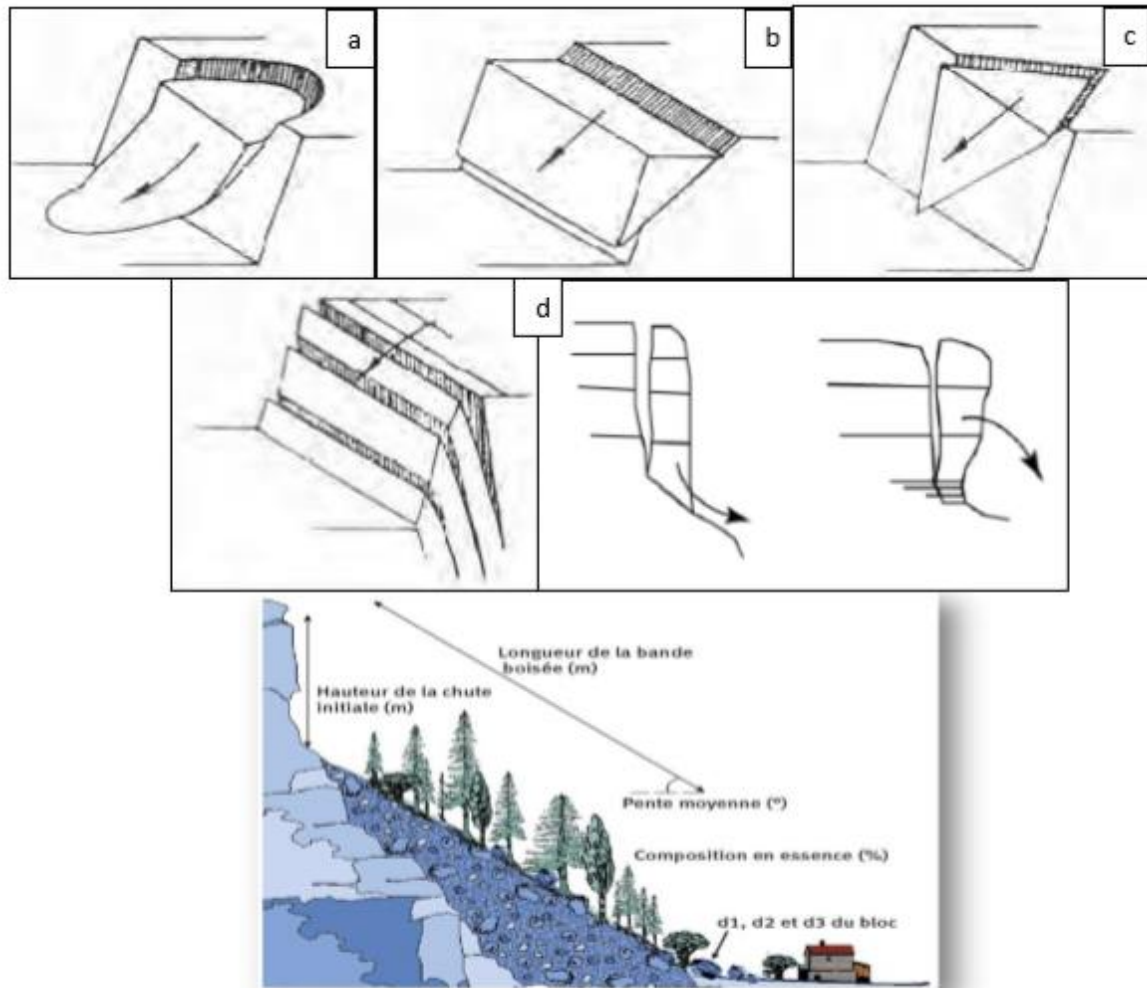


Figure 39: Modes de rupture en versant rocheux d'après Hoek and Bray (1981).

a = Glissement circulaire, b = Glissement sur un plan, c = Glissement en coin,
d = Basculement

-Le mode a correspond à une fracturation intense désorganisée sans structure privilégiée identifiable, qui l'apparente à un glissement de terrain meuble.

-Les modes b et c traduisent un glissement sur un ou plusieurs plans de discontinuités, le mode b n'étant qu'un cas particulier du mode c.

-Le mode d, assez fréquent en falaises à pendage des couches plongeant vers l'intérieur du versant favorise la chute de blocs par basculement brutal.

5.4.1.1 /LA PROPAGATION

L'ampleur du phénomène chute de blocs est liée à la quantité et au volume des blocs mobilisables mais également aux caractéristiques de propagation définie en sus par la topographie et l'aire de réception des blocs éboulés.

Ainsi plusieurs paramètres influent sur la trajectoire des chutes de blocs (Collectif, 2008):

- la forme et la nature géologique du bloc,
- la hauteur et le type de zone de départ (falaise, éboulis, etc.),
- la topographie et la nature du terrain le long de la trajectoire

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

- les obstacles éventuels sur sa trajectoire

Généralement la trajectoire des blocs suit la ligne de plus grande pente. Néanmoins, on peut observer des trajectoires très déviées du fait notamment de la forme des blocs et de la microtopographie.

Notre estimation de l'aléa chute de bloc porte à la fois sur la probabilité de départ des blocs et sur leur aire de propagation potentielle.

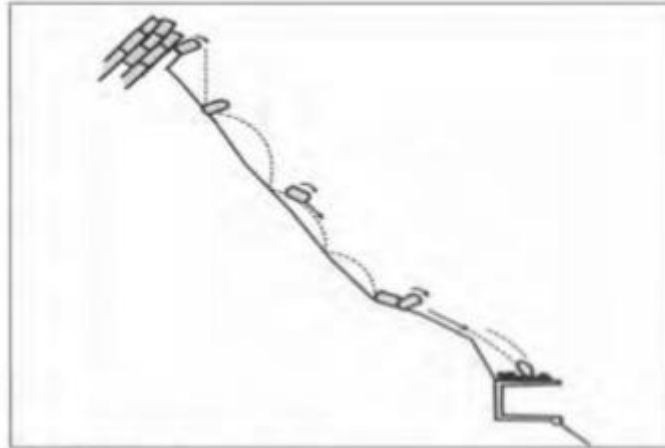


Figure40 : Trajectoire de chute d'un bloc.

5.5. Carte de l'aléa de départ :

Deux méthodes ont été combinées pour obtenir l'aléa de départ des blocs le plus précis et objectif possible : une cartographie géomorphologique, basée sur l'observation, et une analyse de la fracturation.

5.5.1. Campagnes de terrains :

La composante géomorphologique de l'aléa a été définie entièrement « à dire d'expert » lors de campagnes de terrain. Chaque affleurement a donc été observé et a fait l'objet de mesures. Pour une meilleure objectivité, trois campagnes de détermination avec des équipes différentes se sont succédé. Cela a permis une confrontation des résultats et une discussion entre les différents intervenants afin d'arriver à un aléa final qui soit le plus objectif possible.

5.5.2 /Critères retenus :

Plusieurs critères ont été retenus pour évaluer le niveau d'aléa. Ils sont liés à l'intensité potentielle et à la probabilité d'occurrence des chutes de blocs.

Intensité : déterminée par la taille/ le volume des blocs mobilisables, la hauteur du versant et la hauteur de chute (ce dernier facteur étant pris en compte dès cette phase de l'étude, bien qu'empiétant largement sur la propagation des potentiels blocs chutés)

Probabilité d'occurrence : déterminée par l'état de fracturation de massif rocheux et multiplicité des blocs mobilisables.

Tableau 22: Définition et critères d'évaluation des niveaux d'aléa chute de blocs

Niveau d'aléa chutes de blocs	Définition	Critères d'identification
-------------------------------	------------	---------------------------

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Fort	<p>Forte probabilité d'apparition de chutes de blocs et intensité forte en cas d'occurrence. Très forte probabilité d'apparition de chutes de blocs et intensité moyenne en cas d'occurrence.</p>	<p>Indices d'instabilité nombreux et reconnus :</p> <ul style="list-style-type: none"> • crevasses, fissures ouvertes • Falaises de hauteur supérieure à 10 m et fracturation intense de la formation rocheuse susceptible de s'ébouler • Pente forte à très forte (sup à 30°), avec blocs épars déchaussés, posés sur le versant.
Moyen	<p>Faible à moyenne probabilité d'apparition d'éboulements et intensité moyenne en cas d'occurrence.</p> <p>Moyenne probabilité d'apparition de chutes de blocs et intensité moyenne en cas d'occurrence.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falaises de hauteur inférieure à 5 m, avec fissures ouvertes dans la zone de départ • Falaises de hauteur entre 5 et 10 m, avec découpage en blocs de la formation rocheuse susceptible de s'ébouler • Falaise de hauteur supérieure à 10 m avec formation rocheuse homogène et moyennement fracturée.
Faible	<p>Déstabilisation de blocs épars sur versant de pente moyenne (20 à 30°)</p> <p>Probabilité faible de la propagation d'un bloc détaché d'une falaise jusqu'à cette zone et intensité faible en cas d'occurrence</p>	<p>Falaises avec peu de fractures, sans instabilités visibles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pente moyenne à faible • Abrupts de hauteur < 3m, quel que soit l'état de stabilité

5.6. Méthodologie de détermination des risques :

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Aléa :

Un aléa est un périmètre bien défini, ou au contraire diffus le long d'une falaise, à l'intérieur duquel sont actifs un ou plusieurs mécanismes de mobilisation. La confrontation entre L'agencement structural et la topographie est la clé de voûte de la démarche. En révélant notamment les plans de glissement potentiel et/ou de basculement, cette confrontation va révéler s'il y a aléa ou non.

L'analyse in situ du processus de dislocation de la roche et des cicatrices de dégradation contribue à circonscrire l'aléa. Les dépôts rocheux jonchant le pied de la falaise sont un élément d'appréciation complémentaire.

Caractérise les événements susceptibles de se produire au cours de l'évolution d'un phénomène naturel affectant un site dans le délai de référence.

1. Aléa d'écroulement :

- Il caractérise l'écroulement potentiel d'un compartiment.
- Il est quantifié par une probabilité d'écroulement annuelle.
- Il est déterminé par :
 - Une classe d'instabilité
 - Le couple probabilité/délai

2. Aléa de départ :

Il caractérise l'écroulement potentiel d'une classe d'instabilité, ou le départ d'un phénomène autre

(Sur le modèle de l'aléa d'écroulement ci-dessous), sur une zone de départ. Il est quantifié par une probabilité de départ annuelle.

Pour les éboulements rocheux, il est déterminé par :

- La synthèse de l'aléa d'écroulement sur la zone de départ
- Le nombre d'instabilités sur la zone de départ

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Tableau 23: Nbre d'instabilités sur la zone de départ appart ire de synthèse aléa d'écroulement

		Nbre d'instabilités sur la zone de départ				
		Plusieurs centaines	1 à qqs centaines	Plusieurs dizaines	1 à qqs dizaines	Qqs unités
Synthèse aléa d'écroulement	Très Elevé	Très Important	Très Important	Très Important	Très Important	Très Important
	Elevé	Très Important	Très Important	Très Important	Important	Important
	Moyen	Important	Important	Important	Modéré	Modéré
	Faible	Modéré	Modéré	Modéré	Peu Important	Peu Important

1. Aléa résultant :

Il caractérise l'atteinte potentielle des enjeux, pour une classe d'instabilité, dans le délai de référence.

Il est déterminé par le croisement de :

- L'aléa de départ
- La probabilité de propagation

Tableau 24: Nbre d'instabilités sur la zone de départ à partir de Synthèse aléa d'écroulement

		Nbre d'instabilités sur la zone de départ				
		Quasi certain	Très probable	probable	peu probable	Très peu probable
Synthèse aléa d'écroulement	Très Important	Très Fort	Très Fort	Très Fort	Fort	Moyen
	Important	Très Fort	Très Fort	Fort	Moyen	Faible
	Modéré	Fort	Fort	Moyen	Faible	Très Faible
	Peu Important	Moyen	Moyen	Faible	Très Faible	Très Faible

5.7. Dommages potentiels

Les dommages potentiels expriment les conséquences prévisibles en vies humaines, en biens et en activités, dans l'hypothèse de l'atteinte des enjeux.

Ils sont déterminés, pour chaque enjeu, et par classe d'instabilité, en fonction des conditions de propagations (énergie cinétique, hauteur de passage...) déterminées par les simulations trajectographiques ou l'expertise.

Les dommages potentiels sur les enjeux sont modulés, d'une manière générale, selon les critères suivants :

- Conséquences humaines.
- Importance stratégique de l'enjeu.
- Perturbation de l'enjeu entraînant ou non un dysfonctionnement primordial pour la sécurité civile et/ou pour la défense et/ou pour le maintien de l'ordre public.

Elle aurait ou non des répercussions socio-économiques.

Présence ou non d'ouvrage exposé. Pour les ouvrages, les dommages potentiels représentent le rapport du coût des dommages au coût de la construction. Elle dépend de la dynamique des structures exposées et de leurs interactions.

Condition d'atteinte de l'enjeu (trajectoire basse, roulant sur un talus à pente faible ou trajectoire haute, en provenance d'un talus haut à pente forte, énergie cinétique).

Possibilité ou non de perception d'un éboulement par les usagers.

Probabilité de sur accident

Le niveau de dommage potentiel est défini par le cumul des dommages :

- Par classe d'instabilité,
- Sur une zone de probabilité de propagation homogène,
- Pour un type d'enjeu.

5.8 Niveau de dommages potentiels :

Les niveaux de dommages potentiels sur les voies de circulation sont définis en fonction du trafic (incluant les personnes) et des ouvrages directement exposés, mais également en fonction de l'importance stratégique des voies de circulation en termes d'échanges économiques et stratégiques.

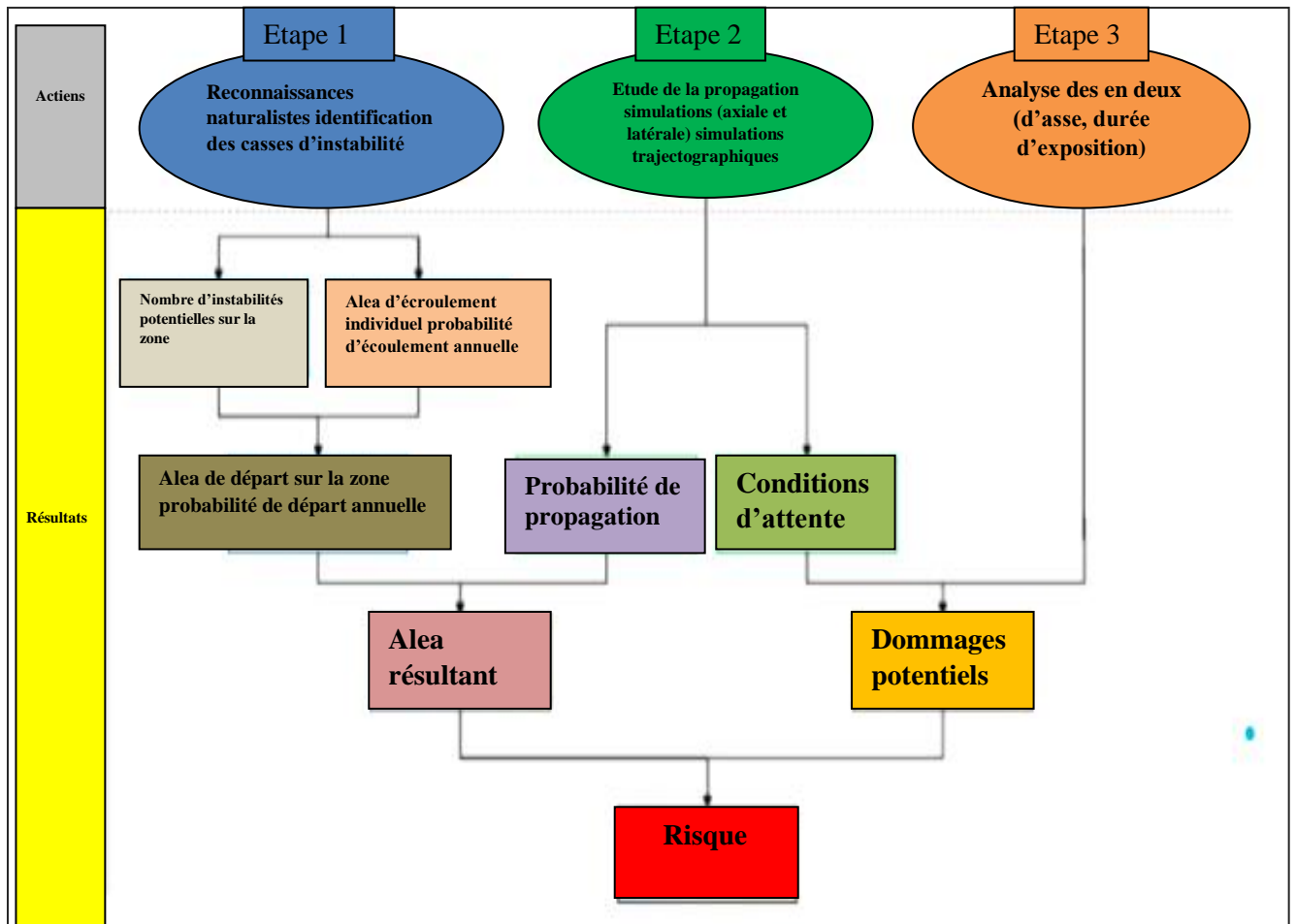
Sur la présente étude nous avons définis un niveau de dommage potentiel TRES IMPORTANT compte tenu de la circulation dense.

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Tableau 25 : présent Alea résultant : (Niveau de risque, Niveau de dommages)

Niveau de risque		Niveau de dommages
		Très important
Alea résultant	Très fort	Très élevé
	Fort	Très élevé
	Moyen	Elevé
	Faible	Moyen
	Très faible	Faible

❖ Organigramme récapitulatif



✚ Schéma explicatif récapitulatif

5.9. Interprétation des résultats:

Résultats de l'LTPE :

-Subdivision de l'aire d'étude

5.9.1. Zoning

Dans ce qui suit, on va subdiviser les deux sites en plusieurs zones homogènes de même nature (morphologie), cela va nous aider par la suite à la projection des solutions de protection.



Figure 41: Zoning du Site 1 du PK191+600 au PK194+00.



Figure42 : Zoning du Site 2 du PK203+000 au PK203+692

5.9.2. Sectorisation

Après avoir procédé au zoning des deux sites, des sous-zones (secteurs) ont été établis par rapport au type, à la nature et à la morphologie des talus rocheux.



Figure43 : Secteur 1 de la zone 1



Figure44 : Secteur 3 de la zone 1



Figure45 : Secteur 4 de la zone 2



Figure46 : Secteur 5 de la zone 3

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé



Figure47 : Secteur 6 de la zone 3



Figure48 : Secteur 7 de la zone 3



Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Figure49 : Secteur 8 de la zone 4







Figure50 : Secteur 9 de la zone 4



5.10. Fiches Sectorielles

Tableau 26 : Fiches Sectorielles


RN 83 KHENCHELA	FICHE DIAGNOSTIC	Site	Zone	PK début	PK fin	Longueur (m)	Type	DTP Wilaya de KHENCHELA
		1	1	191+600	192+100	500	Talus	
CARACTERISATION DE L'ALEA EBOULEMENT ROCHEUX								
	Classe d'instabilité	Nombre de compartiments	Synthèse de l'aléa d'écoulement	Aléa de départ	Propagation Résultante	Aléa résultant		
	Pierres	Plusieurs centaines	Faible	Peu important	Très peu probable	Très faible		
	Blocs	Plusieurs dizaines	Faible	Peu important	Très peu probable	Très faible		
	Masses	Quelques unités	Elevé	Important	Probable	Fort		



Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

	Grandes masses	Quelques unités	Elevé	Très important	Très probable	Très fort	
	Très grandes Masses	Quelques unités	Elevé	Important	Très probable	Très fort	
	CARACTERISATION DU RISQUE						
	Classe d'instabilité	Aléa résultant	Conditions d'atteintes	Dommages potentiels	Risques	Risque Global	
	Pierres	Très faible	Traj. roulantes	Peu important	Faible	Elevé	
	Blocs	Très faible	Traj. roulantes	Peu important	Faible		
	Masses	Fort	Traj. aériennes	Modéré	Elevé		
Grandes masses	Très fort	Traj. aériennes	Modéré	Elevé			
Très grandes Masses	Très fort	Traj. aériennes	Modéré	Elevé			
Classe d'instabilité Pierres et Blocs Aléa individuel d'écoulement faible Probabilité de Propagation sur la route Peu probable				Classe d'instabilité Masse et grandes masses Aléa individuel d'écoulement Elevé Probabilité de Propagation sur la route Très probable			



RN 83 KHENCHELA	FICHE DIAGNOSTIC	Site	Zone	PK début	PK fin	Longueur (m)	Type	DTP Wilaya de KHENCHELA
		1	2	192+100	193+500	1400	Talus	
CARACTERISATION DE L'ALEA EBOULEMENT ROCHEUX								
	Classe d'instabilité	Nombre de compartiments	Synthèse de l'aléa d'écoulement	Aléa de départ	Propagation Résultante	Aléa résultant		
	Pierres	Plusieurs centaines	Faible	Peu important	Très peu probable	Très faible		
	Blocs	Plusieurs dizaines	Faible	Peu important	Très peu probable	Très faible		
	Masses							
	Grandes masses							



Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

	Très grandes Masses							
CARACTERISATION DU RISQUE								
	Classe d'instabilité	Aléa résultant	Conditions d'atteintes	Dommages potentiels	Risques	Risque Global		
	Pierres	Très faible	Traj. roulantes	Peu important	Faible	Faible		
	Blocs	Très faible	Traj. roulantes	Peu important	Faible			
	Masses							
	Grandes masses							
	Très grandes Masses							
Classe d'instabilité Pierres et Blocs Aléa individuel d'écoulement Faible Probabilité de Propagation sur la route Peu probable								



RN 83 KHENCHELA	FICHE DIAGNOSTIC	Site	Zone	PK début	PK fin	Longueur (m)	Type	DTP Wilaya de KHENCHELA
		1	3	193+500	194+000	500	Talus	
CARACTERISATION DE L'ALEA EBOULEMENT ROCHEUX								
	Classe d'instabilité	Nombre de compartiments	Synthèse de l'aléa d'écoulement	Aléa de départ	Propagation résultante	Aléa résultant		
	Pierres	Plusieurs centaines	Elevé	Très important	Probable	Moyen		
	Blocs	Plusieurs dizaines	Elevé	Très important	Probable	Moyen		
	Masses	Quelques unités	Moyen	Important	Peu Probable	Fort		
	Grandes masses	Quelques unités	Moyen	Peu important	Peu Probable	Très fort		

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

	Très grandes Masses							
CARACTERISATION DU RISQUE								
Classe d'instabilité	Aléa résultant	Conditions d'atteintes	Dommages potentiels	Risques	Risque Global			
Pierres	Moyen	Traj. roulantes	Peu important	Moyen	Elevé			
Blocs	Moyen	Traj. roulantes	Peu important	Moyen				
Masses	Fort	Traj. aériennes	Modéré	Elevé				
Grandes masses	Très fort	Traj. aériennes	Modéré	Très Elevé				
Très grandes Masses								
Classe d'instabilité Pierres et Blocs Aléa individuel d'écoulement Moyen Probabilité de Propagation sur la route Probable				Classe d'instabilité Masse et grandes masses Aléa individuel d'écoulement Elevé Probabilité de Propagation sur la route Peu probable				

RN 83 KHENCHELA	FICHE DIAGNOSTIC	Site	Zone	PK début	PK fin	Longueur (m)	Type	DTP Wilaya de KHENCHELA
		2	4	203+000	203+692	692	Talus	
CARACTERISATION DE L'ALEA EBOULEMENT ROCHEUX								
	Classe d'instabilité	Nombre de compartiments	Synthèse de l'aléa d'écoulement	Aléa de départ	Propagation résultante	Aléa résultant		
	Pierres	Plusieurs centaines	Moyen	Important	Probable	Moyen		
	Blocs	Plusieurs dizaines	Moyen	Peu important	Peu probable	Faible		

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

	Masses						
	Grandes masses						
	Très grandes Masses						
	CARACTERISATION DU RISQUE						
	Classe d'instabilité	Aléa résultant	Conditions d'atteintes	Dommages potentiels	Risques	Risque Global	
	Pierres	Moyen	Traj. roulantes	Peu important	Moyen	Moyen	
	Blocs	Faible	Traj. roulantes	Peu important	Moyen		
	Masses						
	Grandes masses						
	Très grandes Masses						
Classe d'instabilité Pierres Aléa individuel d'écoulement Moyen Probabilité de Propagation sur la route Probable			Classe d'instabilité Blocs Aléa individuel d'écoulement Faible Probabilité de Propagation sur la route Peu probable				

site	Zone	PK début	PK Fin	Longueur (m)	Origine du phénomène	Classe d'instabilité	Aléa résultant	Risque	
01	01	191+600	192+100	500	Talus	Pierres	Très faible	Faible	Elevé
						Blocs	Très faible	Faible	
						Masses	Fort	Elevé	
						Grandes masses	Très fort	Elevé	
						Très grandes Masses	Très fort	Elevé	

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé


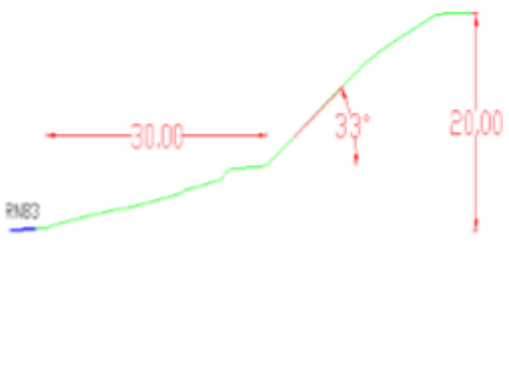

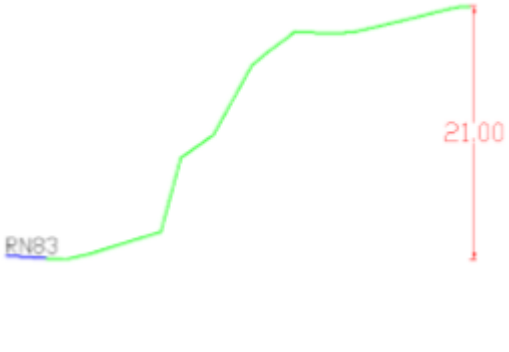

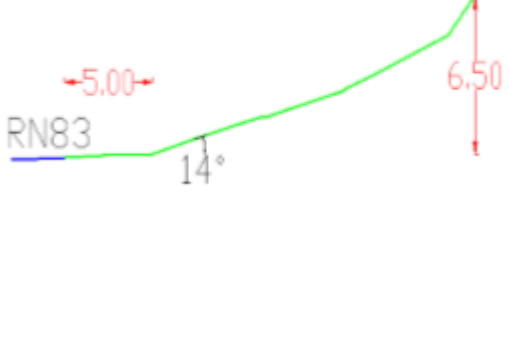
	02	192+500	193+500	1400	Talus	Pierres	Très faible	Faible	Faible
						Blocs	Très faible	Faible	
						Masses			
						Grandes masses			
						Très grandes Masses			
	03	193+500	194+000	500	Talus	Pierres	Moyen	Moyen	Elevé
						Blocs	Moyen	Moyen	
						Masses	Fort	Fort	
						Grandes masses	Très fort	Très Elevé	
						Très grandes Masses			
02	04	203+000	203+692	692	Talus	Pierres	Moyen	Moyen	Moyen
						Blocs	faible	Moyen	
						Masses			
						Grandes masses			
						Très grandes Masses			

5.11. Profils des secteurs


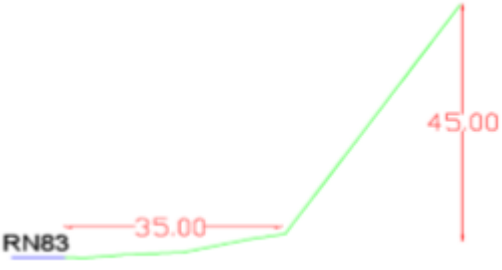

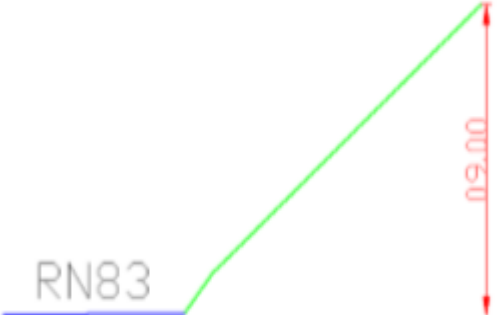



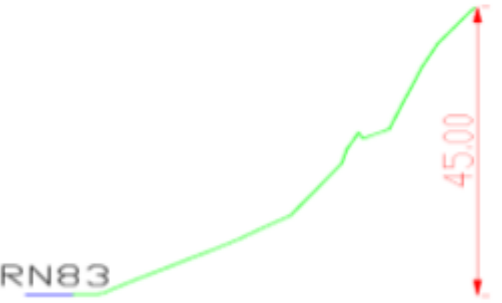
Tableau 27 : Profils des secteurs

Zone	N° Secteur	PK	Profils


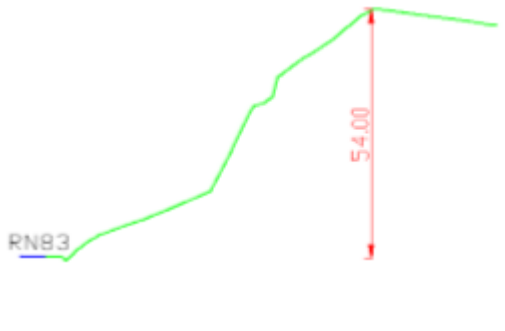

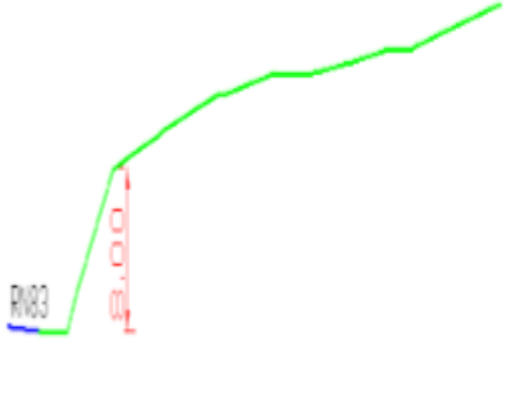
Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

01	01	191+620		
	02	191+690		
	03	191+830		

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

02	04	192+800		
03	05	193+500		
	06	193+595		
	07	193+880		

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

04	08	203+100		
	09	203+600		

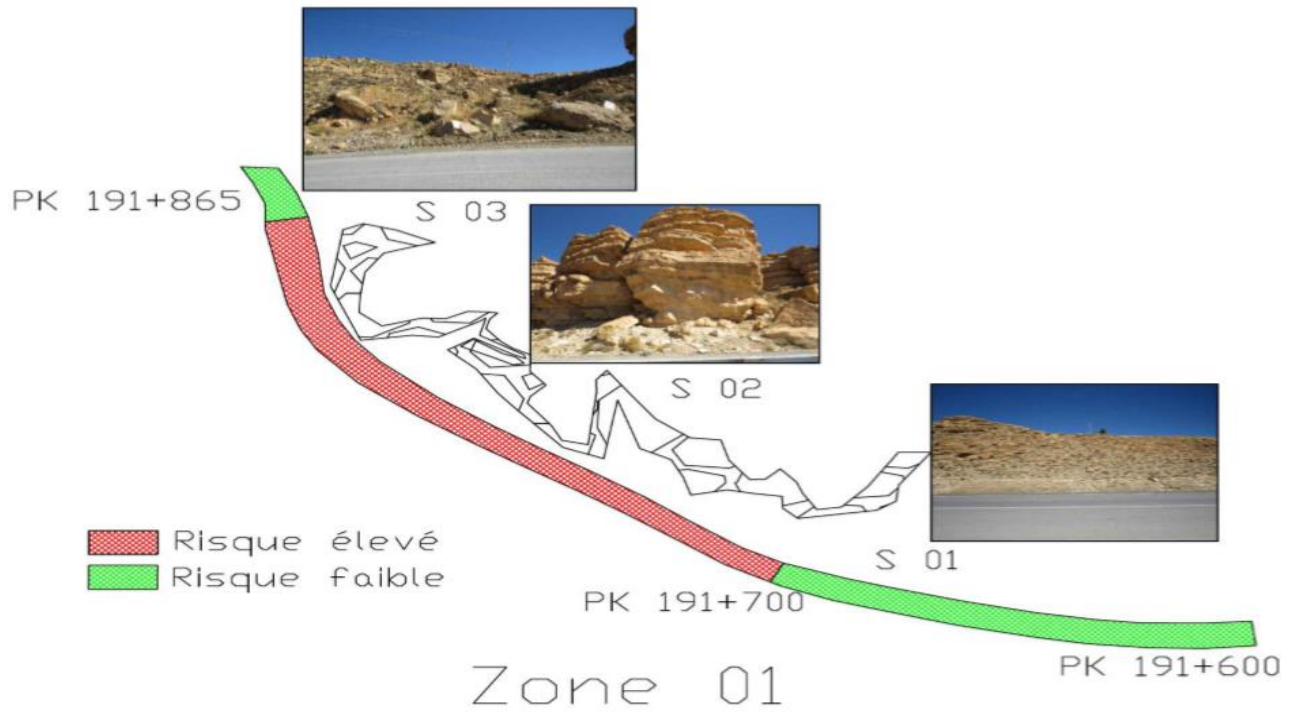
5.12. CARTOGRAPHIE DES NIVEAUX DE RISQUE



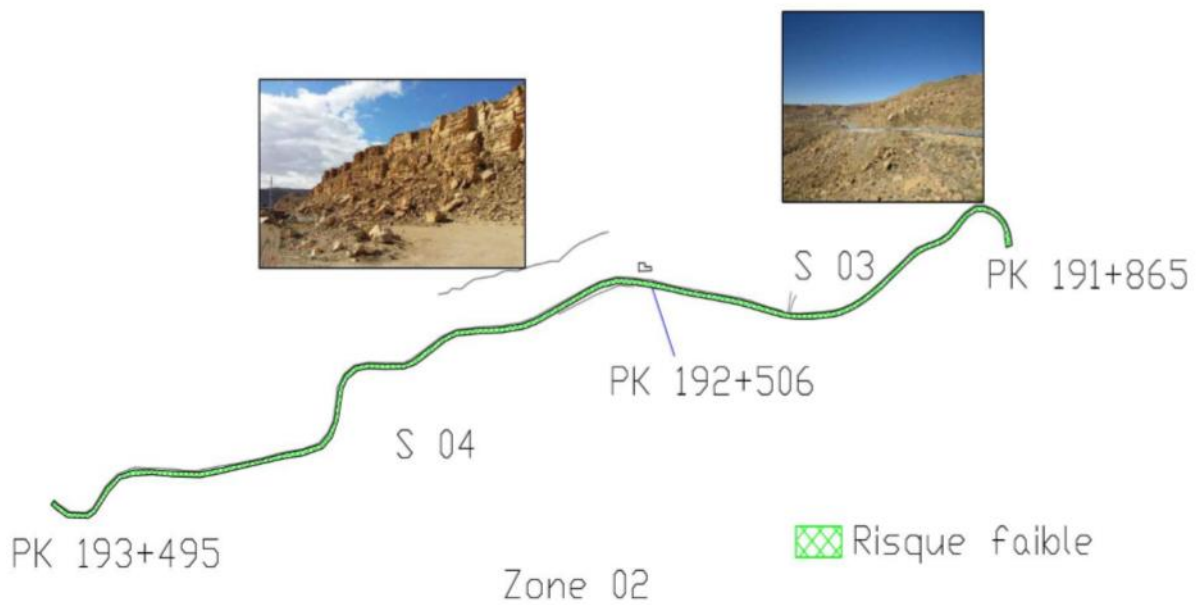
Figure 51: Site 1 (Kenchela, RN83) : Du PK191+600 au PK194+000

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Zone 01 :

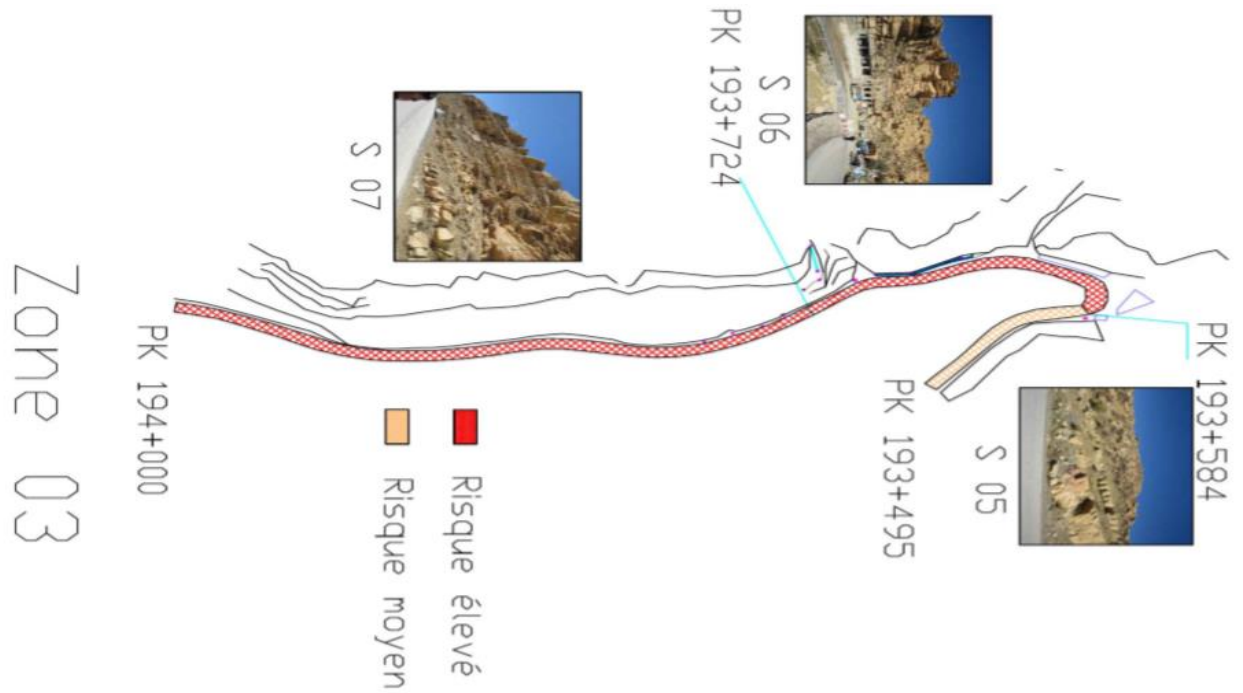


Zone 02 :



Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Zone 03 :



Zone 04 :

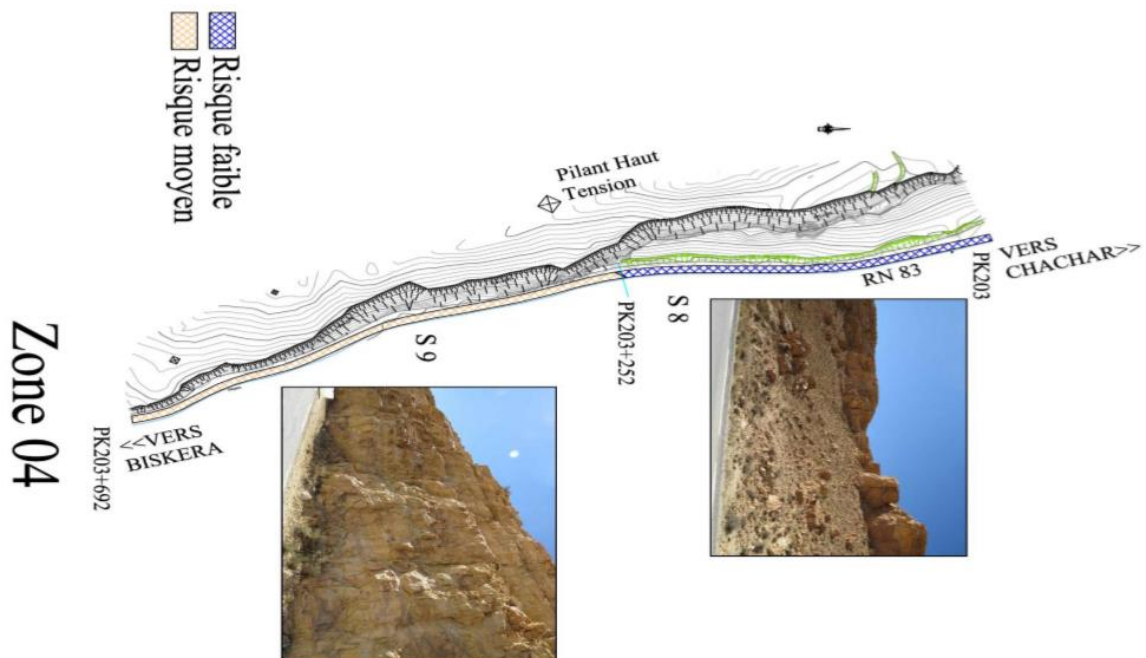


Figure 52 : la zone des risques (dessin avec des photos ; zone1, zone2, zone3, zone4)



Figure 53: Site 2 (Khenchela, RN83) : Du PK203+000 au PK203+692

5.13. Mesures de protection

Dans les régions montagneuses, certaines voies de communications sont exposées à des phénomènes d'instabilités tels que les éboulements ou chutes de blocs. Ces événements s'accompagnent fréquemment d'un entraînement ou d'une obstruction partielle, voire totale des voies de circulation. Afin de limiter les risques correspondants, des ouvrages de protection peuvent être construits.

L'étude des systèmes de protection contre les chutes de blocs de rochers a consisté à établir un catalogue exhaustif des moyens à disposition, puis à définir des zones d'application de ces moyens par l'analyse de leur faisabilité technique, notamment sur la base de considérations topographiques.

Le choix de principes de protection se fait en fonction de trois critères principaux :

- Des niveaux de risque : volumes en jeu, fréquence et intensité des aléas, mécanismes de rupture, vitesse de régression du massif ; ces facteurs étant partiellement liés aux caractéristiques pétrographiques et tectoniques de la roche.
- De la multiplicité des cas à traiter, cela conditionnant le choix de mesures ponctuelles ou de protections linéaires ou surfaciques.
- La morphologie du versant qui conditionne la faisabilité des ouvrages (difficultés d'accès, position relative de la structure à protéger et possibilité d'implanter des protections linéaires en pied...).

5.13.1 /Les parades

Les parades structurelles mises en œuvre pour protéger les enjeux contre cet aléa. Les protections contre les chutes de blocs de rochers se classent en deux types principaux :

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

- les protections actives
- les protections passives.

5.13.1.1. Les parades passives

De protections passives dont le but est le contrôle et l'arrêt de la chute des éléments (protections linéaires, grillage pendu...), généralement implantée en pied de versant ou en crête de talus, dimensionnée et positionnée de manière à arrêter des chutes de blocs depuis une falaise ou depuis un éboulis. Elles n'agissent donc pas directement sur la cause des instabilités mais n'en traitent que les effets. Quand le nombre et/ou la répartition des compartiments instables rendent leur traitement ponctuel irréaliste, ce type de parade, s'il peut être mis en œuvre, a une efficacité générale plus grande. Il sera alors prioritairement préconisé. Ces protections étant mises en œuvre, les compartiments sous-jacents ou dépassant leurs capacités font, dans la mesure du possible, l'objet d'un traitement spécifique.

5.13.1.2. Grillage pendu

Il est constitué de nappe de grillages pendu sur poteaux dans le but d'intercepter les phénomènes de faible énergie provenant de l'amont.

Le grillage pendu canalise les blocs et pierres instables le long de la paroi jusqu'à son pied. Le grillage pendu est maintenu au plus près de la paroi en pied soit par un câble ancré, soit par un lest.



Figure 54: Exemple de grillage pendu après l'éboulement.

5.13.1.3 Barrière fixe de grillage ou de filet (Ecran de filet pare-blocs)

L'ouvrage de protection est destiné à arrêter ou à ralentir les blocs en mouvement le long du versant. C'est un dispositif souple de protection contre les éboulements rocheux, l'arrêt des blocs implique que la barrière puisse se déformer sans être endommagée, en assurant la dissipation de l'énergie d'impact.



Figure 55: Exemple d'écran de filet.

5.13.1.4. Merlon pare-blocs

Le merlon est un dispositif très peu déformable de protection contre les éboulements rocheux positionné dans la zone d'arrêt ou de transit des phénomènes. Il est constitué d'un remblai de matériaux rocheux.



Figure 56: Exemple de Merlon pare-blocs (a. Avant l'éboulement, b. Après l'éboulement).

5.13.1.5. Les parades actives

De protections actives dont le but est la conservation en l'état des parois par le confortement des instabilités (ancrages passifs, grillage plaqué ancré, filet métallique plaqué ancré, béton projeté...). Ces mesures traitent les problèmes à leur source; elles permettent ainsi de ralentir, voire de stopper, le processus de régression à l'origine des instabilités potentielles. Elles permettent la stabilisation ou la suppression des instabilités traitées.

5.13.1.6. Grillage plaqué

Il est constitué de nappes de grillages ancrés en paroi dans le but d'intercepter les phénomènes de faible énergie provenant de l'amont.

Le grillage plaqué est mis en œuvre au plus près de la paroi et doit s'adapter au mieux à sa morphologie afin de limiter la chute des éléments potentiellement instables. Le plaquage est réalisé au moyen de câbles et ancrages intermédiaires.



Figure 57: Exemple de grillages plaqué

5.13.1.7. Confortement par boulon d'ancrage

Le confortement par clouage au rocher est une technique qui consiste à reporter le poids d'éléments instables vers le massif rocheux stable au moyen d'armatures scellées constituant des éléments de renforcement. Il permet, par augmentation de la résistance au cisaillement de la discontinuité qui le découpe du massif, de le renforcer afin de ralentir son évolution ou d'empêcher son écroulement.



Figure 58: Exemple de confortement par boulon d'ancrage

5.13.1.8. Confortement et confinement par paroi de béton projeté

La paroi de béton projeté coulé agit directement sur les terrains régressifs et instables. Elle permet par recouvrement et confortement d'empêcher l'évolution régressive et/ou la déstabilisation des terrains.



Figure59 : Exemple de confortement par paroi de béton projeté

5.13.1.9. Confortement par butée de soutènement Le confortement par butée de soutènement

Consiste à soutenir le poids d'éléments instable au moyen d'un massif de béton armé et ancré constituant un élément de renforcement. Ce type de renforcement permet la reprise d'instabilité de gros volume.



Figure 60: Exemple confortement par butée de soutènement

5.13.1.10. Déroctage et purge

Les purges ou déroctages permettent d'éliminer les masses rocheuses instables de façon définitive. Ces opérations sont réalisées de façon manuelle à l'aide d'une canne d'un coussin ou d'un vérin ou bien elles peuvent mécanisées à l'aide d'une pelle mécanique ou encore effectuées à l'explosif dans le cas de micro-déroctage.



Figure61 : Exemple de déroctage et purge

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

PRIORITE 1 :

Travaux à réaliser à très court terme, relatifs à un niveau de risque élevé à très élevé, correspondant à une menace certaine et immédiate ou à des volumes en jeu très importants.

PRIORITE 2 :

Travaux à réaliser à court terme, relatifs à un niveau de risque élevé à modéré, correspondant à une menace moins certaine ou à plus long terme, à des mécanismes de rupture moins marqués ou peu fréquents.

PRIORITE 3 :

Travaux complémentaires à réaliser à moyen terme, relatifs à un niveau de risque faible à modéré correspondant à une menace peu probable ou marginale.

Ces données sont quelque peu subjectives car déduites d'analyses naturalistes. Elles permettent cependant d'avoir une approche relative et un ordonnancement des phénomènes.

Les travaux pourront être ainsi réalisés sur une ou plusieurs tranches, en tenant compte des contraintes financières et du niveau de sécurité désiré.

A une échelle supérieure, celle d'un itinéraire par exemple, en présence de plusieurs zones distinctes, il n'est pas toujours possible de réaliser l'ensemble des travaux en une seule phase. Les priorités définies à l'échelle de chaque zone peuvent être insuffisamment sélectives ou inadaptées à une hiérarchisation et à une programmation réaliste de l'ensemble des travaux préconisés. Définir des tranches de travaux successives uniquement en fonction et dans l'ordre décroissant des niveaux de priorité, toutes zones confondues, peut ainsi conduire à une dissémination des interventions et par conséquent à une multiplication des déplacements défavorables en termes d'efficacité et rentabilité.

Dans ce cas, il est intéressant de faire un classement relatif des zones en définissant pour chacune un niveau d'exposition globale. Ce dernier fait la synthèse de l'ensemble des données propre à la zone considérée et permet alors de déterminer l'urgence à y intervenir, base de la programmation.

URGENCE 1 : zone à traiter à court terme en raison d'un niveau d'exposition fort à très fort.




URGENCE 2 : zone à traiter à court terme en raison d'un niveau d'exposition modéré à fort.

URGENCE 3 : zone à traiter à moyen terme en raison d'un niveau d'exposition faible à modéré.




Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

5.14. Reportage photographique





Tableau 28 : Reportage photographique

Site	Zone	Secteur	
01	01	01	 
		02	 <p style="text-align: center;">Ce secteur contient une série de masses et très grande masses, avec une grande probabilité de propagation sur la route, ce qui donne un aléa élevé à ce secteur. Une solution de protection active est très nécessaire</p>

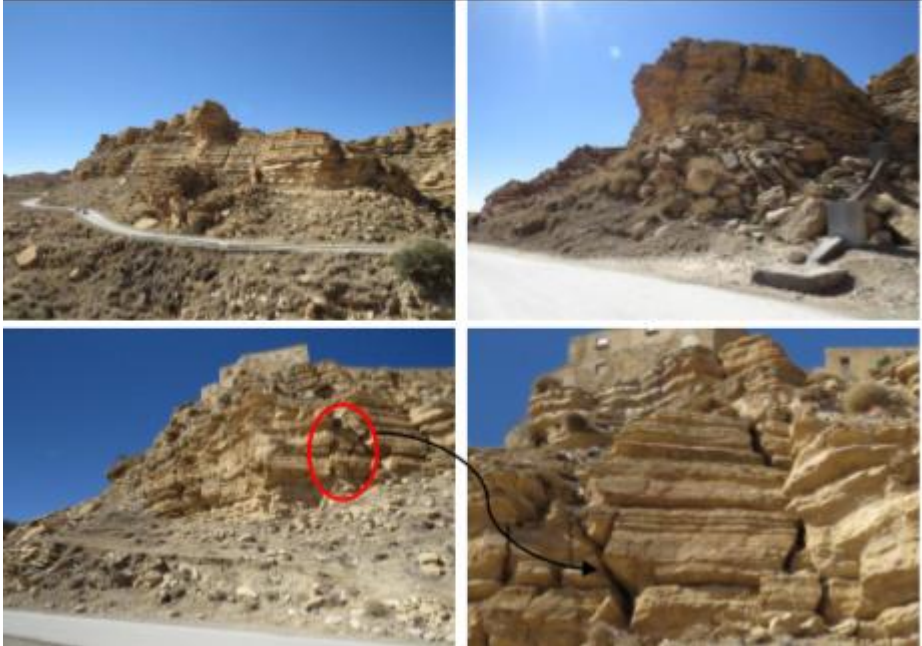

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

		03	<p>Dans ce secteur, on note une stabilité globale de la falaise qui présente une faible pente, néanmoins on remarque aussi l'existence de plusieurs dizaines voire centaines des pierres et quelques unités de blocs. Généralement ce secteur présente un faible aléa sur la route. Des travaux de purge manuelle et de déroctages sont largement suffisit pour éviter tout risque possible le long de ce secteur.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div>
02	04		<div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p>La grande distance entre la falaise et la route, définie par un replat de 35 à 40 m, rend ce secteur le moins dangereux, mais il est préférable d'implanter des protections passives le long de ce secteur (Merlon pare-blocs, Ecran de filet par exemple)</p>
		05	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p>Le cinquième secteur défini par un talus de pente moyen, contient plusieurs dizaines voire centaines de pierres et de blocs avec une probabilité de propagation à tout moment sur la route. La purge et le déroctage des blocs est la meilleur solution dans ce secteur qui présente un aléa moyen sur la route (RN83).</p>

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

01	03	06	  <p>Les deux secteurs 6 et 7 sont les plus dangereux sur la route, avec un aléa très élevé. On note la présence de très grandes masses fracturés et fissurés horizontalement qui caractérise toute la falaise dans ces deux secteurs. Des parades actives doivent être utilisées pour la stabilisation et la protection de la falaise à cause de la présence des habitations autour de ces deux secteurs.</p>
		07	 

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

02	04	08	
		09	
			<p>Les deux secteurs 8 et 9 présentent un aléa faible à moyen sur la route, des protections passives sont proposées dans quelques endroits s'il est possible avec des travaux de purge et déroctage pour les blocs et les pierres.</p>

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

5.15 Résultats des étudiants (RMR, SMR, RQD...) :

Définition du RQD :

Désignation de la qualité de la roche (RQD) RQD représente le degré de fracturation du massif rocheux. Il reflète partiellement la qualité du massif.

Le RQD, exprimé en %, est la somme, comptée sur une longueur de passe de 1m, des longueurs des carottes supérieures à 10 cm, rapporté à 10cm, rapportée à la longueur de la passe.

A partir des valeurs calculées, on peut définir la qualité du massif rocheux comme suit :

Tableau 29: résultat de RQD

CLASSE	VALEURS DE RQD %	TERMES DESCRIPTIFS DE QUALITE GLOBALE DU MASSIF ROCHEUX
RQD 1	90 à 100	excellente
RQD 2	75 à 90	bonne
RQD 3	50 à 75	moyenne
RQD 4	25 à 50	mauvaise
RQD 5	0 à 25	très mauvaise

Dans le cas du massif rocheux qui constitue la paroi surplombant la RN 83 à Djellal, l'indice RQD varie comme suit :

Tableau 30 : résultat de RQD

Profondeur	RQD %	Termes descriptifs de qualité globale du massif rocheux
0.2 _ 2.0m	38	mauvaise
2.0 _ 6.5m	8	très mauvaise
6.5 _ 8.0 m	58	bonne
8.0 _ 12.5m	73	moyenne

Au vue de ces valeurs récapitulées dans le tableau, la qualité du massif rocheux peut être commentée ainsi :


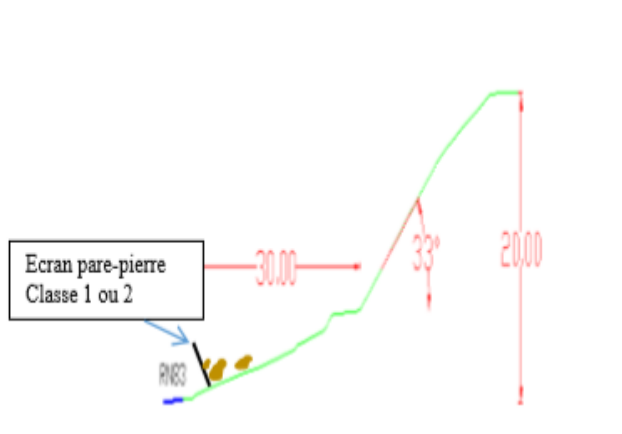
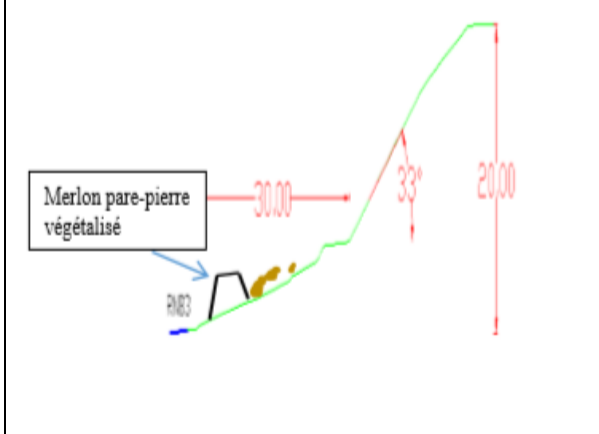



De 0.0 à 6.5 m: très mauvaise à mauvaise

De 6.5 à 12.5m : moyenne, voir bonne pour les derniers mètres très proche à la limite qui distingue une qualité moyenne de qualité bonne.


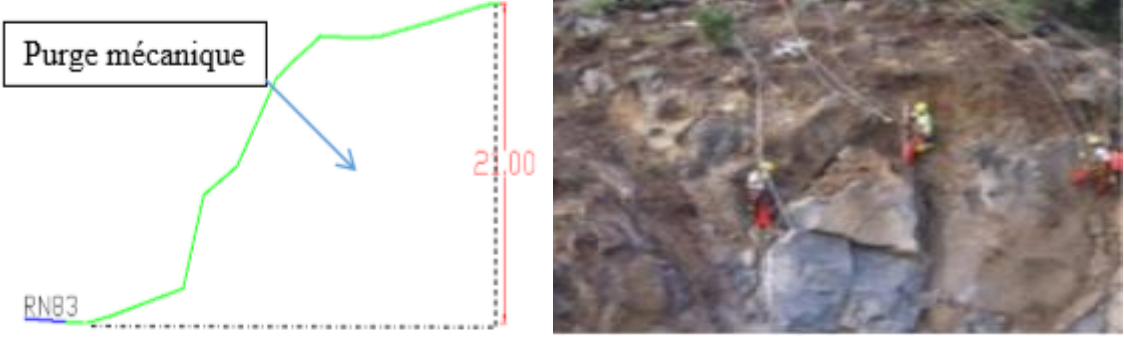
5.16. Proposition des variantes :

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé





Tableau 31 : proposition des variantes

Zone : 01	Secteur : 01	Linéaire : 100 ml
Aléa : Faible	PK début : 191+600	PK fin : 191+700
		
Principe de parade 01 : Purge et déroctage + écran pare pierre		Principe de parade 02 : Purge et déroctage + Merlon pare pierre végétalisée
		
Purge	Ecran pare pierre	Merlon pare pierre végétalisé
		

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Zone : 01	Secteur : 02	Linéaire : 165 ml
Aléa : élevé	PK début : 191+700	PK fin : 191+865
		
<p><u>Principe de parade</u> : Purgé Mécanique (explosive) et déroctage</p>		
		



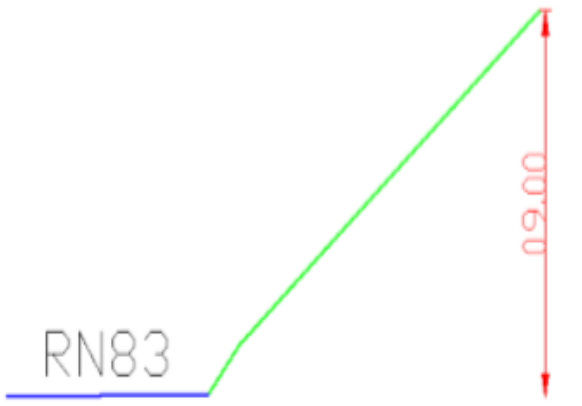

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Zone : 01	Secteur : 03	Linéaire : 641 ml
Aléa : Faible	PK début : 191+865	PK fin : 192+506
		
<p><u>Principe de parade</u> : Purge et déroctage + Merlon en enrochement</p>		
		<p>Merlon en enrochement</p> 
		<p>Purge</p> 

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Zone : 02	Secteur : 04	Linéaire : 989 ml
Aléa : Faible	PK début : 192+506	PK fin : 193+495
		
<p><u>Principe de parade 01</u>: Purgé et déroctage + écran pare blocs</p>	<p><u>Principe de parade 02</u> : Purgé et déroctage + Merlon pare blocs végétalisé</p>	
		
Purgé	Ecran pare blocs	Merlon pare blocs végétalisé
		

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

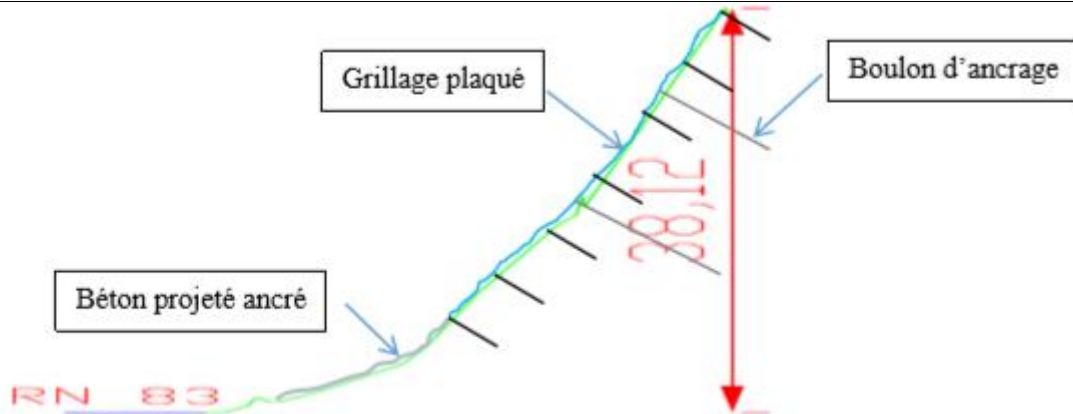
Zone : 03	Secteur : 05	Linéaire : 89 ml
Aléa : Moyen	PK début : 193+495	PK fin : 194+584
		
<u>Principe de parade :</u> Purge et déroctage		
		<p style="text-align: center;">Purge</p> 



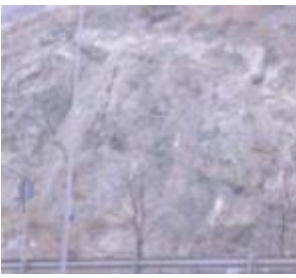

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Zone : 03	Secteur : 06	Linéaire : 140 ml
Aléa : élevé	PK début : 193+584	PK fin : 193+724



Principe de parade : Purge et déroctage + béton projeté + Grillage plaqué + Boulon d'ancrage.



Purge	Béton projeté	Grillage plaqué	Boulon d'ancrage
			

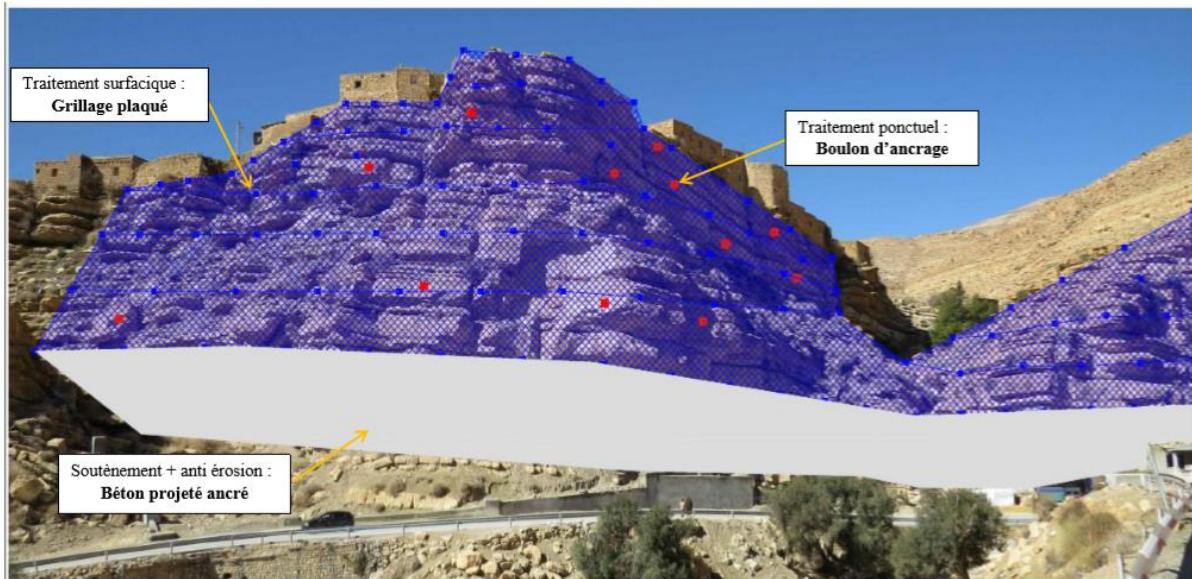

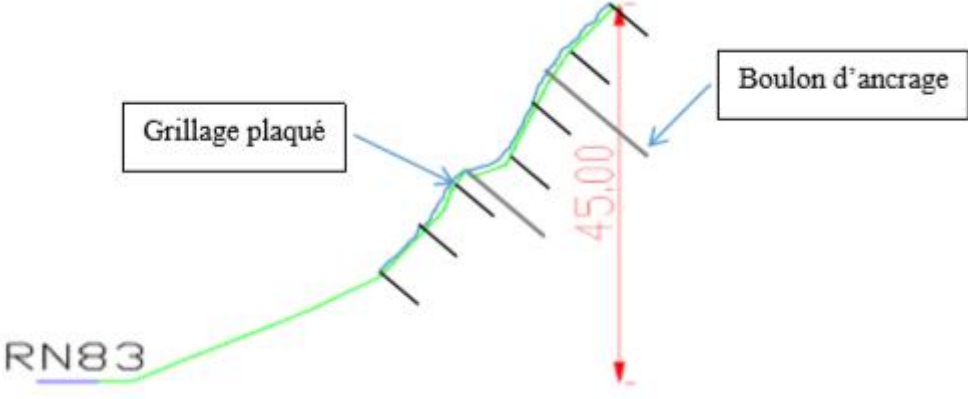


Figure 62 : traitement surfacique (grillage plaqué) et ponctuel (boulon d'ancrage) et soutènement (béton projeté ancré).

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Zone : 03	Secteur : 07	Linéaire : 276 ml
Aléa : élevé	PK début : 193+724	PK fin : 194+000
		
Principe de parade : Purge et déroctage + Grillage plaqué + Boulon d'ancrage		
		
Purge	Grillage plaqué	Boulon d'ancrage

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

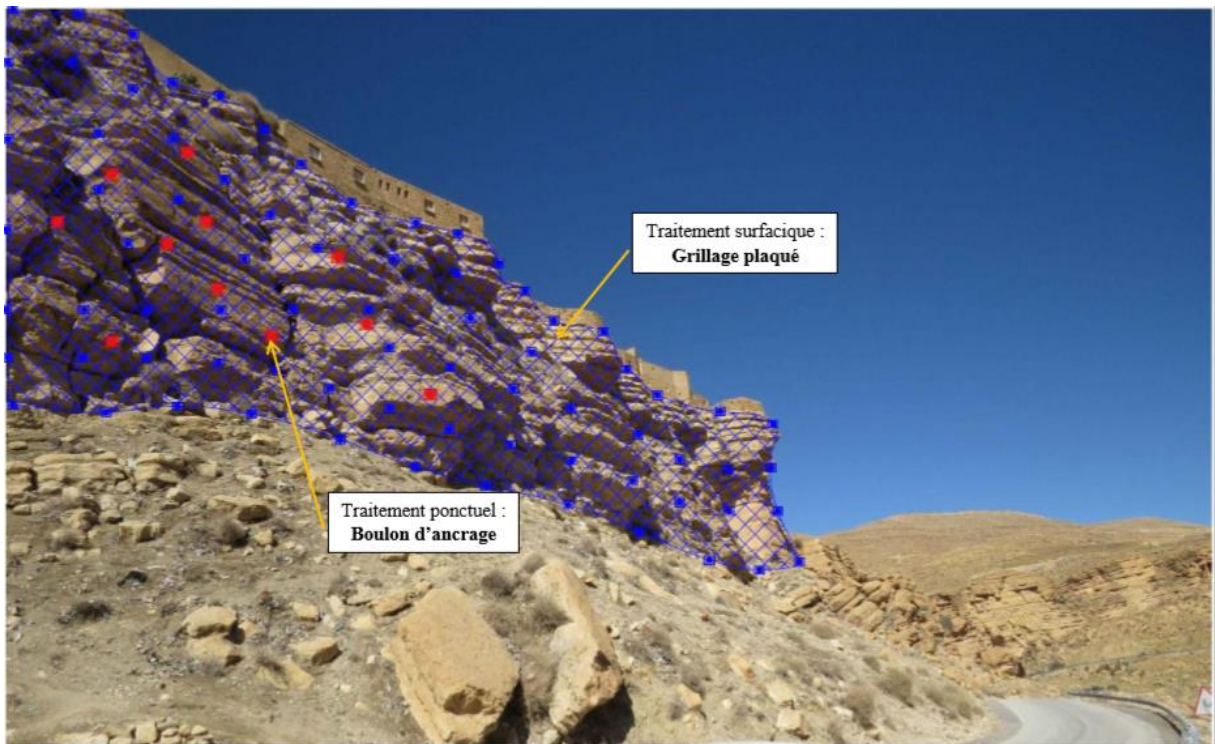

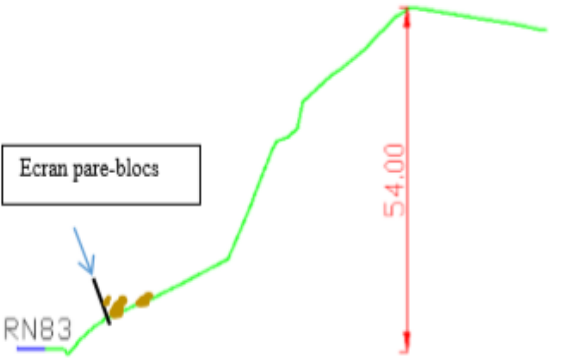
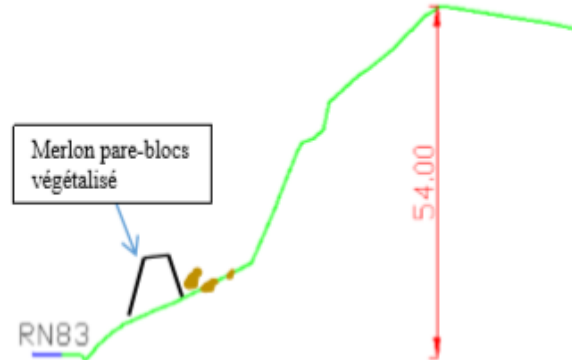




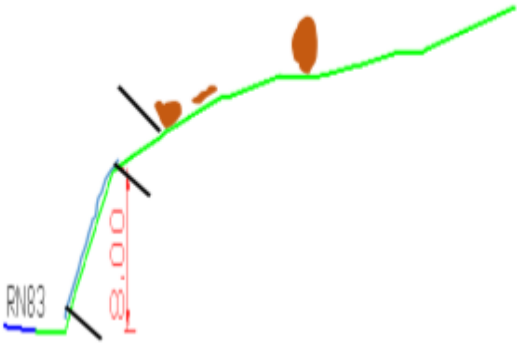
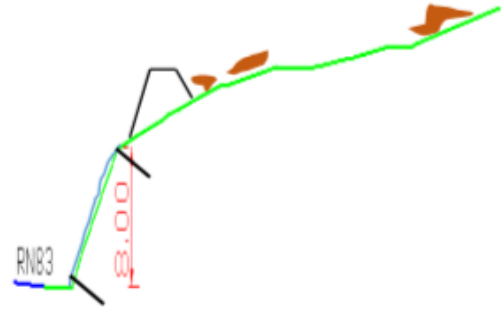
Figure 63 :traitement surfacique grillage plaquéet traitement ponvtuel boulon d'ancrage .

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

Zone : 04	Secteur : 08	Linéaire : 253 ml
Aléa : Faible	PK début : 203+000	PK fin : 203+253
		
<p>Principe de parade 01: Purge et déroctage + écran pare pierre.</p>		<p>Principe de parade 02: Purge et déroctage + Merlon pare pierre.</p>
		
Purge	Ecran pare blocs	Merlon pare blocs végétalisé

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé



Zone : 04	Secteur : 09	Linéaire : 253 ml	
Aléa : Moyen	PK début : 203+253	PK fin : 203+692	
			
<p><u>Principe de parade 01:</u> Purgé et déroctage + grillage pendu + écran pare-pierre.</p>		<p><u>Principe de parade 02:</u> Purgé et déroctage + grillage pendu + Mérion pare-pierre.</p>	
			
Purgé	Grillage pendu	écran pare-pierre	Mérion pare-pierre

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé



5.17. Assainissement

5.17.1. Etat des lieux

Pour éviter les risques d'érosion et d'altération de la falaise ainsi que les dégradations de la chaussée, il faut assurer une bonne évacuation des eaux pluviales aussi bien que les eaux usées. La figure suivante montre l'absence des fossés en terre, ce qui peut engendrer des dégradations du corps de chaussée de la route nationale RN83.



Figure 64: Absence des fossés en terre

La figure suivante montre la venue de l'eau usée sur la falaise et la chaussée à cause de non collection de certaine habitation au réseau d'assainissement. Il faut assurer la collection de toutes les habitations au réseau d'assainissement pour éviter les risques d'altération et d'érosion de la falaise (alternance roche dur et roche tendre).

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

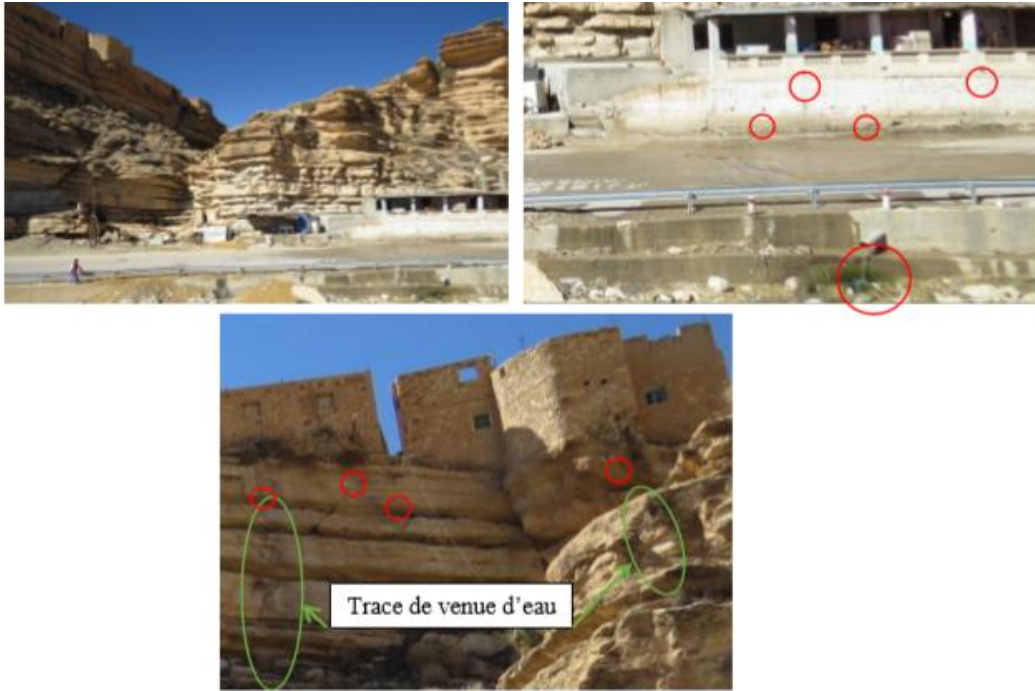


Figure 65 : Trace de venue d'eau sur la falaise

La figure montre le réseau d'assainissement dans la zone d'habitations, néanmoins, il est obligatoire de vérifier la parfaite fonctionnement de cet ouvrage

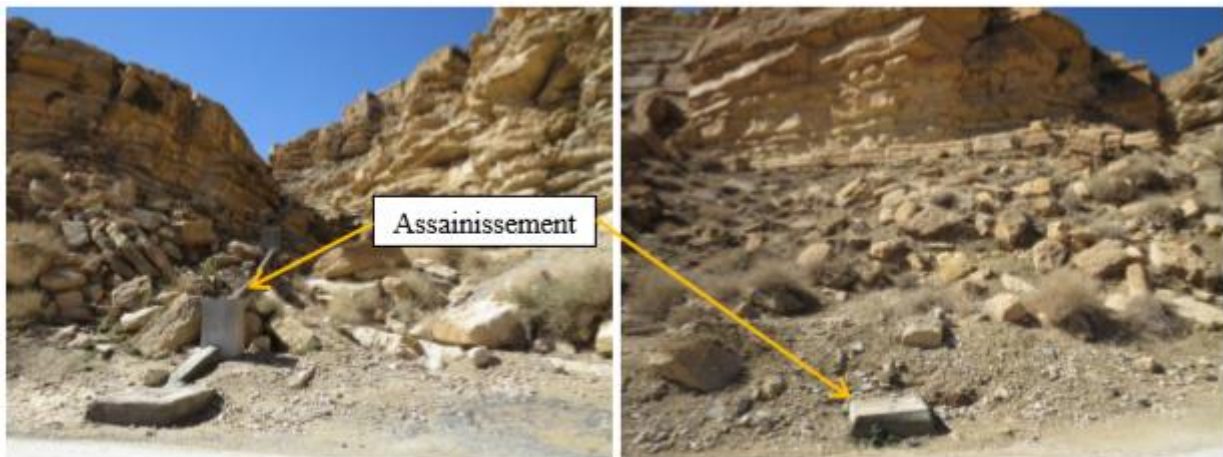


Figure 66: Réseau d'assainissement

La figure suivante montre la dégradation de quelque regard qui nécessite des réparations en urgence.



Figure 67: dégradation d'un regard.

5.17.2. RECOMMANDATIONS

- Assurer la parfaite fonctionnement de l'ouvrage d'assainissement.
- Réparer tous les regards détériorés.
- Collecter toutes les habitations au réseau d'assainissement.
- Réaliser des fossés en terre tous le long de la route, et en béton à l'endroit des habitations.

CONCLUSION

Dans ce chapitre a pour but de proposer des variantes pour la stabilisation et le confortement du talus ainsi que l'assainissement sur la route nationale RN 83 entre le PK 173+000 et le PK 220+000.

Deux sites de falaise en question d'étude se situent sur la RN83 au sud-ouest de la ville de KHENCHELA (zone semi désertique), situés respectivement du PK191+600 au PK194+000 (site 1) et du PK203+000 au PK203+692 (site 2) sur une longueur d'environ 3km.

Chaque site est subdivisé en des zones et des secteurs en fonction de la morphologie des versants et leurs degrés de risque sur la route. On note quatre (04) zones et neuf (09) secteurs. Pour chaque secteur, on a proposé un à deux variantes pour la stabilisation de la falaise et/ou la protection des usagers de la route RN 83.

Pour l'ensemble des secteurs, on a proposé des parades actives ou passives, en fonction du degré de risque, à savoir :

- Ecran pare-blocs, merlon pare-blocs, grillage pendu pour les parades passives.
- Purge/ déroctage, béton projeté, grillage plaqué pour les parades actives.

En ce qui concerne l'assainissement, on a recommandé de :

- Assurer la parfaite fonctionnement de l'ouvrage d'assainissement.

Le problème d'un glissement et les remèdes proposé

- Réparer tous les regards détériorés.
- Collecter toutes les habitations au réseau d'assainissement.
- Réaliser des fossés en terre tous le long de la route, et en béton à l'endroit des habitations.

Conclusion générale

La présent étude géotechnique menée au niveau de la RN 83 commune de Djellal, Wilaya de Khenchela, repose sur des observations de surface des différents contextes : topographique, hydrologique et des données issues de l'investigation géotechnique in situ et au laboratoire.

A titre de rappel, les contextes ci-dessus se résument ainsi :

Topographie :

Elle s'agit d'une paroi qui surplombe la route nationale RN83, elle occupe un versant en pente moyenne à forte orienté vers L'est et Sud Est.

Hydrologie et hydrogéologie :

L'agglomération de Djellal se situe sur un versant en forte pente, dont un réseau de cours d'eau la traverse, lors des épisodes pluvieux, le ruissèlement des eaux pluviales demeure abondant.

A propos de l'hydrogéologie, une source d'eau se situe juste au pied de la paroi à proximité de la RN83.

Données de l'investigation géotechnique :

Lithologie : Le sondage réalisé jusqu'à 12,5m de profondeur a mis en évidence une succession lithologique constituée par des calcaires dolomitiques très altérés d'environ 6.5m d'épaisseur qui surmontent un calcaire massif bleuâtre jusqu'à la fin du sondage

Données géotechniques du laboratoire :

Au sens de la classification française, et selon la norme NFP 11-300, tandis que le calcaire appartient à la classe R2 selon la même norme.

D'après les résultats des essais d'identification, les formations rocheuses qui constituent le site sont : très denses et ayant une résistance à la compression simple qui se varie de 40 à 44MPa pour le calcaire dolomitique et de 75 à 90 MPa pour le calcaire massif bleuâtre. Résumant les différents contextes du site, on trouve que nous sommes en présence d'une synergie de facteurs qui favorisent l'éboulement et le chude blocs rocheux, dans la mesure où :

- Parois rocheuse de qualité médiocre pour les premiers mètres en faisant référence aux valeurs RQD.
- La zone superficielle du massif rocheux comporte un réseau dense de discontinuité (joints de stratifications, fissures ...etc).
- La hauteur importante d'une paroi pratiquement verticale.
- Un ruissèlement abondant des eaux pluviales qui accélère l'érosion de la zone superficielle du massif rocheux.
- Sachant que la température baisse lors de la saison hivernale, les cycles gèle/dégèle conduit à l'élargissement des fissures déjà présentes dans le massif rocheux, et au détachement des blocs par la suite.

Annexes

Photos de caisses







Reference Bibliographie

Direction de travaux publique (DTP) : 01 rapport topo falaise Khenchela RN83.

Direction de travaux publique (DTP) :02 Rapport EIE falaise Khenchela RN83.

Direction de travaux publique (DTP) : 03 Etude hydrogéologique et hydraulique.

Direction de travaux publique (DTP) : 04 Rapport géotechnique complémentaire mission
a avant-projet sommaire falaise Khenchela RN83.

Direction de travaux publique (DTP) : 05 Rapport APS falaise Khenchela RN83.

Thèse Gaagai : Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud-Est
Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement.

Thèse Hassad : caractérisation géochimique et isotopique des eaux souterraines du plateau
de Mellagou Bouhmama. Khenchela-Algérie.

Thèse Boudebouse Dallel : Etude géotechnique et faisabilité de la réalisation d'un passage
supérieur sur la RN83 wilaya de Tébessa (N.E Algérien).