

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Techniques

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme
LICENCE ACADEMIQUE
En Hydraulique
Spécialité : Sciences Hydrauliques**

Thème : L'eau et la Route (Cause ,Risque ,Protection)

Préparé par :

**BENZAID HAYAT
HAMIDA HADJER
TERFIA MESSAOUDA**

Dirigé par :

Mr. Guettiche Abdelhak

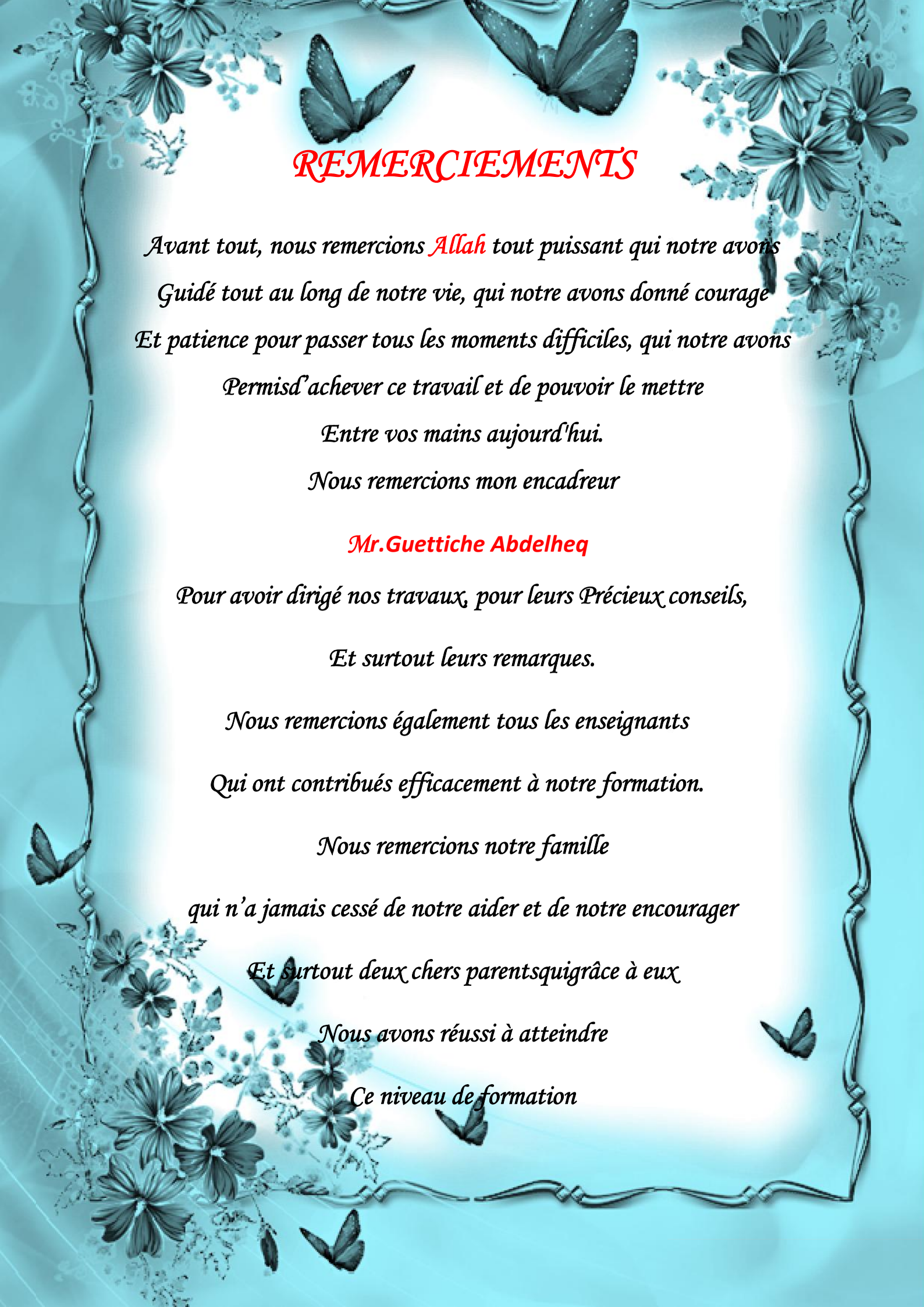
Année Universitaire : 2014/2015



الحمد لك كما ينبغي لجلال وجهك و عظيم سلطانك ...
للك الحمد بالإسلام و لك الحمد بالأيمان و لك الحمد بالقرآن ...
لك الحمد كله ، و بيدك الخير كله ، و لك الشكر كله ...
و إليك يرجع المر كله ...

* الحمد لله الذي أنزل على عبده الكتاب و لم يجعل له عوجاً ...
اللهم لا تجعلنا نصاب بالغرور إذا نجحنا ولا باليأس إذا أخفقنا و
ذكرنا

أن الإخفاق هو التجربة التي تسبق النجاح ...
اللهم إذا أعطيتنا نجاحاً فلا تأخذ تواضعنا و إذا أعطيتنا تواضعاً
اعتزنا بكرامتنا .

A decorative border surrounds the text, featuring stylized flowers and butterflies in various shades of blue and green. The background is a light, textured blue.

REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions **Allah** tout puissant qui nous avons
Guidé tout au long de notre vie, qui nous avons donné courage
Et patience pour passer tous les moments difficiles, qui nous avons
Permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre
Entre vos mains aujourd'hui.*

Nous remercions mon encadreur

Mr. Guettiche Abdelheq

*Pour avoir dirigé nos travaux, pour leurs Précieux conseils,
Et surtout leurs remarques.*

*Nous remercions également tous les enseignants
Qui ont contribué efficacement à notre formation.*

*Nous remercions notre famille
qui n'a jamais cessé de nous aider et de nous encourager
Et surtout deux chers parents qu'à eux*

Nous avons réussi à atteindre

Ce niveau de formation



*Au deux être les plus chères au monde
A ma très chère mère et mon très cher
père qui ont toujours là pour moi
A mes chers soeurs : ZINABE AICHA
HALIMA*

*A le couronne de famille mes grands-
parents.*



*A mes oncles et mes tentes.
A mes chères amies chacune de son
nom et en particulier : LOUBNA
LAMIA NASSIMA*

*A tous qui mont encouragé et aidé
tout au long de ma formation.
A tous mes collègues de la promotion.
A tous qui partage avec moi l'amour
de la science.*

*A tous que j'aime et m'aime.
Je dédier ce modeste travail.*

HAYAT

*Je remercie **dieu** de m'avoir donné le courage et la
force pour accomplir ce modeste
Travail, fruits de trois ans d'études.
Je voudrais dédie ce modeste travail à la lumière de
mes jours, la flamme de mon
Cœur maman **Fatima** que j'aime, à l'homme de ma
vie **Abd razak**, mon exemple éternel, source de joie
Et de bonheur mon père.*

*A mes chers sœurs: Halima et kawtar, qui ont
toujours été à mes cotés.*

Ames chers frères : Mounir salah et zino

A SES FEMMES : Naïma, Sarah

*A les enfants de mes frères : Lyna Tima Israe Abd
rahmen, raouf, razak et Hytem.*

Ama chère Hadjer Nemouchi et sa famille.

A tous mes amis :

*Assia, yamona, Nihad, Amina, Amira, Rokia et
Hayat*

A tous ceux qui m'aiment.

*Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie
scolaire.*

*Un grand merci assez particulier a Monsieur
BOUZRAIB de Adtp*

*Enfin, je dédie ce mémoire à tous mes collègues du
groupe 01.*

HADJER



*Au deux être les plus chères au monde
A ma très chère mère et mon très cher
père qui ont toujours là pour moi
A mes chers soeurs : HANANE
KHADJIJA HANA
A mes chers frères : MOUNIRE
DAOUDE NDJIBE SALIME
A le couronne de famille mes grands-
parents.*

*A mes oncles et mes tentes.
A mes chères amies chacune de son
nom et en particulier : SAFIA
A tous qui m'ont encouragé et aidé
tout au long de ma formation.
A tous mes collègues de la promotion.
A tous qui partagent avec moi l'amour
de la science.*

*A tous que j'aime et m'aime.
Je dédier ce modeste travail.*

MESSAOUDA

Sommaire

Introduction :	P04
Chapitre 1 : Structure de chaussée :	P05
I. Principes d'une structure de chaussée	P06
I.1 .Structure d'une chaussée	P06
I.1.1. Structures imperméables	P07
I.1.2. Structures drainantes	P07
I.2. Natures et fonctions des différentes couches	P08
I.2.1. Structures à revêtement imperméable	P08
I.2.2. Structures drainantes	P10
Chapitre II: causes et risques de la présence d'eau :	P12
II.1.Introduction	P13
II.2.Comment l'eau peut-elle pénétrer dans la structure de chaussée?	P13
II. 2.1. Infiltration verticale	P14
II. 2.2. Infiltration latérale	P14
II. 2.3. Par le bas	P14
II.3. Quels sont les risques causés par l'eau?	P15
II.3.1.Baisse de la portance	P15
II. 3.2. Contamination par des particules fines	P16
II. 3.3. Dégradations liées à l'eau et au gel	P16
II. 3.4. Routes dangereuses	P17
II. 3.5. Sensibilité à l'eau des enrobés bitumineux	P17
II.3.6. Phénomènes de pompage	P17
II.3.7. Phénomènes de punch out	P18
II.3.8. Instabilité des pentes	P19
II.3.9. Problème d'érosion	P19
II.4. Aspects environnementaux	P20
II.4.1. Eaux de pluie vs eaux usées	P20

Chapitre III: présentation du problème :	P21
III.1. Description du Mila	P22
III.2.Géologie et géotechnique du Mila	P23
III.2.1 Cadre géologique générale	P23
III.2.2Cadre Géomorphologue	P28
III.3.Visite du Mila (Diagnostic de la pathologie de la zone d'étude)	P31
III.3.1 Instabilités de terrain au niveau pk4+100	P31
III.3.2 principe de confortement a envisages	P31
III.3.3 Programme Prévisionnel des Reconnaissances Géotechniques	P31
III.4.Recommandation	P33
Conclusion générale	P34

Chapitre I :

Figure I.1 Schéma de principe d'une structure de chaussée à revêtement Imperméable (pas à l'échelle)	P06
Figure.I.2 Répartition des charges du trafic vers le bas à un niveau Acceptable pour le sol	P06
Figure I. 3. Revêtement drainant constitue de pavés de béton	P08
Figure I. 4. (a) .Stabilisation à la chaux. (b). Perméabilité et sensibilité au gel Des matériaux	P09

Chapitre II :

Figure II.1 situation idéal	P13
Figure II.2. Pénétration de l'eau dans la structure routière	P13
Figure II.3 infiltration d'eau par les joints et ou fissures du revêtement	P14
Figure II.4. Infiltration latérale	P14
Figure .II.5. (a) Remontée de la nappe phréatique, (b) Remontée capillaire	P15
Figure II.6. (a). Remontée des particules fines ;(b) dégâts provoqués par l'eau et le gel	P16
Figure II.7 Phénomènes de pompage	P17
Figure II.8. Phénomènes de punch out	P18
Figure II.9. Glissement de terrain	P19
Figure II.10. (a) Glissement de terrain ;(b) Erosion interne	P20

Chapitre III :

Figure III.1 Carte de découpage administratif (Est Algérien)	P22
Figure III.2 Limites administratifs de la Wilaya de Mila, «vesous Google Arth	P22
Figure III.3 Situation Géographique de la zone d'étude (image satellite)	P23
Figure III.4 colonne stratigraphique des dépôts néogènes du bassin de Mila	P25
Figure III.5 carte lithologique de la wilaya de Mila Lacartographiegéologiquesynthétiqueaétéréaliséeetnumériséeàl'échelledu1/50.000 (qui correspond à l'échelle de validité de la donnée brute).	P26
Figure III.6 carte de répartition des formations argileux-marneuse Dans la Wilaya de Mila	P27
Figure III.7 .Carte d'élévation des différentes zones à l'intérieur de la Wilaya de Mila	P29
Figure III.8 situation du bassin versant du kebirrhmel	P30
Figure III.9 PK 4+100 : Instabilité au niveau du remblai de la route	P32
Figure III.10 Marne encroutées stable avec des passages de grés cimentes	P32

Introduction

Introduction générale :

La présence d'eau au niveau de la route peut causer de nombreux inconvénients et dégâts: trop abondante en surface, elle perturbe la visibilité et la sécurité des usagers et provoque l'érosion des talus. En pénétrant dans la structure routière, elle provoque des dégâts qui, dès qu'ils sont initiés, s'amplifient rapidement.

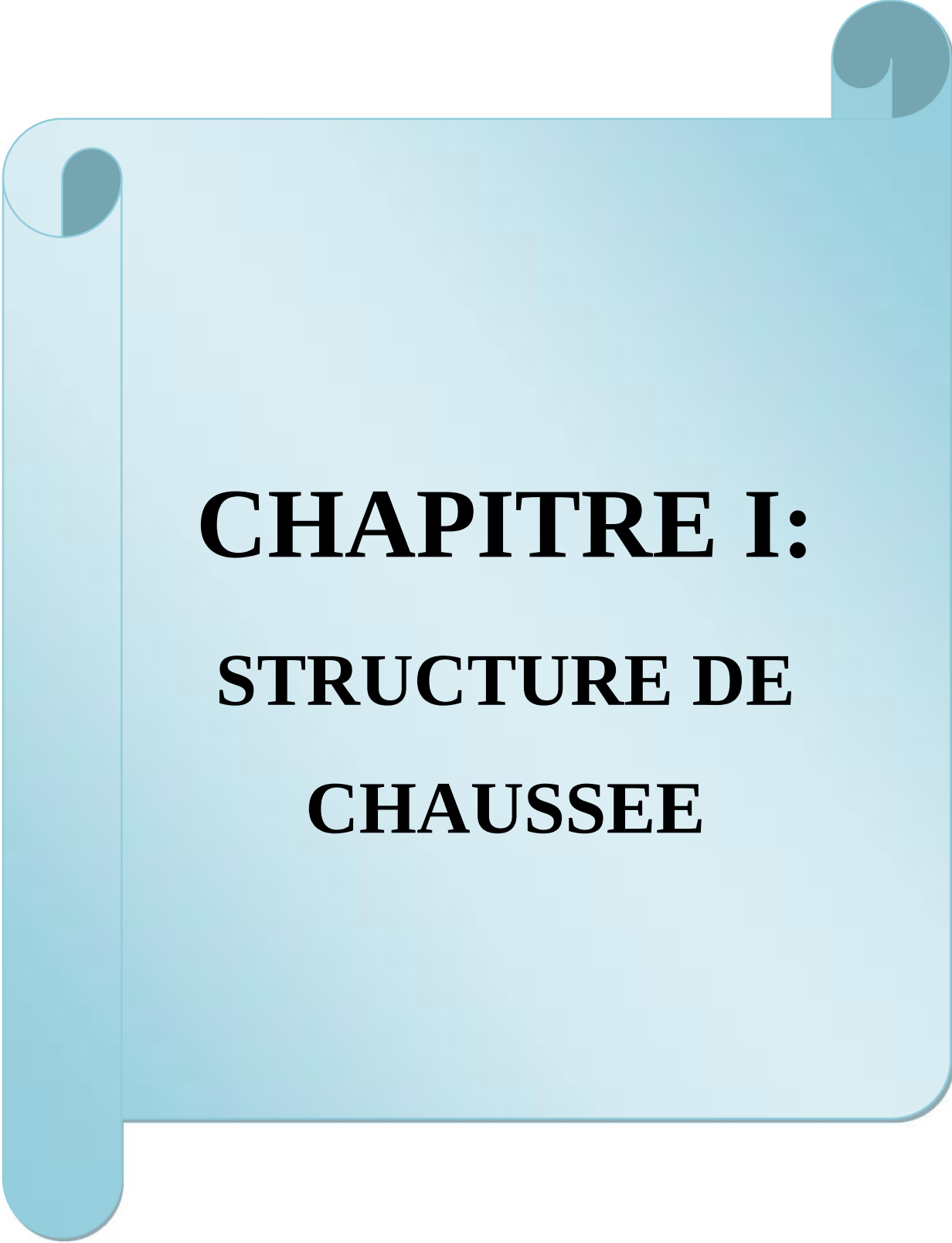
Ce mémoire a pour objectif de faire un aperçu les effets de l'eau sur l'état des routes dans la ville de Mila ,et d'aider les concepteurs, maîtres d'ouvrage et entrepreneurs à prendre les dispositions nécessaires (éviter que l'eau ne pénètre dans la structure) pour l'évacuation des eaux de surface et du corps de chaussée lors des phases de conception, d'exécution et d'entretien afin d'assurer la sécurité des usagers et la durabilité de la structure routière.

Afin de répondre aux objectifs présentés précédemment, on divise le projet en trois chapitres :

Le premier chapitre vise à établir une définition précise de certaines notions de bases de la route, décrit les différentes couches de la structure routière et leurs fonctions. Les risques liés à la présence d'eau sont détaillés.

L'information de base de cette recherche est complétée par la revue de la littérature du chapitre 2 qui concerne une revue des différents risques lié à la présence de l'eau ,et d'évaluation le risque de dégradation de ce dernier sur l'environnement .

Le chapitre 3 présente l'enquête réalisé à Mila, et la caractérisation globale des routes de cette région. Il débute avec la présentation et la description du site à étudier, Géologie et géotechnique du site, Visite du site, Analyse et traitement des résultats obtenu ,et enfin des recommandations .



CHAPITRE I:

STRUCTURE DE

CHAUSSEE

I-Principes d'une structure de chaussée:

I.1. Structure d'une chaussée:

Le rôle premier de toute structure routière est grâce aux caractéristiques des matériaux choisis et à l'épaisseur des couches de ramener la valeur des charges (souvent de plus en plus lourdes) circulant à la surface de la chaussée à un niveau de contrainte acceptable au niveau du sol en place de telle manière que celui-ci ne se déforme pas. La chaussée est constituée (en principe) de quatre éléments structurels de bas en haut (figure : 1.2).[1].

- ✓ le revêtement
- ✓ la fondation
- ✓ la sous- fondation
- ✓ le sol en place

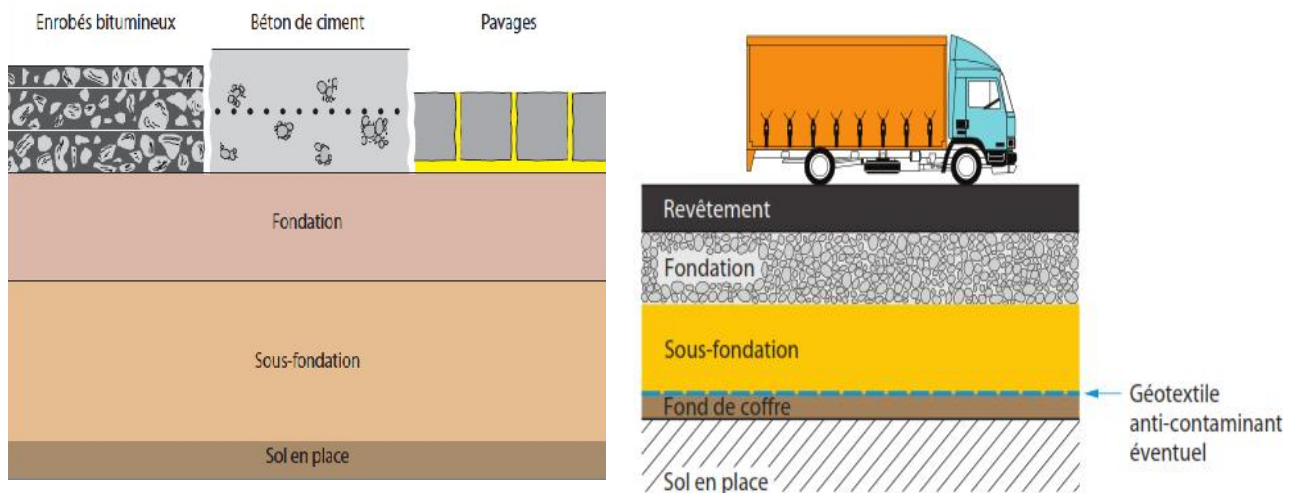


Figure I.1. Schéma de principe d'une structure de chaussée à revêtement imperméable (pas l'échelle)

Le corps de la route est constitué de l'ensemble de ces couches, chacune ayant une fonction propre (Natures et fonctions des différentes couches).

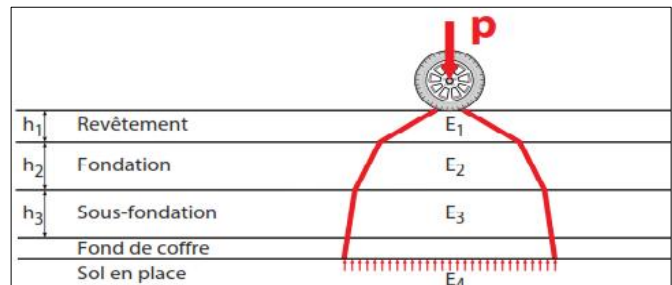


Figure. I.2. Répartition des charges du trafic vers le bas à un niveau acceptable pour le sol

Chacune des couches de la structure remplit des fonctions spécifiques, dans certains cas, la sous-fondation peut être absente. Sa fonction est alors remplie par les autres éléments de la structure.

L'épaisseur des diverses couches est déterminée par un dimensionnement fonction de divers paramètres (trafic, conditions climatiques, caractéristiques des matériaux utilisés, portance et caractéristiques du sol).

I.1.1. Structure imperméable :

Il s'agit de structures pour lesquelles l'eau ne s'infiltre pas au travers du revêtement. La structure de la route se compose normalement de trois parties le revêtement, la fondation, et la sous-fondation reposant sur le fond de coffre. La fondation est généralement construite sur une sous-fondation et offre au revêtement une portance suffisante. Dans certains cas, la sous-fondation peut être absente. Sa fonction est alors remplie par les autres éléments de la structure.

Dans les structures routières classiques, on distingue principalement:

- Les structures rigides: revêtement en béton de ciment.
- Les structures semi-rigides: revêtement en enrobés bitumineux associé à une fondation en béton maigre ou en matériaux granulaires liés à l'aide d'un liant hydraulique.
- Les structures souples ou flexibles: revêtement en enrobés bitumineux associé à une fondation en matériaux granulaires non liés.

A côté de ces structures classiques, il existe également de nombreuses structures composites. A titre d'exemples, citons les revêtements en béton de ciment ou en pavés surmontés d'une couche de roulement en enrobés bitumineux. Les pavages (en pierre naturelle, béton de ciment ou terre cuite) et dallages sont aussi utilisés comme revêtement. [2]

I.1.2 Structures drainantes

Pour des applications où la charge de trafic reste limitée, il est possible, et même de plus en plus souvent recommandé, d'avoir recours à des structures drainantes.

En effet, l'infiltration des eaux atmosphériques via des revêtements drainants permet de soulager les réseaux d'égouttage et les cours d'eau. Une telle structure de chaussée joue un rôle tampon avec le but d'évacuer l'eau par infiltration dans le sol, lorsque la perméabilité de celui-ci le permet.

Dans le cas où la perméabilité du sol est trop faible, l'eau de pluie qui ne s'infiltre pas dans le sol est évacuée de manière différée via des réducteurs de débit vers des caniveaux ou des systèmes d'infiltration situés à proximité ou vers le réseau d'égouttage. Comme elles ont une portance plus limitée, ces structures drainantes sont essentiellement utilisées pour des zones à faible trafic comme des emplacements de parking, des rues à faible trafic et places piétonnes, des pistes cyclables, des trottoirs.... etc. [3].

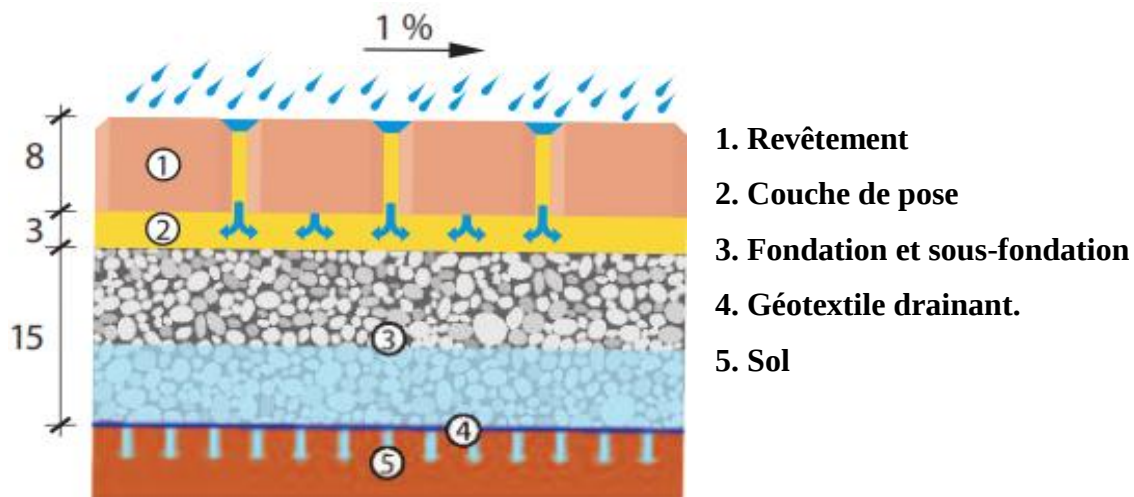


Figure I .3.revêtement drainant constitue de pavés de béton

I.2.Natures et fonctions des différentes couches

I.2.1. Structures à revêtement imperméable :

▪ **Sol en place** : Bien que le sol ne fasse pas partie de la chaussée proprement dite, il supporte celle-ci et il est dès lors utile de mentionner ici les fonctions qu'il doit remplir.

Le sol en place doit pouvoir supporter le trafic de chantier et sa portance doit être suffisante pour le compactage des couches suivantes. La portance du sol dépend fortement de sa teneur en eau. Si la teneur en eau du sol est trop élevée, la portance peut même totalement disparaître.

Il est parfois nécessaire d'améliorer la portance. Pour cela, il existe plusieurs possibilités qui peuvent être utilisées seules ou en association. Ces techniques sont:

- l'assèchement du matériau (par beau temps lorsque le matériau est trop humide).
- le compactage.
- le traitement du sol (chaux, ciment, liants hydrauliques routiers).
- la substitution des matériaux par un matériau granulaire.

- la mise en place de géotextiles et/ou de géo grilles.

La portance du fond de coffre conditionne en grande partie la structure routière, notamment son épaisseur.

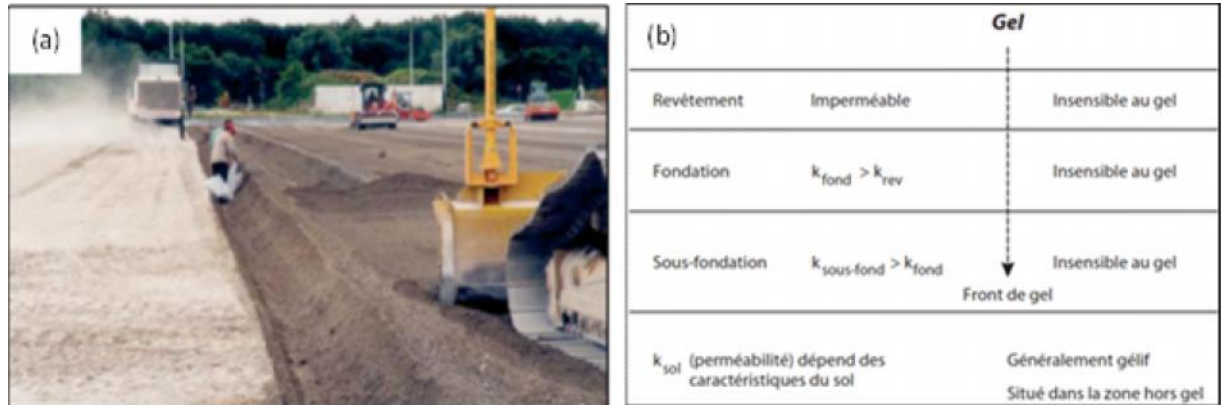


Figure I. 4. (a) .Stabilisation à la chaux. (b).Perméabilité et sensibilité au gel des matériaux

▪ **Sous-Fondation :** La sous-fondation doit assurer les fonctions suivantes:

Pour remplir ces fonctions, les matériaux constituant la sous-fondation doivent être non gélifs et permettre de réaliser une couche de dérivabilité suffisante (Fig. I.3). Ils doivent en outre être faciles à compacter et posséder une portance suffisante après compactage. La portance doit se maintenir même si la couche de sous-fondation a éventuellement été exposée pendant plusieurs mois à la pluie et au gel.

▪ **Fondation :** La fondation est le dernier échelon structurel avant la couche de revêtement. Pour cela, elle doit:

- assurer un support indéformable pour le revêtement;
- répartir les charges du trafic à un niveau acceptable pour la sous-fondation (Fig.I.2).
- reprendre les fonctions normalement assurées par la sous-fondation lorsque celle-ci est absente (dans certains cas où le trafic reste très limité).

Pour cette couche, il convient d'insister sur le rôle important de l'étude préalable et sur les aspects concernant l'évacuation des eaux et le drainage.

Comme pour la sous-fondation, l'utilisation de matériaux recyclés ou artificiels nécessite une attention particulière.

▪ **Revêtement :** En tant qu'élément supérieur de la structure, le revêtement subit l'effet direct des actions extérieures, que ce soit le trafic ou les agents climatiques (température, eau, gel). Tenant compte de ces contraintes et dans un objectif de

durabilité, le revêtement doit posséder certaines propriétés physiques pour limiter sa déformabilité et l'apparition de fissures.

La sécurité et le confort des usagers devront être assurés tout au long de la durée de vie de la route en jouant sur la rugosité et sur la planéité du revêtement. Dans une structure est idéalement imperméable et présente une certaine pente transversale de telle sorte à évacuer l'eau de manière efficace à la surface de celui-ci.

Les différents types de revêtement qui peuvent être rencontrés sont:[4]

- les revêtements bitumineux.
- les revêtements en béton de ciment.
- les enduits superficiels et les matériaux coulés à froid
- les pavages
- les dallages.
- les revêtements en granulats.

I.2.2. Structures drainantes : Les différences concernant les natures et les fonctions des couches entre les structures à revêtement imperméable et les structures drainantes sont Sol en place mises en avant ci-après.

- **Sol en place :** Comme dans le cas d'une structure à revêtement imperméable, le sol en place doit pouvoir supporter le trafic de chantier et sa portance doit être suffisante pour le compactage des couches suivantes. Dans le cas d'une structure drainante, le sol présent permet, au moins en partie, l'évacuation des eaux par infiltration en fonction de sa perméabilité. Un sol sableux sera donc plus efficace qu'un sol de nature argileuse. La perméabilité du sol présent doit être préalablement déterminée sur base des caractéristiques du sol ou de mesures in situ.
- **Sous-fondation :** La sous-fondation d'une structure drainante permet de stocker l'eau, le temps que celle-ci s'évacue, soit par infiltration dans le sol, soit de manière différée via un dispositif d'évacuation adéquat (réducteurs de débit, Systèmes d'infiltration, réseau d'égouttage). Afin de permettre le stockage de l'eau, la sous-fondation est nécessairement constituée de matériau granulaire non lié. La détermination de l'épaisseur de la sous-fondation doit prendre en compte la protection du sol contre le gel et la capacité de stockage nécessaire.

- **Fondation :** La fondation doit procurer la portance nécessaire pour le trafic routier habituel. Eventuellement, elle sert de réserve de stockage supplémentaire.

La fondation est en béton maigre drainant ou en empierrement non lié.

- **Revêtement:** Les pavés drainants, le matériau de jointoiement et la couche de pose vers la fondation permettent l'infiltration des eaux de pluie. En laissant passer l'eau de pluie, tout ruissellement en surface est empêché. De manière générale, les pavés drainants en béton se divisent en quatre catégories:

Les pavés en béton avec ouvertures de drainage présentent une forme spécifique de manière à ce que, lors de la pose, des ouvertures se créent permettant l'infiltration de l'eau [5]

CHAPITRE II :
CAUSES ET RISQUES
DE LA PRESENCE
D'EAU

II.1.Introduction :

L'eau peut être la source de nombreux inconvénients, tant pour les usagers que pour la pérennité des ouvrages.

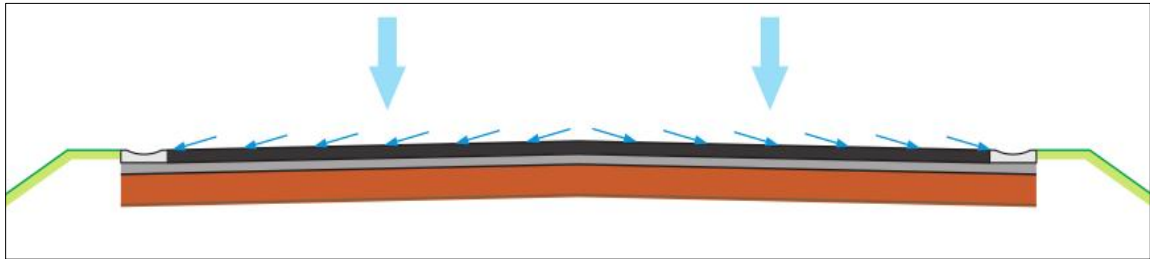


Figure II.1.*situation idéal*

Dans le cas d'une structure classique (revêtement imperméable), et dans une situation idéale, l'eau s'écoule sur le revêtement et est rapidement évacuée sans pénétrer dans la structure routière et sans stagner à la surface de la route. Dans la réalité, l'eau finit toujours par pénétrer en partie dans la structure de chaussée, notamment par les joints et fissures.[1]

II.2.Comment l'eau peut-elle pénétrer dans la structure de chaussée?

L'eau peut arriver dans le corps de chaussée par infiltration verticale, ou par infiltration latérale ou par le bas (Fig. 2) [2]

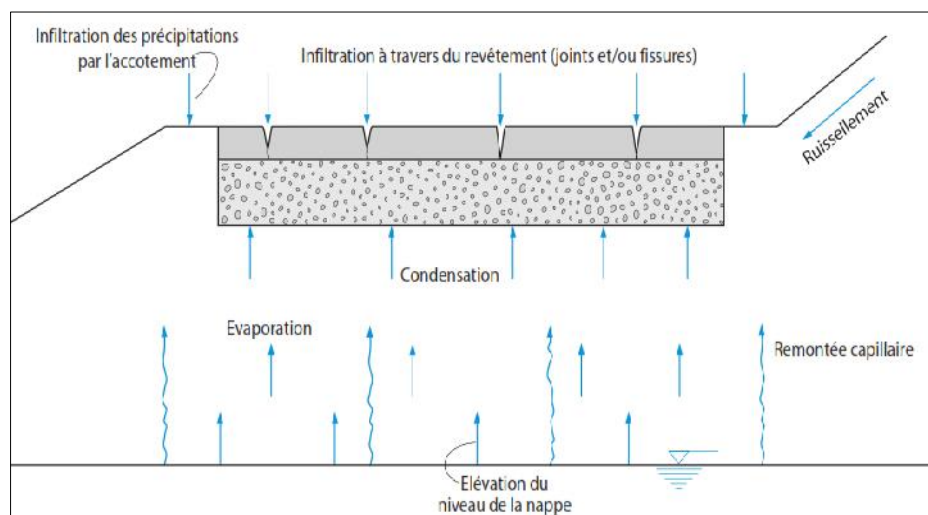


Figure II.2.*Pénétration de l'eau dans la structure routière*

Chapitre II causes et risques de la présence d'eau

II. 2.1. Infiltration verticale : L'eau peut s'infiltrer par les joints ou par les fissures du revêtement. [3]

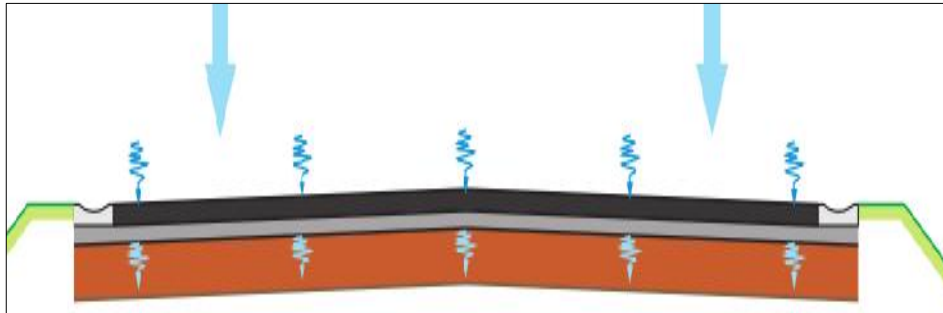


Figure II.3 infiltration d'eau par les joints et ou fissures du revêtement

II. 2.2. Infiltration latérale : Si le fond de coffre est constitué d'un sol fin, l'eau peut être aspirée latéralement en dessous de la structure (effet périphérique). L'eau peut s'infiltrer latéralement via les accotements au niveau de la fondation (mouvement d'eau latéral ou diffusion par capillarité dans les sols fins). L'infiltration latérale peut aussi être une conséquence de l'obstruction des fossés:[4]

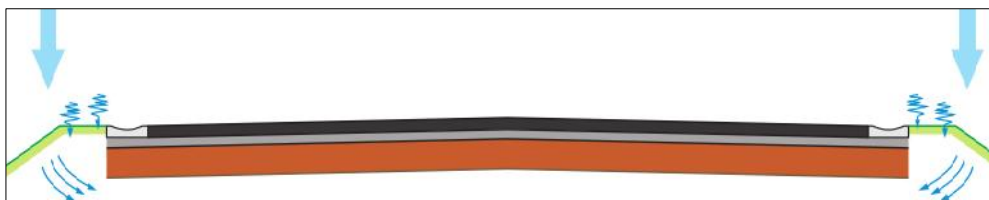


Figure II.4. Infiltration latérale

II. 2.3. Par le bas : La remontée capillaire peut entraîner la formation de nappe suspendue dans la structure de chaussée. Le niveau de la nappe peut être si élevé qu'elle atteint et sature la structure de chaussée (Fig. II.5.).

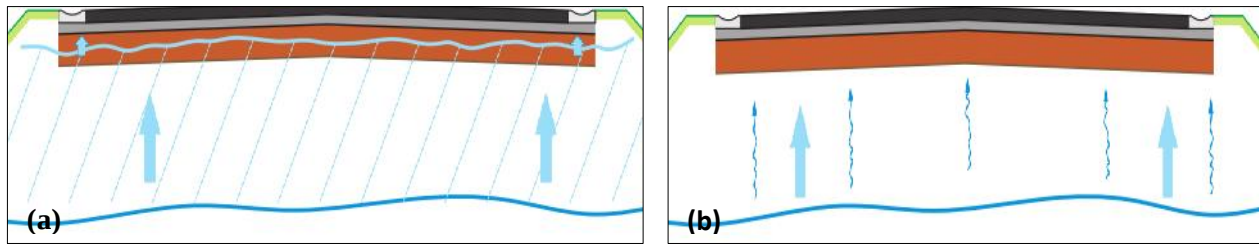


Figure .II.5. (a) Remontée de la nappe phréatique, (b) Remontée capillaire

Lorsqu'un sol de fond de coffre gélif est atteint par le gel, celui-ci provoque, sur une certaine épaisseur, l'accumulation sous forme de lentilles de glace de l'eau aspirée de la nappe phréatique ou soutirée aux couches sous-jacentes (éventuellement aux accotements et même aux fossés). Au dégel, tant que le sol n'est pas complètement dégelé, l'eau libérée en grande quantité ne trouve d'issue que dans la sous-fondation. L'eau peut également pénétrer dans la structure durant la construction ou la reconstruction d'une route ou d'une partie de route alors qu'aucun revêtement imperméable ne protège la structure routière et le fond de coffre. Des précautions sont donc à prendre pendant la phase de construction ou de reconstruction

La présence d'eau dans le corps de chaussée entraîne des inconvénients divers, dont la nature et l'importance varient selon la constitution de la chaussée et la nature du sol en fond de coffre.[5]

II.3. Quels sont les risques causés par l'eau?

II.3.1. Baisse de la portance: Les sols limoneux, et argileux sont très sensibles aux variations de teneur en eau. Leur portance peut diminuer de manière drastique lorsqu'ils sont trop humides. Les sols sableux sont moins sensibles aux variations de teneur en eau.

Un manque de portance du fond de coffre peut entraîner des déformations au sein des différentes couches de la structure routière. La présence d'eau tient en ce sens un rôle important dans l'accélération de la dégradation de la structure routière existante.

Il s'agit là d'un cercle vicieux: l'eau s'infiltre via les fissures et les joints ouverts, ce qui diminue la portance. Il en résulte l'apparition de déformations, ce qui accélère la fissuration et l'ouverture des joints. Les couches du corps de chaussée qui sont saturées d'eau peuvent aussi voir leur portance diminuer. De plus, l'action du trafic provoque des mouvements des granulats les uns par rapport aux autres avec un phénomène d'attrition (usure par frottement) qui est plus important en présence d'eau. Cela entraîne une diminution de la portance de la couche à long terme.[6]

II. 3.2. Contamination par des particules fines: La mise en pression de l'eau présente dans le sol en fond de coffre par le passage des véhicules va provoquer la migration progressive vers le haut des éléments fins de sol, en contaminant la sous-fondation et ensuite les couches supérieures.

Le phénomène est plus marqué si les couches ont des vides plus ou moins importants et si le sol contient des fines particules plastiques.

La contamination d'une couche granulaire par des éléments fins a pour effet de réduire la portance par diminution de l'angle de frottement interne, de réduire la perméabilité et de la rendre plus sensible au gel. Les mesures à prendre sont détaillées. [7]



Figure II.6. (a).Remontée des particules fines ;(b) dégâts provoqués par l'eau et le gel

II. 3.3. Dégradations liées à l'eau et au gel : Lorsqu'un fond de coffre gélif est atteint par le gel, celui-ci provoque, sur une certaine épaisseur, la formation de lentilles de glace. Lorsque le gel dure assez longtemps, une couche de glace se forme et peut provoquer des phénomènes de gonflement. Lors du dégel, la glace fond du haut vers le bas. L'eau est prisonnière entre le revêtement imperméable et la couche de glace sous-jacente. Il se produit une chute de portance au sein de la couche saturée. Sous l'action du trafic, la chaussée peut subir de graves détériorations. On sera particulièrement attentif à l'utilisation en (sous-)fondations de matériaux secondaires ou recyclés, en général plus sensibles au gel que les matériaux naturels [8]

II. 3.4. Routes dangereuses : Ce problème est bien connu des conducteurs. L'eau rend la route plus glissante avec des risques d'aquaplanage lors d'averses intenses. Dès lors, la route doit être profilée de façon éviter la stagnation de l'eau en surface de revêtement. Il est aussi à noter que la visibilité diminue sensiblement par temps de pluie. La présence de neige ou de plaques de verglas est encore bien plus dangereuse et cause chaque hiver de nombreux accidents sur nos routes. [9]

II. 3.5. Sensibilité à l'eau des enrobés bitumineux: Bien qu'il soit reconnu que de nombreux facteurs contribuent à la durabilité d'un enrobé bitumineux, l'interaction liant-granulats est identifiée comme l'une des caractéristiques principales de ce phénomène. En effet, une adhérence insuffisante dans un enrobé entraîne rapidement des dégâts au sein du revêtement. L'eau est, dans ce cadre, un facteur crucial capable de rompre l'interaction entre le liant et les granulats et, par conséquent, susceptible d'amorcer la défaillance d'un Enrobé bitumineux.[10]

II.3.6. Phénomènes de pompage: En dessous des revêtements en dalles de béton, l'eau accumulée peut engendrer des phénomènes de pompage sous l'action du trafic qui entraînent aussi une érosion à l'interface fondation- revêtement, provoquant des dénivellations, une dégradation du revêtement ou des cassures de dalles.[11]

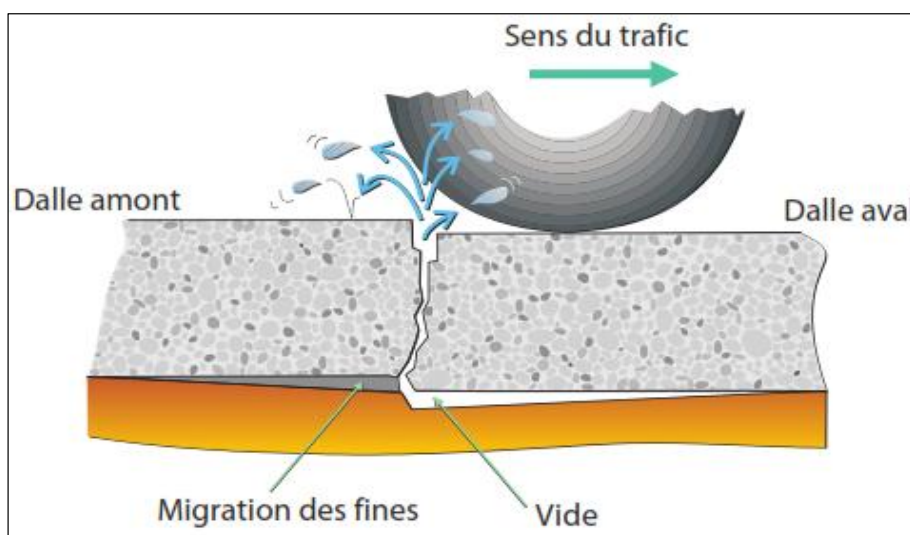


Figure II.7. Phénomènes de pompage

II.3.7. Phénomènes de punch out : Le phénomène de punch out, propre au béton armé continu, est caractérisé par l'apparition de cassures, situées en général près du bord extérieur du revêtement, entraînant une fragmentation du béton et l'arrachement de blocs sous l'action dynamique du trafic. L'apparition du punch out est favorisée par:

- La présence d'eau dans la fondation et l'interface béton/fondation;
- La présence d'une fondation érodée.
- Un trafic lourd en bord de dalles;
- Des fissures approchantes.

Le phénomène observé est alors le suivant: l'eau présente sous le bord de la dalle est mise sous pression au passage des véhicules lourds. Elle provoque une abrasion de la fondation par pompage

Chapitre II causes et risques de la présence d'eau

répété du bord extérieur du revêtement, conduisant à la création de légers vides sous la dalle. Des fissures transversales; rapprochées apparaissent.

La présence des vides diminue, par suite du pompage, le transfert des charges au travers des fissures. Il en résulte une forte augmentation des contraintes de flexion dans le sens transversal entraînant à la longue une fissure longitudinale située entre 0,5 et 1 mètre du bord de revêtement. Le bloc de béton ainsi formé deviendra rapidement instable sous l'action du trafic et il se fragmentera totalement, entraînant finalement l'expulsion de morceaux. [12]

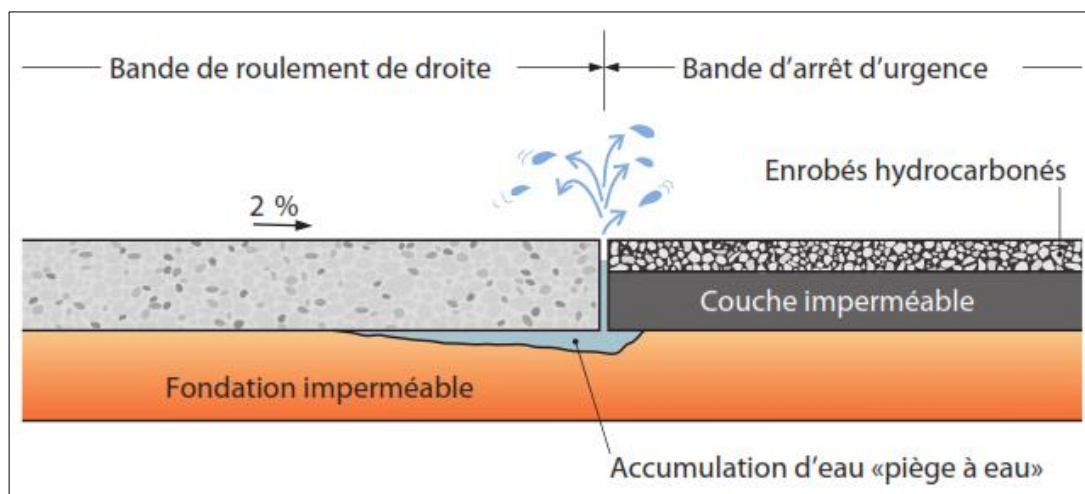


Figure II.8. Phénomènes de punch out

Certains facteurs aggravent le phénomène, tels que:

- L'absence de la couche d'enrobé bitumineux entre le revêtement et sa fondation.
- La mauvaise qualité du béton maigre de fondation;
- L'absence de drainage en bord de dalle et une mauvaise étanchéité des joints;
- L'absence de drainage en berme centrale.

II.3.8. Instabilité des pentes: La présence d'eau dans les talus diminue la cohésion apparente du sol avec un risque d'instabilité et de glissement de terrain. [13]

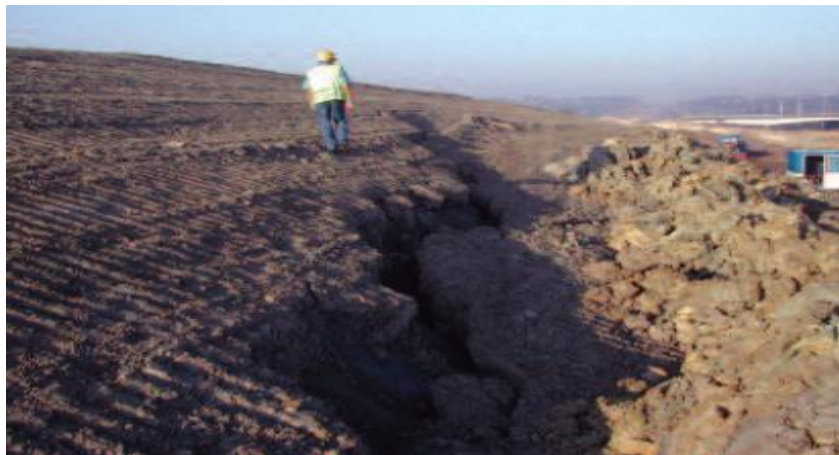


Figure II.9. *Glissement de terrain*

II.3.9. Problème d'érosion: L'érosion superficielle (érosion externe) peut être maîtrisée rapidement à condition de contrôler visuellement l'infrastructure régulièrement et d'effectuer une inspection complémentaire après la chute de pluies exceptionnellement intenses.

Le phénomène d'érosion souterraine (érosion interne) est plus dangereux parce qu'on le remarque souvent quand il est trop tard. Il s'agit de cavités dans le sol qui sont par exemple provoquées par des fuites dans les collecteurs. Il n'est pas rare de voir une structure s'effondrer par érosion interne sans aucun signe avant-coureur. [14]



Figure II.10. (a) *Glissement de terrain* ; (b) *Erosion interne*

II.4. Aspects environnementaux :

Les lignes qui suivent traitent plus en détail de la législation environnementale pour l'eau en construction routière. Il n'existe pas de législation spécifique pour les eaux concernées par le drainage routier. La législation concerne les eaux usées. [15]

II.4.1. Eaux de pluie vs eaux usées : Les eaux usées sont des eaux polluées par utilisation ou par des traitements humains. On trouve deux types d'eaux usées:

Chapitre II **causes et risques de la présence d'eau**

► Les eaux usées domestiques normales qui comprennent notamment les eaux des installations sanitaires, cuisines, machines à laveretc. Le cas échéant, des eaux de pluie.

► Les eaux usées autres que domestiques normales.

Dans le domaine routier, ce sont les eaux pluviales qui sont principalement susceptibles de se déverser dans les voies artificielles d'écoulement. Les eaux pluviales retombant sur la chaussée sous forme de précipitations (pluie, neige, rosée) peuvent, pendant leur écoulement, être polluées, par exemple, en entrant en contact avec du sable, de la boue, des micropolluants, de l'huile de moteur ou d'autres substances, ou par la présence de sel routier ou d'autres matières suite à la perte accidentelle de chargement, etc. Ce sont alors des eaux usées. [16]

CHAPITRE III:
PRESENTATION DU
PROBLEME

III.1.Description du Mila :

La Wilaya de Mila est limité eau Nord par la Wilaya de Jijel ,de l'Ouest par la Wilaya de Sétif, à l'Est par la Wilaya de Constantine et Oum Bougi et du Sud par la Wilaya de Batna.

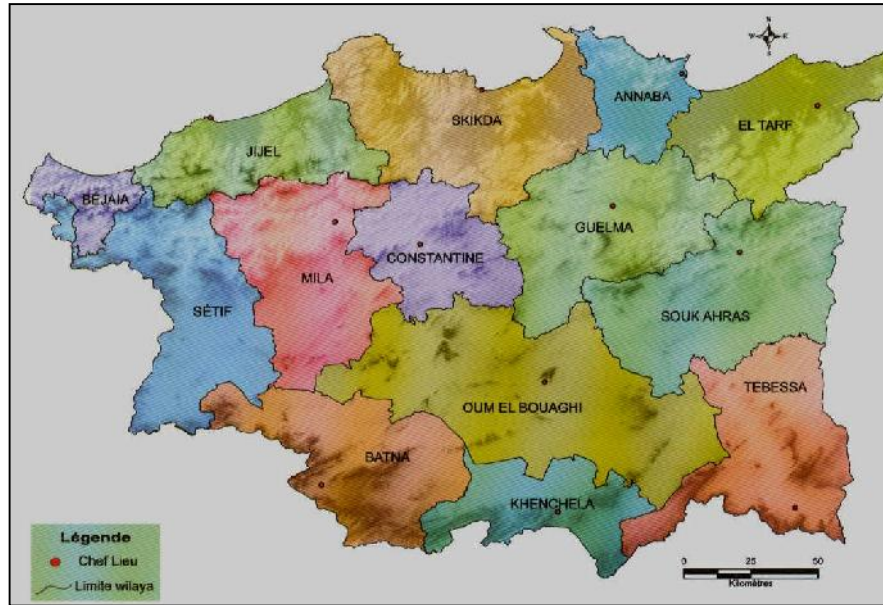


Figure III.1 Carte de découpage administratif (Est Algérien)

La wilaya de Mila s'étend sur une surface de 3550km², répartie sur 32 communes et 05 daïras: Ferdjioua, Chelghoum Laid, Graeme Gouga, Oued Naja, Rouached.

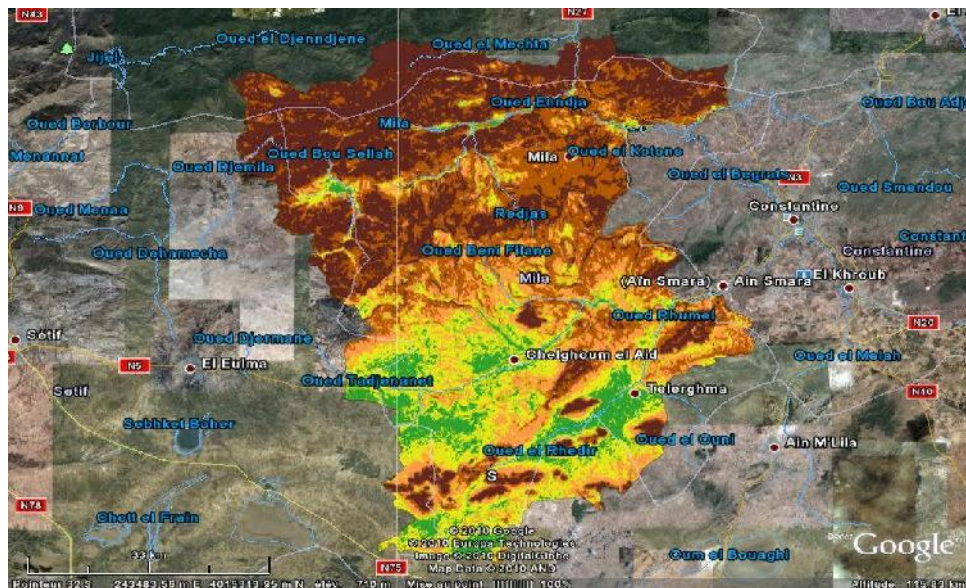


Figure III.2. *Limites administratifs de la Wilaya de Mila, « Google Earth »*

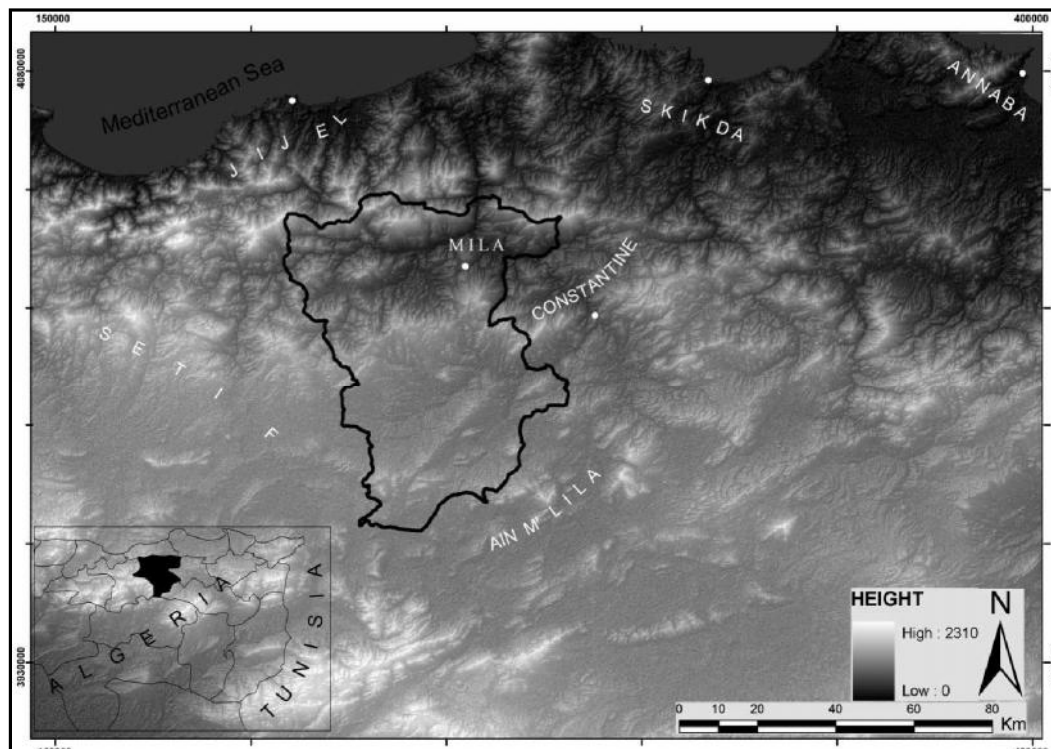


Figure III.3 Situation Géographique de la zone d'étude (image satellite)

Le bassin de Mila se situe au N E de l'Algérie, à cinquante kilomètres à l'Ouest de Constantine.

[1]

III.2. Géologie et géotechnique du Mila :

III.2.1 Cadre géologique générale :

Le bassin de Mila, connu souvent sous le nom du bassin de Mila- Constantine, est une vaste dépression de quelques quarantaines de kilomètres de largeur et de 120 km de longueur, correspond à un remplissage d'une dépression par des dépôts néogènes.

Ces dépôts néogènes forment la couverture d'un substratum formé par un empilement de nappes de flysch de séries telliennes généralement allochtones. Le substratum tellien de ce bassin peut parfois affleurer à la faveur de l'érosion. Les caractéristiques lithologiques de ces dépôts néogènes sont le résultat d'une synthèse à partir des travaux géologiques récents de Coiffait (1992) et des observations de terrain recueillies au niveau de différents sites. Les dépôts néogènes du bassin de Mila comportent les termes suivants:

Terme I:

A la base, les argiles grises gypsifères de l'Oued Mila reposent sur un substratum tellien, soit directement, soit par un ensemble détritique à dominante argileuse. Cet ensemble détritique contient des galets de teinte généralement rouge vif moins souvent brune. Il apparaît localement en boutonnière au niveau de l'Oued Maithili.

Ces argiles de base, affleurent largement autour de la ville de Mila, leur partie sommitale est à tendance nettement marine comme en témoignent les argiles à *Ostreocrassissima* rencontrées au Sud-est de Mila (P. E. Coiffait, 1992).

L'argile de base est surmontée par des conglomérats massifs de teinte généralement brune à beige à nombreux galets de marnes telliennes qui d'intercalent dans les argiles de même faciès rencontrées au Sud

Terme II :

Ce terme est constitué par un niveau de conglomérat à blocs peu roulés, noyés dans une matrice argilo-sableuse et des passées gréseuses à ciment calcaireux.

Les galets, dont la taille varie de 1 à 30cm, sont empruntés essentiellement au numidien, à l'Yprésien tellien (calcaire et silex) et au flysch messalien (micro brèches). La nature de ces éléments détritiques indique une alimentation méridionale ou orientale non septentrionale (M. Durand Delage, 1955).

La teinte de ces formations conglomératiques est plus rougeâtre au sommet qu'à leur base. Ces conglomérats sont très développés le long de l'Oued Mila (route Mila-Jijel). Ces conglomérats reposent d'ailleurs directement sur les marnes éocènes, ce qui témoigne de leur caractère transgressif.

Terme III :

Ce terme correspond à des marnes qui sont le plus souvent grises à noires, mais elles peuvent aussi avoir des teintes rougeâtres à violacé.

Ces niveaux marneux contiennent des passées gypseuses qui annoncent le régime franchement lagunaire, qui va se poursuivre par le dépôt de marnes jaunâtres très sableuses à alternances d'argile noire, de grès fins jaunâtres et de calcaire marneux. Les niveaux gypsifères sont en lentilles de faible épaisseur.

Terme IV:

C'est un ensemble de plus en plus détritique formé de :

- A la base, de marne gris brunâtres, passant à des marnes brun jaunâtre, sableuses, alternant avec des bancs de grès jaunâtre à matrice argileuse et à stratification entrecroisée.

L'épaisseur de ces formations peut atteindre une vingtaine de mètres.

- Au-dessus viennent des grès beiges à jaunâtres, avec quelques passées de galets centimétriques en bancs métriques, alternant avec des assises argilo-sableuses.
- Enfin des conglomérats bruns à la base, puis rougeâtres vers le sommet à galets décimétriques noyés dans une matrice grésa-politique.

Terme V : Le terme sommital de la série est constitué par une dalle de calcaire Travertin eux lacustre de 50m à 100m de puissance allant de Ras El Birr jusqu'au village de Sidi Kérouané. Ces calcaires très durs, ont une teinte blanchâtre à rougeâtre, alternant avec des niveaux d'argiles rouges ou orange, plus rarement brunes.

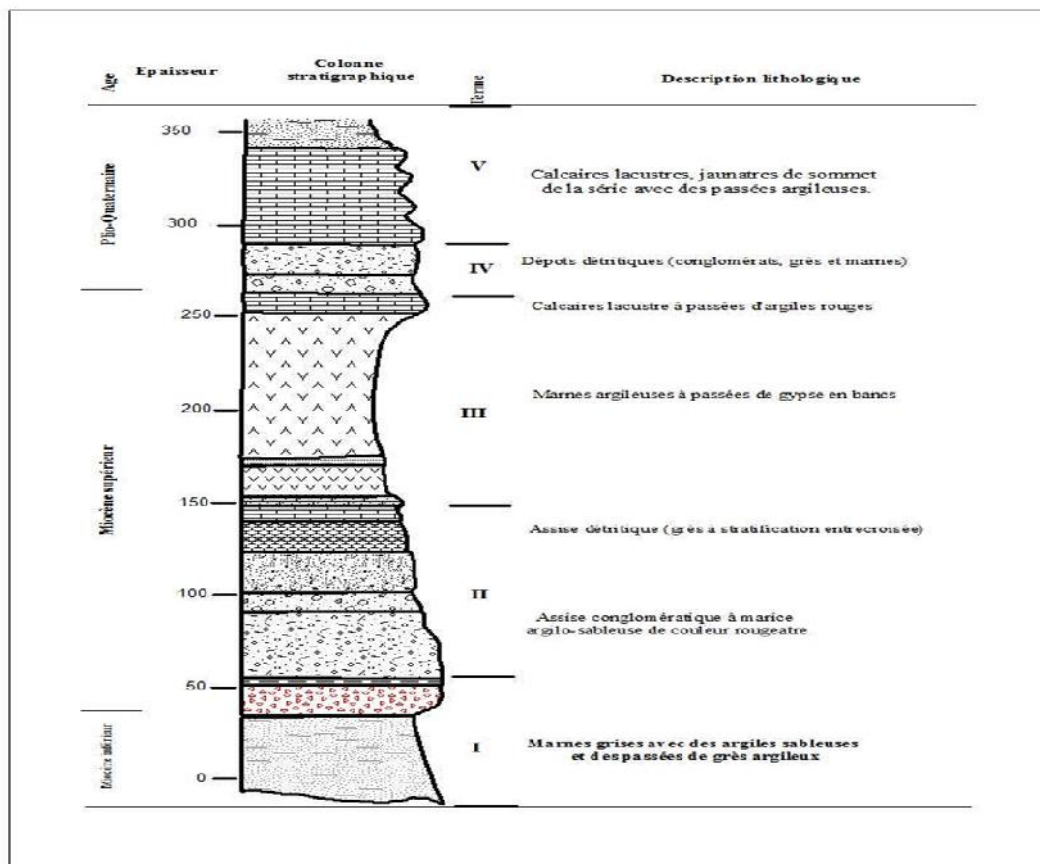


Figure III .4 colonne stratigraphique des dépôts néogènes du bassin de Mila

Identification, Délimitation et Cartographie des formations géologiques argileuses et marneuses
 L'objectif visé est de disposer d'une carte des formations géologiques argileuses et marneuses de la Wilaya de Mila afin d'avoir des précisions géographiques des zones caractérisées par la susceptibilité au retrait-gonflement. [2]

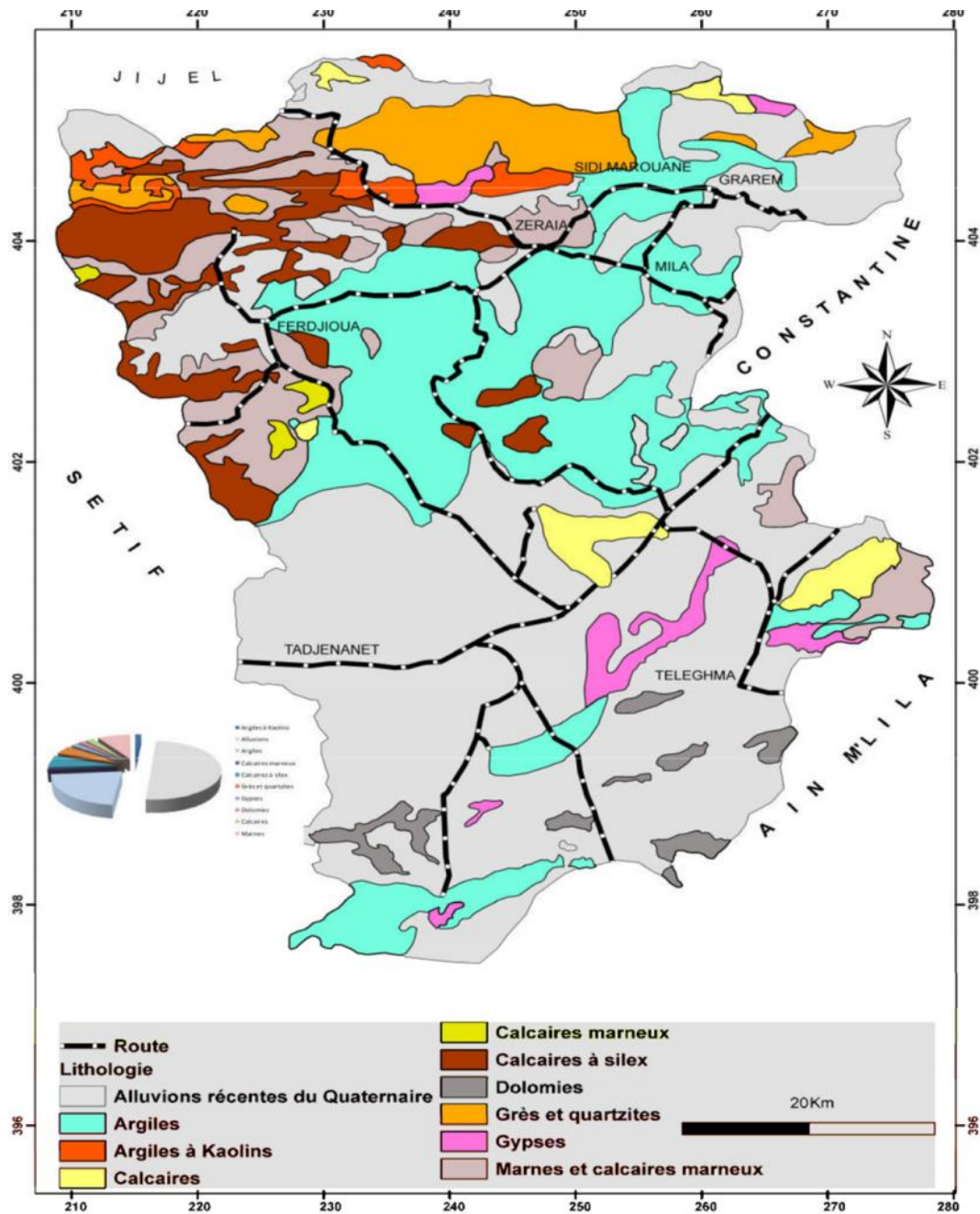


Figure III .5cartelithologique dela wilayadeMilaLacartographiegéologique synthétiqueaétéréaliséeetnumériséeàl'échelledu1/50.000 (qui correspondàl'échelledevalidité dela donnée brute).

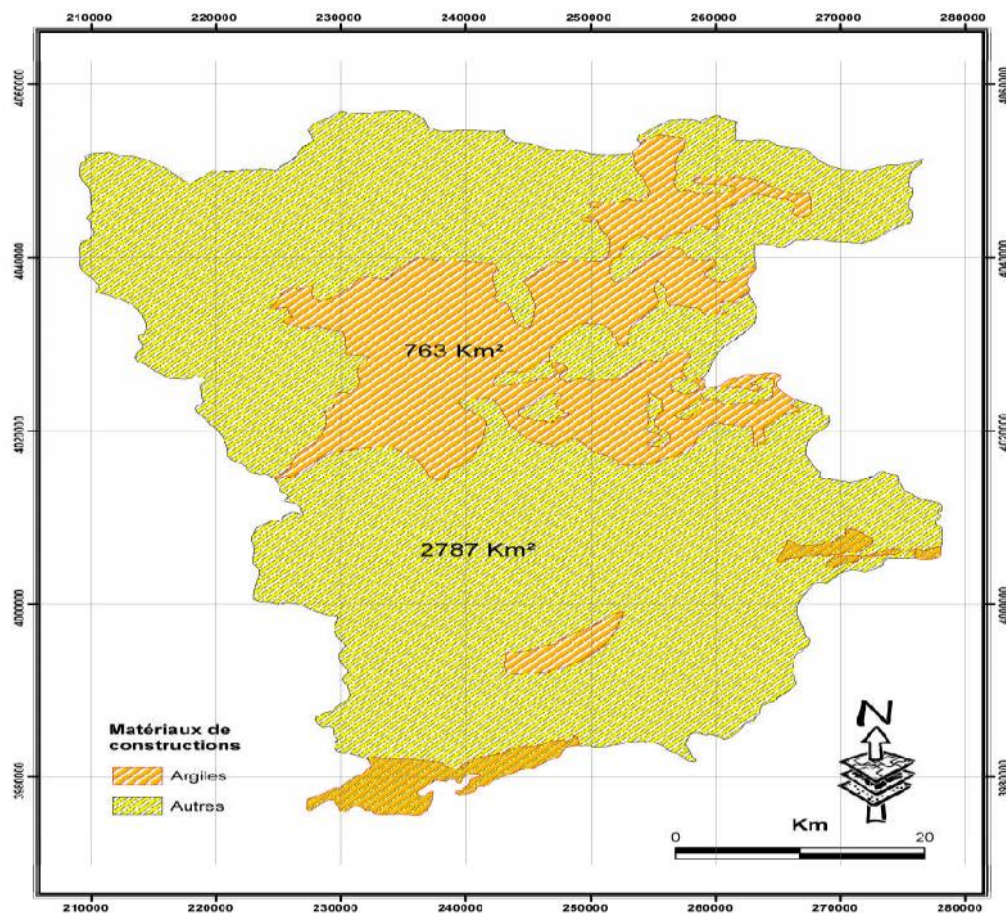


Figure III .6 carte de répartition des formations argileux-marneuse dans la Wilaya de Mila

III.2.2.Cadre Géomorphologique :

La topographie de surface constitue un facteur permanent de prédisposition et d'environnement qui peut conditionner la répartition spatiale du phénomène de retrait- gonflement.

La présence d'une pente favorise le ruissellement et donc le drainage, tandis qu'une morphologie plate sera d'avantage susceptible de recueillir des eaux stagnantes qui ralentiront la dessiccation du sol. Par ailleurs, un terrain en pente exposé au sud sera plus sensible à l'évaporation du fait de l'ensoleillement, qu'un terrain plat ou exposé différemment (Fig. 14). En outre, les formations argileuses et marneuses affleurent sur le flanc des oueds, dans le cas de la ville de Mila, ce qui peut occasionner, localement, un fluage lent du versant et la formation de loupes argileuses. Ce phénomène vient s'additionner aux désordres consécutifs à la seule dessiccation.

D'autre part, il arrive souvent que les constructions sur un terrain en pente soit plus sensible au problème de retrait-gonflement, comme c'est le cas des 185 logements, dont on va détailler

l'étude, en raison d'une dissymétrie des fondations lorsque celles-ci sont descendues partout à la même côte. Le bâtiment se trouve alors enterré plus profondément du côté amont. De ce fait, les fondations situées à l'aval subiront des mouvements plus importants de la part du sol qui, étant en position plus superficielle, est souvent plus altéré et donc davantage sensible aux variations de teneur en eau ; c'est d'ailleurs le cas des 185 logements situés à la sortie de Mila, en allant vers Ferdjioua. Dans le cadre de cette étude, nous avons établie plusieurs cartes par modèles numériques de terrain sous Accrois 9.3 qui montrent le relief et l'élévation des différentes zones à l'intérieur de la Wilaya de Mila (Fig. 13), la carte d'aspect nous donne une idée sur l'exposition de l'argile aux rayons solaires, la majorité des terrains argileux sont d'une orientation Est à Ouest, ce qui explique l'effet du soleil sur la quantité d'eau qui remplit les pores et les interstices des sols.

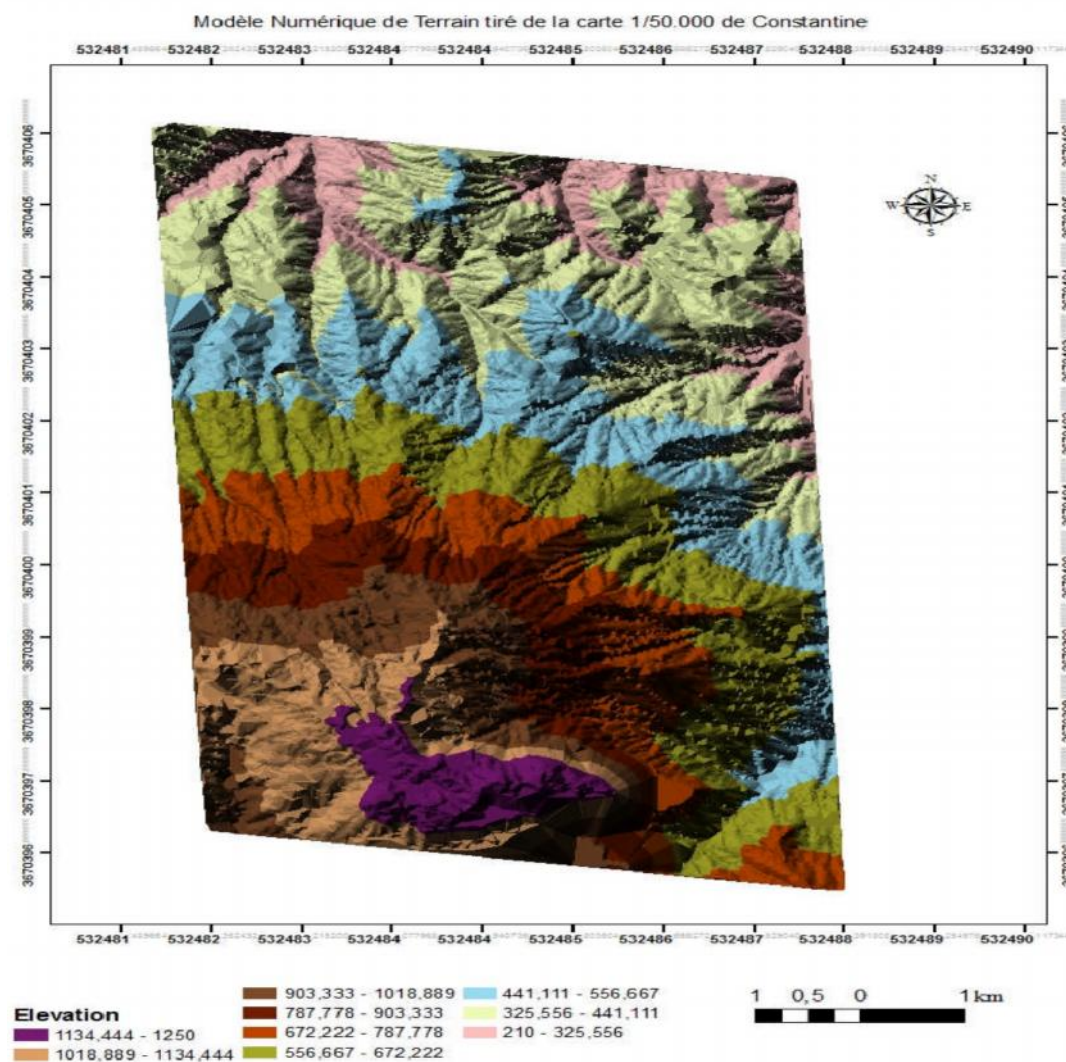


Figure III.7 . Carte d'élévation des différentes zones à l'intérieur de la Wilaya de Mila

Un terrain argileux est fondamentalement instable puisqu'il change de propriétés physiques en fonction de l'humidité, donc des saisons et du climat. Sur un terrain plat et humide, toute surcharge provoque un enfoncement local et un fluage de l'argile.

Le diagnostic physico -géographique de la région d'étude nous conduit à projeter le secteur dans son bassin-versant qui permettra de caractériser les principaux facteurs naturels intervenant dans l'alimentation en eau et dans l'écoulement : facteurs orographiques et morphologiques, lithologiques, climatiques et biogéographiques. Leur interaction est déterminante dans le comportement géotechnique des sols du bassin au niveau global et régional.

Le bassin du Kabîr Rhumel, qui s'étale entre la mer méditerranée au Nord et les hautes plaines des Chotts au Sud, présente un relief compartimenté, reflet de la nette opposition topographique Tell-Hautes Plaines qui le caractérise. Il est juxtaposé aux autres unités hydrologiques recouvrant également Tell et Hautes Plaines : le bassin de la Seybouse à l'Est et le bassin de la Soummam à l'Ouest.

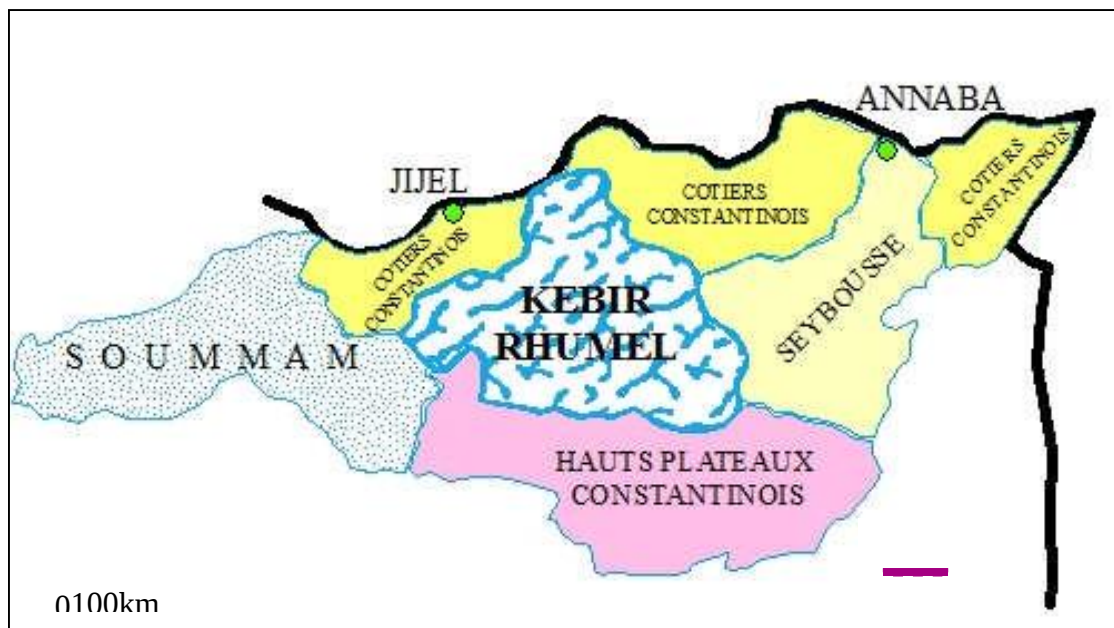


Figure.III.8situationdubassinversantdukebirrhumel

De point de vue structural, le bassin du Kabîr Rhumel se caractérise par un substratum relativement simple au Sud formé par de vastes étendues sédimentaires d'où émergent des massifs calcaires isolés, et un édifice beaucoup plus complexe au Nord constitué de nombreuses séries hétérogènes empilées au cours de phases tectoniques successives.

Ainsi, On distingue de l'amont à l'aval du bassin : les hautes plaines, le piémont Sud- tellien et les

massifs telliens du Nord [3]

III.3. Visite du Mila (Diagnostic de la pathologie de la zone d'étude) :

III.3.1 Instabilités de terrain au niveau pk4+100 :

Ce point de glissement se situe à la sortie de la ville de bouhatem (Direction chelgoumlaid) ; la route est développée sur un profil mixte ; les terrains traversés sont constitués de marne très encroutées avec des bancs de grès important, à priori le fluage concerne uniquement le remblai de la route.[4]

III.3.2 principe de confortement a envisages :

PK 4+100 : commesolution proposée pour stabiliser la zone ,un ripage de la chaussée vers le sud , de manière à s'éloigner de la zone des remblais et de laisser une banquette de sécurité, cette permettra l'amélioration de la visibilité de la route en supprimant un virage.[5]

III.3.3 Programme Prévisionnel des Reconnaissances Géotechniques:

Désignation	Levé topo (Ha)		PDL (Unité)		Sondage (ML)
	Prévue	EN(+)	Prévue	EN(+)	
PK 4+100	2	3	1	1	60

Tableau III.1. Paramètre topographique et géotechnique de la route



Figure. III.9PK 4+100 : Instabilité au niveau du remblai de la route



Figure. III.10 Marne encroutées stable avec des passages de grés cimentés

III.4.Recommandation :

- gérer durablement les ressources en eau.
- préserver les écosystèmes aquatiques et les eaux souterraines de toute pollution.
- approvisionner la population en eau potable de bonne qualité.
- limiter les rejets polluants.
- associer les usagers.
- Réglementation régionale pour les eaux de pluie

Pour poursuivre la concrétisation du passage à une politique de l'eau plus durable, On doit assurer l'évacuation des eaux de pluie tombant sur les surfaces revêtues via les voies artificielles d'écoulement tenon via les égouts publics.

- exploiter autant que possible les eaux de pluie en installant une citerne d'eau de pluie et une pompe opérationnelle;
- permettre l'infiltration ou le stockage des eaux de pluie excédentaires au moyen de systèmes d'infiltration ou de revêtements drainants;
- si l'exploitation, l'infiltration ou le stockage sont impossibles, évacuer les eaux de pluie de manière ralentie. Les eaux de pluie et usées doivent être évacuées séparément. L'évacuation des eaux de pluie dans l'égout public n'est autorisée qu'en l'absence d'une voie artificielle d'écoulement des eaux de pluie ou des eaux de surface. Ce règlement ne s'applique pas aux voiries publiques (à l'exception des parkings, etc.).

Il est néanmoins recommandé de respecter autant que possible les mêmes principes pour la mise en œuvre de nouvelles routes que pour la mise en œuvre d'applications privées. Il va de soi que pour les voiries publiques aussi, il faut tendre vers une évacuation distincte, une rétention maximale et même la réfection de fossés ouverts pour capter les eaux de pluie. [6]

Conclusion

Conclusion générale

Ce mémoire présente les recommandations nécessaires à la collecte et évacuation des eaux en surface (surfaces revêtues, accotements, bermes et talus) et à l'évacuation des venues d'eau dans les talus (masques et éperons drainants) ainsi que les dispositifs nécessaires au drainage du corps de chaussée. Les ouvrages de stockage d'eau, prévenant les risques d'inondation et permettant le traitement des eaux polluées, sont décrits.

Sur les 3502 km² que compte la wilaya de Mila, près de 22 % de cette superficie est classée en zone de susceptibilité forte et plus de 12 % en zone de susceptibilité moyenne. Pour cette dernière, il s'agit le plus souvent de formations relativement superficielles, qui recouvrent les argiles de la classe précédente.

L'ensemble de ces résultats demande à être amélioré par d'autres analyses géotechniques mieux réparties. Mais on peut déjà synthétiser quelques informations intéressantes pour une définition de la susceptibilité retrait-gonflement des argiles dans la wilaya de Mila.

Il est pratiquement impossible de fixer des lignes de conduite précises pour résoudre les problèmes divers et complexes que présentent ces travaux.

Dans tous les cas, on s'efforcera d'appliquer les recommandations décrites dans les chapitres précédents (drainage superficiel, évacuation de l'eau des talus, drainage du corps de chaussée, exécution et entretien), en tenant compte du but poursuivi et de la nature des travaux nécessaires.

L'observation du comportement de la route existante peut fournir des indications utiles quant aux dispositions à prendre, tant en ce qui concerne l'évacuation des eaux superficielles que la prise en compte des eaux souterraines. Néanmoins, les nouveaux aménagements de la route et les procédés d'exécution peuvent amener des changements importants dans le comportement des couches sous-jacentes de la structure routière ou dans l'équilibre hydrologique du sous-sol. Les propriétés des fondations et sous fondations conservées peuvent aussi être affectées.

Par exemple:

- l'enlèvement des canalisations et de leurs raccords se trouvant sous l'ancienne chaussée donne lieu à un remaniement plus ou moins profond du sol sous le fond de coffre.
- un élargissement de la plate-forme peut rendre caduc un drainage initialement suffisant.
- une modification du profil peut conduire à des déblais supplémentaires qui rapprochent le fond deCoffre de la nappe aquifère ou de couches de sol à portance insuffisante.

Références

N° Bibliographie

Chapitre I : Structure de chaussée

- [1] J. Crochet, D DE Backer, J-L. Marchal et al. *Code de bonne pratique pour le choix du revêtement Bitumineux lors de la conception ou de l'entretien des chaussées CRR Bruxelles 2014 p03.*
- [2] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p04*
- [3] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p04*
- [4] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p05*
- [5] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p05*
- [6] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p06*
- [7] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p07*
- [8] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p09*
- [9] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p09*
- [10] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p09*
- [11] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p09*
- [12] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles 2014 p09*

Chapitre 2 : causes et risques de la présence d'eau

- [1] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p10
- [2] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p10
- [3] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p11
- [4] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p11
- [5] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p11
- [6] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p12
- [7] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p13
- [8] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p13
- [9] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *{Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p14
- [10] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *{Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p14
- [11] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *{Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p15
- [12] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p16
- [13] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p16
- [14] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p17
- [15] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p17
- [16] A. Beelen, R. Beuys, O. Capelle et al. *Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau* CRR Bruxelles 2014 p18

Chapitre III : présentation du problème :

[1] *Ingénieur A. Zeroual rapport : phase01 «Diagnostic » ADTP Mila (2014) p3 , p4*

[2] *Ingénieur A. Zeroual rapport : phase01 «Diagnostic » ADTP Mila (2014) p5 , p6*

[3] *Ingénieur A. Zeroual rapport : phase01 «Diagnostic » ADTP Mila (2014) p7 , p8 ,p9, p10 , p11 , p12*

[4] *Ingénieur A. Zeroual rapport : phase01 «Diagnostic » ADTP Mila (2014) p24*

[5] *Ingénieur A. Zeroual rapport : phase01 «Diagnostic » ADTP Mila (2014) p25*

[6] *A. Beeldens, R. Buys, O. Capelle al. Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau CRR Bruxelles (2014) p18.*

Site internet :

www.Google.com

[Wikipédia](#)