République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche scientifique

UNIVERSITE Dr. YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté des sciences et de la Technologie

Département de Génie de la Matière

Filière Génie Civil

Mémoire de fin d'Etudes pour l'obtention du Diplôme de Master en Génie civil

Option : Structures

DIAGNOSTIQUE ET ETUDE PATHOLOGIQUE DU SITE

CEM BENYEKHLAF KHADIDJA MEDEA

Etudié Par :

Mr.ESSELIMANI Mohamed

Dirigé Par :

Pr.KENAI Said

Mr.ZEMIR Ismail

Juin 2014

REMERCIEMENT

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement Du Professeur KENAI Said et Monsieur ZEMIR Ismail, je les remercie pour la qualité de leur encadrement exceptionnel, pour la patience, la rigueur et la disponibilité durant mon préparation de ce mémoire.

Je remercie ma chère femme mon fils Imad et Feriel , mes beaux frères islam , sofiane pour le soutien et l'encouragement

mes remerciement s'adresse à Messieurs :Dr Debieb et Dr Boukendakdji , Saidi ,Khelladi, Lekmouchi Med, Karali et benchabane Hamid CTC pour leurs aide pratique et leur soutien moral et ses encouragements.

Je remercie le jury d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes remerciements s'adresse également à tous mes professeurs pour leurs soutient et encouragement.

je remercie encore mes camarades de classe pour l'aide, le soutien et l'encouragement durant les études notamment Bilal, Atchi, slimani hamza , Oualid et l'ensemble de la section « strucure »

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail, fruit d'énorme sacrifice de courage et de volonté

A ceux qui m'ont toujours soutenus et m'encourager, ma très chère mère, à la mémoire de mon très cher père regretté El hadj Tahar

A ma très chère femme qui m'a beaucoup encouragé à réaliser ce travail

A mes adorables fils Imad Eddine et ma fille Feriel. A mes frères et sœurs

A mes belles sœurs Della et Kathy.A mes beaux frères Sofiane , Islam , Chakib ; Morad.

A toute la famille

A mes meilleurs amis Mustapha , Saidi , Bouaissa ,khelladi

A tous ceux qui, de près ou de loin, par leur soutien moral qui m'a donné .

ملخص

الهدف من هذه الدراسة في علم أمراض المنشآت هو تحليل النكبات التي واجهتها المنطقة وعلى وجه الخصوص مشاكل التربة لتجنب تكرارها ، وتهدف هذه الدراسة المساهمة في تحقيق بنك المعلومات للحالات المرضية بالجزائر من أجل تحقيق مشاريعنا في أحسن الظروف وتوفيرا للتكاليف الباهظة الناتجة من اصلاح وتدعيم الهياكل ، **وكنا قد عالجنا في الفصل الرابع كوكتل من الحالات وفي الفصل الخامس تطرقنا لحالة** مرضية متنوعة والتي تعالج حركات التربة ، هياكل التدعيم والبنايات ، فاستنتجنا من خلالها وضع دليل يسمح للمهني في البناء احترام بعض التوصيات لمنع الأخطاء في المستقبل في انجاز المشاريع.

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude de la pathologie des constructions est d'analyser les sinistres rencontrés dans la région notamment les problèmes de sol afin d'éviter leur renouvellement , l'étude vise à contribuer à la réalisation de banque de données des cas pathologiques en Algérie pour pouvoir réaliser nos projets dans les meilleurs conditions et d'épargner les cout excessifs résultants de la réparation et le renforcement des ouvrages, nos avons traiter d'ailleurs dans le chapitre IV un cocktail de cas pathologique et dans le chapitre v un cas pathologique varié qui traite les mouvement de sol , les soutènement et le bâtiment ,et en conclusions nous avons adopter un guide qui permet au constructeur de respecter certains recommandations pour éviter les erreurs à l'avenir dans la réalisation des projets .

ABSTRACT

The objective of this study of the pathology of constructions is to analyze the region including soil problems to ovoid renewal , this study aims to contribute to the achievement of database pathological case Algeria in order to realize our project in the best conditions and save the resulting excessive cost of repair and strengthening of structures , we have also treated in chapter IV cocktail pathological cases and in chapter IV case pathological processes that varied movement soil retaining and building , and conclusions we adopt a guide which allows the manufacturer to comply with certain recommendations to prevent future errors in the projects.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I INTRODUCTION GENERALE

I.1 GENERALITES 1

I.2 PROBLEMATIQUE 1

I.3 PLAN DE TRAVAIL 2

CHAPITRE II PATHOLOGIE DES CONSTRUCTIONS

II.1 GENERALITES 4

II.2 QUALITE DES CONSTRUCTIONS 5

II.3 CAUSES ET ORIGINE DES SINISTRES 5

II.3.1 Durant la Phase d'étude 6

II.3.2 Durant la Phase de Construction 13

II.3.3Durant la Mise en Service de la Construction 15

II.4 PATHOLOGIE DES FONDATIONS

II.4.1 Introduction 17

II.4.2 Les Fondations Superficielles 17

II.4.3 Les Fondations Profondes 18

II.4.4 Tassement Différentiel 18

II.5 PATHOLOGIE DES MURS DE SOUTENEMENT

II.5.1 Introduction 25

II.5.2 Différents types de murs de soutènement 26

II.5.3 Pathologie des Murs de Soutènement27 27

II.6MOUVEMENT DES TERRES

II.6.1 Glissement 34

II.6.2 Retrait et Gonflement 41

CHAPITRE III TECHNIQUES DE REPARATION

III.1 REPARATION DES FONDATIONS 55

III.2 REPARATION DES STRUCTURES 63

CHAPITRE IV EXEMPLES DE CAS PATHPLPGIQUE A MEDEA

IV.1 INTRODUCTION 66

IV.2 EXEMPLES DE CAS PATHOLOGIQUES 66

CHAPITRE V DIAGNOSTIQUE ET ETUDE PATHOLOGIQUE DU SITE CEM BENYEKHLEF KHADIDJA MEDEA

V.1 GENERALITES 85

V.2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE 86

V.3 HISTORIQUE 88

V.4 ETUDE GEOTECHNIQUE 90

V.5 ANOMALIES OBSERVEES 96

V.6 CAUSE DES DESORDRES 106

V.7 SOLUTIONS DE REPARATION 109

CONCLUSIONS GENERALES ET RECOMMENDATIONS

CONCLUSIONS 118

RECOMMENDATIONS 119

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

N°	TITRE	Page
II.1	Plan de fondation……..	8
II.2	Schéma du désordre observe……..	8
II.3	L'emplacement des fissures résultant d'une trop faible longueur des barres de renfort en travée…….	9
II.4	Longueur des chapeaux sur appuis de deux travées de portée très différente…..	10
II. 5	Disposition incorrect Ferraillage d'une volée d'escalier……..	11
II.6	Appuis de volées préfabriquées d'escaliers. Exemples de dispositions incorrectes susceptibles de produire l'effondrement de la volée……..	12
II.7	Construction d'ouvrages sans précaution au préalable …….	13
II. 8	Désordres causés par des terrassement anarchiques……..	14
II.9	Désordres causé par la construction à la tête d'un talus glissant……..	15
II.10	Propagation des Fissures au droit d'un Joint Diapason…….	15
II.11	Les fondations A et B supportent des charges inégales pouvant causer des fissures en C……..	19
II.12	Zone molle ou dure en C , un tassement différentiel entre A et B…….	20
II.13	Rabattement de la nappe par pompage pouvant causer des tassements différentiels……	20
II.14	Rabattement de la nappe d'eau par réalisation d'une excavation……..	21
II.15	Rabattement saisonnière causée par des arbres……..	21
II.16	Sinistre causé par venue d'eau provenant d'une fuite d'eau sur une canalisation.	22
II.17	Remblai placé à coté d'un bâtiment sur pieu peut induire des forces latérales et du frottement négatif sur les pieux…….	23
II.18	Les fondations du bâtiment sont fondées sur le sol naturel en A et remblai en B il peut y avoir un tassement différentiel……	23
II.19	Modes de rupture de murs de soutènement……	27
II.20	Basculement du mur……..	28
II.21	Fissures au droit de certains panneaux……..	29
II.22	Mur de soutènement sinistré étayé provisoirement par des madriers…….	30
II.23	Fissure importante sur la chaussée carrossable soutenue par le mur en péril ……	31
II.24	Déterrement de la semelle (Risque de renversement du mur…….	32
II.25	Des travaux de terrassement à proximité du mur de soutènement…….	32
II.26	Glissement de terrain provoquant effondrement voile et poteau vide sanitaire…	34
II.27	Glissement au niveau 270 logements LSP pole urbain versant nord cote droite endommagement de toute l'infrastructure…….	34
II.28	Glissement plan…….....	35
II.29	Glissement rotationnel simple……	36
II.30	Glissements successifs emboîtés…… ……..	36
II.31	Coulée de boue……..	37
II.32	Ecroulement…… …….	38
II.33	Exemple de fluage……. ……..	38
II.34	Dispositions constructives pour la superstructure et le perré d'un bâtiment……	48
II.35	Plantations décoratives sur sols gonflants…….. ……	48
IV36	Vue de la structure périphérique se détachant de la structure centrale……	68
IV.37	Montrant les poutres effondrées……	68
IV.38	Glissement et affaissement du sol……..	69
IV.39	Tassement différentiel provoquant fissures sur mur –habitation voisine……...	69

IV.40 Saturé d'eau et les terrassements au bas talus sont la cause de glissement…… 70
IV.41 Montrant l'absence de réseau d'assainissement……. ……... 70
IV.42 Déplacement de la structure périphérique vers le sens de glissement…… 71
IV.43 Corrosion des armatures inférieurs des poutres……. 73
IV.44 Infiltration des eaux sous plancher haut (salles d'eau)…… … …… 73
IV.45 Éclatement du béton et corrosion des armatures d'un poteau RDC…….. 73
IV.46 Dégradation des plates-formes et des dallages périphériques…… 74
IV.47 Détérioration des regards……... 74
IV.48 Dégradation des descentes eaux pluviales - Affaissement et gondolements du carrelage 75
IV.49 Fissures obliques au droit des linteaux…….. 76
IV.50 Fissures obliques et verticales dans maçonnerie……... 76
IV.51 Plantations et arbustes aux alentours du bâtiment sinistré…… 77
IV.52 Eclatement du béton au niveau zone nodale du gonflement et retrait…….. 77
IV.53 Fissures dus au gonflement du sol sur les panneaux en maçonnerie…… 79
IV.54 Fissures au droit des poutres et poteaux…… 81
IV.55 Eclatement des zones nodales et Basculement du plancher…….. 82
IV.56 Effondrement des cloisons…… 82
IV.57 Eclatement des zones nodales……... 83
IV.58 Eclatement des zones nodales et basculement des poteaux…….. 83
V.59 Photo Aérienne du site-CEM Benyekhlef Khadidja –Bloc n°01 sinistré-Talus glissant.. 87
V.60 Fissures en diagonales et verticales dans les panneaux et au droit des raidisseurs……... 97
V.61 Stagnation des eaux usées entre le bâtiment et le mur de clôture……. 98
V.62 Basculement et cisaillement du béton du regard……... 98
V.63 Sol fracturé et saturé d'eau…… ……... 99
V.64 Inondation de la cour du CEM par les eaux usées et de ruissellement…… …… 99
V.65 Effondrement du mur bas talus du au glissement……. 100
V.66 Evacuation des eaux usées provisoire et incorrect accentue le désordre…….. 102
V.67 Poussée des terres boueuses provoque l'effondrement du mur de façade…… 102
V.68 Glissement du terrain causant effondrement du mur…… 103
V.69 Position du mur existant avant glissement…… ….... 103
V.70 Position de l'ancien mur après glissement- désordre précoce du nouveau mur ……... 104
V.71 Bâtiment en partie suspendu -Gros béton détaché de la semelle filante de rive…… ….. 104
V.72 Canalisations des eaux usées déversent dans un tonneau……. 105
V.73 basculement du nouveau mur de soutènement…… ……. 105
V.74 Sol saturé d'eau souterraine et superficielle…….. 108
V.75 L'absence de butée et les arbres arrachés par le mouvement…… 109
V.76 Solution proposée pour la stabilité du site…… 115
V.77 Détail de réalisation d'une tranchée drainante…….. 115
V.78 Schéma d'un mur de soutènement…… …… 116

CHAPITRE I

INTRODUCTION GENERALE

I. INTRODUCTION GENERALE

I.1 GENERALITES

La dégradation et l'entretien des ouvrages sont un constant sujet de préoccupation qui peut entrainer des frais considérables et causer de graves préjudices aux ouvrages aussi bien pour les pouvoirs publics que pour les usagers , le positionnement de problème comporte deux aspects fondamentaux à savoir : prévenir et guérir.

L'étude pathologique d'un phénomène doit commencer par la description des désordres, puis l'énumération des causes et les origines basées sur des analyses et des essais adéquats et professionnelles, en fin le choix et le mode de réparation à adopter ; après tirer des enseignements des désordres afin d'éviter leur renouvellement.

Les principales causes des pathologies en Algérie sont dues généralement :

au mauvais choix de terrain , à l'analyse et l'interprétation de l'étude géotechnique du sol non significatives, au Terrassements anarchiques, aux Négligences de la protection des sites contre les aléas humains et naturels, à la mauvaise conception des études techniques et surtout la Négligences dans l'entretien et la maintenance des constructions en exploitation

I.2 PROBLEMATIQUE

La défaillance dans l'application des règles techniques de la construction engendre des désordres parfois très couteuses en matière de matériel ou humaines, dont nous citons, les problématiques les plus répandus en Algérie tels que :

- Les glissements des terrains.
- Gonflement et retrait des sols

-Les inondations dus aux conditions climatiques

-Effets de vent

- Les coulées boueuses
- Les secousses sismiques
- Vieillissement des bâtis
- Instabilité des constructions
- Instabilité des terrains et l'influence des eaux sur les constructions

I.3 PLAN DE TRAVAIL

Nous avons abordé dans le chapitre I une introduction générale consistant à définir les étapes à parcourir pour l'étude d'une pathologie quelconque,

En deuxième partie les causes fondamentales souvent négligés et relatives à certains précautions à prendre afin d'éviter des sinistres de se produire.

En troisième partie on décrit les différentes pathologies courantes issus de la défaillance dans l'application des techniques de la construction ou/et de la mauvaise interprétation des analyses et des essais avant même l'élaboration d'un projet

Le chapitre II concerne particulièrement les causes des sinistres relevés dans les différentes phases de l'étude et la réalisation d'un projet, et une synthèse bibliographique des phénomènes ayant trait avec l'étude de notre projet

Le chapitre III consacré aux techniques de réparation de certains ouvrages, le diagnostique et les procédés de réparation.

Le chapitre IV Concerne des exemples de cas pathologiques recueillis à travers la wilaya de Médéa

Le chapitre V concerne l'étude d'un cas pathologique réel à Médéa, abordant des désordres dans les constructions et dans le sol et la proposition des solutions de réparation.

Et enfin des conclusions générales et recommandations.

CHAPITRE II

PATHOLOGIE

DES

CONSTRUCTIONS

II.1 GENERALITES

Depuis de nombreuses années, face à l'accroissement des couts engendrés par les sinistres (effondrements d'ouvrages, désordres de toutes natures), tous ceux qui participent à l'acte de construire sont sensibilisés de plus en plus aux notions de prévention et de pathologie.

Cette notion de « pathologie des constructions » n'est pas nouvelle et demeure très ancienne. Les sinistres permettaient de corriger les dites « règles de l'art, recommandations professionnelles ou les règlements techniques du moment, le progrès ne pouvant exister que s'il y'a des risques mais « risques calculés et bien maitrisés ». Elle a surtout pris son essor dans les années 1960 suite a des analyses de sinistres. De nombreux ouvrages concernés par cette nouvelle discipline ont paru : pathologie des fondations, du béton armé, des façades etc.

Des textes officiels de prévention (DTU, règlements…) ont suivi jusqu'à nos jours et pourtant, certaines pathologies sont plus nombreuses aujourd'hui qu'hier. Une analogie est souvent exprimée entre la notion de démarche médicale et celle de maintenance. La connaissance de la pathologie permet d'établir un diagnostic qui conduira inéluctablement vers l'esquisse d'une solution de réparation, de renforcement ou simplement la mise en place de remèdes préventifs. La pathologie dans le bâtiment a suscité de l'intérêt, permettant ainsi de mieux construire avec la mise en place de recommandations, puis de normes définitives.

L'étude de la pathologie des constructions a pour but d'éviter les mêmes erreurs dans le futur .Pour cela, il est nécessaire de recueillir, de stocker et d'analyser l'information concernant les cas pathologiques.

II.2 Qualité des constructions

La conception englobe en particulier les niveaux de sollicitations, les procédés d'exécution et les exigences de durabilité. La construction durable commence avant même le premier trait de crayon de l'architecte sur le papier. La maitre de l'ouvrage et le maitre de l'œuvre doivent dés la départ être convaincu et motivés pour réaliser ensemble une construction aussi durable que possible. il va de soi que le choix de l'architecte revêt donc une importance capitale. Les principes de la construction durable ne s'inscrivent pas dans une vision à court terme. De ce fait ; la construction durable implique également qu'on doit envisager d'éventuelles adaptations ultérieures .pour éviter des changements inutiles à l'avenir ; on doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour adapter facilement notre habitation à de nouveaux besoins.

Au-delà de la qualité visible au premier regard , comme celle des revêtements de sols ou de murs , on doit également prêter attention à la qualité cachée , tout aussi essentielle , qui , avec le temps , préservera notre construction d'un vieillissement prématuré ou d'un risque naturel : fondations , éléments porteurs étanchéité ,etc.., Cette qualité relative à la sécurité, au confort, à la santé et à l'économie de construction de notre ouvrage doit être conforme aux exigences réglementaires en vigueur.

II.3 Causes et origines des sinistres

Les principales causes et origines des désordres sont classées en en trois phases :

1. Phase d'étude
2. Phase réalisation
3. Phase achèvement et mise en exploitation de l'ouvrage

II.3.1 Durant la Phase Etude

- A commencer par les études géotechniques indispensable pour la réalisation de tous projets de construction, qui parfois sont soit insuffisantes ou mal menés ou absence total de l'étude de sol , La méconnaissance des caractéristiques du sol (force portante du terrain), voire du sous sol en profondeur (bulbe de pression) et Le non reconnaissance de cavités, de points durs pourtant recensés sont souvent à l'origine des désordres.

Sinistres dus à des erreurs de conception

Ils sont nombreux, avec des variétés de défaut soit dus à la méconnaissance de la réglemention, ou par manque d'expérience et de compétence dans le domaine de la construction, des erreurs qui peuvent engendrés des catastrophes légères à dangereuses. Parmi Les erreurs les plus répandus on cite :

- L'existence de fondations hétérogènes, non calculés dans leur globalité, sous une même structure.
- La construction à des époques différentes de bâtiments accolées non pris en compte
- La construction de bâtiments accolés sans joint de structure, alors qu'ils sont en disproportion de masse et de volume.

Sinistres dus à des erreurs de calcul

Généralement ce présent cas concerne des ouvrages dont il ya soit l'inexistence ou déficience d'étude c'est-à-dire que le propriétaire réalise son projet sans plan de génie civil ni la note de calcul ou des plans établis d'une manière incorrecte par des non connaisseurs des normes et règles de la construction. Mais actuellement et après les différents catastrophes enregistrées en Algérie les règlements exigent le passage par

l'établissement et le contrôle des plans en génie civil notamment pour l'approbation du permis de construire.

Pour cela il est indispensable de vérifier l'équilibre de l'ensemble de la structure en commençant par faire l'inventaire de toutes les forces et touts les effets pouvant agir sur la structure.

Citons l'exemple de Mauvaise conception du à l'absence d'étude et de suivi [2]

Il s'agit d'une construction individuelle située à Merdjechkir Médéa en R+1 la structure se présente sous la forme suivante :

- En infrastructure et au RDC : murs porteurs périphériques en pierres, chainées aux (04) quatre angles, et quatre poteaux centraux.

Un gros béton continu sous les murs office de semelles filantes. La profondeur d'ancrage de cette semelle est d'environ 50 cm par rapport au terrain naturel décapé.

- Les sols de fondations ainsi que les niveaux d'ancrage des semelles continues et des semelles isolées sont différents.
- Les semelles isolées centraux sont chainées entre elles, mais ne sont pas reliées aux semelles filantes périphériques (fig. II.1).

Après réalisation de l'étage l'ouverture des fissures s'est progressivement accentuées traversant les cloisons de part et d'autre, elle suivait les diagonales des panneaux et allaient de l'extérieur (haut) vers l'intérieur (bas).aussi des fissures important sur le dallage.

La position et l'ouverture des fissures conduit à supposer un tassement différentiel des semelles filantes périphériques reposant sur un sol de qualité médiocre. Ce tassement a engendré la création de bielles comprimées dans les cloisons (fig II.2).

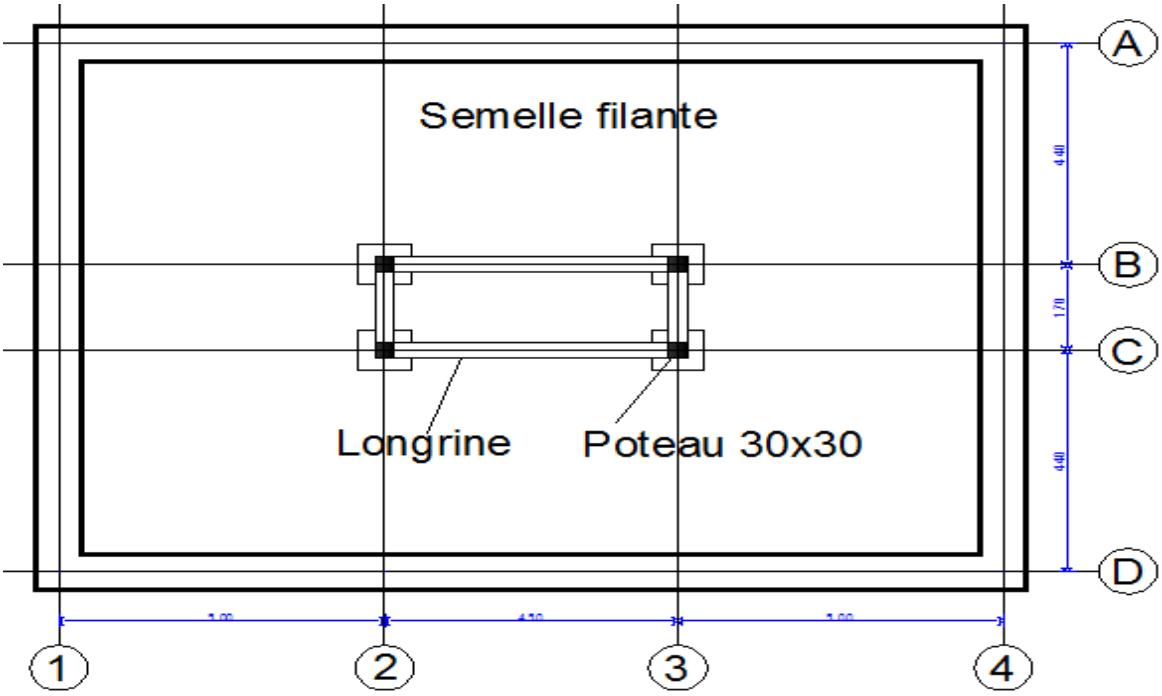


Fig II.1 PLAN DE FONDATION

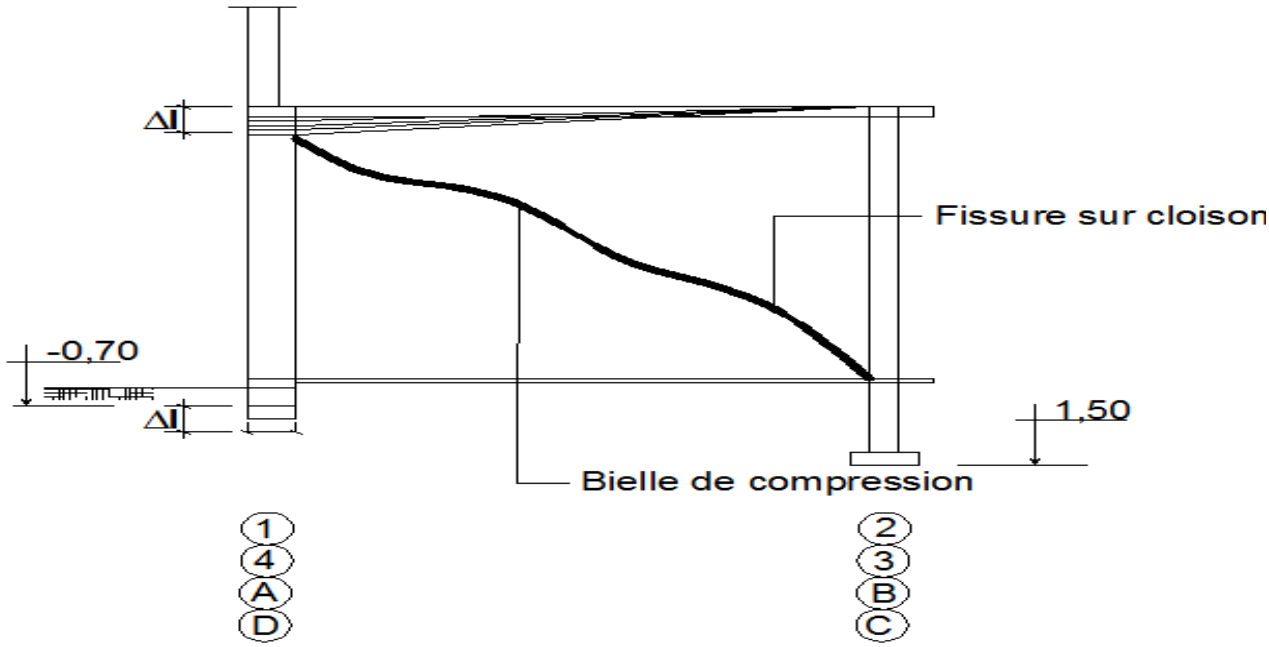


Fig II.2 SCHEMA DU DESORDRE OBSERVE

Disposition ou façonnage incorrects des armatures

Le ferraillage courant des poutres et des dalles correspond généralement à des dispositions hyperstatiques développent :

- Des moments en travée repris par des armatures inférieurs.
- Des moments sur appuis repris par des armatures supérieurs.

Les erreurs de façonnage qu'on retrouve couramment sont :

Longueur insuffisante des barres de renfort en travée :

Est du à la méconnaissance de la mise en place des armatures de renfort et la longueur des barres nécessaire à adopter, souvent longueur insuffisante donnant naissance à des fissures localisées aux extrémités de renfort de second ou troisième lit d'armatures (fig II.3).

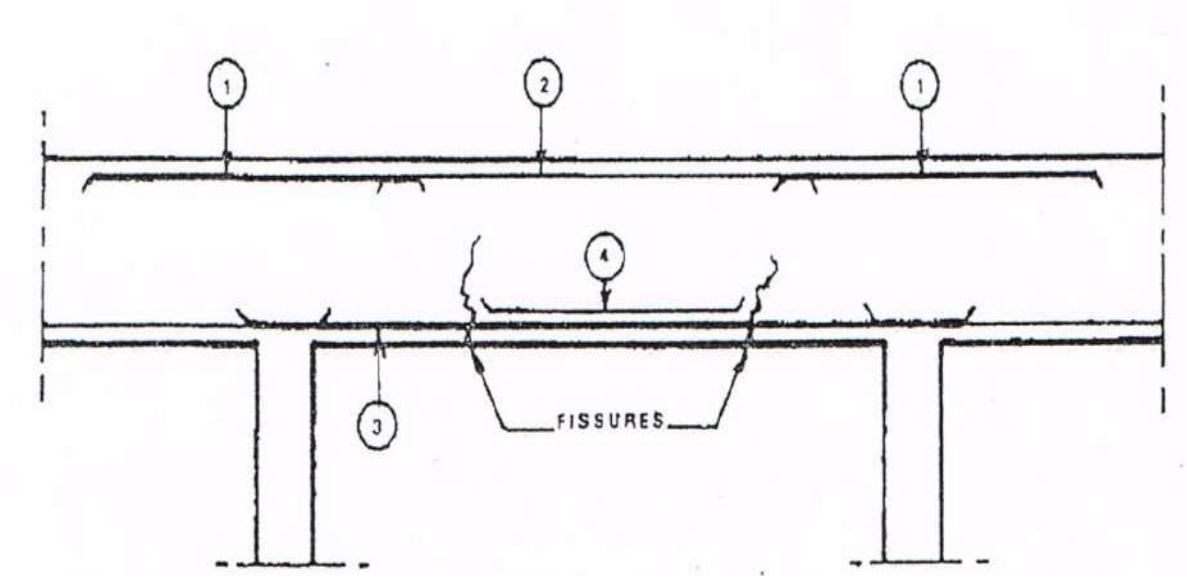


FIG II.3 L'emplacement des fissures résultant d'une trop faible longueur des barres de renfort en travée

Armatures supérieurs sur appuis de longueur inadaptée: [4]

souvent dus à l'application des résonnements par calcul forfaitaires et inexact , valable pour certains cas comme les travées égales de la poutre de même ordre grandeurs des charges , mais au contraire dans le cas des poutres comportant soit des travées inégales ou inégalement chargées , les

armatures supérieurs de renfort doivent s »étendre sur une longueur plus grande que celles de la travée les plus longues et les plus chargées(figII.4)

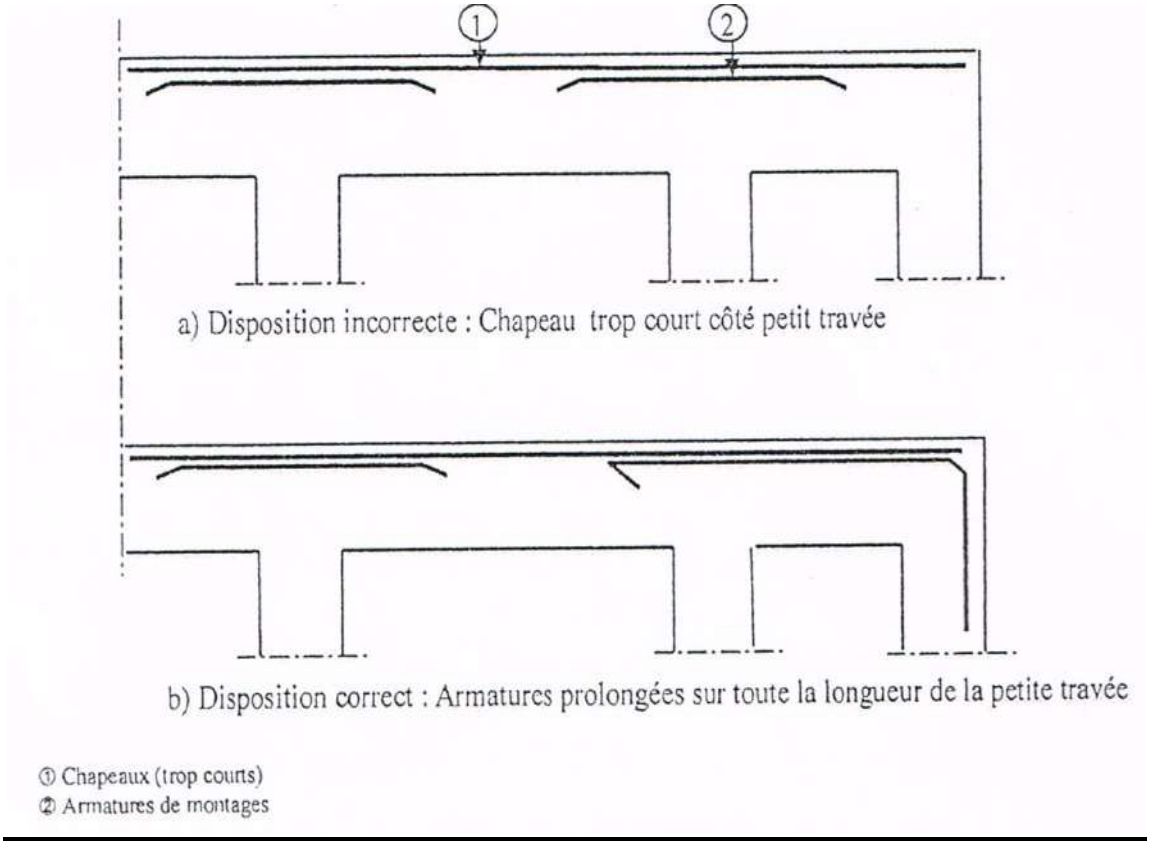


FIG II.4 Longueur des chapeaux sur appuis de deux travées de portée très différente

Disposition des armatures donnant lieu à des poussées au vide :

Dus généralement à la méconnaissance des notions fondamentales de la résistance des matériaux, ce cas intervient à chaque fois qu'un changement de direction dans une pièce correspond à la position des armatures tendues.

Armatures tendues disposées suivant la face inférieure comportant un angle rentrant des poutres brisées et notamment des paillasses d'escaliers.

L'exemple de la volée d'escalier le plus répandu ou la disposition est incorrect et dangereuse qui risque de faire éclater le béton au point

d'intersection palier volée, l'acier tendu inférieur subit deux forces égales qui se composent selon le parallélogramme des forces en une force résultante qui provoque l'éclatement du béton, cette zone n'est protégé en effet que par la faible épaisseur de béton d'enrobage fig II.5).

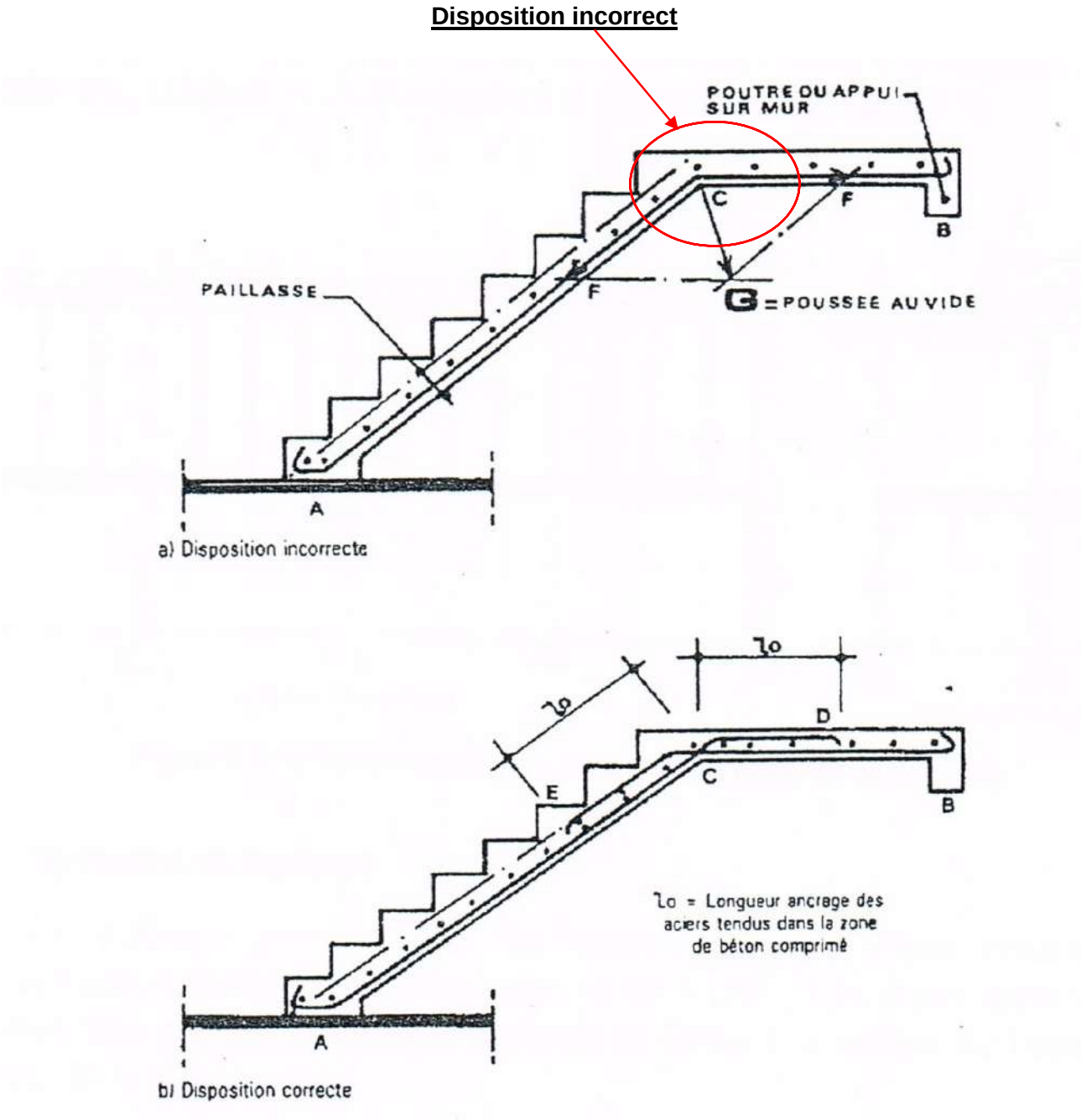


fig II.5 Disposition incorrect Ferraillage d'une volée d'escalier

La disposition (b) est la plus correcte, car les barres tendues inferieurs sont ancrées dans la zone comprimée du béton suivant une certaine

longueur correspondante à l'effort de traction et aux conditions d'ancrage et se croisent suivant le schéma (b). [4]

Un autre cas qui a provoqué des sinistres d'effondrement de plusieurs volées d'escaliers préfabriquées résultant de la position défectueuse des armatures de la paillasse insuffisamment soutenues , avec ancrages incorrect de la volée paillasse les schéma ci-dessous montrent la disposition correct et incorrect pour ce type d'escalier préfabriqué (fig II.6).[1]

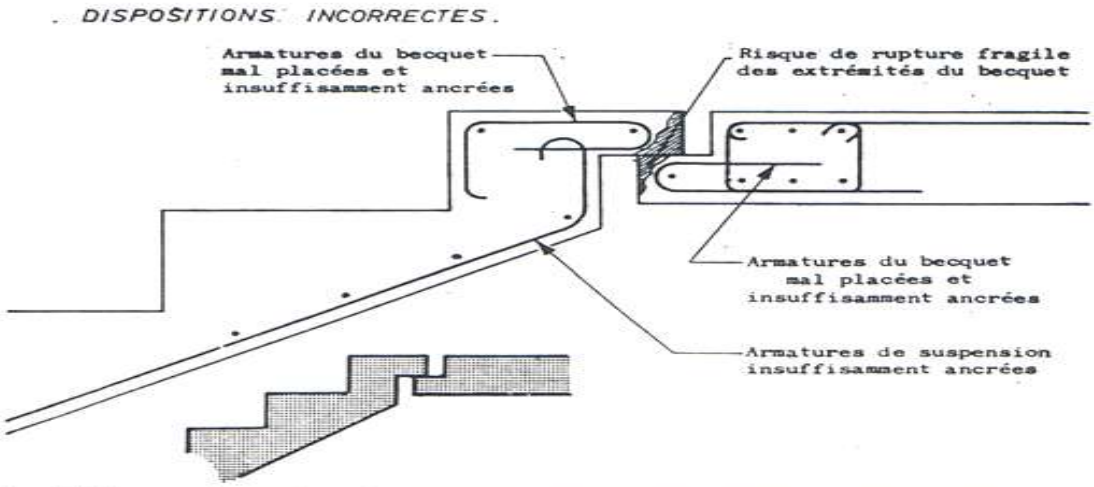


Fig. 174. — **Appuis de volées préfabriquées d'escaliers. Exemples de dispositions incorrectes susceptibles de produire l'effondrement de la volée.**

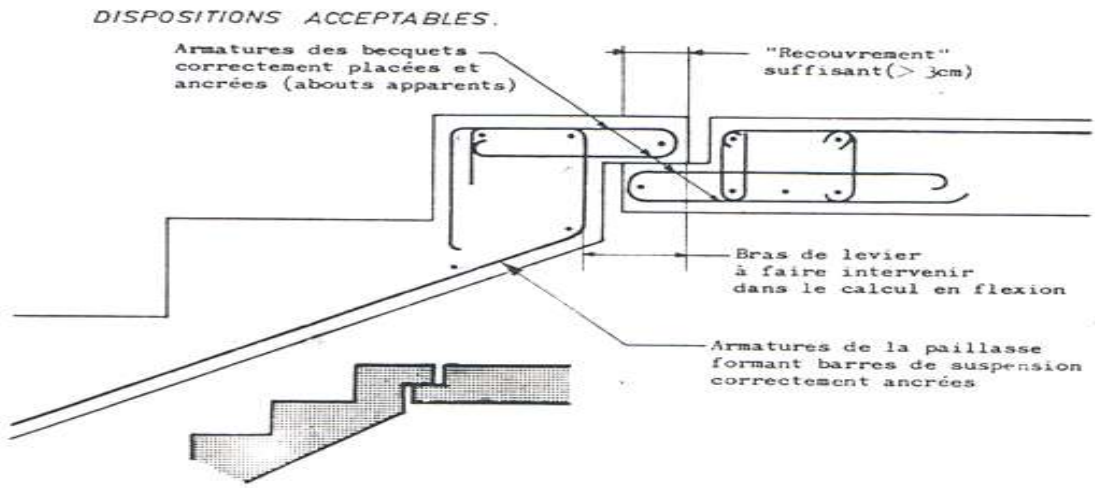


Fig. 174 bis. — **Appuis de volées préfabriquées d'escalier. Exemple de dispositions acceptables.**

Fig II.6 Appuis de volée préfabriquée d'escaliers. Exemples de dispositions incorrectes susceptibles de produire l'effondrement de la volée

II.3.2 phase de construction

Dans la phase de réalisation plusieurs erreurs sont relevées faute de prise en compte des précautions relatives soit à la protection du site ou constructions anarchiques sur un environnement défavorable tels les terrains en pente, glissement, gonflement du sol etc.

Exemples de cas d'erreurs dans la réalisation :

1er exemple

Il s'agit d'un équipement électrique réalisé en tête d'un mur de soutènement composé de plusieurs panneaux séparés par des joints, suite au sous dimensionnement de la semelle et l'absence d'une semelle arrière du mur, des fuites au niveaux des canalisations des eaux usées , les fortes surcharges et vibrations ramenées par l'équipement électrique il s'est produit des déplacements horizontaux des panneaux composant le mur de soutènement l'un par rapport à l'autre au niveau des joints, décollement d'une cloison de séparation, d'une volée d'escalier et des fissures (fig II.7).

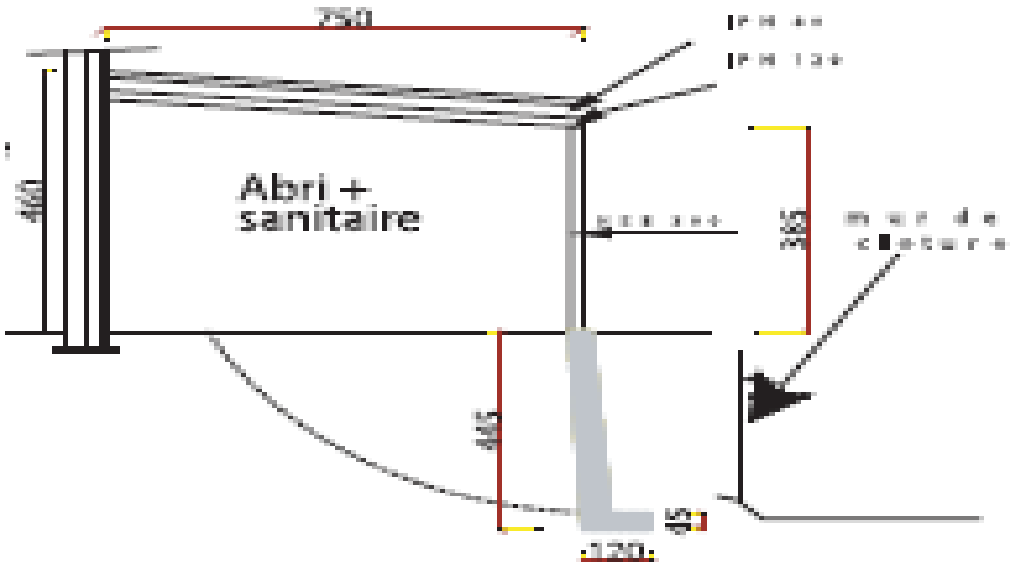


Fig II.7 Construction d'ouvrages sans précaution au préalable

2ème exemple

Il s'agit d'un ouvrage en cours de réalisation sur terrain plat ; des travaux d'excavation au pied du talus sans précaution ont provoqué une décompression du sol de talus, et ont donné naissance à l'effondrement du mur de clôture, endommagement d'une partie du plancher, de fléchissement de certaines poutres secondaires à mi travées et des fissurations au niveau des zones nodales (fig II.8).

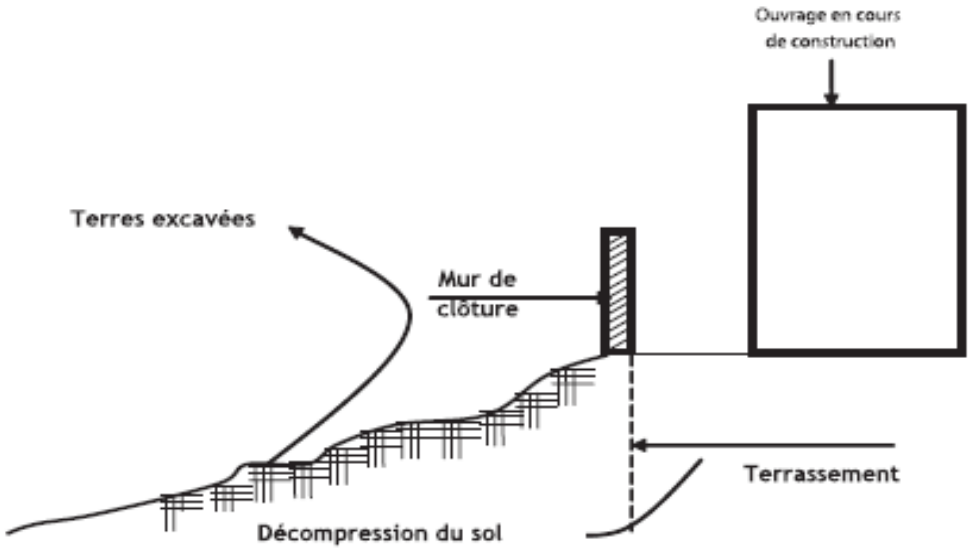


Fig II.8 Désordres causés par des terrassement anarchiques

3ème exemple

Une batisse conçue en R+1 à la limite d'un talus,la surcharge ramenée par cette batisse a provoqué l'instabilité de ce dernier par un glissement des terres et a réduit le coefficient de sécurité, le mur de soutènement à faible hauteur réalisé loin de la zone de glisement n'a pas subi de désordres visbles et donc n'a pas joué son rôle stabilisateur du talus ,suite aux intempéries les glissemenst des terres ont addravés les désordres en déchaussant les fondations(fig II.9).

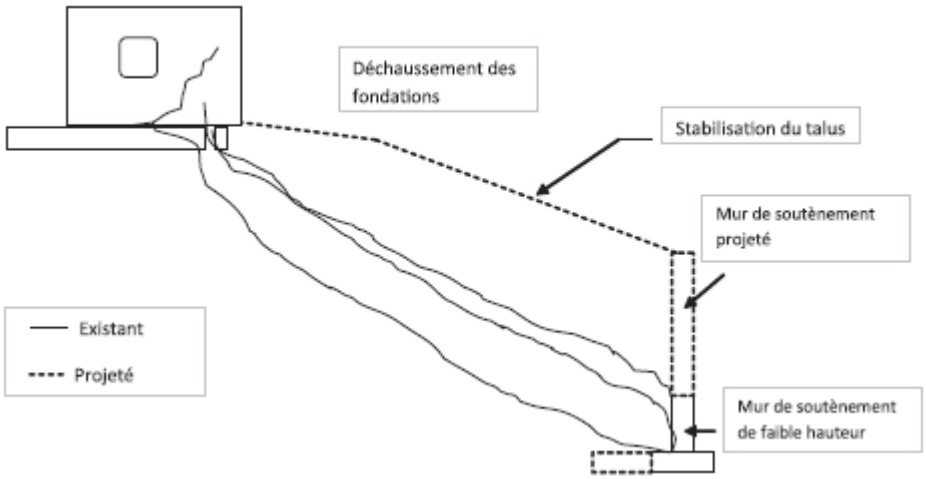


Fig II.9 Désordres causé par la construction à la tête d'un talus glissant

II.3.3 Durant la mise en service de la construction

Souvent des fissures sont produites en prolongement des joints en élévation par suite de l'absence d'armatures supérieures dans les semelles ou les chainages continus de répartition sous poteaux de joints.de telles armatures sont indispensables si l'on veut éviter la propagation des fissures (fig II.10).

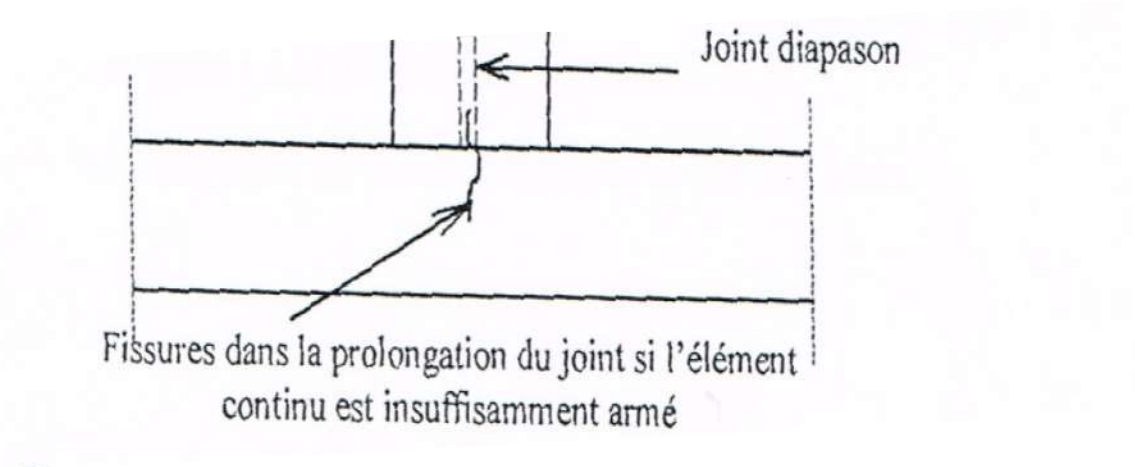


Fig II.10 Propagation des Fissures au droit d'un Joint Diapason

Défaut d'entretien, maintenance et mauvais usage après mise exploitation

Afin d'assurer aux bâtiments un niveau de qualité optimal, une surveillance constante et l'entretien qui en découle doivent être effectués périodiquement. En effet la pérennité des immeubles contribue à la valeur des actifs immobiliers et le bon fonctionnement des ensembles immobiliers participe à la fidélisation des habitants et assurer la sécurité des occupants. Au delà les activités d'entretien et de maintenance prennent de plus en plus les notions de développement durable et la protection de l'environnement.

- Absence d'entretien

L'absence d'entretien peut causer des désordres de faible à grande importance une infiltration dans les salles d'eau à travers des joints de carrelage et/ou de faïence sujet de dégradation des plafonds ,des planchers , à long terme influe sur les armatures par la corrosion des aciers et l'éclatement de béton , une conduite d'évacuation des eaux pluviales défectueuse non entretenue peut causer des infiltrations dans le sol des fondation provocant ainsi des tassement tant sur le dallage périphérique que sur les fondation créant un désordre dans la structure ..

- Erreurs dus à la Mauvaise exploitation

Les erreurs les plus répandus sont : le changement d'usage des planchers (exemple : plancher d'habitation devient entrepôt, ou salle des fêtes) ; des ouvertures excessives exécutées sur les éléments résistants principaux tels que les voiles ou suppression complètement un voile à l'étage ; l'aménagement d'espace d'un local par la suppression d'un mur porteur ou d'un poteau au rez-de-chaussée ; L'ajout d'un niveau supérieur sans l'avis d'un spécialiste ; Déviation aléatoire des canalisations d'eau usée ou pluviale dans l'aménagement d'un logement (cuisine devient WC, SDB - chambre devient salle d'eau ou cuisine).

II.4 PATHOLOGIE DES FONDATIONS

II.4.1 Introduction :

La fondation fait partie de l'infrastructure de l'ouvrage .elle est l'élément qui repose sur un terrain ou sol d'assise et qui transmit à ce dernier toutes les sollicitations (charges et surcharges, effet de renversement etc..) aux quelles cette construction est soumise par l'intermédiaire de sa structure. Dans certains cas les fondations assurent également un rôle d'encrage afin de réduire les risques de glissement .Pour que la construction tienne il faut qu'elle repose sur un sol résistant elle ne peut reposer sur la terre végétale ou des remblayages. Outre ces conditions, il faut examiner les contraintes hydrauliques, l'influence de l'ouvrage sur le voisinage et la permanence de la qualité de l'assise La réalisation de tout projet de construction de bâtiment, ouvrage d'art, route etc. doit faire l'objet d'une étude géotechnique de reconnaissance de sol, cette étude consiste essentiellement à :Déterminer la nature et la composition du sol de fondation, la teneur en eau et ces caractéristiques, la topographie (reliefs et végétation), l'hydrogéologie du site et examen de l'environnement immédiat, rassembler toutes les données pouvant servir au calcul et dimensionnement des fondations et les précautions à prendre avant l'implantation du projet afin d'éviter des désordres Les accidents survenus aux fondations sont souvent liés aux mauvais choix du type de fondations et même à l'entreprise qui les avait réalisés.

II.4.2 Les fondations superficielles

La plus part des désordres enregistrés dans les différents ouvrages sont dus généralement aux erreurs suivants :

- Fondations assises sur des remblais non stabilisés ;
- Fondations ayant souffert de la présence d'eau dans le sol ;

- Fondations hétérogènes ;
- Fondations réalisés en mitoyenneté avec des bâtiments existants ;
- Fondations réalisés sur des sols trop compressibles.
- Fondations réalisées à une profondeur trop faible ;
- Fondations réalisées sur des sols instables ;

II.4.3 Fondations profondes

L'essentiel des sinistres rencontrés sur ce type de fondations d'une part la reconnaissance des sols incomplets ou une mauvaise interprétation des reconnaissances, d'autre part la détérioration des pieux ou puits L'étude de sol peut faire faire des économies sur le type de fondations elle peut préconiser le déplacement vers une zone plus saine du terrain.il est bien entendu que la surface du terrain le permet et la majorité des problèmes de sinistre des fondations est du :

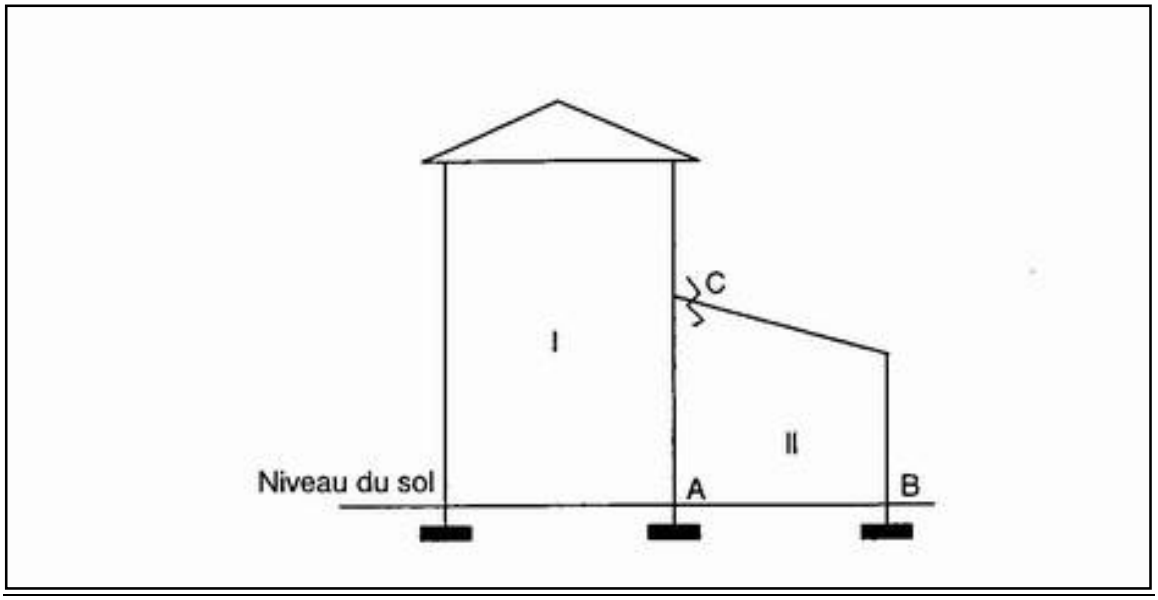
- Bâtiment hors norme et construction anarchique
-Mauvais dimensionnement
-Nouveaux ouvrages adjacents
-Venus d'eaux : remblais insuffisamment tassé

Le tassement différentiel est le phénomène le plus couramment rencontré dans le monde de la construction

II 4.4 Tassement différentiel

C'est une déformation sous un certain chargement, lorsque les points d'appui d'une construction ne travaillent pas de la même manière, les causes des tassements différentiels sont nombreuses et variées, nous citons quelques cas illustrés ci-dessous à titre d'exemple :

1.Fondations supportant des charges inégales :



FigII.11les fondations A et B supportent des charges inégales pouvant causer des fissures en C 10]

Le cas schématisé sur la figure II.11, d'un bâtiment composé de deux blocs non séparés par un joint dont l'un composé d'un niveau rez-de-chaussée et le deuxième de plusieurs niveaux d'où un tassement plus important que le premier bloc d'où risque de fissuration au point C.

2.Sol hétérogène sous l'ouvrage

Présence d'une zone molle ou dure sous l'appui B de l'ouvrage de la (figure II.12) provoquant ainsi un tassement différentiel le cas le plus connu celui de la tour de pise ou la fondation de ce monument repose sur un sol hétérogène ayant provoqué un tassement de l'ordre de 3m côté sud et de 1.20 m coté nord soit un tassement différentiel de 1.80 m.

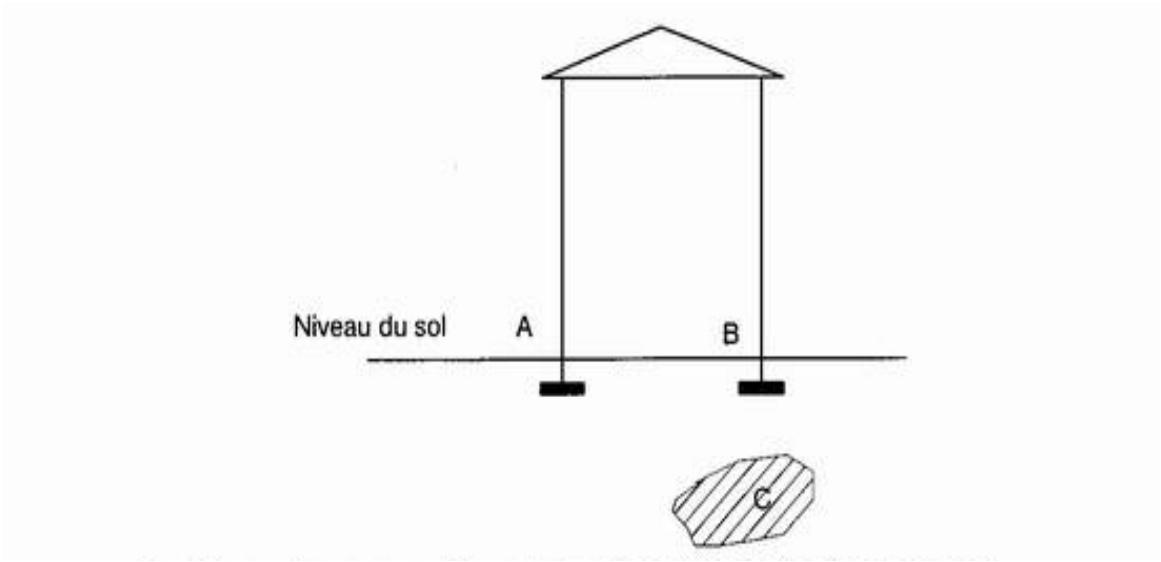


Fig II.12 zone molle ou dure en C, un tassement différentiel entre A et B [10]

3. Variation du niveau de la nappe phréatique

Le changement du niveau de la nappe phréatique, ou la déviation du sens d'écoulement des eaux souterraines avoisinant l'ouvrage peut provoquer des tassements parfois très importants. Parmi les agents donnant naissance à des désordres on cite : Rabattement ou pompage de l'eau au voisinage de la construction Par la réalisation des forages ou l'excavation de puits et pompage des eaux (fig II.13)

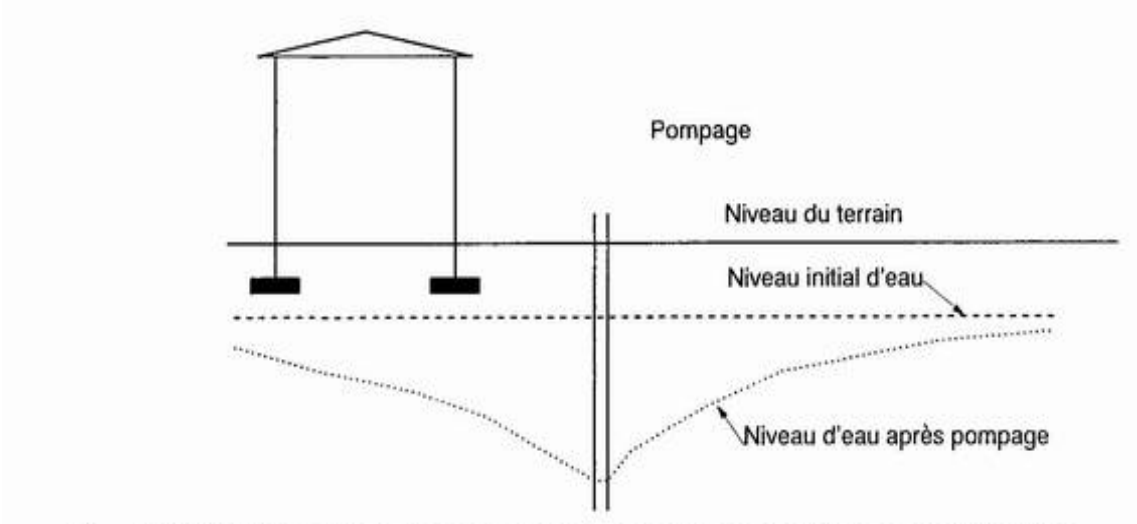


Fig II.13 Rabattement de la nappe par pompage pouvant causer des tassements différentiels [10]

Excavation d'une galerie souterraine ou réalisation d'une fouille au voisinage de l'ouvrage peut également rabattre le niveau de la nappe phréatique (fig II-14)

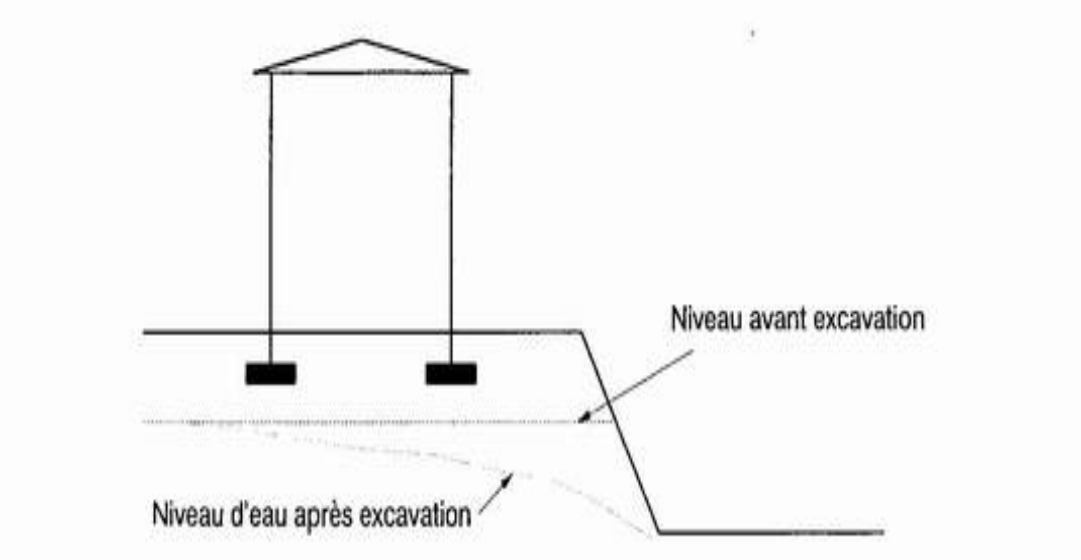


Fig II.14 Rabattement de la nappe d'eau par réalisation d'une excavation [10]

5. Implantation d'arbustes au voisinage de l'ouvrage

Source de désordres saisonniers provoquant ainsi des tassements(fig II.15).

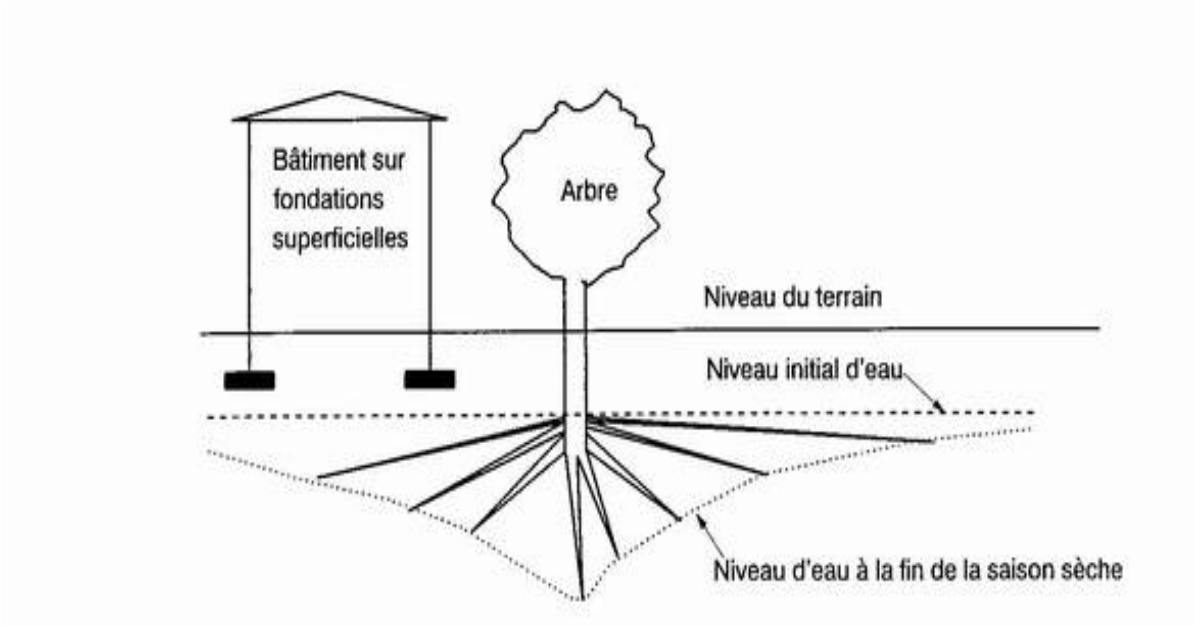


Fig II.15 Rabattement saisonnière causée par des arbres [10]

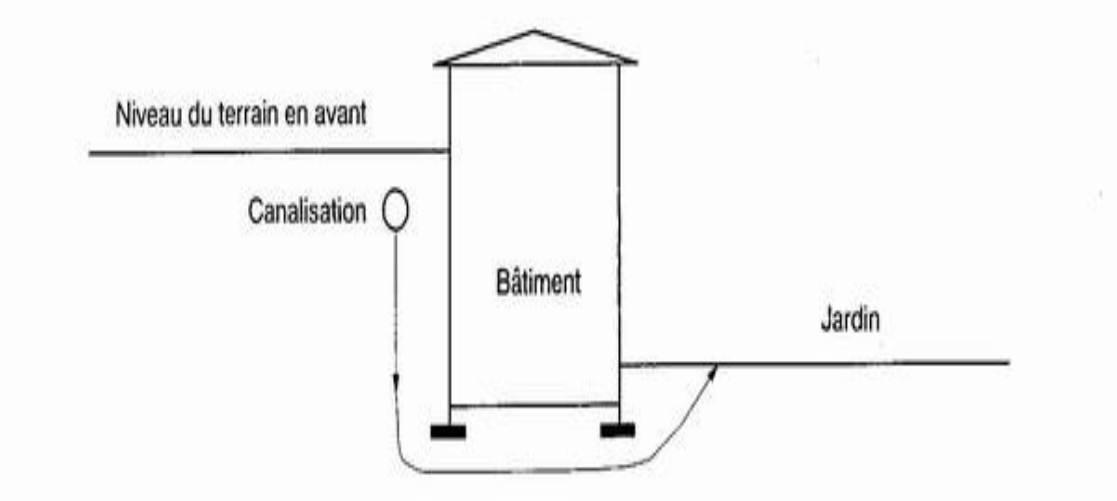


Fig II.16 sinistre causé par venue d'eau provenant d'une fuite d'eau sur une canalisation [10]

6. Infiltration des eaux au sol de l'ouvrage

Le cas des fuites d'eaux provenant des réseaux d'assainissement ou réseaux d'eau potables défectueux, et canalisation d'irrigation au voisinage de l'ouvrage peuvent provoquer des désordres et de tassement très important (fig II.16).

7. Désordre par frottement négatif

De par leur densité, les remblais peuvent enfoncer les fondations sur pieux superficielles et profondes. Deux cas peuvent se présenter : si le terrain d'origine est compressible, l'ajout de remblai va créer un frottement négatif, s'ajoutant ainsi à la charge transmise. Par contre, si la pointe du pieu est en contact avec une couche compacte, le pieu pourrait se casser suite à un frottement négatif (fig II.17).

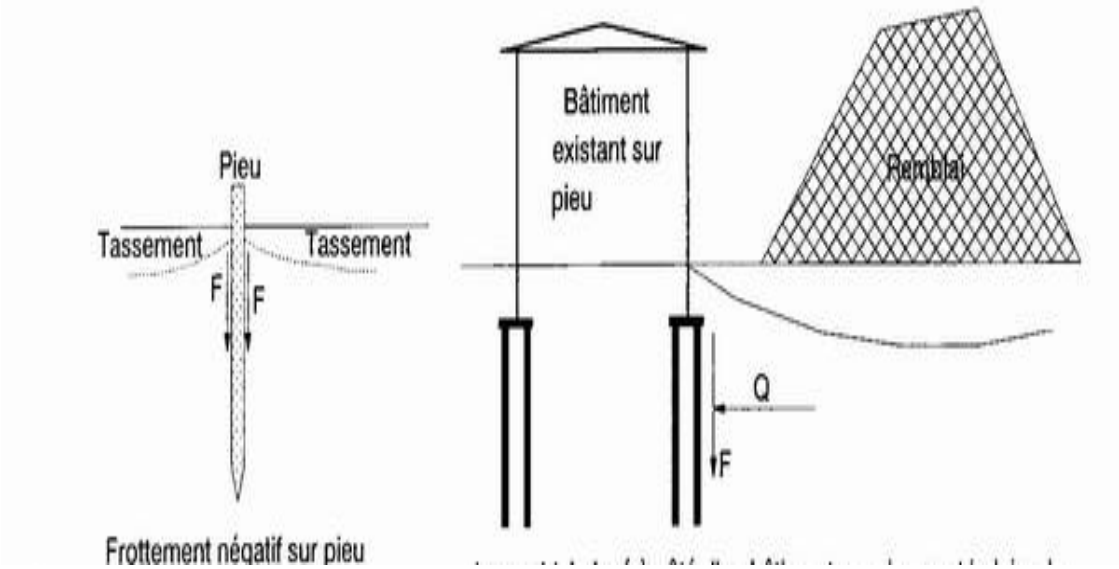


Fig II.17 Remblai placé à coté d'un bâtiment sur pieu peut induire des forces latérales et du frottement négatif sur les pieux [10]

8. Désordre sur des fondations hétérogènes

Ce cas se présente quand la construction est bâtie à la fois sur un sol déjà en place et sur un sol remblayé. Il arrive alors que la construction présente des fissures ou des faux aplombs (figII-18).

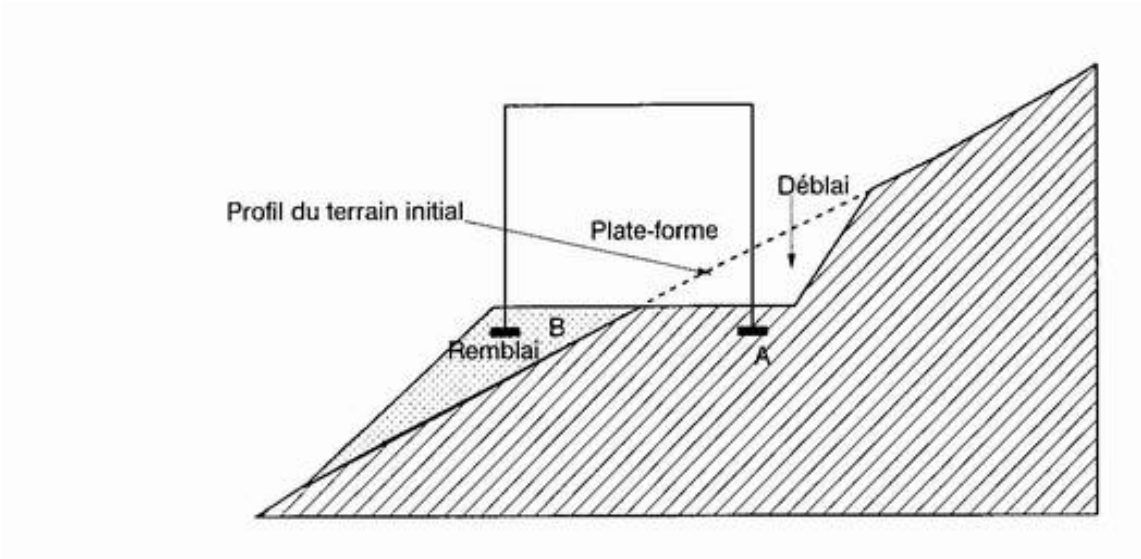


Fig II.18 les fondations du bâtiment sont fondées sur le sol naturel en A et remblai en B il peut y avoir un tassement différentiel [10]

Les pathologies des fondations superficielles peuvent avoir plusieurs causes, qui peuvent se combiner le cas échéant. Ces causes sont imputables:

1. Aux sols gonflants ou effondrables ;
2. A la compressibilité des sols mous et aux phénomènes de subsidence régionale;
3. A la construction sur remblais instables ;
4. A la grande hauteur de l'ouvrage ;
5. A la présence de karsts et aux conséquences des travaux et exploitations souterraines ;
6. A l'interaction entre nouvelles constructions et constructions existantes ;
7. A des implantations en crête de talus ou sur pentes instables, mais aussi à l'érosion et aux affouillements ;
8. Aux risques sismiques ;
9. Enfin, à des facteurs aussi divers que le vieillissement des matériaux constitutifs, les destructions occasionnées par la végétation, mais aussi les polluants d'origine industrielle ou organiques naturels.

Les remblais sont utiles pour niveler la surface ou encore pour l'aplanir. Néanmoins, cette structure n'est pas favorable pour les fondations, de nombreux désordres pouvant se présenter, surtout si les remblais sont récents ou d'épaisseur variable ou encore s'ils ne sont que partiels au dessous de la construction. Des remblais insuffisamment compressés ou encore ceux qui compriment un terrain naturel sont à l'origine des désordres des fondations, en plus des cas qui peuvent se présenter on note:

Désordre sur un terrain compressible remblayé : la technique de remblayage d'un terrain requiert un compactage minutieux du sol à chaque

fois que du remblai y est ajouté. Cependant, le remblai peut être à l'origine d'une surcharge importante du sol en profondeur surtout s'il est compressible (cas fréquent dans les anciennes marécages remblayées pour devenir des zones industrielles ou marécageuses).

Désordre par frottement négatif : De par leur densité, les remblais peuvent enfoncer les fondations sur pieux superficielles et profondes. Deux cas peuvent se présenter : si le terrain d'origine est compressible, l'ajout de remblai va créer un frottement négatif, s'ajoutant ainsi à la charge transmise. Par contre, si la pointe du pieu est en contact avec une couche compacte, le pieu pourrait se casser suite à un frottement négatif.

Désordre par glissement du sol : quand on remblaie un sol argileux en pente ou tout autre terrain peu consistant, il pourrait y avoir glissement de sol. Cela se présente aussi quand un mur de soutènement est bâti sur un sol peu consistant.

Désordre suite à des poussées obliques au niveau des fondations profondes : si les remblais sont réalisés sur un terrain en pente et peu compacte, des poussées obliques peuvent déformer le pieu en cas de surcharge.

II.5 PATHOLOGIE DES MURS DE SOUTENEMENTS

II.5.1 Introduction

Le mur de soutènement est un mur vertical ou sub-vertical qui permet de contenir des terres (ou tout autre matériau granulaire ou pulvérulent) sur une surface réduite. La retenue des terres par un mur de soutènement répond à des besoins multiples : préserver les routes et chemins des éboulements et glissement de terrain, structurer une berge naturelle en un quai (ports maritimes et voies navigables), parer en soubassement les fondations d'édifices de grande hauteur ou de digues, créer des obstacles verticaux de

grande hauteur (murs d'escarpe et glacis dans les fortifications), soutenir des fouilles et tranchées de chantier pour travailler à l'abri de l'eau (batardeau), établir des fondations ou créer des parkings souterrains, etc.

On trouve des murs de soutènement en pierres sèches, en moellons, en pierres de taille, en briques, en béton armé, en acier, voire en bois ou en polymère (vinyle).

Les murs de soutènement ont pour but de maintenir le sol en place dans le cas où on effectue des remblais, déblais ou pour des ouvrages tels que : quais, canaux, culées de port, terrasses...Ils ont aussi pour but de protéger d'autres ouvrages contre l'érosion ou les crues...

II.5.2 Différents types de murs

Les différents types de murs ne seront pas calculés dans leur ensemble mais l'étude sera approfondie dans les cas les plus courants. Pour les autres nous nous contenterons de les énumérer ; on distingue :

- Les murs poids (dont l'étude sera approfondie). Ces murs, en béton non armé s'opposent au renversement par leur poids.
- Les murs poids mixtes : ils possèdent une semelle et sont faiblement armés.
- Les murs profilés : en béton armé. L'écran maintient les terres mais c'est le poids du sol sur la semelle qui donne la stabilité du mur
- Les murs à contrefort (intérieur ou extérieur). Ils sont identiques aux précédents mais possèdent des contreforts permettant de diminuer le cisaillement à la jonction semelle-écran.
- Les murs cellulaires : construits avec des billes de bois dans les parois naturelles. Ils existent aussi des murs en éléments préfabriqués type".Les murs en terre-armée : méthode récente qui consiste à alterner dans le sol une couche d'armatures et une couche de remblai. Le parement extérieur est constitué d'une "peau"métallique ou en béton

II.5.3 Pathologie des murs de soutènement

II.5.3.1Modes de ruptures des murs de soutènements

On distingue cinq modes de rupture, illustrés à la figure (fig II.19) peuvent être rencontrés dans les ouvrages de soutènement :

- Le glissement de rupture sur sa base (fig a) ;
- Le renversement de l'ouvrage (fig b) ;
- Le poinçonnement du sol de fondation (fig c) ;
- Le grand glissement englobant l'ouvrage (fig d) ;
- La rupture des éléments structuraux de l'ouvrage (fig e) ;

Les quatre premiers types de rupture sont relatifs à l'instabilité externe de l'ouvrage, la rupture des éléments structuraux constituant l'instabilité interne.

Les parois de soutènement (rideaux de palplanches, parois moulées) ont une instabilité externe limitée aux rupture par renversement et par glissement .par contre, on rencontre dans ce type d'ouvrage une rupture par renard hydraulique lorsqu'existe une dénivellation de nappe de part et d'autre de la paroi (cf. Article Ouvrages de soutènement .poussée et butée (C 2421) .[8]

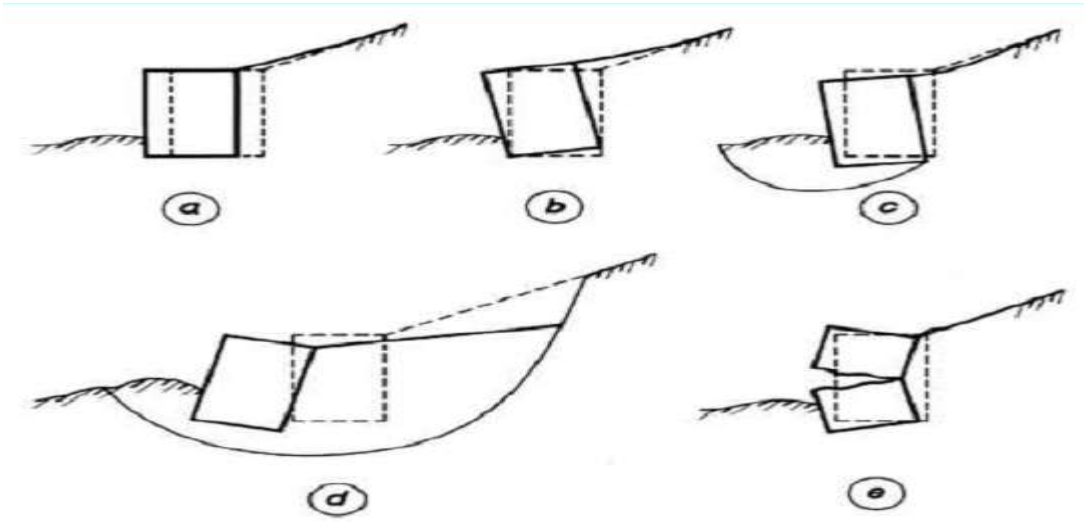


Fig II.19 Modes de rupture de murs de soutènement [8]

L'étude de la stabilité externe d'un ouvrage de soutènement fait appel à des concepts et à des méthodes de calcul qui sont communs à l'ensemble des ouvrages .nous ne les détaillerons que dans le cas des murs en béton ou en maçonnerie. Par contre, l'étude de la stabilité interne est assez spécifique à chaque type d'ouvrage .nous l'expliciterons systématiquement, sauf dans le cas des murs poids en béton ou en maçonnerie où cette étude relève des calculs classiques de béton

II.5.3.2 Causes des sinistres des murs de soutènements :

Les sinistres des murs de soutènement sont variés, les causes les plus courantes sont résumées comme suit :

a) Sinistres causés par l'eau :

Un sinistre sur trois est dû à une mauvaise évacuation des eaux. Le plus souvent, une absence de drainage à l'arrière permet la montée de la nappe et l'accroissement important de la poussée qui en découle. L'importance du soin à apporter au bon fonctionnement du dispositif d'assèchement et la réalisation d'un drain et Son exutoire ainsi que la multiplication des barbacanes.

Exemple de sinistre d'un mur de clôture causé par la mauvaise évacuation des eaux



Fig II.20 Basculement du mur



Fig II.21 Fissures au droit de certains panneaux

Ce mur de clôture, de hauteur de 3.00 m du côté université Yahia Farès pole urbain Médéa et de 5.00m du côté moulin.

Le mur est réalisé sur sa partie inférieure en pierres sèches, d'une hauteur de 2.00 m environ à partir de la plate forme côté moulin. Et la partie supérieure qui constitue la clôture est réalisée en panneaux de parpaing.

Nous ignorons le type des fondations adoptées ainsi que la nature et les caractéristiques du sol, Vu que le projet n'a pas fait l'objet ni de l'étude ni de contrôle et de suivi.

Les désordres constatés sont respectivement : Basculement important du mur(fig II.20) , Fissures diagonales et verticales sur certains panneaux en brique(fig II.21), Absence ou mauvais fonctionnement du système de drainage derrière le mur, Des barbacanes bouchées, Présence de plusieurs endroits humides sur certains panneaux.

b) Sinistres causés par un mauvais dimensionnement :

Un sinistre sur quatre est dû à une mauvaise appréciation des efforts en présence (poussées et réactions du sol) ou sous modification ultérieure de ces efforts. La manifestation la plus courante est un déversement excessif, voire un renversement complet du mur.Un glissement excessif présente beaucoup moins de gravité s'il suffit de stopper la progression du mur et si on peut l'accepter sans trop de gêne à sa nouvelle position. Un excès de tassement ou un glissement doivent être maîtrisés d'urgence en renforçant le terrain ou en le Soulageant de ses surcharges.

Exemple de sinistre d'un mur de clôture de la garde communale à Takbou Médéa.

Ce sinistre est la conséquence d'un mur réalisé sans étude préalable ni même une reconnaissance du sol, les surcharges dus à la circulation des poids lourd, la chaussée fissurés a subi un tassement et glissement dus aux eaux pluviales déversant dans des regards bouchés absences des caniveaux, stagnations des eaux et le réseau des eaux usées défectueux fig II.22.et figII.23.

Etaiement du mur par des madriers



Fig II.22 Mur de soutènement sinistré étayé provisoirement par des madriers



Fig II.23 Fissure sur la chaussée carrossable soutenue par le mur en péril

Ce sinistre est la conséquence d'un mur réalisé sans étude préalable ni même une reconnaissance du sol, s'ajoute les surcharges dus à la circulation des poids lourd, la chaussée fut fissurés et a subi un tassement et glissement dus aux eaux pluviales déversent dans des regards bouchés et absences des caniveaux, stagnations des eaux et le réseau des eaux usées défectueux

c) sinistres dans l'ouvrage

Un sinistre sur quatre est dû aux fautes de conception ou d'exécution du mur : Rupture à la jonction entre la paroi verticale et la semelle, Fissuration de la poutre de couronnement quand elle existe, Décrochement entre paroi et contrefort.

Ce sont là des sinistres spécifiques à la maçonnerie ou au béton armé.

d) sinistres dus à une faute dans le déroulement des travaux :

Se sont des sinistres causés par des imprudences dans la conduite du chantier : Fouille taillée trop raide et qui s'éboule, Remblaiement prématuré quand le béton ou les joints de maçonnerie n'ont pas encore

durci, Compactage excessif du remblai, Chocs d'engins ou de matériels, réalisation des travaux de terrassement ou d'excavation au voisinage du mur de soutènement sans précaution...

Exemple d'un sinistre d'un Mur de soutènement au pôle urbain de Médéa



FigII.24 Déterrement de la semelle (Risque de renversement du mur)



Fig II.25 Des travaux de terrassement à proximité du mur de soutènement

La semelle du mur a été complètement déterrée suite aux travaux de terrassements effectués en amont de l'ouvrage (fig II.24), afin de réaliser

une nouvelle structure dont le niveau de la plate forme est beaucoup plus inférieur au niveau bas de la semelle du mur. Le rideau du mur est endommagé suite aux interventions pour les travaux de terrassements. Mauvaise qualité du béton mis en œuvre (140 bars au maximum selon les résultats données par le laboratoire), plusieurs reprise de bétonnage on été effectuée lors du coulage du rideau du mur (fig II.25).

II.6 Mouvements de terrains

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

Classification des mouvements de terrains

De nombreuses classifications ont été proposées pour rendre compte de la diversité des mouvements de terrain. Les principaux critères de classification retenus sont:

- Types de terrain affectés.
- Types de mouvements.
- Vitesse des processus.
- Taux de remaniement des matériaux après le mouvement.

Les mouvements de terrain les plus fréquents sont classés en : Glissements, Coulées, Ecroulement, Fluages.

II.6.1 Les glissements

Ils se caractérisent par la translation latérale d'une certaine masse de matériaux au niveau d'une surface de rupture et se produisent généralement dans des matériaux faiblement cohérents (marnes, argiles..).



FigII.26 glissement de terrain provoquant effondrement voile et poteau vide sanitaire



Fig II.27 Glissement de terrain au niveau 270 logts LSP pole urbain versant nord cote droite - endommagement de toute l'infrastructure

Selon la forme de la surface de rupture, on distingue trois types de glissements :

- Glissement plan.
- Glissement rotationnels simples.
- Glissement rotationnels complexes (composés).

II.6.1.1 Glissement plan

Il se produit suivant un plan, au niveau d'une surface de discontinuité géologique : zone entre deux matériaux de nature différente, failles, plans de stratification (figure II.28). La ligne de rupture suit une couche mince de mauvaises caractéristiques sur laquelle s'exerce souvent l'action de l'eau. Une telle couche est appelée « couche savon ».

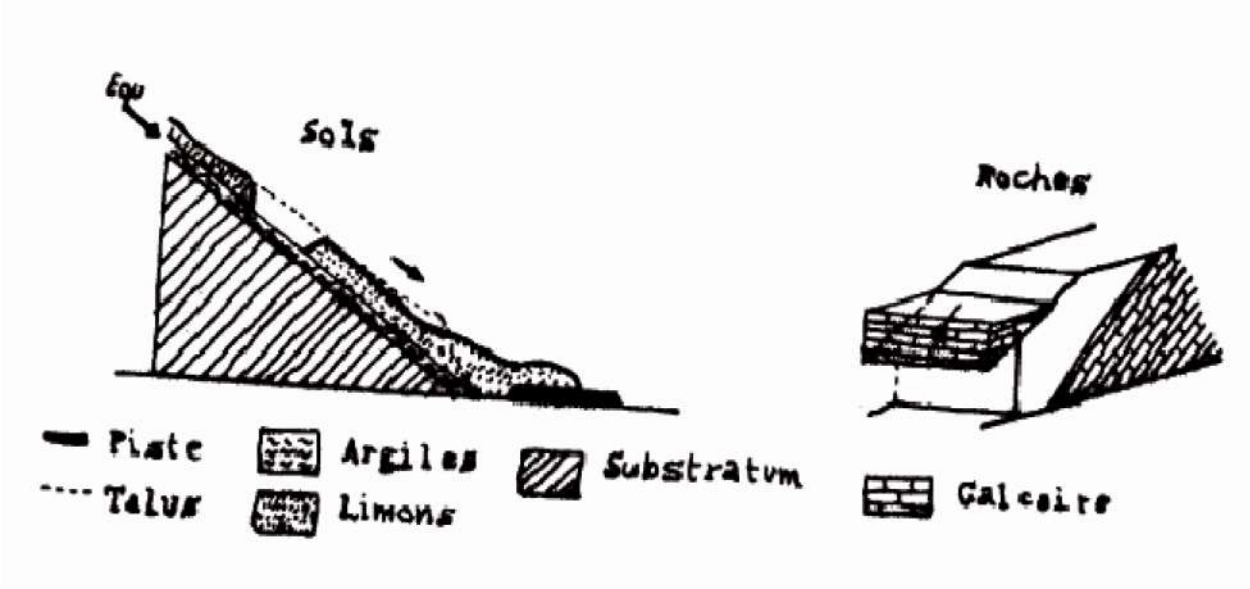


Figure II.28 Glissement plan

Glissements rotationnels ou circulaires

Le terrain glisse le long d'une surface concave ayant la forme d'une cuillère. On distingue le glissement rotationnel simple et complexe.

II.6.1.2 Glissement rotationnel simple

Dans Ce type de glissement. La surface de rupture à une forme simple et peut être assimilée à un cylindre. on distingue (figure II.29) : au sommet des fissures de traction et un escarpement, c'est le départ de la surface de glissement, et à la base un bourrelet formé par des matières glissées.

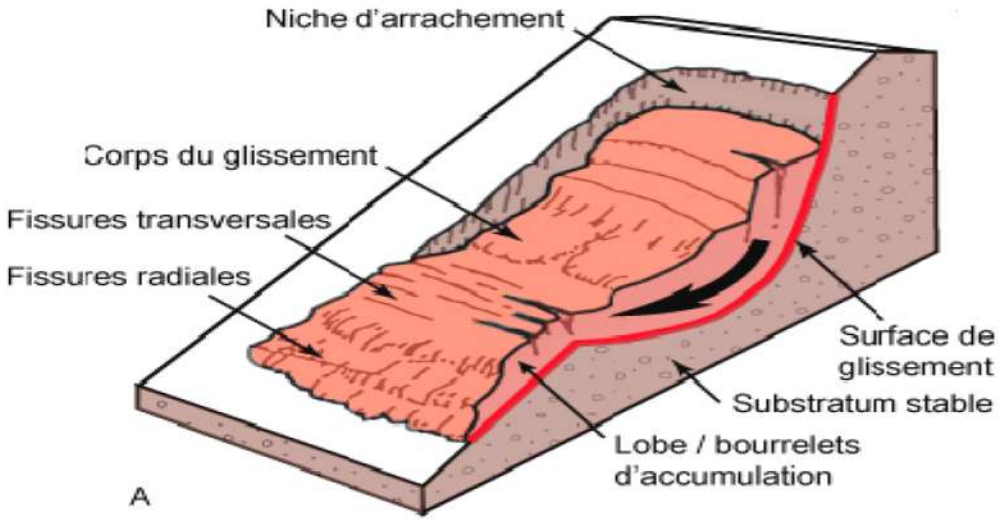


Figure II.29 Glissement rotationnel simple

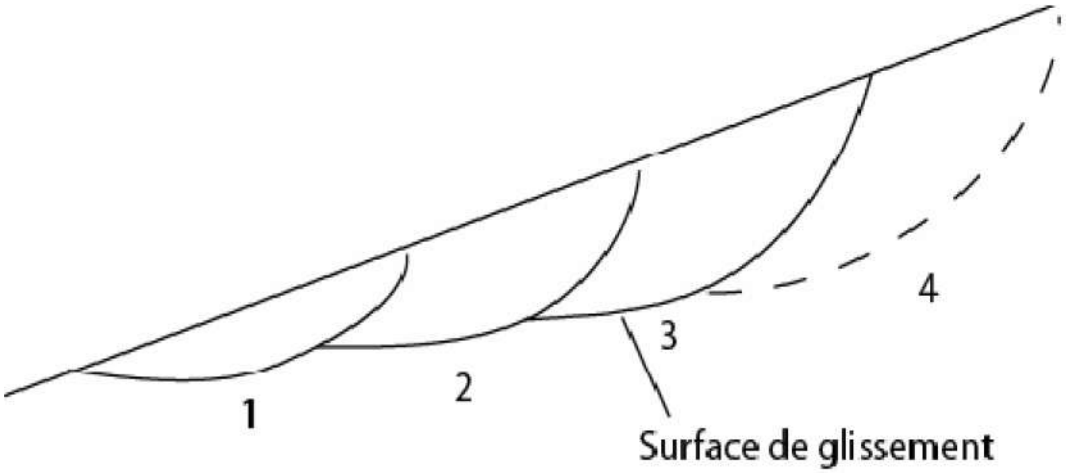


Figure II.30 Glissements successifs emboîtés

II.6.1.3 Principales causes des glissements :

Plusieurs facteurs contribuent au déclenchement des glissements, les plus importants étant :

- la nature des terrains : les terrains argileux sont prédisposés aux glissements.
- l'action de l'eau : l'eau est dans la plupart des cas la cause principale dans la mise en mouvement des terrains.
- les causes mécaniques externes : citons parmi les causes mécaniques externes, le terrassement au pied du talus, les entailles effectuées dans les talus
- stables, toute surcharge naturelle ou artificielle déposée sur une pente, les vibrations naturelles (séismes) ou artificielles (explosion, machines …).

II.6.1.4 Les coulées

Elles se produisent à partir de matériel meuble, momentanément saturé en eau, prenant alors une consistance plus ou moins visqueuse, parfois proche de la fluidité(fig II.31).

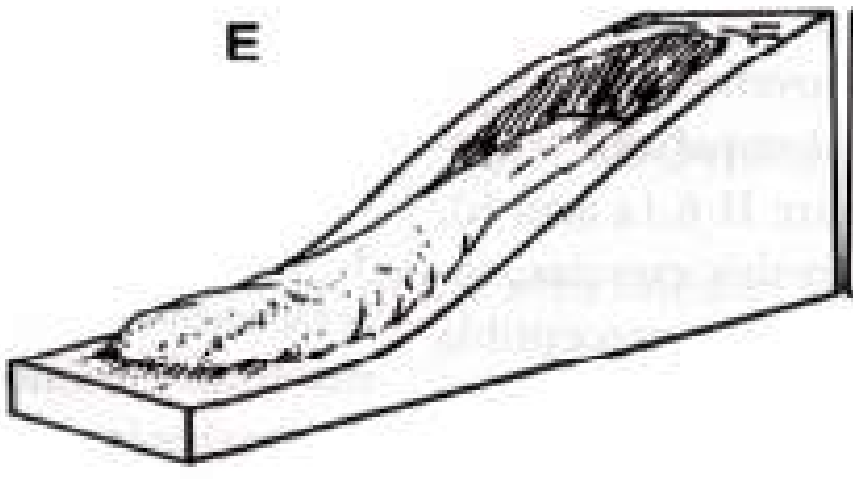


Fig II.31 Coulée de boue

II.6.1.5 Les écroulements

Ce sont des chutes soudaines de masses rocheuses (Figure II.32), qui se détache d'une paroi en se désorganisant.

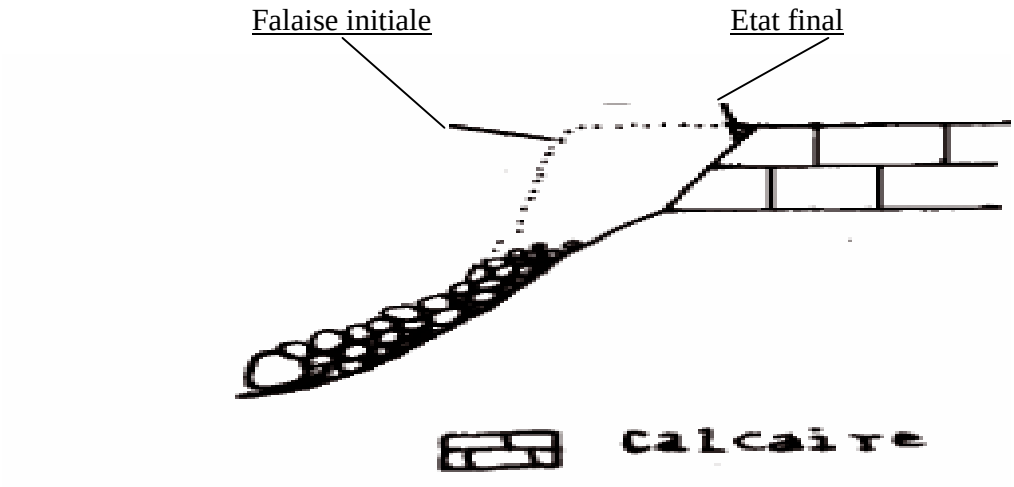


Fig II.32 Ecroulement

II.6.1.6 Le fluage

Il correspond à des mouvements lents, dus à des sollicitations proches de la rupture (domaine plastique). Dans l'exemple de la figure II.33, le banc de marne flue sous le poids de la falaise calcaire. Ceci peut provoquer une fissuration du banc calcaire peu déformable et un risque d'écroulement de la falaise.

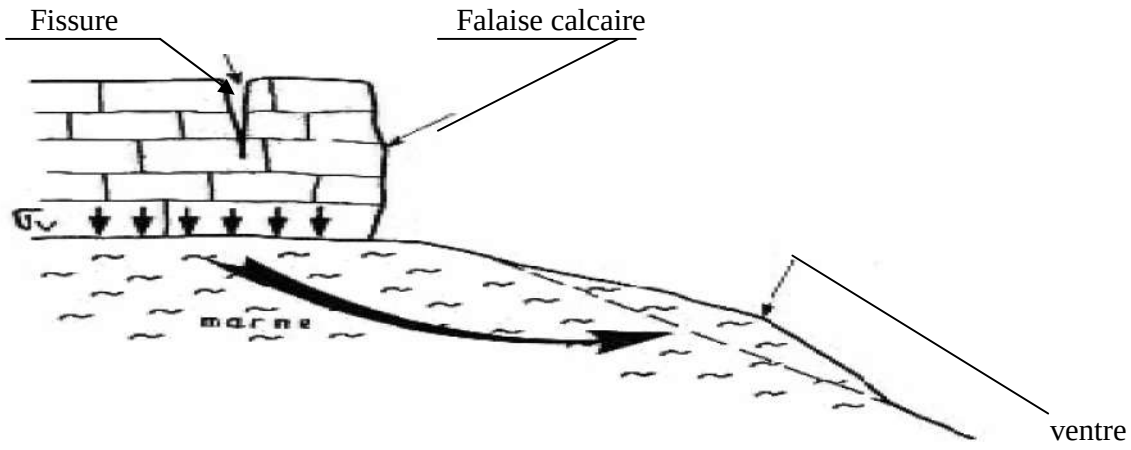


Fig II.33 Exemple de fluage

La forme de la surface de rupture dépend de La nature des couches rencontrées par le glissement, la largeur du décollement, le relief de la crête, les surcharges, l'humidité, …Parmi les différents cylindres de rupture possibles, les plus probables sont ceux qui passent non loin du pied du talus. C'est les plus dangereux.

Exemple : d'un cas de glissement au pied d'une colline

Après l'élargissement d'une route au pied d'une colline, un vaste glissement de terrain se produisit, Le sol était constitué d'un éboulis argileux de faibles compacités souvent humidifié par le ruissellement des eaux de pluie qui dévalent la pente vers le cours d'eau. Un mur de soutènement réalisé et bloqué à l'arrière par un remblai. Quelques mois après, pendant une période particulièrement pluvieuse, la colline se mit à glisser lentement entraînant les habitations avec elle; le mur de soutènement se renversa et la route fut partiellement recouverte d'argile boueuse.

Cause du glissement:

le sol a été décomprimé. De plus, le remblai derrière le mur était de tout venant, trop grossier; il fut vite contaminé par l'argile ce qui continua à le décomprimer. La présence de veines de sable à peu près planes, orientés suivant la pente ont facilité le glissement qui se poursuit très haut dans la colline.

Exemples de différents cas de glissement

1. **Glissement dû à une surcharge en tête**

Dans les régions accidentées, Il suffit parfois qu'une surcharge soit ajoutée au terrain naturel, par une construction ou l'amoncellement de matériaux, pour qu'un éboulement se produise. La rapidité d'application de la surcharge peut aussi avoir une influence néfaste si le terrain en cause est

une argile de faible activité colloïdale, gorgée d'eau, qui tend très vite vers l'état liquide quand on le comprime.

Exemple 1 :

Un réservoir neuf se fissure gravement à sa mise en eau., des fuites abondantes révélèrent de graves fissures dans les parois et le radier du réservoir. Il fallut le vider d'urgence.

Causes :

Le réservoir subit un grave tassement qui menaçait de se transformer en vrai glissement de terrain. Le sinistre est dû à la synergie d'au moins cinq causes superposées :

1. La surcharge apportée est très supérieure relativement à ce qui était prévu,

2. Le terrain d'assise était gorgé d'eau car la fouille constituait un réceptacle d'eau pluviale sans exutoire ;

3. Le sol était hétérogène,

4. Le chargement des 3000 tonnes d'eau se fit en quelques heures ; Ces conditions ont pour effet de réduire temporairement la cohésion et l'angle de frottement interne du matériau.

5. L'orientation défectueuse des plans de schistosité menaçait de transformer le tassement local en glissement de terrain.

Ces causes ont provoqué le tassement de l'ouvrage et sa fissuration,

Conclusion.

Les terrassements, posent beaucoup de problèmes, parfois difficiles à maîtriser. C'est qu'ils viennent perturber dans son équilibre un sol aux propriétés complexes, mal connues et variables dans le temps. Pour les petites fouilles, on fait face aux difficultés par l'acceptation d'un certain risque d'éboulement quand il n'y a pas danger corporel, par le blindage systématique lorsqu'il faut protéger les ouvriers. Pour de plus grands mouvements de terre, une étude du sous-sol sérieuse est indispensable : reconnaissance du terrain par des sondages et d'éventuels essais de laboratoire et enquête sur les eaux souterraines. De plus, à côté de mesures sophistiquées réalisées par les géotechniciens, qui vaudront ce que vaut l'emplacement des sondages et le choix des échantillons, la longue expérience des habitants de l'endroit et des terrassiers de la l'emplacement des sondages et le choix des échantillons, la longue expérience des habitants de l'endroit et des terrassiers de la région est sans doute une source d'informations à ne jamais négliger.

II.7 RETRAIT ET GONFLEMENT

II.7.1 Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences

Le phénomène de retrait-gonflement concerne exclusivement les sols à dominante argileuse. Ce sont des sols fins comprenant une proportion importante de minéraux argileux et le plus souvent dénommés « argiles », « glaises », « marnes » ou « limons ». Ils sont caractérisés notamment par une consistance variable en fonction de la quantité d'eau qu'ils renferment : Collant aux mains, parfois « plastiques », lorsqu'ils sont humides, durs et parfois pulvérulents à l'état desséché. Les sols argileux se caractérisent essentiellement par une grande influence de la teneur en eau sur leur comportement mécanique.

II.7.2 Introduction aux problèmes de « retrait-gonflement »

Par suite d'une modification de leur teneur en eau, les terrains superficiels argileux varient de volume : retrait lors d'une période d'assèchement, gonflement lorsqu'il y a apport d'eau. Cette variation de volume est accompagnée d'une modification des caractéristiques mécaniques de ces sols. La construction d'un bâtiment débute généralement par l'ouverture d'une fouille qui se traduit par une diminution de la charge appliquée sur le terrain d'assise. Cette diminution de charge peut provoquer un gonflement du sol en cas d'ouverture prolongée de la fouille. La contrainte appliquée augmente lors de la construction du bâtiment, et s'oppose plus ou moins au gonflement éventuel du sol. plus le bâtiment n'est léger, plus la surcharge sur le terrain ne sera faible et donc plus l'amplitude des mouvements liés au phénomène de retrait-gonflement seront grande. Une fois le bâtiment construit, la surface du sol qu'il occupe devient imperméable. L'évaporation ne peut plus se produire qu'en périphérie de la maison. Il apparaît donc un gradient entre le centre du bâtiment (où le sol est en équilibre hydrique) et les façades, ce qui explique que les fissures apparaissent de façon préférentielle dans les angles. Une période de sécheresse provoque le retrait qui peut aller jusqu'à la fissuration du sol. Le retour à une période humide se traduit alors par une pénétration d'autant plus brutale de l'eau dans le sol par l'intermédiaire des fissures ouvertes, ce qui entraîne des phénomènes de gonflement. Le bâtiment en surface est donc soumis à des mouvements différentiels alternés dont l'influence finit par amoindrir la résistance de la structure.

II.7.3 Facteurs intervenant dans le mécanisme

II.7.3.1 Facteurs de prédisposition

Il s'agit des facteurs dont la présence induit le phénomène de retrait-gonflement mais ne suffit pas à le déclencher. Les terrains susceptibles de retrait-gonflement sont des formations argileuses au sens large, mais leur nature peut être très variable : dépôts sédimentaires argileux, calcaires argileux, marno-calcaires, dépôts alluvionnaires, colluvions, roches éruptives ou métamorphiques altérées, etc. La géométrie de la formation géologique a une influence dans la mesure où l'épaisseur de la couche de sol argileux joue sur l'amplitude du phénomène. Une formation argileuse continue sera plus dangereuse qu'un simple inter-lit argileux entre deux bancs calcaires.. Le facteur principal est cependant lié à la nature minéralogique des composants argileux présents dans le sol. Un sol est généralement constitué d'un mélange de différents minéraux dont certains présentent une plus grande aptitude au phénomène de retrait-gonflement.

II.7.3.2 Facteurs déclenchant et/ou aggravants

Les facteurs de déclenchement sont ceux dont la présence provoque le phénomène de retrait-gonflement mais qui n'ont d'effet significatif que s'il existe des facteurs de prédisposition préalables.

Certains de ces facteurs ont plutôt un rôle aggravant : ils ne suffisent pas à eux seuls à déclencher le phénomène, mais leur présence contribue à en alourdir l’impact.

II.7.3.2.1 Phénomènes climatiques

Les variations climatiques constituent le principal facteur de déclenchement. Les deux paramètres importants sont les précipitations et l'évapotranspiration.

En l'absence de nappe phréatique, ces deux paramètres contribuent en effet fortement aux variations de teneurs en eau dans la tranche superficielle des sols (que l'on peut considérer comme les deux premiers mètres sous la surface du sol). L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation (liée aux conditions de température, de vent et d'ensoleillement) et de la transpiration (eau absorbée par la végétation).

II.7.3.2.2 Actions anthropiques

Certains sinistres « sécheresse » ne sont pas déclenchés par un phénomène climatique, par nature imprévisible, mais par une action humaine. Des travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains, ainsi que les possibilités d'évaporation naturelle, peuvent entraîner des modifications dans l'évolution des teneurs en eau de la tranche de sol superficielle. La mise en place de drains à proximité d'un bâtiment peut provoquer un abaissement local des teneurs en eau. une fuite dans un réseau enterré augmente localement la teneur en eau et peut provoquer, outre une érosion localisée, un gonflement du sol qui déstabilisera un bâtiment situé à proximité. La concentration d'eau pluviale ou de ruissellement au droit de la construction joue en Particulier un rôle pathogène déterminant. Par ailleurs, la présence de sources de chaleur en sous-sol (four ou chaudière) à proximité d'un mur peut dans certains cas accentuer la dessiccation du sol dans le voisinage immédiat et entraîner l'apparition de désordres localisés.

II.7.3.2.3 Conditions hydrogéologiques

La présence ou non d'une nappe, ainsi que l'évolution de son niveau en période de sécheresse, jouent un rôle important dans les manifestations du phénomène de retrait-gonflement.La présence d'une nappe permanente à faible profondeur permet en général d'éviter la dessiccation de la tranche de sol superficielle. Le rabattement de la nappe (sous l'influence de pompages situés à proximité, ou du fait d'un abaissement généralisé du niveau) ou le tarissement des circulations d'eau superficielles en période de sécheresse provoque une aggravation de la dessiccation dans la tranche de sol soumise à l'évaporation.

II.7.3.2.4 Topographie

les constructions sur terrain en pente peuvent être propices à l'apparition de désordres issus de mouvements différentiels du terrain d'assise sous l'effet de retrait-gonflement. En effet, plusieurs caractères propres à ces terrains sont à considérer :

- le ruissellement naturel limite leur recharge en eau, ce qui accentue le phénomène de dessiccation du sol;
- un terrain en pente exposé au Sud sera plus sensible à l'évaporation,
- les fondations d'un bâtiment sur terrain pentu se comportent comme une barrière hydraulique vis-à-vis des circulations d'eaux dans les couches superficielles le long du versant. Le sol à l'amont tend donc à conserver une teneur en eau plus importante qu'à l'aval.

II.7.3.2.5 Végétation

La présence de végétation arborée à proximité d'un édifice construit sur sol sensible peut constituer un facteur déclenchant, Les racines des

arbres soutirent l'eau contenue dans le sol, par un mécanisme de succion. Cette succion crée une dépression locale autour du système racinaire, Ce phénomène de succion peut provoquer un tassement localisé du sol autour de l'arbre. Si la distance au bâtiment n'est pas suffisante, cela peut entraîner des désordres au niveau des fondations. Le phénomène sera d'autant plus important que l'arbre est en pleine croissance et qu'il a besoin de plus d'eau. Ainsi on considère qu'un peuplier ou un saule adulte a besoin de 300l d'eau par jour en été. En France, les arbres considérés comme les plus dangereux du fait de leur influence sur les phénomènes de retrait, sont les chênes, les peupliers, les saules et les Cèdres. Des massifs de buissons ou arbustes situés près des façades peuvent cependant causer aussi des dégâts. Par ailleurs, des risques importants de désordres par gonflement de sols argileux sont susceptibles d'apparaître, souvent plusieurs années après la construction de bâtiments.

II.7.3.3 Mécanismes et manifestations des désordres

Les mouvements différentiels du terrain d'assise d'une construction se traduisent par l'apparition de désordres qui affectent l'ensemble du bâti et qui sont en général les suivants :

- Gros-œuvre :
  - fissuration des structures enterrées ou aériennes ;
  - déversement de structures fondées de manière hétérogène;
  - désencastrement des éléments de charpente ou de chaînage ;
  - dislocation des cloisons.
- Second-œuvre :
  - distorsion des ouvertures ;
  - décollement des éléments composites (carrelage, plâtres…) ;
  - rupture de tuyauteries et canalisations.

- Aménagement extérieur :
  - fissuration des terrasses ;
  - décollement des bâtiments annexes, terrasses, perrons ;

La nature, l'intensité et la localisation de ces désordres dépendent de la structure de la construction, du type de fondation réalisée et bien sûr de l'importance des mouvements différentiels de terrain subis.

II.7.3.4 Recommandations pratiques pour la construction sur sols gonflants

Pour assurer la stabilité, la résistance et une exploitation satisfaisante des bâtiments et ouvrages construits sur des sols gonflants, il convient de respecter les dispositions principales suivantes.

1. Protéger le sol de toute humidification ;
2. Traverser les couches superficielles de sol gonflant pour appuyer les fondations sur les couches plus profondes de sols à structure stable ;
3. Encastrer partiellement les fondations dans le sol gonflant mais en s'appuyant sur une couche de sol gonflant qui provoque un soulèvement admissible du bâtiment en cas d'humidification ;
4. Effectuer une substitution totale ou complète du sol gonflant par un matériau à structure stable, la substitution peut se faire dans les conditions du point 3 ;
5. Utiliser des fondations sur pieux de différents types, traversant ou non la couche de sol gonflant ;
6. Mettre en œuvre des types de fondations spéciaux

La protection des sols contre l'humidification est une mesure prophylactique. Lorsque l'on recourt à cette solution, il faut garder à l'esprit que le bâtiment pourra être exploité aussi longtemps que ces

dispositions constructives sont efficaces. Si le sol est humidifié pour une raison ou une autre, l'exploitation du bâtiment deviendra impossible. La protection des sols contre les précipitations atmosphériques est en général réalisée en réalisant un trottoir bétonné autour du bâtiment et, si nécessaire, en bétonnant la surface du terrain à l'entour.il ne faut pas laisser les dalles s'écarter des fondations, afin d'empêcher les dalles de se séparer des fondations, Chen (1975) propose de placer une feuille d'acier entre le perré (trottoir) et la fondation du bâtiment (fig II.34) ou bien d'encastrer la dalle de béton dans les murs porteurs du bâtiment .

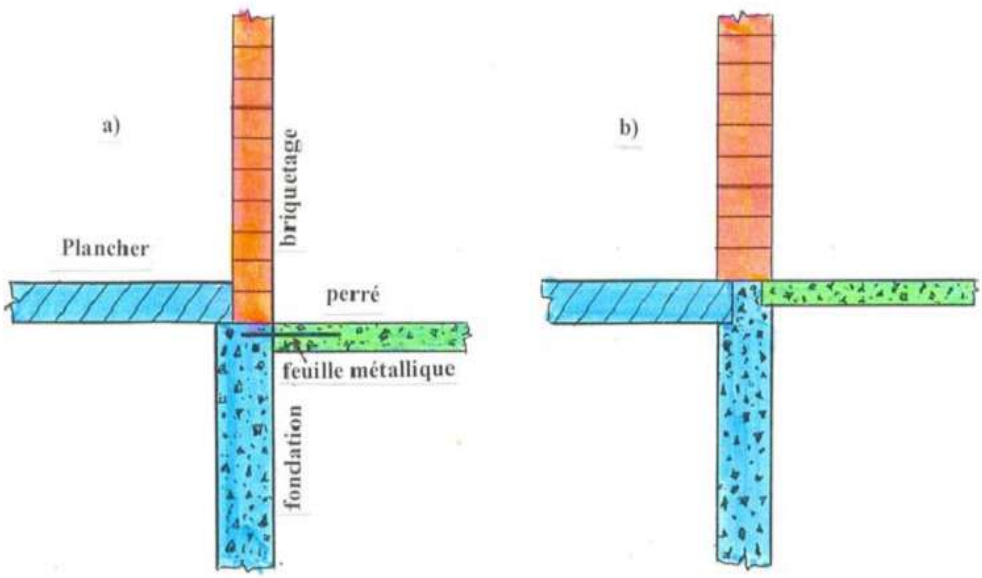
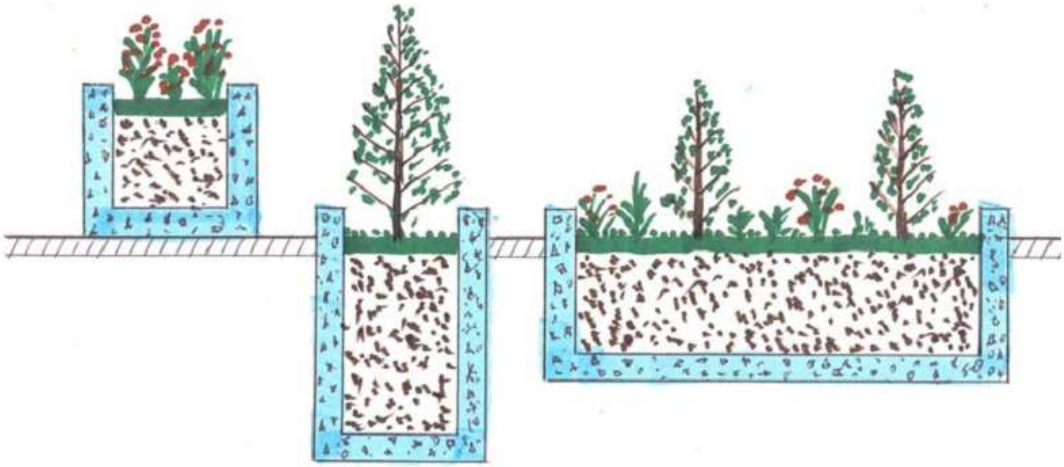


Fig II.34 Dispositions constructives pour la superstructure et le perré d'un bâtiment

La protection des sols contre l'humidification consiste à empêcher les eaux de pluie et des eaux usées de pénétrer dans le sol, à les transporter et à mettre en œuvre un système de contrôle de l'état des ouvrages de conduite d'eau .a cette fin, on doit organiser l'implantation optimale des bâtiments et ouvrages dans le territoire à aménager. La planification et l'implantation des constructions doit utiliser les voies d'écoulement naturel de l'eau que l'on

doit évacuer en dehors de la zone par un réseau d'évacuation d'eau permanent.



FigII.35 Plantations décoratives sur sols gonflants

Les jardins décoratifs, etc., ainsi que les ouvrages abritant des procédés technologiques à base d'eau doivent être placés dans les zones basses. il faut mettre en œuvre autour des constructions des revêtements imperméables à l'eau. il est souhaitable de placer les plantations décoratives dans des bassins spéciaux et étanches pour pouvoir les arroser sans humidifier le sol gonflant à l'entour (fig II.35). Les canalisations et autres systèmes de conduite d'eau doivent être placés dans des fourreaux et des canaux spéciaux qui doivent être contrôlés en permanence. En cas de besoin ; il faut prévoir des moyens d'évacuation d'eau de secours. Lors de la construction de bâtiments et ouvrages sur les sols gonflants, il est indispensable d'utiliser des structures peu sensibles aux déformations différentielles de gonflement et de tassement. Les fondations sous les bâtiments à murs porteurs doivent être de type « semelle filante ».il est déconseillé de construire des fondations isolées. le type et la structure des fondations doivent être coordonnés avec la structure du bâtiment , afin de limiter au maximum les déplacements relatifs des différentes parties de la structure et de limiter les effets sur exploitation

de la construction .si les dimensions du bâtiment ou de l'ouvrage en plan sont importantes , il doit être divisé par des joints de dilatation et des joints de tassement en parties de formes géométriques simples. Il faut tenircccompte dans la conception des structures de la construction de l'apparition possible de moments fléchissants , effors tranchants et flèches dans les poteaux , les poutres , les dalles et les murs . il faut pour cela partir de l'un des principes suivants :

- Donner une rigidité maximake à la construction ;pour qu'elle soit capable d' égaliuserles mouvements différentiels du sol . si l'on ne peut donner au batiment global la rigidité souhaitée , il faut diviser au moyen de joints de tassement en parties suffisamment rigides :
- Diminuer la rigidité de l'ouvrage , qui doit être renforcée par des éléments spéciaux assurant sa stabilité à la flexion sur des appuis à tassements non uniformes .

Dans de nombreux cas, il est recommandable d'armer la maçonnerie en briques en plaçant des armatures entre les joints des briques ou des blocs sur tout le périmètre du bâtiment.[11]

Conclusion

Le retrait –gonflement des argiles provoquent des dégâts considérables aux constructions en Algérie ,bien qu'ils ne soient pas dangereux pour l'humain, ils engendrent des dépenses faramineuses aux budgets de l'état .Les désordres occasionné tant aux superstructures qu'aux infrastructures ont poussés les chercheurs à mieux comprendre ce phénomène et à prévoir des solutions à ce genre de problème .certains types d'argiles en période de sécheresse se rétractent occasionnant ainsi des tassements différentiels , ce qui peut engendrer des dégâts affectant le bâti . En effet, les variations du volume du sol sont dues d'une part à l'interaction eau solide et d'autre part à la modification de l'état de contrainte en

présence d’eau. Ces dernières (variations) peuvent s’exprimer soit par un gonflement soit par un retrait.

CHAPITRE III

TECHNIQUES

DE REPARATIONS

III.1 GENERALITES

La durabilité d'un ouvrage dépend de nombreux paramètres dont la qualité de sa conception, des matériaux utilisés, de sa réalisation ainsi que des diverses conditions d'usage, d'exploitation et de maintenance. Le béton résiste au temps qu'il fait et au temps qui passe .mais les ouvrages en béton peuvent nécessiter des opérations de réparation ou de renforcement pour augmenter leur durée d'utilisation ou offrir de nouvelles fonctionnalités. De nombreuses solutions techniques sont disponibles et maitrisées, elles ont fait la preuve de leur efficacité et répondent à l'ensemble des problèmes potentiels rencontrés sur les matériaux ou sur les structures. il convient de choisir la solution technique adaptée à la pathologie à traiter, après un diagnostic complet et précis des désordres, de leurs causes et de leurs évolutions. Les travaux de réparation ou de renforcement des ouvrages sont extrêmement exigeants, ils nécessitent une grande expertise au niveau :

- Du diagnostic de la structure : toute réparation sans un diagnostic préalable ou issue d'un diagnostic erroné est vouée à l'échec.
- Du choix de la solution technique mise en œuvre et des produits et des matériaux utilisés.
- Les travaux de réparation ou de renforcement sont de différentes natures. ils concernent aussi bien la structure que le sol et se traduisent alors par des reprises en sous œuvre (par la réalisation de puits ou semelles), par l'exécution de pieux et micro pieux, ou par la mise en place de tirants et boulons d'ancrage, par des injections, des renforcements de divers types ou des drainages.

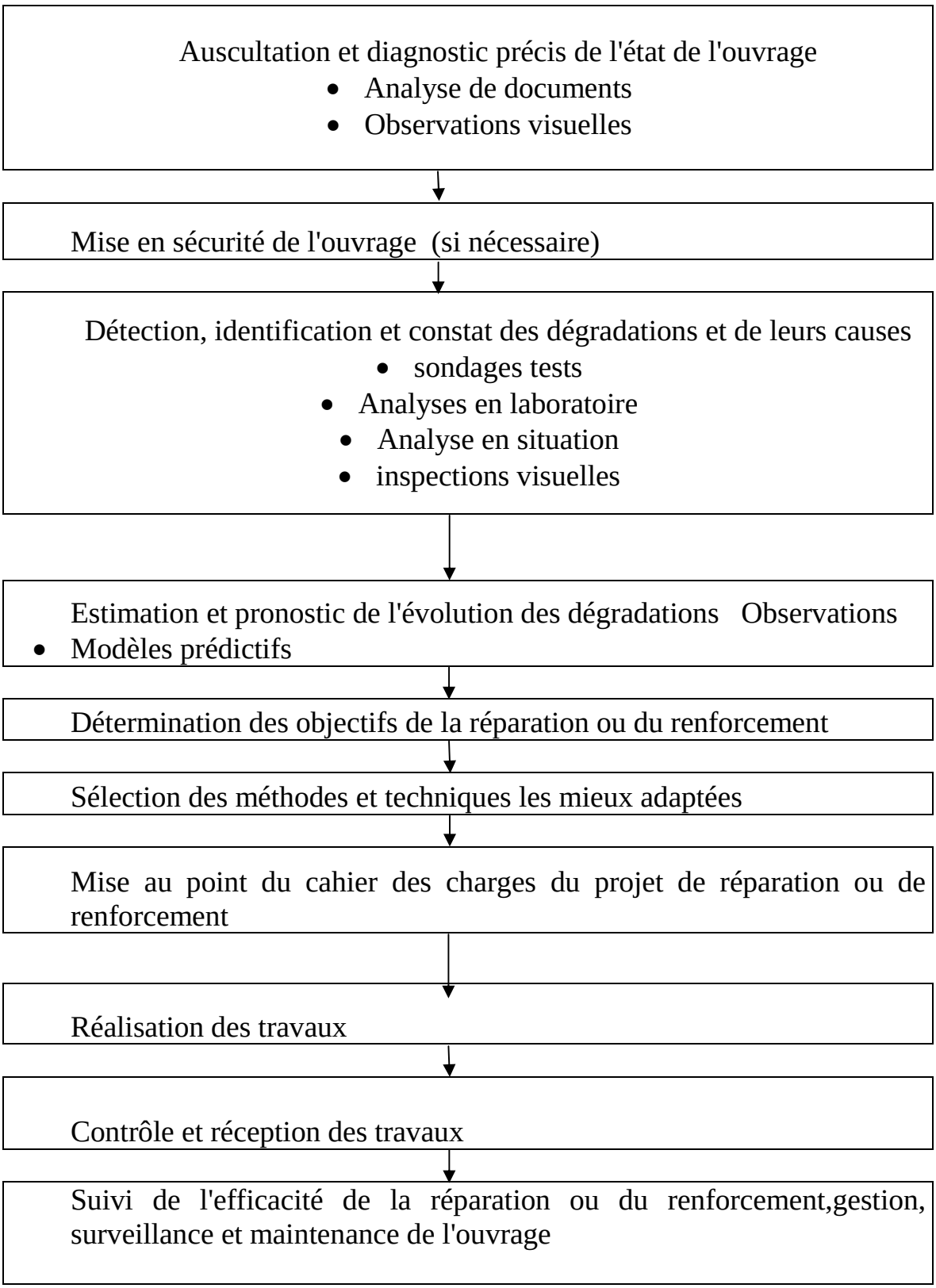
Le choix des méthodes de réparation ou de renforcement est étroitement lié à la détermination de ces causes de désordres auxquelles il faut remédier. Ces travaux ont notamment pour but d'arrêter une évolution dommageable et de reconstituer l'intégrité des structures en leur assurant la

pérennité voulue. La qualité de la réparation, fonction de la durée de vie qui lui est définie, est un élément d'appréciation important dans le choix des solutions. Toute opération de réparation ou de renforcement doit être considérée comme un cas particulier. Elle comporte trois étapes essentielles :

- La reconstitution de la vie de l'ouvrage jusqu'à l'apparition des désordres ;
- L'élaboration d'un diagnostic et choix des moyens ;
- La réparation proprement dite.

La première étape nécessite beaucoup de minutie pour reconstituer l'histoire de la construction et de l'exploitation de l'ouvrage jusqu'à l'origine des désordres, analyser les mesures et observations qui auraient été effectuées avant et après l'apparition des désordres et comprendre le fonctionnement réel de l'ouvrage. Lors de l'élaboration de la méthode et du choix des moyens à adopter pour effectuer les travaux, il convient d'analyser les risques que peuvent faire courir à la construction les moyens de renforcement possibles, le remède pouvant quelquefois accentuer les désordres. Il faut de même définir les appareils de mesure à mettre en place pour suivre le comportement de l'ouvrage pendant les travaux et contrôler le résultat de ces derniers après leur exécution.

Synoptique des étapes clés pour la réparation et le renforcement d'ouvrages en béton



III.2 Réparation des fondations

1. Introduction

Les problèmes de renforcement ou réparation des structures touchent également le domaine des fondations, spéciales ou non. Dans de nombreux cas les problèmes de fondations sont associés aux problèmes de la structure proprement dite, encore qu'ils puissent quelquefois se limiter aux seules fondations, sans atteindre le niveau des superstructures.
Renforcements et réparations sont évidemment des problèmes voisins bien que liés en général à des origines différentes.

LE RENFORCEMENT est envisagé et exécuté avant que ne se produise un désordre, soit par le changement prévu de la destination d'un ouvrage, soit par la modification programmée des conditions extérieures (travaux au voisinage par exemple).

LA RÉPARATION quelquefois doublée d'un renforcement, est la conséquence de l'apparition d'un certain nombre de désordres et son but est d'en éliminer et les causes et les inconvénients.

La notion de confortement fait appel aussi bien à une réparation qu'à un renforcement.

2. Examen des causes pouvant amener à penser réparation ou renforcement

Nous distinguons dans les lignes qui suivent le cas des réparations et celui des renforcements.

2.1 Cas des réparations

La réparation est toujours la conséquence de l'apparition d'un désordre apparent ou de l'aggravation d'un désordre, qui jusqu'alors avait pu être considéré comme mineur sinon négligeable. Les causes de ces désordres

sont évidemment multiples mais peuvent se classer en certain nombre de catégories bien distinctes :

a) Erreur sur la connaissance géologique et hydrodynamique des sols

Parfois le maitre d'ouvrage par négligence et par analogie se contente d'une vague coupe de terrain récupérée sur un site éloigné pour adapter son projet, sans tenir compte des éléments suivants :

- variations importantes de la géologie locale ;
- remontées importantes de la nappe phréatique ;
- existence de vides de dissolutions (gypse), d'une zone karstique, d'anciennes exploitations de carrières plus ou moins remblayées ou de fontis plus ou moins comblés ;
- existence de zones notoirement instables ou de surfaces de glissement de terrain possibles.

b) Erreurs, insuffisances, ou absence d'essais de laboratoires ou in situ

c) Erreur sur les hypothèses de calcul et la définition des ouvrages

d) Méconnaissance de la présence d'eaux agressives ou, utilisation de matériaux inadaptés à la nature chimique de ces eaux.

e) Non prise en compte de l'effet de barrage que certains ouvrages (parois moulées) peuvent constituer vis-à-vis de la nappe ou de certaines circulations d'eau.

f) Malfaçons : si elles sont relativement rares, elles peuvent par contre être extrêmement variées, par exemple :

- pieux trop courts, ou n'atteignant pas le substratum rocheux ;
- pieux insuffisamment curés avant bétonnage (tassements) ;
- pieux coupés au bétonnage ou pieux étranglés ;
- radiers insuffisamment armés ou dont les deux lits d'armatures sont confondus ;
- bétonnage en présence de circulation d'eau (bétons délavés) ;
- aciers de liaison insuffisants ou inexistants.

g) Utilisation des ouvrages d'une manière non conforme à leur destination

Ce sera le cas lorsque les charges de service dépasseront les charges de calcul ou encore lorsque le terrassement devant une paroi moulée dépassera la cote prévue et de ce fait diminuera la butée en pied de paroi prise en compte dans les calculs.

h) Causes accidentelles : elles peuvent être multiples également :

- travaux ou fouilles à proximité des ouvrages ;
- incendies, explosions, etc., sans parler des tremblements de terre et autres cataclysmes qui sortent du cadre de cette analyse ;
- efforts horizontaux non prévus au projet.

2.2. Cas des renforcements

Outre les causes cités ci-dessus, il ya aussi de causes connues et programmées avant l'apparition des désordres et notamment :

a) Chargement ou remblaiement d'un ouvrage en cours d'exécution,

b) Changement de destination et d'utilisation des ouvrages, augmentation des charges, augmentation des portées, suppression de butons ou de tirants.

c) Modification des conditions extérieures : c'est le cas des phénomènes liés aux remontées de nappe, qui se traduisent par :

- une augmentation des efforts sur les voiles et radiers ;
- des compressions dans les poutres et planchers ;
- des problèmes de stabilité d'ensemble ;
- des problèmes de traction sur les pieux.

d) Projet de travaux à proximité immédiate :

- fouilles et terrassements de toute nature ;
- fouilles profondes à proximité des ouvrages, reprises en sous-œuvre ;

- suppression de butées près d'ouvrages de soutènement ou près d'ouvrages enterrés travaillant en voûte (métro).

e) Modification de la nature d'un ouvrage, par exemple le remplacement d'un radier drainant avec pompage permanent, par un radier résistant et étanche, est de nature à remettre en cause, en cas de remontée de nappe, la stabilité d'ensemble de tout l'ouvrage.

2.3 Connaissance de l'environnement géotechnique

Il est indispensable de procéder à l'évaluation des points suivants avant d'entamer le projet de renforcement et/ou de réparation:

- la résistance du sol de fondation en procédant à des essais en place, mais aussi en laboratoire, afin de déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des sols ;

- la variation des nappes phréatiques dans le temps et notamment le niveau des plus hautes eaux connu ;

- d'évaluer l'évolution probable de l'environnement géotechnique et plus particulièrement les constructions futures mitoyennes mais aussi les drainages ou "seuils" éventuels qui en résultent ou écoulent de travaux, tels que pose de canalisations, rabattement de nappes, plantations de sujet important, tels que peuplier etc. ,qui accélèrent la dessiccation des sols.

Pour ces investigations on utilisera les documents techniques suivants :

4. Connaissance de la structure existante

La connaissance de la structure existante peut se résumer aux investigations suivantes :

- évaluation de la résistance de la structure ainsi que du sol de fondation ;

- évaluation de la capacité portante d'un ouvrage après réparation ou renforcement.

En effet, les conditions souvent difficiles et onéreuses d'exécution des travaux peuvent amener à prendre en compte des coefficients de sécurité ou des hypothèses de calcul plus audacieux que pour des travaux neufs, mais en général on recherchera à rétablir la sécurité des ouvrages ou l'on procédera à leur mise en conformité vis à vis des règlements en vigueur.

On s'appliquera donc à effectuer un certain nombre de recherches et investigations que l'on peut regrouper en trois catégories.

4.1. Analyse du projet d'origine et des conditions d'exécution de l'ouvrage

4.2. Vérification des éléments du projet et recherche des éléments manquants

Il s'agit donc de vérifier ou de rechercher les différents paramètres de l'ouvrage et, pour ce faire, on a recours à :

4.3. Étude et vérification des éléments extérieurs

Il s'agit essentiellement des données géotechniques et hydrogéologiques et l'on pourra donc, dans cette optique, prévoir :

- carottages complémentaires ;
- piézomètres, essai d'eau, suivi de la nappe ;
- mesure des caractéristiques mécaniques des différentes couches ;
- comportement des sols de fondation au gonflement, mais aussi à la dessiccation ;
- analyse des eaux ;

Sans oublier de vérifier si, depuis la construction de l'ouvrage, d'autres constructions ne sont pas venues modifier les conditions d'équilibre de notre ouvrage. Outre ce qui précède, il convient, dans le cas de désordres, de suivre de manière très sérieuse l'évolution des dommages ; en effet, avant remise en état, cette évolution peut donner des renseignements précieux : sur la nature des mouvements de ou des fondations , sur la nature

des désordres , sur la nature de la structure elle-même , et surtout sur le degré de gravité, voire de danger du sinistre.

5. Mise au point du projet de réparation ou de renforcement

Le projet de réparation ou de renforcement tiendra compte de la faisabilité en service pendant les travaux, Les principales techniques de réparation des fondations font appel aux techniques suivantes : injection des sols, reprises en sous œuvre (semelles, etc.) , les puits , les pieux , les micropieux , le drainage et/ou l'hydratation des sols. On établira donc, avant même la définition du projet, le catalogue des techniques et matériels utilisables dans le cas de confortement qui est posé. Nous pouvons regrouper ces éléments ou ces problèmes en catégories distinctes.

5.1. Renforcement par reconstitution de maçonneries, bétons, terrains

5.1.1. Pour ce qui concerne les ouvrages anciens en maçonnerie, on pourra avoir recours : aux injections de maçonneries et grosses fissures , à la mise en œuvre d'armatures par forage et scellements , à la reconstitution de terrains d'assise par injection. Si on entend conserver l'ancienne fondation et si le terrain s'y prête, on peut envisager d'améliorer les caractéristiques des couches de fondation par injection.

5.1.2. En revanche, pour des ouvrages en béton fissurés ou dégradés, on fera appel aux techniques suivantes : aux injections de fissures fines à la résine , à la mise en œuvre de mortier de résine pour la reconstitution des sections et le cachetage des aciers apparents ,- aux fers plats collés à la résine pour l'amélioration des résistances.

5.1.3. Pour résoudre les problèmes posés par ces ouvrages et bien connaître les modes de réparations proposés ci-dessus on consultera notamment les fascicules du STRRES ou les normes :

- NF P 95-101 – reprise du béton dégradé
- NF P 95-102 – béton projeté
- NF P 95-103 – traitement des fissures et protection du béton.

5.2. Micropieux, pieux, barrettes et puits

Il s'agit soit de la reprise d'anciennes fondations, soit de l'exécution d'une fondation nouvelle en cas de renforcement. On peut utiliser les techniques suivantes.

5.2.1. Micropieu

Un micropieu est un pieu de petit diamètre (10 à 20 cm) équipé d'une ou plusieurs barres ou d'un tube métallique, scellés dans un coulis de ciment fortement dosé. Il peut être injecté dans sa partie scellée et travaille uniquement en frottement latéral. Sa capacité portante peut atteindre 1 MN.Dans le cas d'une nouvelle fondation cette dernière pourra être constituée de micropieux ou pieux aiguille, en cas de travail dans des sous-sols, ou des endroits exigus.

5.2.2. Pieux classiques

Si l'ouvrage s'y prête, la nouvelle fondation pourra être une fondation sur pieux classiques exécutés avec les grands outillages traditionnels mis en place à l'extérieur de l'ouvrage

5.2.3. Puits

Si la nappe phréatique est suffisamment basse (ou résultant d'un rabattement de nappe), on pourra également envisager une solution par puits à la main exécutés en sous-œuvre.

5.3. Reprises en sous-œuvre (semelles, puits)

Si la nappe phréatique est suffisamment basse (ou avec rabattement de nappe) ou inexistante, on peut réaliser des semelles ou puits. L'exécution en sous œuvre se fera à la main pour les terrassements, ainsi que pour l'ensemble des opérations.

5.4. Soutènements et parois

Pour ces éléments de la structure, les problèmes se posent lorsque les poussées sont supérieures à celles prises en compte dans les calculs (nappe, terrain, surcharges) et peuvent se poser en terme de stabilité d'ensemble, de résistance entre niveaux d'appuis (lits de tirants ou planchers) ou encore en terme d'étanchéité.

5.4.1. En ce qui concerne le problème de la stabilité du soutènement, on pourra : soit renforcer le soutènement proprement dit par butons, tirants d'ancrages passifs ou précontraints, etc, soit diminuer les poussées extérieures par terrassement, afin de diminuer le poids des terres, par rabattement de nappe ou drainage (barbacanes), ou encore, lorsque l'urgence commande, par remblaiement devant le soutènement.

5.4.2. Pour ce qui concerne la résistance propre du mur de soutènement, indépendamment des problèmes de stabilité, on pourra envisager, pour améliorer la résistance entre niveaux d'appui ou sections très sollicitées : soit de diminuer les efforts de poussée par drainage du substratum de remblais, soit d'augmenter la résistance par fers plats collés, soit d'exécuter un contre-voile en béton armé.

5.5. Radiers et voiles

Les problèmes qui se posent sont sensiblement les mêmes pour les voiles que pour les organes de soutènement et parois déjà traités précédent ; on pourra envisager :

1) de créer ou de reconstituer des radiers drainants avec dispositifs permanents de pompage ;

2) de renforcer le radier en créant un contre-radier lorsque les hauteurs sous plafond le permettent ;

3) de réaliser un cuvelage

4) de diminuer les contraintes dans le radier en créant artificiellement une ligne d'appuis supplémentaires entre files de poteaux, au moyen de tirants d'ancrage précontraints ou non ;

5) de renforcer la résistance propre du radier au moyen de fers plats collés ou d'armatures collées au mortier de résine dans des saignées exécutées par sciage au diamant ;

5.6. Problèmes de stabilité d'ensemble

Ceux-ci sont surtout dus aux phénomènes de remontée de la nappe phréatique, où l'on s'aperçoit qu'indépendamment des problèmes de structure individuelle, toute réparation faite, l'ouvrage n'est pas stable vis-à-vis des sollicitations extérieures, et en particulier des poussées hydrostatiques et de la poussée d'Archimède.

Dans ce cas, il n'existe que deux solutions, soit supprimer ces poussées (rabattement, chaînage, drainage, pompage, etc). Soit équilibrer ces poussées (alourdissement et lestage de l'ouvrage (gros béton, rocher, bétonnage d'un dernier sous-sol, utilisation de bétons lourds à la baryte), ancrage verticaux par tirants précontraints,- ancrages par tirants passifs en cas de poussées occasionnelles.

5.7. État de chargement des ouvrages lors d'un confortement

En effet l'état de chargement d'un ouvrage durant les travaux de confortement peut influencer le résultat final.

III.2 Réparation des structures

1. Classement des différents désordres

Les désordres dont souffrent les structures peuvent en général se classer en trois catégories : les vices de conception de construction ou d'exécution , les maladies de vieillesse, dues aux agressions du milieu :

corrosion due aux atmosphères industrielles, aux ambiances marines, aux sels de déverglaçage, à l'action des intempéries, en particulier des cycles gel-dégel , les accidents dus à des causes mécaniques : surcharges non prévues à l'origine, chocs dus à des véhicules, secousses sismiques ou mouvements de terrains se traduisant par des affaissements, des tassements ou des tassements différentiels.

2. Méthodologie de la réparation ou du renforcement d'une structure

La méthodologie peut se résumer aux investigations suivantes :

2.1. Analyse des désordres : inventaire- causes (étude du dossier technique, conception) - évolution (mesures par extensométrie et témoins) - surveillance (analyse des mesures sur une période suffisamment longue).

2.2. Connaissance de la structure existante : évaluation de la résistance de la structure- évaluation de la capacité portante d'un ouvrage après réparation ou renforcement.

2.3. Jugement de l'opportunité de la réparation : observations des fissures et leurs conséquences.

3.2. Reconstitution du béton

Les différentes techniques utilisées sont :

- les réparations externes, qui sont exécutées à la surface du béton : épaufrures - armature de béton armé apparente (corrosion) - faïençage - fissures de faible profondeur - flaches et trous - usure superficielle du béton.
- les réparations internes : injections de fissures profondes - injections des cavités.

3.3. Technique du collage de plaques métalliques

Les différentes techniques utilisées sont : armatures collées - plats collés (cornières et tôles) - dalles contrecollées.

3.4. Utilisation du béton projeté

Il existe deux techniques d'exécution. La Différence entre les deux techniques :

Projection par voie sèche :

- l'eau n'est ajoutée qu'à la lance ;
- le mélange "ciment-granulats" est sec ;
- vitesse voisine de 100 m/s à la sortie de la lance ;
- perte de granulats par rebondissements ;
- compactage énergétique :
- bonnes caractéristiques mécaniques,
- bonne étanchéité,
- résistance au gel et à la corrosion,
- retrait réduit du fait d'un bon serrage.
- bonne adhérence au support grâce à la pénétration de la pâte de ciment dans les pores de la paroi réceptrice
- enrichissement en ciment dû aux retombées de granulats.

Projection par voie mouillée :

- Le béton frais mouillé est introduit dans la machine ;
- l'air comprimé introduit dans la machine propulse le mélange (flux dilué) ;
- l'air comprimé est introduit à la lance. Le transport du béton est assuré par une pompe à béton (flux dense) ;
- vitesse de transport du mélange inférieure à 1 m/s ;
- pertes faibles en granulats ;
- pas d'enrichissement de la teneur en ciment par projection ;
- aucune production de poussières ;
- résistance mécanique élevée du béton.

CHAPITRE IV

EXEMPLES DE CAS PATHOLOGIQUES A MEDEA

IV EXEMPLES DE CAS PATHOLOGIQUE DANS LA REGION DE MEDEA

IV.I Introduction

Médéa est une zone montagneuse, elle dispose de terrains souvent de qualité médiocre sur ses versants sud et nord , les terrains sites visités tels que le pole urbain , chrachria , Draa smar présentent une multitude de fissuration assez profonde traduisant un phénomène de retrait facilement observable en période sèche , ces fissures facilitent l'infiltration des eaux de pluies et la pénétration des eaux de ruissellement dans les marnes sensibles en provoquant une expansion du milieu, ce phénomène cyclique de retrait en été et de gonflement en hiver accentue davantage l'altération du milieu par une perte des caractéristiques de cisaillement C et φ, l'influence de certains facteurs moteurs se répercutant sur la stabilité des pentes et pouvant être la cause éventuelle des glissements.

IV.2 Exemples de cas pathologiques

EXEMPLE 1- Cas pathologique de Haouch El Mrabet à Remali Médéa

Description et historique de l'ouvrage

Il s'agit d'une maison individuelle en Rez-de-chaussée composée de trois chambres et cuisine avec une cour à ciel ouvert situé à Remali , au Nord Ouest de Médéa. Cette maison a été édifiée en 1982, sans permis de construire ni plans de Génie civil , l'ossature est en murs porteurs en pierres ,des poteaux 30x50 , poutres de chainage au niveau de la toiture sur les trois cotés de la construction. Les fondations sont constitués de massif en béton avec un léger ferraillage à la base des poteaux, sur un sol dont on ignore la nature du sol sur lesquels reposent les dites semelles, ni la profondeur.

Anomalies constatées :

Les poteaux centraux sont reliés entreux sur trois cotés par des longrines de 30x20, mais ne sont pas reliés avec les poteaux périphériques (fig IV.36) La profondeur d'ancrage des fondations est insuffisante , dimension des poutres de chainage périphérique est de 50x20, ferraillés en 4T10, mauvaise qualité du béton mis en œuvre dans les poutres, les poteaux et les semelles , Un puit se trouvait sur l'assiette du bâti a été remblayé juste avant la construction de cette maison. Une fissure importante traverse le tiers de la construction et affaissement apparent du sol avec un dénivelé d'environ 2.00 m, La fracture sur le sol passe par les habitations voisines dans le prolongement de la ligne droite et provoque des désordres (affaissement du terrain – fissurations sur les panneau de maçonnerie et au droit des poteaux) (fig IV.39). En aval de ce bâti le sol est gorgé d'eau sur un terrain vague avec des constructions au pied d'un talus situés à 80.00 de la construction sinistrée.les terrassement exécutés au pied du talus ont favorisé le glissement du terrain, absence de réseau d'assainissement, les eaux usées déversent sur la surface du terrain provenant des habitations voisines(Fig IV.41) La structure a subis un glissement, renversement et le déplacement de l'ossature périphérique est d'environ 7.00 m vers le sens de la pente fig

Glissement de l'ossature périphérique ossature centrale reste stable



Fig IV.36 vue de la structure périphérique se détachant de la structure centrale

Dimensions et ferraillage des poutres faible -mauvaise qualité du béton



Figure IV.37 montrant les poutres effondrées

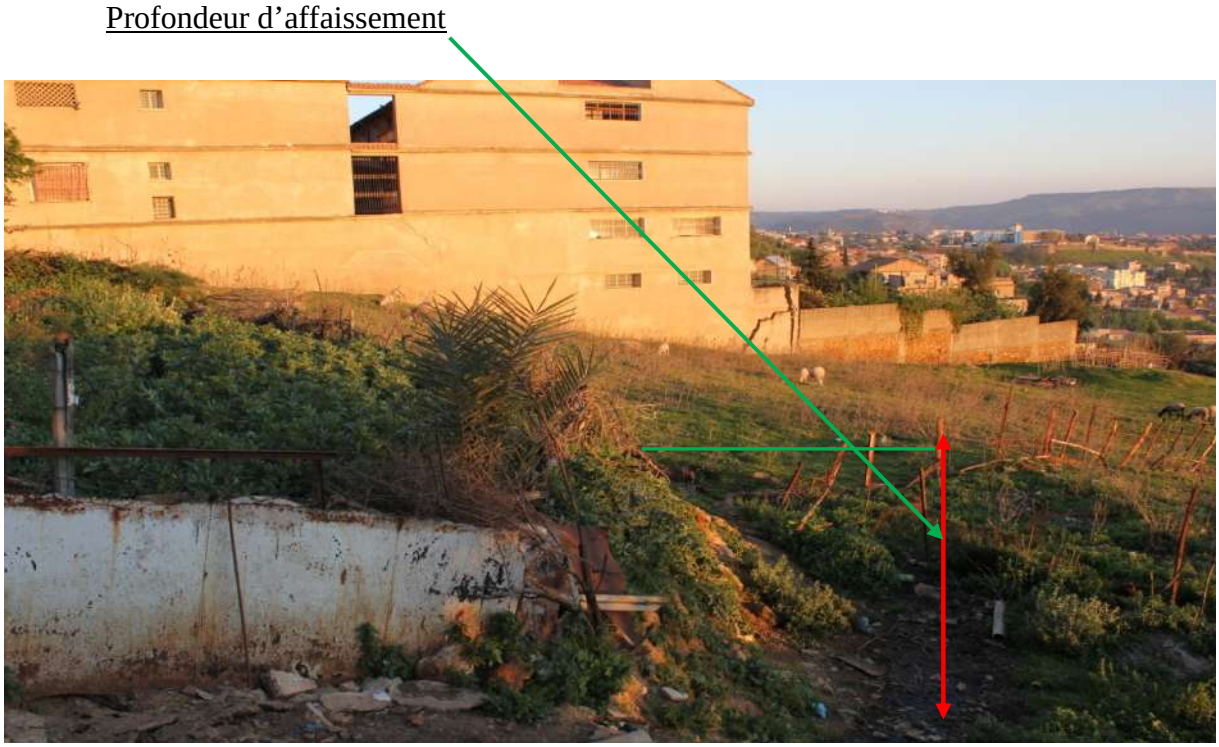


Figure IV.38 montrant glissement et affaissement du sol



Figure IV.39 Tassement différentiel provoquant fissures sur mur –habitation voisine



Fig IV.40 sol saturé d'eau et les terrassements au bas talus sont la cause de glissement



Figure IV.41 montrant l'absence de réseau d'assainissement



Fig IV.42 Déplacement de la structure périphérique vers le sens de glissement

Cause des désordres :

La construction a été réalisé sans étude d'architecture ni de génie civil, absence de l'étude de sol

La construction repose sur un sol de qualité médiocre

- Tassement différentiel dus à l'absence de chainage des poteaux périphériques avec les poteaux centraux.
- Absence de drainage probablement d'une nappe phréatique dans la zone
- Absence du réseau d'assainissement des eaux usées
- les terrassements effectués pour les constructions situés au bas talus ont déstabilisés le site.

Conclusions : La réparation n'a pas eu lieu compte tenu de l'évolution accélérée des désordres, après huit ans les habitants ont évacués cette construction, et le bâti reste abandonné à ce jour.

EXEMPLE 2- Cas Pathologique 300 logements Guergara Médéa

Désordres constatés

Éclatement du béton de mauvaise qualité enrobage insuffisants et corrosion importante des armatures inferieures des poutres dus aux infiltrations dans les salles d'eau fig IV.43 et 44,.regards défectueux qui ne fonctionne pas ,corrosion ferraillage poteau fig IV.45 , dallage dégradé fig IV.46

Causes probables des désordres

- Système d'évacuation des eaux pluviales défectueux.
- Absence et dégradation d'une protection autour de certains ouvrages.
- Déformation des voiries avec stagnation des eaux
- Infiltrations des eaux au niveau des salles d'eau
- Remontée des eaux par capillarité.
- Manque d'aération et d'entretien périodique des salles d'eaux.

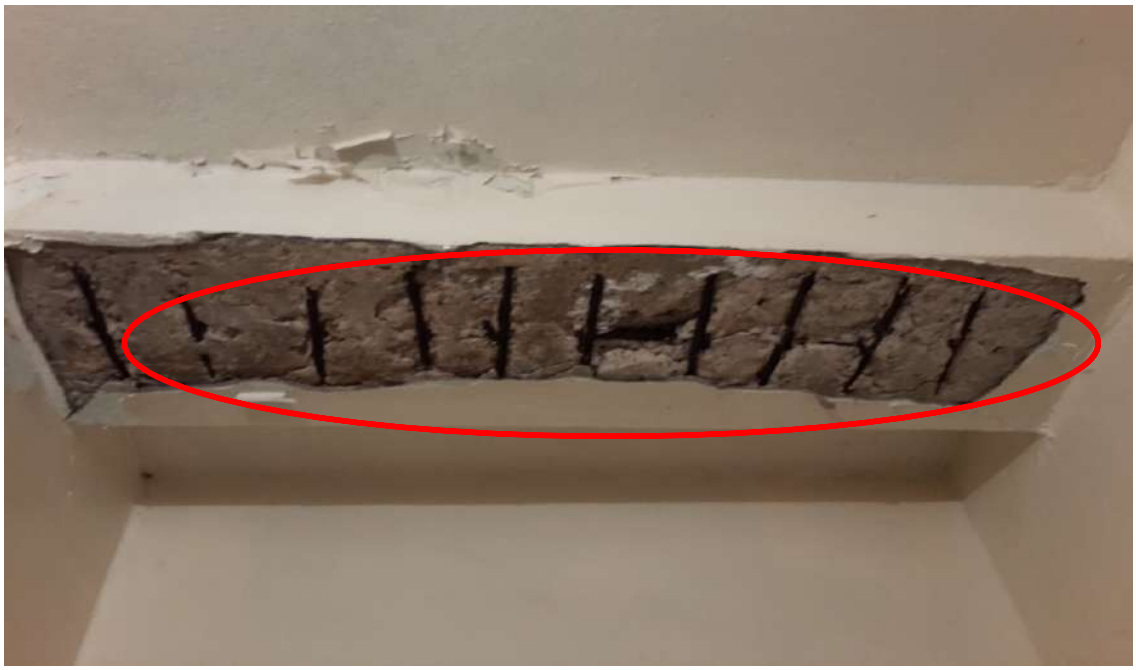


Fig IV.43 corrosion des armatures inférieurs des poutres



Fig IV.44 Infiltration des eaux sous plancher haut (salles d'eau).



Fig IV.45 Éclatement du béton et corrosion des armatures d'un poteau RDC



Fig IV.46Dégradation des plates-formes et des dallages périphériques



Fig IV.47 Détérioration des regards



Fig IV.48 Dégradation des descentes des eaux pluviales - Affaissement et gondolements du carrelage

EXEMPLE 3 : Cas de Gonflement du sol de fondations siège Sotratite Draa Smar Médéa

Il s'agit d'un siège administratif composé d'un rez-de-chaussée et deux étages, situé à Draa smar coté Sud Est de la commune de Draa smar , à la tête d'un versant instable au glissement et gonflement d'après les enquêtes menées auprès des laboratoires intervenus dans la région.

Anomalies constatés :

- Fissures dans le sens horizontales, et obliques très prononcées au niveau de la maçonnerie et au droit des linteaux fig IV.49 ;
- Eclatement de béton au droit de la zone nodale poutre-poteau fig IV.52
- Détérioration de dallage périphérique bâtiments administratifs ;
- Le réseau d'assainissement défectueux ;
- Soulèvement de dallage et de carrelage ;
- Plantations proche des bâtiments fig IV.51;

Cause des désordres

Les causes sont dues principalement au facteur des eaux à savoir : Infiltration des eaux usées dans le sol des fondations dus à la défectuosité des du réseau d'assainissement, Absence de protection périphérique contre les eaux pluviales, Les plantations autour du siège influe sur le comportement du sol « retrait et Gonflement ».



Fig IV.49 Fissures obliques au droit des linteaux



Fig IV.50 fissures obliques et verticales dans maçonnerie



Fig IV.51 Plantations et arbustes aux alentours du bâtiment sinistré



Fig IV.52 Eclatement du béton au niveau zone nodale du gonflement et retrait

EXEMPLE 4 : Désordres au CEM Ain El K'Sir –Ain Boucif

Le projet en question est implanté sur un terrain plat, aucun signe défavorable concernant la stabilité su terrain. Il est composé par des blocs en R+1 (bloc enseignement, bloc logement), et en RDC (blocs sanitaires, des ateliers et réfectoire).

Anomalies constatés

-Fissures légères à importantes parfois pénétrantes sur la quasi-totalité des murs en maçonnerie de remplissage.

-Fissures horizontales et verticales sur certains panneaux de maçonnerie au dessus des longrines et/ou poutre au droit de certains poteaux (liaisons maçonnerie-poutre)

-Fissures inclinées (obliques) sur les maçonneries prenant naissance au niveau des angles et au mi porté des longrines

-Fissures au droit d'une poutre du bloc ateliers

-Enduit au mortier de ciment de mauvaise qualité (sable, dosage, mis en œuvre etc..)

-Dispositif d'évacuation des eaux pluviales défectueux d'où stagnation des eaux et infiltration vers le sol très sensible à l'eau (gonflement) et retrait en été.

-Dallage extérieur fissuré ou déformé et tassement du dallage au niveau de certains blocs.

Cause des désordres

Après analyse des dégâts constatés, les recherches ont été orientées principalement sur :

- La connaissance du sous sol des fondations
- campagne d'essais et d'analyse de laboratoire pour la détermination des caractéristiques géotechniques du sol.

Le potentiel de gonflement est assez évalué au laboratoire généralement

1 Kg/cm2, surtout au niveau des 4.00 premiers mètres de profondeurs, ou la pression atteint 13 (au niveau du sondage S1 profondeur 1.10/1.60 m).

Donc l'analyse des résultats des essais de laboratoire et des désordres observés montre que l'assise des fondations change de volume en fonction de la quantité d'eau qu'il contient. Provenant de l'eau qui déversent directement sur le sol à travers les canalisations détériorés pénètrent dans le sous sol , aux alentours des bloc provoquent un accroissement de la teneur en eau , ceci réactive le processus de gonflement qui se matérialise par un soulèvement des fondations principalement des structures légères telle que ateliers , sanitaires et réfectoire.

Les essais ultra soniques ont donnés des résistances du béton très faibles

- Entre 90 à 125 bars pour les poutres auscultés
- Entre 117 à 132 bars pour les poteaux auscultés



Fig IV.53 fissures dus au gonflement du sol sur les panneaux en maçonnerie

-Dispositif d'évacuation des eaux pluviales défectueux d'où stagnation des eaux et infiltration vers le sol très sensible à l'eau (gonflement) et retrait en été.

-Dallage extérieur fissuré ou déformé et tassement du dallage au niveau de certains blocs.

Cause des désordres

Après analyse des dégâts constatés, les recherches ont été orientées principalement sur :

- La connaissance du sous sol des fondations
- campagne d'essais et d'analyse de laboratoire pour la détermination des caractéristiques géotechniques du sol.

-Le potentiel de gonflement est assez évaluées au laboratoire généralement 1 Kg/cm2, surtout au niveau des 4.00 premiers mètres de profondeurs, ou la pression atteint 3.44 Kg/cm2 (au niveau du sondage S1 profondeur 1.10/1.60 m).

Donc l'analyse des résultats des essais de laboratoire et des désordres observés montre que l'assise des fondations change de volume en fonction de la quantité d'eau qu'il contient. Provenant de l'eau qui déversent directement sur le sol à travers les canalisations détériorés pénètrent dans le sous sol , aux alentours des bloc provoquent un accroissement de la teneur en eau , ceci réactive le processus de gonflement qui se matérialise par un soulèvement des fondations principalement des structures légères telle que ateliers , sanitaires et réfectoire.

Les essais ultra soniques ont donnés des résistances du béton très faibles

- Entre 90 à 125 bars pour les poutres auscultés
- Entre 117 à 132 bars pour les poteaux auscultés



Fig IV.54 fissures au droit des poutres et poteaux

EXEMPLE 5: locaux technique de la cité universitaire Kouala Médéa

Anomalies constatées

- Effondrement total et partiel des cloisons extérieures et intérieures de l'ouvrage
- Eclatement des poteaux au droit des zones nodales
- Basculement de plusieurs poteaux.
- Basculement du plancher
- Glissement de terrains

Cause des désordres

- Présence et stagnation des eaux autour des blocs.
- Système d'évacuation (drainage) des eaux défectueux.
- Dégradation des réseaux d'assainissement et eaux pluviales.
- Absence et dégradation d'une protection autour des ouvrages.
- Absence d'ouvrages de soutènement adéquat
- Site instable



Fig IV.55 Eclatement des zones nodales et Basculement du plancher



FigIV.56 Effondrement des cloisons



Fig IV.57 Eclatement des zones nodales



FigIV.58 Eclatement des zones nodales et basculement des poteaux

Conclusions :

A travers ces exemples nous pouvons conclure que les désordres occasionnés dans les différents cas sont dus à la présence d'eau qui est le facteur principal déclenchant le glissement de terrain comme c'est le cas du premier exemple parmi d'autres relatifs à l'absence des études , défaut de conception , d'implantation et de réalisation ; concernant le 2ème exemple il s'agit de la mauvaise exploitation et l'absence d'entretien et de maintenance des bâtiments ,les infiltrations des eaux à l'intérieur comme à l'extérieur ont causés des désordres qu'on pouvait les éviter ,les deux autres cas ont subis des désordres dus au gonflement de sol en raison du non respect de certains normes de construction et de mise en exploitation du bâti , d'autre part le prédisposition du sol a favorisé le sinistre.

CHAPITRE V

DIAGNOSTIQUE ET ETUDE PATHOLOGIQUE DU SITE CEM BENYEKHLEF KHADIDJA MEDEA

V.1 GENERALITES

Plusieurs risques naturels menacent de nombreux pays, en particulier les pays en voie de développement. La gravité de l'impact des risques et catastrophes naturelles, a été telle que l'assemblée générale des Nations Unies a déclaré la décennie internationale (1990-2000), pour la prévention des catastrophes naturelles.

En Algérie le rapport du CNES et du MATE (2003) confirme et mentionne que prés de sept risques naturels, ont été recensés et identifiés en Algérie dont les mouvements de terrain menacent et affectent plusieurs villes algériennes. Ces mouvements de terrain ont pris une grande ampleur dans l'espace urbain, portant essentiellement atteinte à l'économie, nécessitant la destruction de plusieurs constructions et le relogement de nombreuses familles. A Constantine par exemple les glissements de terrain, touchent en effet directement la sécurité des habitants et leurs biens immobiliers donc la situation mérite une attention particulière, en raison de l'ampleur du phénomène observé au plan économique et social à travers son impact sur les populations et ses effets sur le tissu urbain.

Dés 1930, l'urbanisation s'accentue par la réalisation d'immeubles sur des versants instable, ainsi que la croissance démographique et l'évolution urbaine qui s'est étendue sur tous les terrains sans prendre en considération leur stabilité. Les glissements de terrain sont des mouvements qui affectent les talus et les versants naturels. Ils peuvent provoquer des dommages importants aux ouvrages et aux constructions, avec un impact économique sensible, et parfois causer des victimes. Ils surviennent à la suite d'un événement naturel – forte pluie, érosion de berge, séisme, par exemple – ou sont la conséquence plus ou moins directe d'actions de l'homme, telles que travaux de terrassements ou déforestation. L'étude des glissements de terrain et la prévention des risques qu'ils engendrent relèvent de la géologie

appliquée et de la mécanique des sols. Le développement de la population algérienne ces derniers années, et sa concentration dans le Nord du pays en particulier dans la capitale ou pratiquement tous les terrains stables ont été bâti, ce qui a poussé à projeter différentes constructions et ouvrages sur des terrains en pentes qui sont parfois instables ou ils deviennent instables après l'intervention de l'homme suite à des travaux de terrassements, travaux en pied des talus,...etc, ce qui engendre des catastrophes de glissement de terrain.

V.2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE :

C'est une opération de 500 logements sociaux à MERDJECHKIR situé au nord ouest de la ville de Médéa réalisé et réceptionnée en 1991 par l'entreprise régionale ERM ,d' un système de coffrage tunnel ,généralisé à travers le territoire les années 80 dans le but de réduire les délais de réalisation et pour la facilité d'exécution , la structure de ce type de bâtiments est constituée de voiles de contreventement dans les deux sens , le système de fondations est en semelles filantes sur du gros béton d'une épaisseur allant de0.90 m à 1.20 m reliées par des barres d'ancrage ,ces bâtiments sont composés d'un rez-de-chaussée et de quatre étages surélevés sur vide sanitaire de 0.90m de hauteur.

Le bâtiment objet de la présente étude est situé au coté sud ouest du projet et à la tête d'un talus qui sépare le projet et le CEM KHADIDJA BENYEKHLEF, La différence de niveau entre le pied et la tête du talus séparant l'établissement et le bâtiment est de 11.00m avec une distance de 60.00m .séparant cet établissement du bâtiment n° 01 en question. Le CEM Benyekhlef Khadidja situé à Merdjechkir Médéa a été mis en exploitation en 1982.



Fig V.59 Photo Aérienne du site-CEM Benyekhlef Khadidja –Bloc n°01 sinistré-Talus glissant

Les descentes d'eaux usées des logements sont en PCV de diamètre ø 110 déversent directement sur des regards de chute de dimensions 50x50x70 par l'intermédiaire de siphon au niveau de chaque logement puis canalisés par des buses en béton de 250mm de diamètre raccordées par des joints en mortier de ciment vers des regards situés à l'extérieur du bâtiment par l'intermédiaire des tubes en plastiques de 300 mm de diamètre .Quant au CEM il est protégé par un mur de clôture avec soubassement de 1.00 m en béton armé surélevé en maçonnerie de parpaing de 2.20 m de hauteur situé à mi distance séparant les bâtiments et le CEM et d'un petit muret de soutènement en béton de qualité médiocre au pied du talus.

V.3 HISTORIQUE :

En l'absence d'entretien périodique et/ou de renouvellement du réseau d'assainissement , la dégradation des canalisations des eaux usées , ont fait que les vides sanitaires sont souvent remplis d'eau à longueur d'année , les conduites des eaux usées obstrués s'effondrent sous le poids des calcaires dans les conduites, les eaux usées s'infiltrent dans le sol des fondations et à travers des ouvertures le trop plein a débordé pour aller se propager dans la nature et déversèrent directement sur le talus séparant ce bâtiment et le CEM et influe négativement sur le comportement du sol provoquant ainsi des désordres sur le site . En période hivernale de l'année 2012 les eaux pluviales intenses et les fortes chutes de neige le phénomène s'est accentué et a provoqué des désordres suite à l'effet d'eau sur le sol par sa saturation ,le ruissellement , la stagnation importante des eaux usées et pluviales en l'absence d'un système d'évacuation et de drainage adéquat et fonctionnel ,le mur de clôture existant est soumis à des sollicitations (pressions hydrauliques , poussées, et modification du comportement du sol des fondations), provoquant des fissures importantes sur ce mur d'une part et des inondations sur l'enceinte du CEM d'autre part, chose qui a fait bouger les autorités locales à se manifester , pour la prise en charge du problème ayant tait avec la santé publique et de protection et la sécurisation de l'établissement..

Des expertises et des essais de laboratoire ont été effectués par des bureaux d'étude afin de trouver une solution à ce problème, malheureusement des solutions urgentes et irréfléchies ont été préconisés sans pour autant cibler les causes exactes et le diagnostique réelle des désordres constatés sur le site et un suivi permanent sur un planning d'avancement des travaux étudié spécialement conçu pour ce type de projet qui sort de l'ordinaire .

En l'absence d'une étude géotechnique complète et approfondie. Des terrassements anarchiques ont été exécutés sur le terrain, un mur de soutènement en béton armé a été réalisé en amont du talus et au voisinage du bâtiment 01, surcharge occasionnée en amont du talus par le dépôt important des terres, la stagnation des eaux pluviales, et des eaux usées ,tous ces facteurs ont favorisé la déstabilisation du site , donnant naissance à des désordres au niveau des fondations du bloc ,le mur de soutènement réalisé en amont du talus a été entamé comme solution d'urgence sans passer par l'étape d'analyse et de diagnostique précis des désordres et les des causes liés à cet effet, après quelques jours de l'achèvement des travaux , le mur de clôture sous les différents facteurs réunis a subi un glissement dans le sens de la pente avec un déplacement en translation d'une distance de plus de 5.00m , le site a été mis en mouvement touchant même les constructions voisines en amont du talus , le regards détériorés déterrés et basculés, le mouvement des terres a provoqué des éboulements au pied du talus entrainant les arbres , la boue, renversement du mur de soutènement protégeant les salles de classe du CEM , provoquant sur ces derniers des dommages importants qui se présentent par l'effondrement du mur de façade , la menuiserie et la plomberie, comme le problème n'a pas été maitrisé à temps , les priorités d'intervention n'ont pas été respecté pour au moins stopper ou dument ralentir le mouvement des terres ,et après quelques semaines , une partie des fondations du bloc 01 déterrés suite aux travaux de terrassement réalisés à proximité du bâtiment , et l'affaissement du sol des fondations engendrés par les infiltrations d'eau , des fissures apparurent à l'intérieur du bâtiment , des craquement ressentis par les habitants de ce bloc , le risque devient probable , les autorités ont procédé au relogement des vingt occupants de ce bloc par mesure de sécurité des vies humaines .

V.4 ETUDE GEOTECHNIQUE

Une étude géotechnique de sol a été effectuée sur le terrain par le Laboratoire National LHCC en date du 28/08/2012 en vue de l'étude de la stabilité de l'assiette du site CEM Khadidja Benyekhlef à Merdjechkir Médéa.

1 .Travaux d'investigation

La campagne d'investigation a consisté à la réalisation de

- Quatre sondages carotte de 15 à 30 ml
- Quatre sondages pressiometriques
- Quatre sondages essais de pénétration statique

Les quatre sondages carottés, et les quatre sondages à la tarière, ont mis au jour la lithologie suivante :

❖ ***SONDAGE. 1(SCO1)***

0.00-0.50 : remblai

0.50-4.00 : limon argileux sableux avec présence des passages de sable grésifié marron

4.00-15.00 : limon argileux sableux beige à marron

❖ ***SONDAGE. 2(SCO2)***

0.00-0.50 : remblai

0.50-3.30 : limon argileux sableux avec présence des passages de sable grésifiés marron

3.30- 15.00 : limon argileux sableux beige à marron

❖ ***SONDAGE. 3(SCO3)***

0.00-2.00 : remblai

2.00-5.15 : limon argileux sableux beige à marron

5.15-5.70 : marne grise bariolée

5.70-30.00 : sable limoneux peu argileux avec des passages grésifiés

❖ ***SONDAGE. 4(SCO4)***

0.00-1.00 : Remblai

1.00-6.00 : limon sableux argileux

6.00-7.00 : sable limoneux avec des passages grésifiés

7.00-12.00 : marne sableuse grisâtre

12.00-13.50 : sable limoneux

13.50-30.00 : marne beige bariolée avec des passages de filons de sable

2 .Niveau piezometrique

Quatre sondages carottes équipés d'un piézomètre, le niveau d'eau relevé le 29/08/2012 comme suit :

SC02 à 7.00 m

SC03 à 1.50 m

SC04 à 9.00 m

3 .Essais au laboratoire

3.1. Essais d'identification physique

3.1.1 Analyses granulométriques

Les analyses granulométriques ont mis en évidence un taux des particules dont le diamètre et inférieur à 80µ de l'ordre de 33 à 52% entre 1.50 et 3.60 de profondeur.

- Limite d'Atterberg

Limite de liquidité : $31 \leq Wl \leq 37$

Limite de plasticité :$16 \leq Wl \leq 19$

D'après la classification de CASAGRANDE, notre sol se situe dans la zone des argiles peu plasticité

-Densité sèche : $1.62 \leq \Upsilon \leq 1.83$ (t/m3)

3.2 Essais Mécaniques

-Essais de cisaillement alterné

Cohésion : $0.11 \leq C \leq 0.19$

Angle de frottement : $7 \leq \alpha \leq 9$ (°)

-cisaillement rectiligne de type UU

Cohésion : $0.48 \leq C \leq 0.91$ (bar)

Angle de frottement : $11 \leq \alpha \leq 14$ °

-Cisaillement de type CD+U

Cohésion : $0.41 \leq C \leq 0.52$

Angle de frottement : $14 \leq \alpha \leq 15$°

4. Calcul de la contrainte admissible

A partir des essais pressiométriques

Selon la formule de **Louis Menard**

$\sigma lim = k(Pl - P0) + q0$

Avec :

K = 0.8 (Facteur de portance) cas le plus défavorable

Υ = 1.6 t/m3 densité de sol

$\sigma v = \Upsilon.D$: 0.32 bar contrainte admissible

$\sigma h = 0.5\ \sigma v$: 0.16 bar contrainte horizontale du sol

D'où :

$\sigma adm = \sigma lin / 3$ bar

Selon l'estimation du laboratoire la contrainte admissible à prendre en considération sera de l'ordre de **1.7** bar à 2.00 m de profondeur coté aval du site et la même peut être aussi prise en considération coté amont du site en négligeant l'épaisseur des remblais et cela même en considérant les essais SPT. Une Etude complémentaire d'essais in-situ et d'essais au laboratoire a été réalisé par ce même laboratoire (LHCC) au niveau du talus amont du CEM Khadidja Benyekhlef suite au glissement constaté après réalisation des murs de soutènement.

Les conclusions sur les études géotechniques sont les suivantes :

ESSAIS IN SITU

1. SONDAGES CAROTTES :

Les coupes lithologiques entre le SC04 (1er rapport) et celle du SC01 (rapport complémentaire) pourtant situés à moins de 10 m l'un de l'autre et à la même altitude prés présentent un substratum complètement différent : en lieu et place de la marne beige à partir de 13.50 m on retrouve à partir de 9.30 m un sable limoneux beige jusqu'à 30.00 m et de plus avec une perte totale d'eau à 9.00 m non constatée lors des premiers essais en 2012. Les circulations d'eau n'ont pas été relevées lors de la 1ère étude géotechnique. Il conclue par l'absence d'un substratum marneux tel que le laissait supposer SC04 de la 1ère étude et de l'hétérogénéité des terrains.

2. ESSAIS SPT :

Les sols sont considérés comme des sols de bonne à très bonne résistance mécanique (N>30) tout en confirmant la densification des sols par le compactage suite aux travaux réalisés.

3. ESSAIS CPT (PENETROMETRE STATIQUE) : Un sable lâche de 0.00 m à 5.00 m, ensuite un sable moyennant dense entre 5.00m à 8.30 m et enfin

un sable très dense après 8.30 m. Les travaux ont permis de compacter et d'améliorer la résistance au frottement par la densification des sols.

4. ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Les premiers résultats ont donné des sols de bonne à très bonne résistance mécanique et confirmés par les essais pressiométriques complémentaires. Ces résultats confirment la densification des sables moyennement compacts à compact suite aux travaux réalisés. A noter l'importance des pertes d'eau totale constatées aussi bien au niveau des sondages carottés que des sondages pressiométriques réalisés à 9.00 m pour le SC01 et à 6.00 m pour le SC02.

5. NIVEAUX PIEZOMETRIQUES

Les niveaux piézométriques ont été relevés en aout 2012 et juillet 2013 (période sèche) et malgré cela on note une remontée du niveau de l'eau de plus de 4.00 m en moins d'une année. La zone concernée par le glissement est devenue le réceptacle aussi bien des eaux pluviales que des eaux usées de tout le pluvial amont et à noter l'abondance aussi bien des pluies que de la neige de la saison hivernale 2012-2013.

ESSAIS DE LABORATOIRE

Les densités ont chuté de plus de 40% en moins d'une année.

1.ESSAIS DE CISAILLEMENT

Au niveau du cisaillement rectiligne de type UU la valeur minimale (Cuu = 0.53) est pratiquement la même par contre la valeur maximale constatée a chuté de plus de 33%, mais surtout l'angle de frottement est passé d'une valeur moyenne de 12.5° à 7° en moins d'une année. Les valeurs données pour l'angle de frottement en mode UU par les essais complémentaires sont encore plus faibles que les valeurs données par le 1er

rapport en mode résiduel. Un bureau d'étude « SARL EPAQ » de Bouira a été engagé pour expertiser les désordres constatés sur le site après avoir étudié les essais et superviser le site il a donné les conclusions suivantes : Les essais in situ complémentaires indiquent un sol en place, sable limoneux beige, dense à très dense sur plus de 30.00m avec l'absence d'un substratum marneux contrairement à ce que laisser supposer le SC04 de l'étude précédente. Les travaux réalisés ont permis de compacter et de densifier les sols en place (amélioration des caractéristiques mécaniques des sols). Par contre les essais de laboratoire ont donné des résultats nettement plus faibles que ceux de l'étude géotechnique précédente alors que nous avions pris la précaution de demander des essais de cisaillement en mode résiduel et il s'avère que les essais de cisaillement en mode non drainé et non compacté (UU) ont donné des valeurs plus faibles lors de l'étude géotechnique complémentaire .Enfin les pertes d'eau totale constatées lors de l'exécution des différents sondages ainsi que la remontée de la nappe indiquent clairement que le rôle de l'eau a été déterminante et a par conséquent provoqué le glissement constaté par un phénomène de renard (entrainement des fines du sable limoneux) , les forces de percolation Fp avec un gradient hydraulique très élevé de l'ordre de 35% à 43 % ont provoqué un entrainement des particules solides et ont déstabiliser l'ensemble du massif sur lequel reposaient les murs de soutènement MS1 , MS2 et MS3. La perméabilité des sables peu compacts à granulométrie serrée peut être évaluée en utilisant la formule de hazan :

K(m/s) = 1.25 D2 10 ou D10 est le diamètre efficace des grains en centimètres. Soit suivant les courbes granulométriques D10 = 2µ soit k=5.10-6 m/s (degré de perméabilité faible) .Nécessité d'un drainage du site.

Les causes du glissement du terrain sont provoquées par : La présence d'eau souterraine, Précipitation et intensifications des circulations d'eau d'où l'augmentation de la pression souterraine.

V.5 ANOMALIES OBSERVEES :

Les anomalies observées peuvent être réparties en trois étapes et suivant l'évolution du phénomène des désordres:

1ère étape :

Cette étape concerne la première apparition des désordres relatives à la fissuration du mur de clôture situé à mi distance du CEM datant depuis la réalisation de l'établissement et le bâtiment n° 01, la visite sur le site a permis de relever le constat suivant :

Des fissures importantes obliques et verticales sur les panneaux en maçonnerie de parpaing et soubassement en béton armé, au droit des joints et des raidisseurs verticaux allant de 3 cm à 14 cm d'ouvertures. Stagnation des eaux usées à l'extérieur du bâtiment, d'odeur nauséabonde provenant du vide sanitaire du bloc n°01 et des canalisations extérieurs endommagés. Au sous sol du bâtiment il a été constaté les anomalies suivantes :

- Vide sanitaire débordé par les eaux usées qui déversent à l'air libre et à l'extérieur du bâtiment
- Les joints en mortier de ciment reliant les buses en ciment comprimées de dimensions Ø 250 mm des canalisations du réseau d'assainissement intérieur défectueuses.
- Les canalisations du réseau d'assainissement intérieur sont défectueuses et complètement obstruées réduits à des diamètres intérieurs de 20à 30 mm, la quasi-totalité sont endommagées.
- Support d'appuis des canalisations dégradés
- Les siphons des eaux usées des logements du RDC endommagées

- Regards de chute dégradés plein d'objets ménagères et des gravats
- Les canalisations extérieures des eaux usées apparents à la surface
- Infiltration importantes des eaux usées sur le sol des fondations.

A l'extérieur du bâtiment

On relève l'apparition de fissures importantes sur le sol, affaissement du terrain et signe de glissement.

- Regards extérieurs basculés suite au mouvement de la terre.
- Affaissement des terres au droit des fondations coté pignon du bloc
- Fractures importantes sur le sol facilite l'infiltration des eaux superficielles
- Absence d'un système de drainage et d'évacuation des eaux Les canalisations extérieures des eaux usées apparents à la surface
- Au pied du talus les eaux usées et de ruissellement déversent sur la cour du CEM.
- Le muret en béton au pied du talus de mauvaise qualité effondré



Fig V.60 Fissures en diagonales et verticales dans les panneaux et au droit des raidisseurs



Fig V.61Stagnation des eaux usées entre le bâtiment et le mur de clôture



Fig V.62 Basculement et cisaillement du béton du regard



Fig V.63 Sol fracturé et saturé d'eau



Fig V.64 Inondation de la cour du CEM par les eaux usées et de ruissellement

-



Fig V.65 Effondrement du mur bas talus du au glissement

Deuxième étape

Dans cette étape et après intervention d'un bureau d'étude, nous avons constatés des travaux engagée par l'entreprise chargé pour l'aménagement de ce site ont engendré des désordres. Les anomalies constatées dans cette phase sont les suivantes :

- terrassements anarchiques sans mesures préalables de protection du site ;
- Stockage des terres issues des terrassements en tête du talus ;
- Absence de dispositifs d'évacuation des eaux usées et de ruissellement adéquat ;
- Les ruissellements des eaux ont provoqués des coulées boueuses qui ont exercé une poussée contre le mur et envahis les ateliers du CEM en démolissant les murs de façades ;
    - Déstabilisation du talus
    - Glissement du mur de clôture en translation suivant la pente du talus avec un déplacement dépassant les cinq (05) mètres
    - Affaissement du sol des fondations du bâtiment n°01

- détachement du gros béton des semelles filantes de la file pignon laissant le bâtiment suspendu en porte à faux.
- fissures constatés sur les murs à l'intérieur des logements
- Réalisation d'un mur de soutènement en amont et à moins de 1.00 m du mur de clôture sans tenir compte des interférences de charges de pressions.
- Système d'évacuation des eaux usées provisoire est incorrect
- Mauvaise solution hâtive adoptée pour stabiliser le site
- Le nouveau mur de soutènement réalisé en amont du talus a subi des désordres après quelques jours (glissement, basculement, ouverture importantes des joints de dilatation ; éclatement de béton

Quelques jours après la tempête de neige et de pluie des mois de janvier et février 2012 qui a touché le nord du pays en particulier la wilaya de Médéa dont l'épaisseur de la neige a dépassé les deux mètres sur les hauteurs , les eaux pluviales et fonte de neige ont accentué et favoriser le mouvement du sol dans ce site. Le pied du talus dépourvu de butée, causant ainsi des éboulements entrainants de la terre boueuse des plantations, des arbustes à proximité du CEM.

- Inondation de la cour du CEM des eaux usées et des eaux
- Le nouveau mur de soutènement réalisé a subi des désordres qui consistent à l'éclatement de béton, basculement, écartement des joints de dilatation

f



figV.66 Evacuation des eaux usées provisoire et incorrect accentue le désordre



Fig V.67 Poussée des terres boueuses provoque l'effondrement du mur de façade



Fig V.68 Glissement du terrain causant effondrement du mur

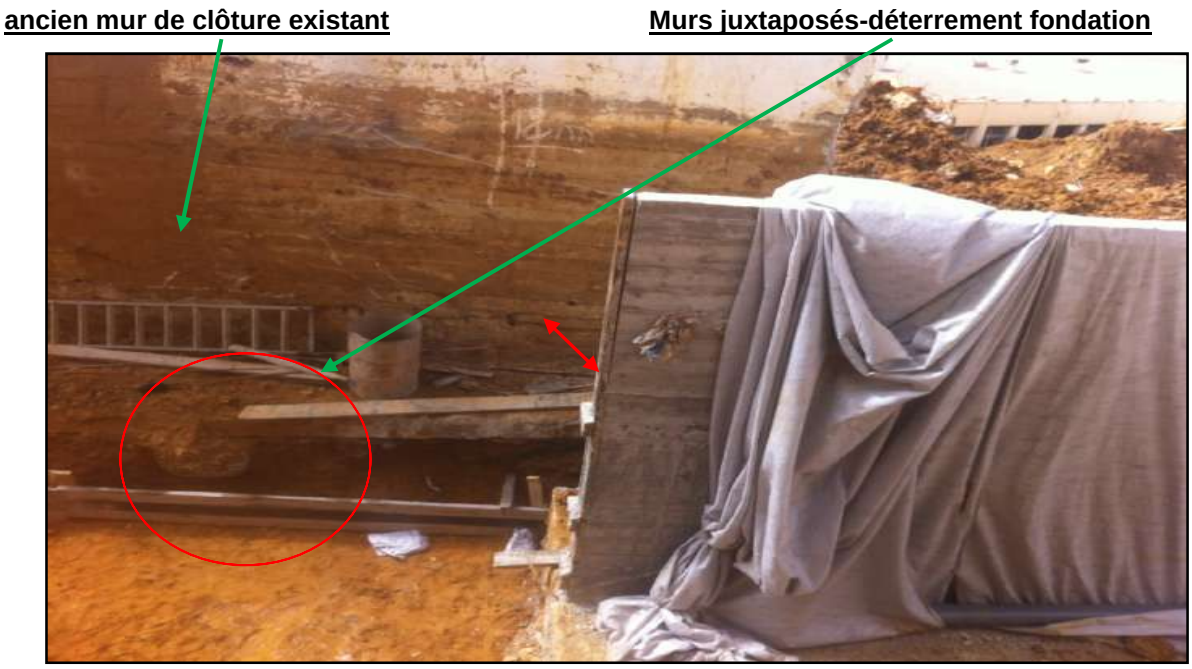


Fig V.69 Position du mur existant avant glissement



Fig V.70 Position de l'ancien mur après glissement- désordre précoce du mur



Fig V.71 Bâtiment en partie suspendu -Gros béton détaché de la semelle filante de rive



Fig V.72 Canalisations des eaux usées déversent dans un tonneau



Figv.73 basculement du nouveau mur de soutènement

- Mauvaise solution hâtive adoptée pour stabiliser le site
- Le nouveau mur de soutènement réalisé en amont du talus a subi des désordres après quelques jours (glissement, basculement, ouverture importantes des joints de dilatation ; éclatement de béton

Quelques jours après la tempête de neige et de pluie des mois de janvier et février 2012 qui a touché le nord du pays en particulier la wilaya de Médéa dont l'épaisseur de la neige a dépassé les deux mètres sur les hauteurs , les eaux pluviales et fonte de neige ont accentué et favoriser le mouvement du sol dans ce site. Le pied du talus dépourvu de butée, causant ainsi des éboulements entrainants de la terre boueuse des plantations, des arbustes à proximité du CEM.

- Inondation de la cour du CEM des eaux usées et des eaux
- Le nouveau mur de soutènement réalisé a subi des désordres qui consistent à l'éclatement de béton, basculement, écartement des joints de dilatation

IV.6 CAUSES DES DESORDRES

Les origines et les causes des désordres observées sur le site en question, sont dus principalement à plusieurs facteurs :

1. Négligence dans la prise en charge de l'entretien périodique des bâtiments d'habitation notamment les vides sanitaires et le réseau d'assainissement intérieur et extérieur , à commencer par l'usager qui ne respecte pas les dispositions réglementaires pour la préservation du patrimoine , comme exemple les corps solides jetés dans les toilettes (déchets ménagères ,etc..) entrainant le débouchage systématique le réseau d'assainissement notamment les siphons au logements du RDC ,par ignorance l'occupant utilise des outils durs pour son débouchage

,provoquant ainsi des perforations et infiltration des eaux usées sur le vide sanitaire , aussi le manque d'entretien et de renouvellement du réseau d'assainissement dépassant les délais réglementaires, négligence dans la réparation des canalisations d'eau potable détériorés , toutes ces fuites d'eau déversent ,et s'infiltre sur le sol des fondations et influe sur la résistance du béton des fondations , le système d'évacuation des eaux défectueux au sous sol a permis la propagation des eaux à l'extérieur des bâtiments causant des désordres .

2. L'action de l'eau est l'un des facteurs principaux déclenchant l'instabilité du site.

Les fortes précipitations et celles issus de la fonte des neiges très importantes s'infiltraient par le bais des fissures dans le sol et influe sur son comportement, la force de cohésion et la force de frottement ont diminués en raison de la poussée verticale, s'ajoute des remontées de la nappe phréatiques suite à la saturation du sol <Sr < ce facteur a provoqué un affaissement du sol sous mur de clôture , et chute de la résistance donnant naissance à des fissures en diagonales et verticale sur ce mur et l'instabilité des fondations , et glissement de masse .

3. Des travaux de terrassement anarchiques ont été exécutés sans précautions de protection en période hivernale ont participés à la déstabilisation du site.
4. Le stockage des terres en amont du talus ont favorisées le glissement.
5. Au bas talus absence de butée servant au blocage du glissement.
6. Les arbres implantés au bas talus qui normalement soutient la pente ont été entrainés et déracinés.
7. L'étude géotechnique effectuée sur le site est incomplète .la courbe de glissement, la surface de rupture et le type de glissement n'a pas

été déterminé afin de prendre les dispositions nécessaires de confortement et de stabilisation du site.

8. La réalisation du mur de soutènement devrait commencer par celui du bas talus au lieu du mur construit en amont.
9. Le moment de réalisation du mur de soutènement en amont n'a pas été étudié.non respect de la chronologie des priorités dans l'intervention des travaux.
10. Le diagnostique du phénomène est mal étudié, les données utiles sont incomplètes. l'enquête hydrogéologique du site et l'historique de la région n'a pas été effectuée condition nécessaire dans l'élaboration d'un diagnostique
11. Absence des réseaux d'évacuations des eaux de ruissellement.
12. La pente du talus est très importante.la quantité d'eau qui pénètre dans la pente est supérieure à la quantité d'eau qui s'en écoule, une pression interstitielle s'est formée. Cette pression a déclenché un glissement de terrain subit.



Fig V.74 Sol saturé d'eau souterraine et superficielle

Absence de butée –entrainement des arbres



Fig V.75 L'absence de butée et les arbres qui devraient soutenir le talus ont été arrachés par le mouvement

V .7 SOLUTIONS DE REPARATION

Avant d'entamer la procédure de réparation des désordres il est indispensable de faire un diagnostique rigoureux basé sur la récolte de toutes les informations utiles et nécessaires pour l'étude de la pathologie, de procéder à des essais de laboratoire, pour arriver au choix de la solution de réparation

Stabilité du site

Pour la stabilité du site deux solutions sont à envisager pour stabiliser le site, la première solution est celle proposée par le bureau d'étude chargé de l'opération de stabilisation du site CEM Khadidja Benyekhlef. La deuxième solution est celle que nous envisageons à proposer qu'on verra en détail les étapes à suivre pour la stabilité du site.

1. Solution du Bureau d'Etude.

En se basant sur les études géotechniques effectués par le laboratoire de l'habitat et de la construction du centre « LHCC ».qui a aboutit à travers les essais de laboratoire et in situ aux conclusions suivantes : En l'absence de substratum à plus de 30.00m d'après le rapport de sol et en considérant un sol saturé d'eau en profondeur, la totalité du site est en équilibre instable et précaire y compris en mode statique ; sur les 205 cercles étudiés, 185 185 présentent un facteur de sécurité nettement inférieur à 1 (Fs<1).

Il a été relevé :

- Une première zone de glissement au niveau des bâtiments à l'amont à une profondeur de l'ordre de 14.00 m et passant sous les murs de soutènement.
- Une deuxième zone de glissement passant sous le 2ème mur réalisé dont il a subi des désordres à une profondeur de l'ordre de 9.00 m .
- Une troisième zone de glissement profonde englobant les bâtiments et les murs de soutènement aussi bien à l'amont qu'à l'aval à une profondeur de l'ordre de 35.00 m.

Le bureau d'étude a rejeté la solution de confortement par des murs de soutènement au vu de l'absence de substratum à plus de 30.00 m de profondeur. Il a proposé une solution qui consiste à la réalisation de murs de soutènement sur pieux et micro pieux flottant (sans ancrage) comme suit :

- La mise en place d'une file de pieux sous murs de 0.30m de diamètre, L= 45.00, entre axes = 0.80m, pour stabiliser les bâtiments à l'amont Fig page 13 (dimens murs)-25 (stab)
- Une file de micro pieux sous murs de 0.20de diamètre, L = 40.00 m entre axes 1.00 m à l'aval pour protéger les infrastructures du CEM.

- La mise en place de deux files de micro pieux flottants de 0.20 m de diamètre avec L = 20.00 m et un entre axes de 1.20 m pour stabiliser le talus entre les bâtiments et le CEM.

Cette solution proposée par le bureau d'étude n'a pas été réalisée à ce jour pour les raisons suivantes :

- Le cout des travaux est trop excessif.
- Absence d'entreprises spécialisées à exécuter ce genre de travaux.
- La solution proposée risque de ne pas réussir, et de compliquer la stabilité du site et d'engendrer des désordres plus graves.
- Des études complémentaires devront être envisagées en associant des spécialistes multidisciplinaires en la matière afin de pouvoir dégager la solution la plus acceptable.

De plus le bureau d'étude n'a pas donné peut être une grande importance quant aux solutions techniques efficaces pour le drainage des eaux superficiels ainsi que les eaux souterraines sachant que le problème des eaux est le facteur essentiel qui a généré ces désordres, et le terrain est toujours en mouvement

2ème solution :

Si on revient à l'historique du site on s'aperçoit que la date de mise en exploitation des bâtiments objet de cette étude est en 1991 , celle du CEM Benyekhlef Khadidja créé en 1986 cela remonte à plus de 20 années sans incident ni désordres n'a été signalée ou constatés ,ce n'est qu'en 2012 et après la détérioration du réseau d'assainissement et l'absence de l'entretien périodique et la défaillance pour prise en charge des problèmes minimes au temps opportun qui ont évolue au fil du temps court malheureusement a amener la situation telle qu'elle se présente actuellement .

La déstabilisation du site par l'intervention des travaux de terrassement et de soutènement anarchique a fait que le sinistre s'est amplifié davantage et devient ainsi un problème pathologique sérieux, les acteurs d'intervention dans ce projet ont paniqué devant le sinistre dans une conjoncture défavorable et ils se sont précipités à trouver des solutions d'urgence sans faire un diagnostique exacte pour guérir à la source le mal qui était la cause de ces désordres. Donc afin de trouver une solution, il est utile d'illustrer le scenario depuis la date d'exploitation des bâtis sinistré jusqu'à la parution des premiers signes de désordres et l'évolution du phénomène de désordre, chercher les causes réelles qui ont déclenché les désordres et le facteur principale objet de ces sinistres,

Après avoir rassemblé toutes les données concernant la pathologie objet de notre présente étude à savoir ;

- L'historique de la zone à étudier ;
- L'enquête effectuée auprès des habitants de la région ;
- L'entreprise réalisatrice du projet des 500 logements Merdjechkir ;
- Le minimum des documents graphiques récupérés ;
- L'investigation visuelle des désordres ;
- La consultation du rapport de sol et ses compléments ;
- L'expertise effectuée par le bureau d'étude chargé de la stabilisation du site ;
- La consultation de l'organisme de contrôle technique de la construction CTC Centre et Sud ;
- Les ouvrages réalisés dans le site dans le cas du présent sinistre pour stabiliser le site et les leçons tirées de l'échec de la solution adopté dans sa démarche et sa conception ;
- Si on peut dire les erreurs commises lors de l'intervention des travaux et les conditions dans lesquelles ces travaux ont été

exécutés (conditions climatiques, normes techniques, synchronisation des étapes d'intervention, ordre de priorité des travaux, etc..) .

Sur cette base nous avons aboutit à cette proposition de solution conformément à la démarche suivante :

A .assèchement du site

1. Afin d'arrêter les infiltrations des eaux usées dans le sol il y'a lieu de Procéder à la réfection et/ou le renouvellement du réseau d'assainissement intérieur de tous les bâtiments avoisinants y compris le bâtiment sinistré, en veillant au dimensionnement adéquat.
2. Choisir un tracé de collecte et d'évacuation des eaux usées du coté périphérique du CEM de préférence.
3. Créer un système d'évacuation des eaux superficielles de ruissellement des eaux pluviales et en abaissant par différentes techniques de drainage le niveau des eaux souterraines
4. On doit procéder à l'imperméabilisation totale du site concerné entre les bâtiments et le CEM

Attendre quelques mois jusqu'à l'assèchement du sol saturé d'eau pour pouvoir entamer les travaux de confortement du site glissant.

B. Décharger le talus en amont

- L'allègement en tête de glissement consiste à venir terrasser dans la partie supérieure. Il en résulte une diminution du poids moteur et, par conséquent, une augmentation du coefficient de sécurité. La méthode de dimensionnement consiste en un calcul de stabilité le long de la surface de rupture déclarée en prenant en compte la modification de géométrie en tête.

On peut également substituer le matériau terrassé par un matériau léger (polystyrène, matériau à structure alvéolaire, etc.) ;

- évacuer les terres décomprimées dus au glissement ;

- réaliser un système de banquette avec un talutage dont la pente ne dépassant pas les 2/3 conformément aux règles techniques de stabilisation des talus ;

- réaliser des murets de soutènement au niveau de la base des banquettes qui seront calculés aux différentes sollicitations classiques , vérification au reversement et au glissements, munis d'une bêche au niveau des fondations , et un système de drainage derrière le mur pour collecter les eaux superficiels ,et des barbacanes dans le mur ainsi que des cunettes en béton à la base.

- création d'une butée et réalisation d'un mur de soutènement au pied du talus pour protéger le CEM des éventuels éboulements et un drainage conséquent.la réalisation des murs de soutènement doit commencer par celui de l'aval du talus pour la création de la butée ;

-réaliser un dallage périphérique en béton armé avec une pente minimale de 1% et un caniveau incliné relié avec l'exutoire ;

- réaliser un système de drainage peu profond à profond dans le sens perpendiculaire au sens de glissement ,situés au droit des plates formes des banquettes cités précédemment qui serviront au rabattement des eaux souterraines , tout en respectant les pentes d'évacuation des eaux vers l'exutoire .

Il est à signaler que tous ces travaux devront être réalisés en période sèche et en dehors de la période hivernale.

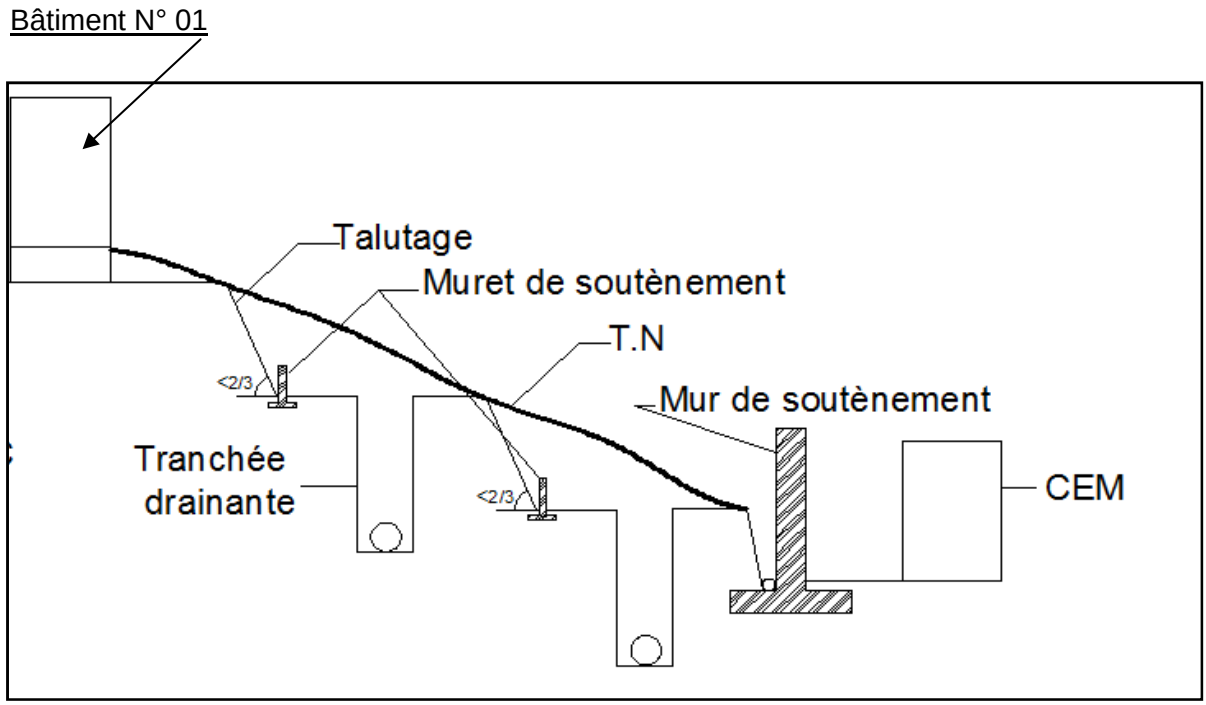


Fig V.76 Solution proposée pour la stabilité du site

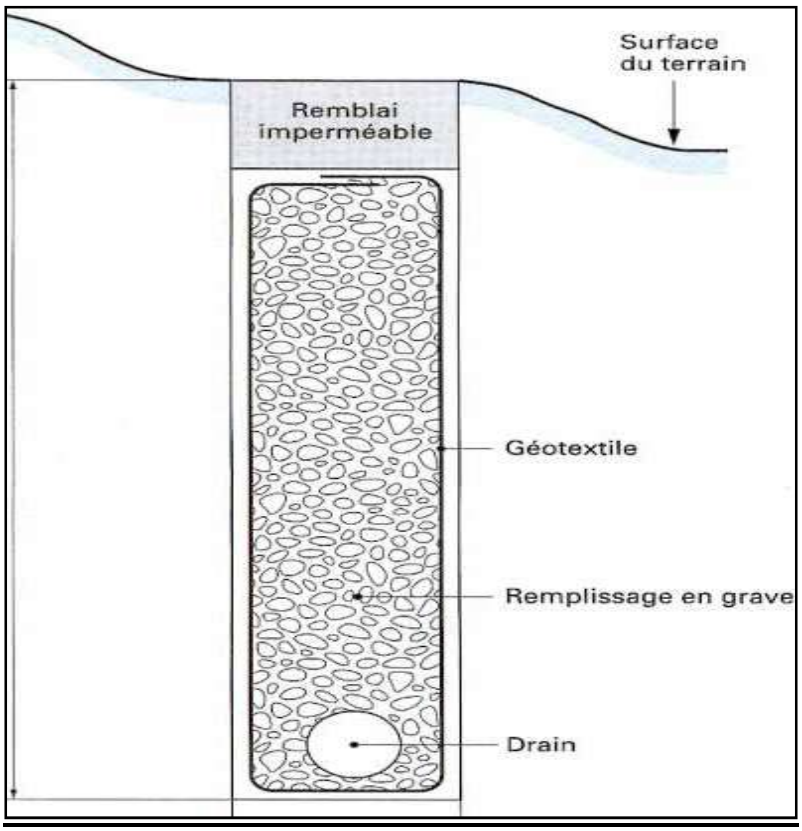


Fig V.77 Détail de réalisation d'une tranchée drainante

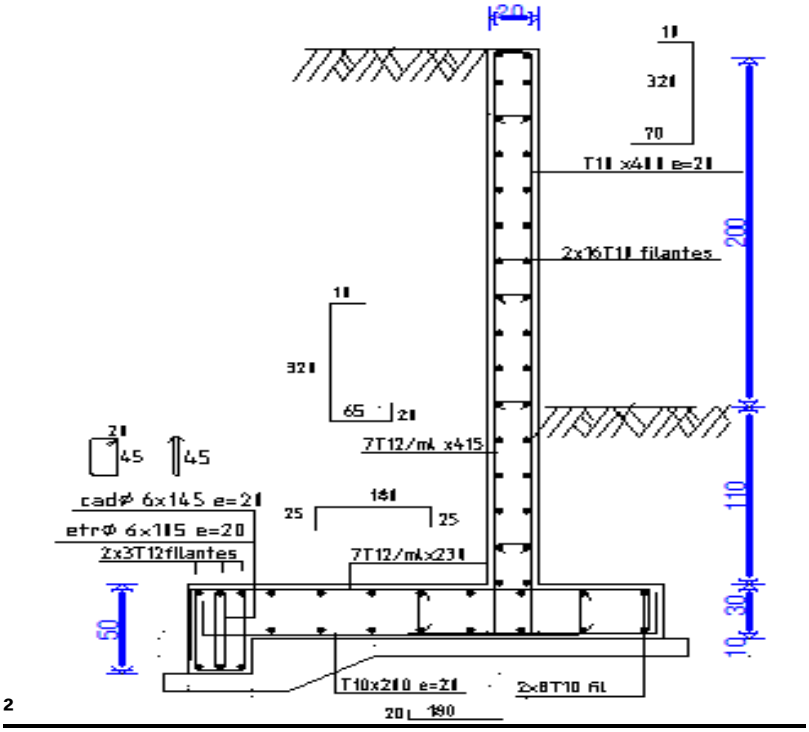


Fig V.78schéma d'un mur de soutènement

Réparation des constructions endommagées :

1. Bâtiment n° 01 d'habitation :

L'avantage dans la réparation de ce bloc est que les habitants ont été évacués et relogés dans un autre endroit , l'entreprise de réalisation peut programmer son intervention normalement sans aucune contrainte .Avant d'entamer les travaux de réparation il y'a lieu de prendre les précautions nécessaire de sécurité dans le bloc sinistré, Procéder d'abord à l'étaiement de la partie du bloc en porte à faux en sous sol par des moyens adéquat Dégager les blocs de béton soigneusement en prenant toutes les précautions nécessaires de sécurité, Procéder au nettoyage de l'assise des fondations, commencer par réalisation des plots en béton avec un dosage de 350 kg/m3 comme première phase à l'angle du bloc et au niveau des extrémités des travées transversales sinistrés, les plots devront être coffrés

avant de procéder au coulage du béton tout en assurant l'ancrage minimum de ces plots ,quelques jours après , le durcissement et la prise du béton est atteint on procède au coulage du reste de l'assise de la semelle filante la surface en plan de ce béton devra déborder la largeur de la semelle. Reprendre soigneusement les fissures à l'intérieur des logements.

Pour ce qui est du sous sol la réparation et/ou le renouvellement du réseau d'assainissement il est impératif travailler sur la base d'une étude conforme aux règles de l'art et du diagnostique sérieusement élaboré, il est souhaitable d'éviter le système classique du réseau d'assainissement dans le sous sol et de le déplacer vers l'extérieur pour des raisons d'hygiène et de facilité d'intervention pour l'entretien des vides sanitaires.

2. Salle du CEM endommagés :

- Evacuer les terres décomprimés issues du glissement de terrain et nettoyer le pourtour du CEM coté nord, Après évacuation des terres et des débris provenant de la démolition du mur de la façade, reprendre soigneusement le mur façade postérieure en maçonnerie double cloison, revoir toutes les fissures des murs et plafonds.
- Prévoir un dallage périphérique en béton avec une pente supérieur à 1%, et des
- Réaliser des cunettes à l'extrémité du dallage pour être évacuer vers l'exutoire.

Conclusions générales et recommandations

Conclusions

Dans cette étude , nous avons pris le soin de voir des cas pathologiques dans divers sites dans la région de Médéa ,des sites prédisposés aux mouvement des terres et connus dans cette zone comme étant sites instables qui se présentent particulièrement dans le prolongements du versant nord de la commune du pole urbain jusqu'à ouzera situé à l'est de la commune de Médéa au nord ouest comme la zone el kouteb ou plusieurs habitations individuelles ont subi des glissements et des dommages importants dont certaines ont évacués et abandonnées leurs habitations , ces désordres se caractérisent par l' effondrement des parties de structure , l'affaissement des chaussées qui a exigé la reprise de réparation par la réalisation des murs de soutènement sur pieux pour stabiliser le sol dans cette localité , la remontée des eaux souterraines , et les terrassements anarchiques dans des zones susceptibles de déclencher des glissements .nous citons dans cet exposé la zone de chrachria vulnérable est une zone vulnérable très accidenté et glissante dus à la présence des eaux souterraine et superficielles notamment les remontée d'eau des nappes phréatiques dont les dégâts ont été observés ,il est à signaler l'affaissement des chaussées ,les désordres dans les constructions individuelles et publiques telles que la cité universitaires de kouala , des projets de logements ont été entamées , et vue les désordres apparus dans les structures, certains projets de logement ont été abandonnés et délocalisés dans d'autres site , et enfin on cite le versant sud ouest de Médéa en l'occurrence Draa smar ou plusieurs projets de

constructions ont fait l'objet de glissement et de gonflement du sol , cette zone quasiment inconstructible sans étude technique et géotechnique approfondie et sans protection spéciale à entreprendre, notamment les soutènements, les drainages .

A travers les différentes expertises concernant les pathologies recensés dans la région de Médéa, il nous a paru utile d'élaborer un résume sur les recommandations à respecter qui servira comme guide pour l'élaboration d'un projet jusqu'à son achèvement et la gestion des patrimoines durant la mise en exploitation afin d'éviter des désordres liées à l'absence d'entretien d'une part et à la mauvaise exploitation des constructions

Recommandations pour l'Elaboration d'un Projet

Dans l'élaboration d'un projet on peut répartir le travail à quatre phases distinctes :

A. Phase 1

-Choix de terrain
-Etude topographique
-Etude géotechnique du sol
-Etude d'aménagement du site

B. Phase 2

-Etude de conception architecturale, Génie civil et Contrôle plans d'exécution par le bureau de contrôle technique

C. Phase 3

-Choix de l'Entreprise
-Implantation de l'ouvrage
-Réalisation de l'ouvrage
-Suivi des travaux de réalisation

D. Phase 4

-Réception des travaux de l’ouvrage
- Etablissement du plan de recollement

A. Phase 1 :

- **Choix de terrain**

Pour le choix de terrain la commission chargé à cet effet devra signaler toute anomalies lié à la réalisation du projet, site inondable, site volcanique, passage d’une ligne électrique, passage d’un réseau gaz ou assainissement principal, site archéologique, etc..

De plus une attention particulière doit être portée aux conditions défavorables ou pénalisantes suivants tels que la Présence de failles reconnues actives - zones suspectes de liquéfaction-terrains instables c'est-à-dire les Pentes instables aux abords de falaises, rives et bergs sujettes à affouillement, Terrains tassant, gorgés d’eau, mal drainés ou inondables, Terrains susceptibles de s’effondrer sous l’effet des secousses, présence de cavités souterraines -Présence de remblais non compactés.

Topographie superficielle accidentée : crêtes, pitons rocheux, bords de vallées encaissées, abords de changement de pente importants.

Présence d’alluvions d’épaisseur variable en pied de pente ou d’épaisseur important en milieu de vallées (susceptible d’amplification).

Présence de formations géologiques différentes :Le choix définitif du site arrêté sur la base des résultats d’investigations dont l’importance de ces investigations pourra être utilement orientée par les résultats de microzonage sismique là ou elles existent.

- **Implantation des ouvrages**

Lors de l'implantation des ouvrages , il faudrait éviter absolument la proximité immédiate d'une faille reconnue active pour les ouvrages importants et ceux d'importance vitale ; si le tracé de la fouille a été localisé à l'issue d'une étude de site préalable , les ouvrages d'importance moyenne doivent faire l'objet d'un niveau de protection plus élevée et être implantés en dehors d'une bande de 100 m de large minimum de part et d'autre de la tracé des faille , pour les ouvrages d'importance faible , la largeur de la bande à neutraliser est ramenée à 50 m , de part et d'autre de la faille.Eviter autant que possible les terrains instables et les terrains à topographie accidentées-Eviter les sols liquéfiables, les sols fortement fracturés, les sols faiblement cimentés et les zones de remblais.

Il est par ailleurs recommandé de Préférer les sols rocheux et les sols fermes aux sols meubles, de faible portance et donnant lieu à des tassements excessifs et irréguliers, Veiller à ce que la couche d'appui des fondations soit suffisamment épaisse et qu'elle ne repose pas elle-même sur une couche instable, Implanter autant que possible , les bâtiments élevés sur des sites rocheux ou sites de sols fermes de faible épaisseur et les bâtiments bas sur des sites de sols fermes ou meubles relativement épais et ce pour éviter les phénomènes de résonnance, opter de préférence pour plusieurs blocs de bâtiments sur plates-formes horizontales lors de l'implantation d'un programme important de constructions sur un terrain en pente .la pente des talus dont la stabilité reste à vérifier ne doit pas dépasser 2/3.

- **Levé topographique du terrain**

Levé topographique qui a pour objectif l'établissement de plan ou de carte sur la base d'informations recueillies sur le terrain et portant récolte de tous les éléments naturels ou artificiels le constituant. Il se fait essentiellement par la mesure d'angles topographiques, horizontaux et verticaux, et de distances, permettant d'accéder aux éléments de planimétrie : les voies de communication (routes, chemins, croisements, le parcellaire physique, l'hydrographie (rivières, ruisseaux, lacs, étangs...), l'occupation du sol : le bâti, les bois, les terrains de sport, les centres industriels, etc, et d'altimétrie comprend les points cotés et les courbes de niveau.

- **Etude géotechnique du sol**

Cette étude est faite au moyen d'enquêtes, de sondage et d'essais se rapportant au sol de fondation qui correspond à l'ensemble des activités liés aux application de la mécanique des sols, de la mécanique des roches et la géologie en général .La mécanique des sols étudie particulièrement le comportement des sols sous leurs aspects résistances et déformabilités.

A partir d'essais de laboratoire et in situ de plus en plus, la mécanique des sols doit fournir des données nécessaires pour l'étude de génie civil et de bâtiment en vue d'assurer la stabilité en fonction des sols sur lesquelles ils doivent être fondés ceci durant la progression des travaux qu'après mise en service des ouvrages. Donc les reconnaissances et étude de sol sont obligatoires pour les ouvrages d'importances moyenne ou plus, implantés en zones de sismicité moyenne à élevé. Des études sont en principe les mêmes que dans le cas des sites non sismiques mais doivent en outre, permettre de classer le site et de détecter les zones liquéfiables et/ou instables. Des reconnaissances et études complémentaires peuvent

s’avérer nécessaires en présence notamment de zones liquéfiables ou instables ainsi que pour la prise en compte éventuelles des propriétés dynamiques des sols dans les calculs.

- **Etude d’aménagement du site**

Certains projets de tailles importantes tel que le pole urbain à Médéa implanté sur un site accidenté , complexe et vulnérable aux mouvements de sol , nécessite une étude d’aménagement d’ensemble bien avant le commencement des travaux des dits projets , en réalisant des plates formes, stabiliser les terrains susceptibles au glissements ,de prévoir des murs de soutènement nécessaires , un système de drainage des eaux souterraines et superficielles adéquat ,et d’établir un plan d’intervention et d’organisation des chantiers pour chaque projet avec les différentes entreprises afin d’éviter des interférences et des désordres causés par l’anarchie des terrassement , la déstabilisation des talus issus de la désorganisation des intervenants.

- **Etude architecturale et génie civil**

L’étude d’architecture et de génie civil d’un projet est impérative avant d’entamer tous travaux de construction, qu’il soit privé ou public, suite aux différents sinistres enregistrés, en Algérie la réglementation a été renforcé par les textes de réglementation qui exige en plus de l’étude architecturale, l’étude de génie civil doit obligatoirement être conçu par un ingénieur. Si un projet est mal conçu par l’architecte, la structure à beau être calculée pour satisfaire à la lettre les règles parasismiques, le bâtiment reste congénitalement vulnérable. La contrainte est encore plus évident : une construction de conception architecturale saine n’a aucune chance, si les calculs de l’ingénieur ne sont pas représentatifs et bien

entendu si les plans d'exécution ne comportent pas les détails nécessaires à une bonne exécution. Pour une nouvelle construction, il en résulte une nécessité absolue : la collaboration architecte- ingénieur.

Dans ce cas, le maitre d'ouvrage public ou privé doit :

a. Associer – dés les premières esquisses du bâtiment à construire : l'architecte et l'ingénieur,
b. Leur donner le mandat explicite de concevoir ensemble un ouvrage parasismique.
c. L'architecte doit connaitre et comprendre les principes de l'architecture parasismique et admettre que l'ingénieur l'aide dans la conception.
d. L'ingénieur doit savoir, vouloir et pouvoir être Co-concepteur et non seulement calculateur.
e. La qualité d'un bâtiment, qui es jugée par son bon comportement à l'action sismique, est obtenue à parti d'un travail en équipe par la prise en compte de cette réalité :

- Conception architecturale ; collaboration étroite entre l'architecte et l'ingénieur
- Analyse par calcul du comportement du bâtiment : hypothèse de base de génie civil, notes de calculs et plans d'exécution ; collaboration étroite entre l'ingénieur d'études et celui du bureau de contrôle.
- Vérification et approbation par le bureau de contrôle des hypothèses, des notes de calculs et des plans d'exécution avant le début des travaux.
- La qualité d'un bâtiment, qui st jugée par son bon comportement à l'action sismique, est obtenue à partir d'un travail en équipe par la prise en compte de cette réalité :
- Conception architecturale ; collaboration étroite entre l'architecte et l'ingénieur.

- Analyse par calcul du comportement du bâtiment : hypothèse de base de génie civil, notes de calculs et plans d'exécution ; collaboration étroite entre l'ingénieur d'études et celui du bureau de contrôle.
- Vérification et approbation par le bureau de contrôle des hypothèses, de notes de calculs et des plans d'exécution avant le début des travaux,
- Examen de la possibilité de la mise en œuvre du ferraillage ; collaboration étroit entre l'ingénieur d'études et l'entreprise

  Nous avons eu l'occasion dans certains cas de voir des plans de détails d'exécution sans que les armatures au droit des nœuds soient prévues, alors que cette erreur représente un grand danger pour la construction cas de séisme.
- Préparation de la fourniture d'un béton de qualité avant le début des travaux le non prise en considération de cette procédure souvent est la conséquence de l'utilisation d'un béton médiocre.
- Approbation par le bureau de contrôle de la bonne disposition des armatures avant bétonnage, collaboration étroite entre le bureau d'étude, de contrôle et l'entreprise
- Mise en œuvre d'armatures et de béton ; auto contrôle de l'entreprise et contrôle continu de l'organisme technique externe.

- **Choix de l'entreprise et Réalisation du projet**

Le choix de l'entreprise de réalisation doit obéir à des critères de qualification réelle et universels dans le monde:

Critères de qualification :

L'entreprise doit avoir une expérience dans le domaine de la construction et des références professionnels des projets réalisés et réceptionnées dans les règles de l'art, elle doit avoir des justifications du

respect des délais de réalisation pour les projets déjà exécutés, doit justifier les moyens matériels réellement constatés par le maitre de l'ouvrage sur le terrain (parc du matériels et document preuves à l'appui),un personnel technique adéquat (ingénieurs, architectes, techniciens, conducteurs de travaux etc..)

disposée des moyens financiers justifiés par la banque, les prix proposés dans la soumission devront être objectifs et logiques et Enfin il est à signaler que le critère de choix par le maitre de l'ouvrage sur « **l'offre des prix moins disante** » souvent est la conséquence de la souffrance du projet en matière de délais et au détriment de la qualité des travaux.

- **Suivi des travaux de réalisation**

Pour les projets publics , le maitre d'ouvrage doit impérativement désigner un bureau d'étude pour lé suivi de ces projets appelé généralement le maitre de l'œuvre ,la mission de suivi consiste à faire respecter les plans d'exécution et les règles techniques de construction , contrôler la qualité des travaux ,respect des délais de réalisation et le planning d'avancement des travaux, réception des ferraillage ,contrôler le coulage des bétons, proposer des solutions , sous le contrôle de l'organisme technique de la construction comme prévoit la réglementation.

- **Réception du projet**

La commission chargé de la réception du projet doit contrôler minutieusement l'ouvrage et procéder à des essais sur les réseaux : électrique, gaz, eau potable et spécialement le réseau d'assainissement par des spécialistes dans le domaine afin d'éviter d'éventuels sinistres. L'entreprise doit opérer des autos contrôle périodique pour chaque phase des travaux. Le bureau d'étude et le bureau de contrôle devront accomplir

leur mission dans les règles de l'art et suivant la réglementation technique en vigueur, une étroite collaboration entre les différents acteurs est indispensable pour la réussite du projet et afin d'éviter des catastrophes, et des dépenses supplémentaires induits par les erreurs dans la réalisation.

- **Etablissement du plan de recollement**

Un recollement est une opération consistant en fin de chantier à comparer les plans du projet aux ouvrages réalisés. Le but du recollement est de relever la position réelle des objets ou travaux réalisés (qui peut différer de l'implantation prévisionnelle projetée avant les travaux) et de les implanter dans un référentiel précis , afin de conserver la mémoire de ces projets , de leurs caractéristiques et de leur positionnement , notamment lorsqu'ils sont enterrés (réseaux), ces plans présentent un grand intérêt dans une optique d'efficacité de la maintenance des réseaux, de prévention des accidents (gazoducs enterrés, eaux potables, assainissement etc) , de planification des travaux ultérieurs etc..

Un plan de recollement est un plan qui décrit les travaux réellement réalisés à la fin d'un chantier par opposition aux plans de projet qui décrivent les travaux prévus. Il peut soit être établi par un bureau d'étude, soit par l'exécutent des travaux à partir du dernier indice du plan d'exécution des ouvrages, il doit être conforme aux exigences du cahier des clauses administratives générales (CCAG),Il doit être fourni à l'administration dans le cadre d'une demande de permis modificatif pour permettre d'établir le certificat de conformité des travaux réalisés , d'autre part au maitre d'ouvrage pour permettre la réception de la construction et la mise en garantie. Les plans exigés en général : les plans de structure, fondations, façades, plans étage –Plans de réseaux intérieurs et extérieurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]. jean Blevot ingénieur des arts et manufactures conseiller technique du bureau securitas , Pathologie des constructions en béton arme Annales de L'institut technique de bâtiment et des travaux publics ,Supplément au n° 320 SEPTEMBRE 1974-SERIE : gros œuvre n° 23,Chronique du bureau securitas et de la socotec- 127 pages

[2]. Boudali Rabah –CTC Médéa ,Expertise du 05/09/1990

[3]. Victor DAVIDOVICI – Consultant Dynamique concept-séisme , Rapport de mission de Boumerdes du 21 Mai 2003, 82 pages

[4]. Abderrahmane Laribi , Pathologie et qualité des constructions dans l'Ouest Algérien-Etude statique Mémoire de Magister - 103 pages

[5.] Ghomari Fouad –Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen ,Pathologie des constructions GCL 566 - 91 pages

[6]. l'ingénieur H.Ayadi CTC Est-Constantine , la qualité du béton en climat chaud PROCEEDINGS -séminaire international à Ghardaia mars 1994 –355 pages

[7]. H.AYADI Directeur technique CTC –Est , pathologie des ouvrages -34 pages

[8]. François SCHLOSSER Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Président-Directeur Général de Terrasol , traité Construction C 244 Techniques de l'Ingénieur-23 pages

[9]. Kamel M'ZOUGHEM et Walid CHENAFA , Etude géotechnique de la stabilité des talus dans la carrière d'Ain El Kebira (Sétif), 68 pages,

Campy M., Macaire J.J., (2003). Géologie de la surface. Erosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux. Dunod. Paris. 488 p.

[10]. Absi, A CEBTP-Paris « Pathologie des fondations et des ouvrages en terre »

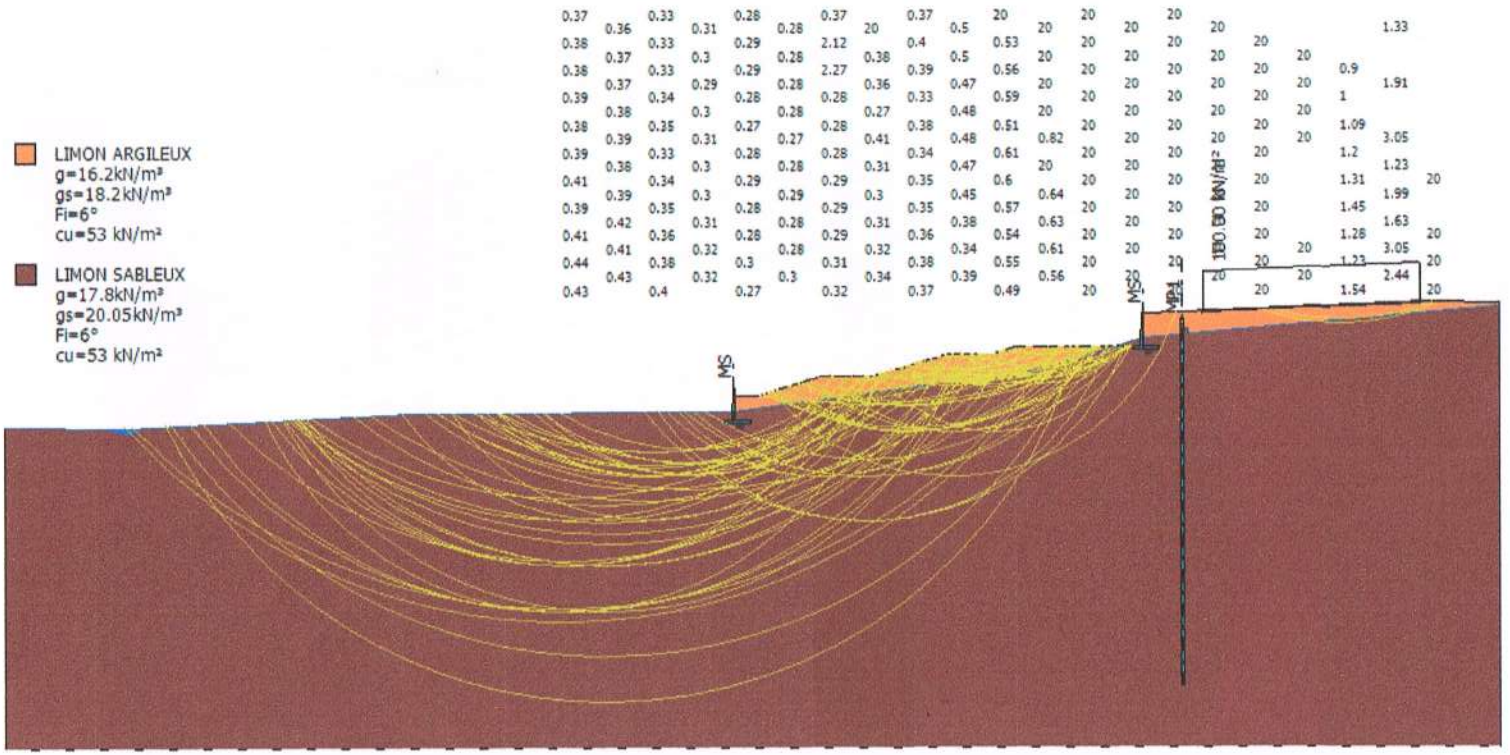
[11]. Houssine EJJAAOUANI ,Sujet de thèse de doctorat: présentée à Champs-sur-Marne le 9 juillet 2008,INTERACTIONS DES FONDATIONS ET DES SOLS

GONFLANTS : PATHOLOGIE, CALCULS ET ÉTUDESEXPÉRIMENTALES. 243 pages

ANNEXES

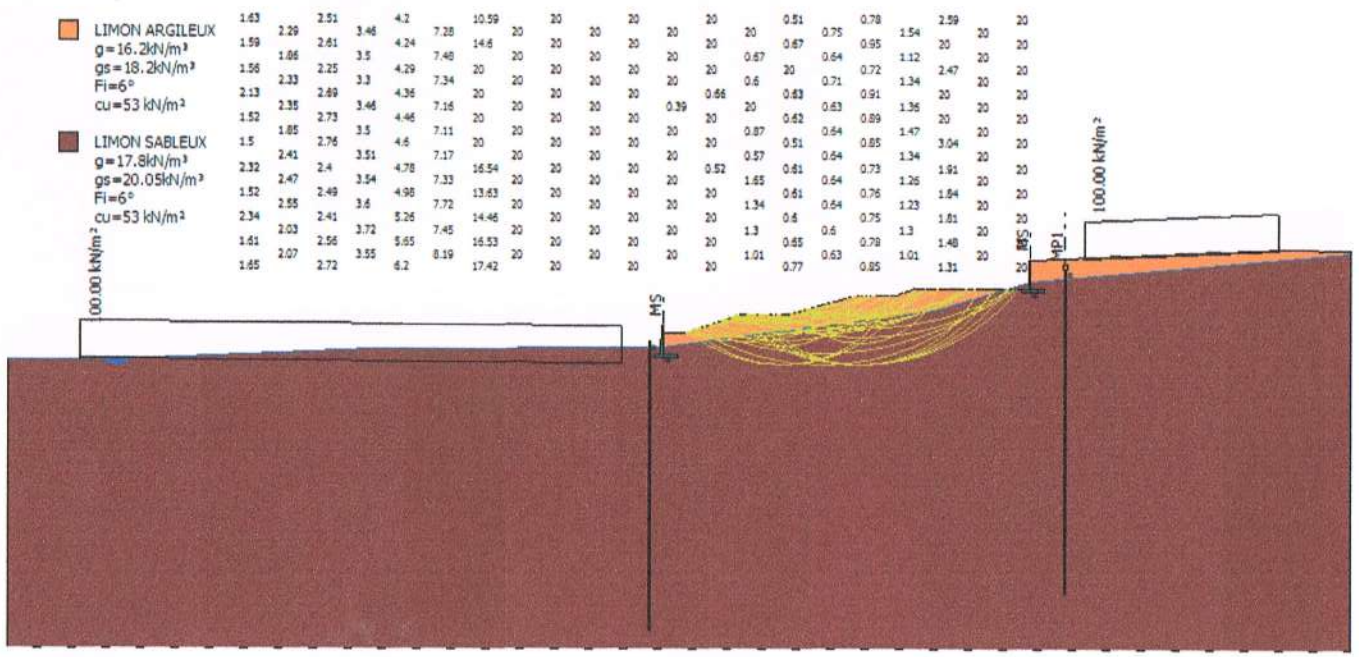
CEM KHADIDJA BENT LAKHLEF - STABILITE DE TALUS APRES CONFORTEMENT

MODE DYNAMIQUE - FILE DE PIEUX DE 0.30 m ENTREAXE 0.80 m



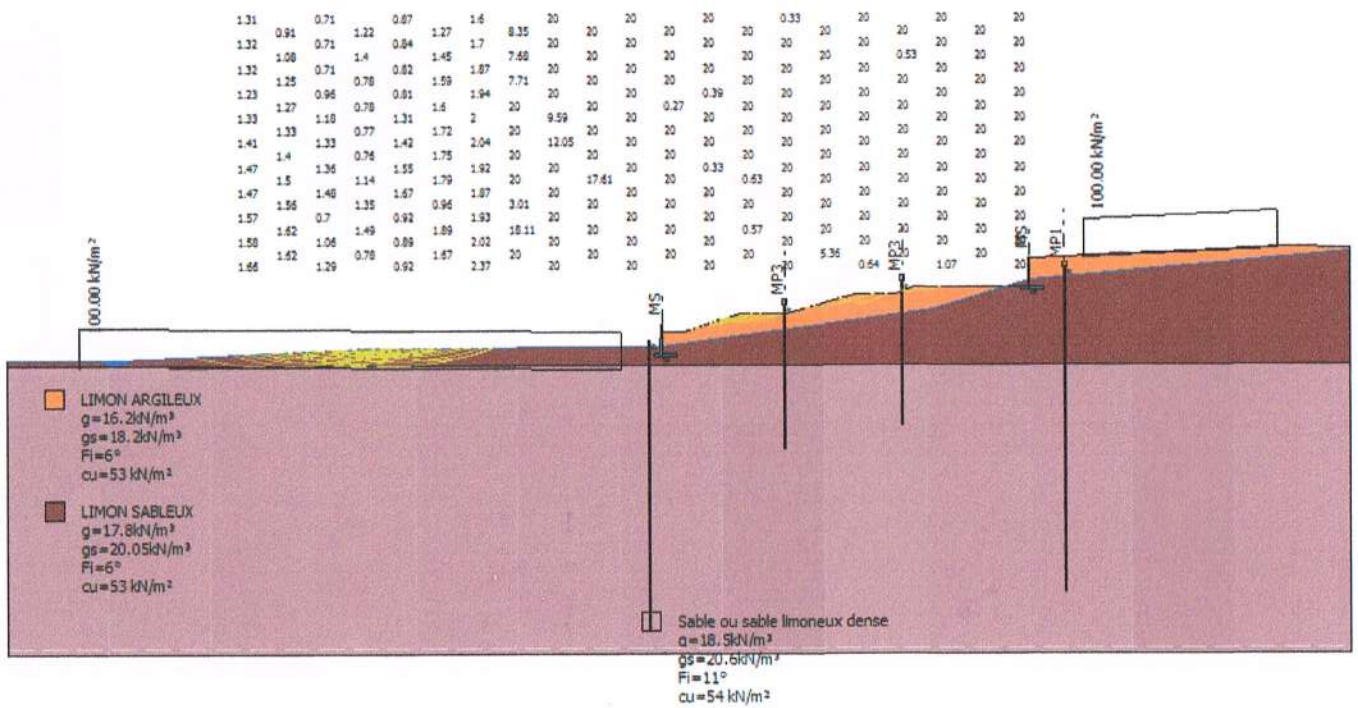
CEM KHADIDJA BENT LAKHLEF - STABILITE DE TALUS APRES CONFORTEMENT

MODE STATIQUE - FILE DE PIEUX DE 0.30 m ENTREAXE 0.80 m à l'amont
et FILE DE MICRO PIEUX DE 0.20 m ENTRE AXE 1.00 m à l'aval



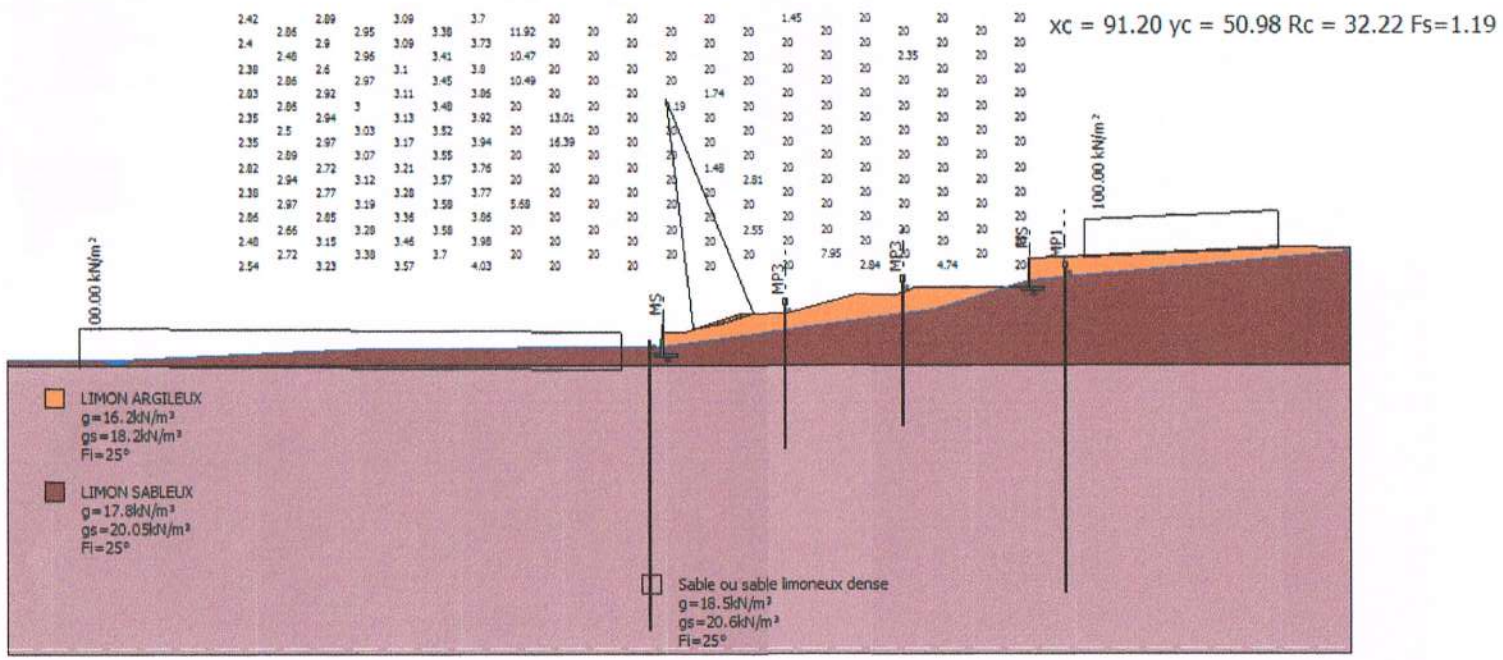
CEM KHADIDJA BENT LAKHLEF - STABILITE DE TALUS APRES CONFORTEMENT EN MODE DYNAMIQUE

MODE STATIQUE - FILE DE PIEUX DE 0.30 m L= 45.00 m ENTRE AXE 0.80 m à l'amont
et FILE DE MICRO PIEUX DE 0.20 m L = 40.00 m ENTRE AXE 1.00 m à l'aval
+ 2 FILES DE MICRO PIEUX INTERMEDIAIRE DE 0.20 M L = 20.00 m ENTRE AXE DE 1.20 M



CEM KHADIDJA BENT LAKHLEF - STABILITE DE TALUS APRES CONFORTEMENT EN MODE DYNAMIQUE - LONG TERME

MODE STATIQUE - FILE DE PIEUX DE 0.30 m L= 45.00 m ENTRE AXE 0.80 m à l'amont
et FILE DE MICRO PIEUX DE 0.20 m L = 40.00 m ENTRE AXE 1.00 m à l'aval
+ 2 FILES DE MICRO PIEUX INTERMEDIAIRE DE 0.20 M L = 20.00 m ENTRE AXE DE 1.20 M



CEM KHADIDJA BENT LAKHLEF - STABILITE DE TALUS

MODE STATIQUE

