



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES





Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES



## VOLUME A

PROCEDURES  
DE CONCEPTION  
DES ROUTES  
RURALES

SOMMAIRE

|                      |                                                                |                  |
|----------------------|----------------------------------------------------------------|------------------|
| <b><u>A - 1.</u></b> | <b><u>TOPOGRAPHIE</u></b>                                      | <b><u>11</u></b> |
| A - 1.1.             | TYPE DE LEVE _____                                             | 11               |
| A - 1.2.             | RATTACHEMENTS _____                                            | 12               |
| A - 1.3.             | ECHELLE _____                                                  | 12               |
| A - 1.4.             | DENSITE _____                                                  | 13               |
| A - 1.5.             | PRECISION _____                                                | 13               |
| A - 1.6.             | DOCUMENTS A REMETTRE _____                                     | 13               |
| A - 1.6.1            | DOSSIER TOPOGRAPHIQUE _____                                    | 13               |
| A - 1.6.2            | SUPPORT NUMERIQUE _____                                        | 13               |
| A - 1.7.             | PRESENTATION _____                                             | 14               |
| <b><u>A - 2.</u></b> | <b><u>NORMES GEOMETRIQUES</u></b>                              | <b><u>16</u></b> |
| A - 2.1.             | CHOIX DE LA CATEGORIE _____                                    | 16               |
| A - 2.2.             | CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES EN PLAN ET EN LONG _____         | 18               |
| A - 2.3.             | DISPOSITIONS PARTICULIERES _____                               | 19               |
| A - 2.3.1            | TRACE EN PLAN _____                                            | 19               |
| A - 2.3.2            | PROFIL EN LONG _____                                           | 19               |
| A - 2.4.             | REGLES DE PROGRESSIVITE ET DE CONTINUITE _____                 | 19               |
| A - 2.5.             | REGLES DE COMPATIBILITE _____                                  | 20               |
| A - 2.6.             | VISIBILITE : _____                                             | 24               |
| A - 2.7.             | COORDINATION TRACE EN PLAN – PROFIL EN LONG : _____            | 25               |
| A - 2.8.             | DEROGATIONS _____                                              | 26               |
| A - 2.8.1            | EN TERRAIN MONTAGNEUX DIFFICILE : _____                        | 26               |
| A - 2.8.2            | EN TRAVERSEE DE LOCALITES OU DE DOUARS : _____                 | 26               |
| <b><u>A - 3.</u></b> | <b><u>PROFILS EN TRAVERS</u></b>                               | <b><u>28</u></b> |
| A - 3.1.             | LARGEUR DE LA PLATE-FORME : _____                              | 28               |
| A - 3.2.             | DEVERS _____                                                   | 28               |
| A - 3.2.1            | POUR LES PROJETS DE CONSTRUCTION : _____                       | 29               |
| A - 3.2.2            | POUR LES PROJETS D'AMENAGEMENT : _____                         | 30               |
| A - 3.3.             | SURLARGEURS AU NIVEAU DES VIRAGES _____                        | 31               |
| A - 3.4.             | ½ PROFIL COTE MONTAGNE _____                                   | 32               |
| A - 3.5.             | PROFILS EN TRAVERS AU NIVEAU DES TRAVERSEES DE LOCALITES _____ | 33               |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| A - 3.6. BETONNAGE DES ACCOTEMENTS _____                            | 33 |
| A - 3.7. DIMENSIONS DES FOSSES : _____                              | 33 |
| A - 3.8. PROJECTION DES FOSSES DE CRETE ET DE PIED DE REMBLAI _____ | 34 |
| A - 3.9. TRAITEMENT DES FOSSES DES PISTES INTERCEPTES : _____       | 34 |

#### **A - 4. CARREFOURS** **36**

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| A - 4.1. TYPE D'AMENAGEMENT _____         | 36 |
| A - 4.2. GEOMETRIE _____                  | 37 |
| A - 4.3. ASSAINISSEMENT _____             | 37 |
| A - 4.4. VISIBILITE _____                 | 38 |
| A - 4.5. SIGNALISATION _____              | 38 |
| A - 4.5.1 SIGNALISATION VERTICALE _____   | 38 |
| A - 4.5.2 SIGNALISATION HORIZONTALE _____ | 39 |

#### **A - 5. CHAUSSEE** **41**

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| A- 5.0. PORTEE DU GUIDE : _____                                   | 41 |
| A - 5.1. TRAFIC : _____                                           | 41 |
| A - 5.1.1 INTRODUCTION _____                                      | 41 |
| A - 5.1.2 TRAFIC DE MISE EN SERVICE (T) : _____                   | 42 |
| A - 5.1.3 CALCUL DU TRAFIC CUMULE (N) : _____                     | 42 |
| A - 5.1.4 TRAFIC CORRIGE (TRC) : _____                            | 43 |
| A - 5.1.5 CLASSES DE TRAFIC : (TRI) _____                         | 44 |
| A - 5.2. CONCEPTION GEOMETRIQUE, ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE _____ | 45 |
| A - 5.2.1 GEOMETRIE : _____                                       | 45 |
| A - 5.2.2 ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE : _____                      | 45 |
| A - 5.3. ENVIRONNEMENT _____                                      | 47 |
| A - 5.3.1 ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE : _____                        | 47 |
| A - 5.3.2 ENVIRONNEMENT GEOTECHNIQUE : _____                      | 47 |
| A - 5.4. PLATEFORME SUPPORT DE CHAUSSEE _____                     | 48 |
| A - 5.4.1 PREAMBULE : _____                                       | 48 |
| A - 5.4.2 PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE : _____        | 48 |
| A - 5.4.3 CLASSIFICATION DES SOLS : _____                         | 49 |
| A - 5.4.4 DETERMINATION DE LA PORTANCE DES PLATEFORMES : _____    | 49 |
| A - 5.5. DIMENSIONNEMENT _____                                    | 56 |
| A - 5.5.1 PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT : _____                   | 56 |
| A - 5.5.2 TYPE DE STRUCTURES : _____                              | 56 |
| A - 5.5.3 DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES : _____                  | 56 |
| A - 5.5.4 QUALITE DES MATERIAUX : _____                           | 59 |
| A - 5.6. MATERIAUX DE VIABILITE _____                             | 61 |



|           |                                                   |    |
|-----------|---------------------------------------------------|----|
| A - 5.6.1 | MATERIAUX LOCAUX MEUBLES :                        | 61 |
| A - 5.7.  | STRATEGIE DE DIMENSIONNEMENT                      | 66 |
| A - 5.7.1 | NIVEAU DE SERVICE & CARACTERISTIQUES DE SURFACE : | 66 |
| A - 5.7.2 | ENTRETIEN – RENFORCEMENT :                        | 66 |
| A - 5.7.3 | PISTES NON REJETUES :                             | 66 |

## **A - 6. GEOTECHNIQUE** **68**

|           |                                                                                                         |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A - 6.1.  | LES PROBLEMES GEOTECHNIQUES                                                                             | 68 |
| A - 6.2.  | LES TERRASSEMENTS                                                                                       | 68 |
| A - 6.3.  | LA STABILITE DES PENTES                                                                                 | 69 |
| A - 6.4.  | LES SOLS D'EMPRUNTS ET LES GITES DE MATERIAUX                                                           | 69 |
| A - 6.5.  | REUTILISATION DES MATERIAUX                                                                             | 69 |
| A - 6.6.  | CONTENU DES ETUDES GEOTECHNIQUES                                                                        | 70 |
| A - 6.6.1 | ETUDE DE DEFINITION                                                                                     | 71 |
| A-6.6.1.1 | Tache n°1 : Délimitation des massifs rocheux                                                            | 72 |
| A-6.6.1.2 | Tache n° 2 : Appréciation de la stabilité des versants rencontrés                                       | 72 |
| A-6.6.1.3 | Tache n° 3 : Localisation des formations impliquant des difficultés                                     | 75 |
| A-6.6.1.4 | Tache n° 4 : Estimation globale sur la réutilisation des matériaux de déblai                            | 76 |
| A-6.6.1.5 | Tache n° 5 : Délimitation en zones homogènes pour les sols de l'arase de la plate-forme                 | 77 |
| A-6.6.1.6 | Tache n° 6 : Connaissance des matériaux pour corps de chaussée                                          | 77 |
| A - 6.6.2 | RAPPORT DE L'ETUDE DE DEFINITION                                                                        | 78 |
| A - 6.6.3 | ETUDE D'EXECUTION                                                                                       | 80 |
| A-6.6.3.1 | Etapas de déroulement de l'étude géotechnique en phase du projet d'exécution                            | 81 |
| A-6.6.3.2 | Les moyens de reconnaissance                                                                            | 83 |
| A-6.6.3.3 | Cas particulier des zones jugées géotechniquement difficiles, exemple de la région du rif et du pré-rif | 87 |
| A - 6.7.  | PARTICULARITE DES ZONES COMPRESSIBLES                                                                   | 87 |
| A - 6.7.1 | DEFINITIONS                                                                                             | 88 |
| A - 6.7.2 | LES ZONES COMPRESSIBLES AU MAROC                                                                        | 88 |
| A - 6.7.3 | IDENTIFICATION DES SOLS COMPRESSIBLES                                                                   | 89 |
| A - 6.7.4 | CHOIX DU TRACE EN PRESENCE DE ZONES COMPRESSIBLES                                                       | 90 |

## **A - 7. HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE & ASSAINISSEMENT** **92**

|           |                                                |    |
|-----------|------------------------------------------------|----|
| A - 7.1.  | ÉTUDE DU PROJET                                | 92 |
| A - 7.1.1 | ÉTUDE HYDROLOGIQUE                             | 92 |
| A - 7.1.2 | ÉTUDE HYDRAULIQUE                              | 92 |
| A - 7.1.3 | DEFINITION GLOBALE DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT | 92 |
| A - 7.2.  | HYDROLOGIE                                     | 94 |
| A - 7.2.1 | CHOIX DE LA PÉRIODE DE RETOUR                  | 94 |

|               |                                                  |            |
|---------------|--------------------------------------------------|------------|
| A - 7.2.2     | FORMULES À ADOPTER ET LIMITES D'UTILISATION      | 94         |
| A-7.2.2.1     | Formule rationnelle                              | 96         |
| A-7.2.2.2     | Formule de Mac-Math                              | 100        |
| A-7.2.2.3     | Formule de Burkli-Ziegler                        | 100        |
| A-7.2.2.4     | Formule de Mallet-Gauthier                       | 101        |
| A-7.2.2.5     | Formule Fuller II                                | 101        |
| A-7.2.2.6     | Formules régionales                              | 101        |
| A-7.2.2.7     | Formule de FULLER I                              | 103        |
| A - 7.3.      | HYDRAULIQUE                                      | 104        |
| A - 7.3.1     | OUVRAGES HYDRAULIQUES                            | 104        |
| A-7.3.1.1     | Méthode de DELORME                               | 104        |
| A-7.3.1.2     | Méthode de "BUREAU OF PUBLIC ROAD"               | 105        |
| A-7.3.1.3     | Conception des ouvrages hydrauliques             | 108        |
| A-7.3.1.4     | Aménagement des extrémités                       | 108        |
| A - 7.3.2     | OUVRAGES DE DRAINAGE DE L'EMPRISE DE LA CHAUSSEE | 110        |
| A - 7.3.3     | DÉFINITION DU SYSTÈME GLOBAL D'ASSAINISSEMENT    | 111        |
| <b>A - 8.</b> | <b>EQUIPEMENTS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES</b> | <b>114</b> |
| A - 8.1.      | VEGETALISATION DES TALUS                         | 114        |
| A - 8.2.      | PROTECTION DES BERGES                            | 114        |
| A - 8.2.1     | PROTECTION DES BERGES CONTINUES                  | 114        |
| A-8.2.1.1     | Protection en enrochements                       | 115        |
| A-8.2.1.2     | Protection en gabions et perrés                  | 116        |
| A-8.2.1.3     | Murs en béton ou maçonnerie                      | 117        |
| A-8.2.1.4     | Critères de choix                                | 117        |
| A - 8.2.2     | PROTECTION DES BERGES DISCONTINUES               | 119        |
| A - 8.3.      | CONFORTEMENTS                                    | 121        |
| A - 8.3.1     | TERRASSEMENTS                                    | 122        |
| A-8.3.1.1     | Remblai de pied                                  | 122        |
| A-8.3.1.2     | Allègement en tête                               | 122        |
| A-8.3.1.3     | Reprofilage                                      | 122        |
| A-8.3.1.4     | Purges                                           | 123        |
| A-8.3.1.5     | Substitution partielle ou totale                 | 123        |
| A - 8.3.2     | DISPOSITIFS DE DRAINAGE                          | 123        |
| A-8.3.2.1     | Tranchées drainantes                             | 124        |
| A-8.3.2.2     | Drains subhorizontaux                            | 124        |
| A-8.3.2.3     | Masques et éperons drainants                     | 125        |
| A-8.3.2.4     | Drains verticaux                                 | 125        |
| A - 8.3.3     | ELEMENTS RESISTANTS                              | 125        |
| A-8.3.3.1     | Ouvrages de soutènement                          | 126        |
| A-8.3.3.2     | Cas des remblais sur sols mous                   | 130        |
| A-8.3.3.3     | Critères de choix                                | 131        |

**A - 9. COMPOSANTE SOCIALE DU PROJET 133**

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| A - 9.1. COLLECTE DES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES _____              | 133 |
| A - 9.2. ETABLISSEMENT DE LA CARTE SOCIALE DU PROJET _____         | 134 |
| A - 9.3. EVALUATION DE L'IMPACT SOCIAL DE LA ROUTE EN PROJET _____ | 134 |

**A - 10. IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET 136**

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| A - 10.1. CONTENU D'UNE ETUDE ENVIRONNEMENTALE DETAILLEE : _____ | 136 |
| A - 10.2. SCHEMA D'INTEGRATION ENVIRONNEMENTALE _____            | 138 |

**A - 11. SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS DE SECURITE 140**

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| A - 11.1. SIGNALISATION HORIZONTALE : _____ | 140 |
| A - 11.2. SIGNALISATION VERTICALE : _____   | 140 |
| A - 11.3. EQUIPEMENTS DE SECURITE : _____   | 141 |

**A - 12. ETIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX 143**

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A - 12.1. PREAMBULE : _____                                                                                              | 143 |
| A - 12.2. POSTES CLES D'UN DETAIL ESTIMATIF : _____                                                                      | 143 |
| A - 12.3. DEMARCHE A ADOPTER POUR L'ESTIMATION DES PROJETS DE ROUTES RURALES<br>DANS LA PHASE ETUDE DE DEFINITION: _____ | 145 |
| A - 12.3.1 EVALUATION DES QUANTITES DES TERRASSEMENTS : _____                                                            | 145 |
| A-12.3.1.1 Classes de relief _____                                                                                       | 145 |
| A-12.3.1.2 Etudes de cas : _____                                                                                         | 146 |
| A-12.3.1.3 Projets avec des sections en site propre _____                                                                | 149 |
| A - 12.3.2 EVALUATION DES QUANTITES DE LA CHAUSSEE : _____                                                               | 151 |
| A-12.3.2.1 Trafic et portance du sol : _____                                                                             | 151 |
| A-12.3.2.2 Ratios des quantités de chaussée _____                                                                        | 151 |
| A-12.3.2.3 Exemple de calcul classique: _____                                                                            | 152 |
| A - 12.3.3 EVALUATION DES QUANTITES DU POSTE ASSAINISSEMENT : _____                                                      | 153 |
| A-12.3.3.1 Exemple de calcul : _____                                                                                     | 154 |
| A-12.3.3.2 Cas des Radiers : _____                                                                                       | 155 |
| A - 12.3.4 CADRE DU DETAIL ESTIMATIF POUR LA PHASE ED : _____                                                            | 156 |
| A - 12.4. ESTIMATION DES PROJETS DE ROUTES RURALES DANS LA PHASE PROJET<br>D'EXECUTION: _____                            | 157 |

## **PREAMBULE :**

Le présent guide de conception des routes rurales doit être appliqué aux routes à faible trafic ( $\leq 400$  véh/j) dont la vocation première est le désenclavement de la population rurale.

Ce guide regroupe sous une forme maniable, les références et supports techniques pour l'élaboration des solutions par les prestataires et pour leur adoption par les maîtres d'ouvrage en charge du suivi des études et des réalisation de travaux.

Ce guide, doit donc être l'instrument des prestataires d'études et des services du Ministère de l'Équipement et des Transports pour :

- ❑ Evaluer rapidement et précisément les paramètres d'entrée,
- ❑ Fournir des références destinées à l'élaboration de solutions techniques pour la conception des routes rurales au niveau des études et des travaux,
- ❑ Optimiser les solutions mises en œuvre tant pour les travaux que pour l'exploitation des ouvrages.

Outre l'abondante documentation technique attachée, le guide de conception des routes rurales est scindé en douze chapitres distincts rappelés ci-après :

1. **Topographie** : elle précise les types de levés et les conditions dans lesquelles ils doivent être effectués. Les données seront rattachées aux systèmes « Lambert » en planimétrie et au NGM en altimétrie.

Les données collectées (semis de points) engendrent un niveau de précision cohérent avec les besoins de précision liés au niveau d'étude (étude de définition, étude d'exécution) et au type d'ouvrage étudié.

Enfin, les documents établis doivent utiliser un format électronique standard interprétable de façon courante.

2. **Normes géométriques** : elles dépendent de plusieurs facteurs importants parmi lesquels, le relief et les contraintes locales.

Les caractéristiques géométriques résultent de ce choix lequel implique le respect des normes associées à la catégorie de la route et le maintien d'un niveau élevé de sécurité (progressivité, continuité et compatibilité des caractéristiques géométriques).

3. **Profils en travers** : la largeur de plateforme sera choisie en fonction du rôle de la route. Des dispositions différentes sont adoptées en courbes et en terrain accidenté pour améliorer la sécurité et réduire les coûts de travaux.
4. **Carrefours** : leur aménagement répond au souci de réduire les risques d'accidents. Il n'est possible que si les routes qui se croisent sont revêtues et les trafics dépassent une valeur plancher.
5. **Trafic et chaussée** : le trafic et ses caractéristiques déterminent dans une grande mesure la constitution de chaussée. Une estimation plus précise des caractéristiques du trafic et de son évolution aboutit à une optimisation



de la structure de chaussée et de possibles économies, car la structure de chaussée représente près de la moitié du coût du projet et l'essentiel des dépenses d'entretien.

6. **Terrassements** : le GUIDE propose différents exemples de configurations pour que les études prennent en compte de façon plus précise la constitution de chaussée, le relief traversé par les routes, lequel détermine les pentes de talus à prévoir et le réemploi, direct ou après traitement, de matériaux locaux.

Cette amélioration, au stade des études géotechniques des projets permettra d'optimiser les coûts de travaux, assurera aussi une longévité plus grande des ouvrages et un entretien plus adapté.

7. **Hydrologie, hydraulique et assainissement**: ces thèmes sont très importants pour l'établissement des projets et la pérennité des ouvrages réalisés. Le choix d'un ouvrage et son dimensionnement sont issus d'un compromis entre la recherche de solutions « définitives » et leur coût d'investissement et d'entretien.

Dans ce guide, il est largement tenu compte du caractère évolutif de la route, dont les éléments techniques utilisables sont inventoriés et explicités.

8. **Équipements et dispositions constructives**: c'est à ce thème que le guide de conception des routes rurales consacre les plus amples développements car il influe le plus directement sur la réalisation des routes.

Une large revue des dispositifs est proposée par le présent guide pour pallier aux problèmes de stabilité de remblais et des accotements ainsi qu'aux protections des ouvrages d'assainissement.

9. **Composante sociale** : elle repose sur l'interprétation des données collectées et le repérage des effets directs ou indirects de la route projetée sur les populations et les activités.

Les impacts directs seront évalués en termes de désenclavement des populations (directement ou indirectement desservies), les impacts prévus sur l'amélioration des relations sociales et des activités économiques seront évalués quantitativement.

10. **Impact environnemental** : il doit être pris en compte à travers une «Fiche détaillée de la situation» qui fournit des indications sur le milieu naturel et les effets du projet.

En fonction des éléments de cette fiche, une étude détaillée sera éventuellement effectuée. Elle produira une revue approfondie du milieu dans lequel s'insère le projet, une description des effets du projet, les variantes possibles d'aménagement et d'exécution du projet et le Plan de

Gestion Environnemental du projet, tel qu'il aura été retenu à l'issue de l'étude.

11. **Signalisation et équipements de sécurité :** S'agissant de projets de desserte locale et de désenclavement de la population rurale, il est question dans ce guide de définir les dispositions minimales à mettre en place pour la signalisation verticale et horizontale et les équipements de sécurité.

12. **Estimation des coût des travaux :** L'estimation d'un projet routier est un élément fondamental qui oriente la décision des donneurs d'ordre et des concepteurs dans le sens de l'optimisation ou du choix final du standard d'aménagement.

Ce chapitre présente ainsi quelques éléments d'orientation aussi bien aux concepteurs qu'aux instructeurs des dossiers d'étude pour estimer les coûts des travaux des routes rurales au niveau des différentes phases de l'étude.

Enfin, il y a lieu de signaler que le guide de conception rurale comporte trois volumes distincts:

- Volume A : procédures de conception des routes rurales constituant le corps du guide, et faisant l'objet du présent rapport.
- Volume B : regroupant toutes les annexes auxquelles se réfère le volume A.
- Volume C : relatif aux plans types.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 1 : TOPOGRAPHIE*

## CHAPITRE 1 : TOPOGRAPHIE

|                      |                              |                  |
|----------------------|------------------------------|------------------|
| <b><u>A - 1.</u></b> | <b><u>TOPOGRAPHIE</u></b>    | <b><u>11</u></b> |
| <u>A - 1.1.</u>      | <u>TYPE DE LEVE</u>          | 11               |
| <u>A - 1.2.</u>      | <u>RATTACHEMENTS</u>         | 12               |
| <u>A - 1.3.</u>      | <u>ECHELLE</u>               | 12               |
| <u>A - 1.4.</u>      | <u>DENSITÉ</u>               | 13               |
| <u>A - 1.5.</u>      | <u>PRECISION</u>             | 13               |
| <u>A - 1.6.</u>      | <u>DOCUMENTS A REMETTRE</u>  | 13               |
| <u>A - 1.6.1</u>     | <u>DOSSIER TOPOGRAPHIQUE</u> | 13               |
| <u>A - 1.6.2</u>     | <u>SUPPORT NUMERIQUE</u>     | 13               |
| <u>A - 1.7.</u>      | <u>PRESENTATION</u>          | 14               |

## A - 1. TOPOGRAPHIE

### Préambule

Les travaux topographiques ont pour but de reproduire la géométrie du terrain en planimétrie ou en altimétrie et de définir l'occupation des sols en vue d'étudier un projet et de le matérialiser sur ce même terrain.

La consistance ainsi que l'étendue de ces travaux diffère en fonction des difficultés physiques rencontrées, et de l'existence ou non d'un tracé routier.

Les spécifications relatives à ces travaux sont décrites ci-après. Mais il est recommandé d'en vérifier la teneur ou d'y apporter les compléments et les adaptations utiles en commun accord entre l'Administration et le BET en charge de l'étude à l'occasion d'une visite de reconnaissance à laquelle il est impératif s'associer un ingénieur géomètre-topographe dès la phase de l'étude de définition.

### A - 1.1. Type de levé

#### ➤ Routes rurales suivant en grande partie des pistes existantes

Pour ces routes, il faut procéder au levé d'une bande cotée sous forme de profils en travers le long de l'axe. Le levé des profils en travers se fait par nivellement de points remarquables ou régulièrement espacés le long de lignes perpendiculaires à l'axe.

La largeur de la bande est d'au moins 50m (25m de par et d'autre), dans tous les cas cette bande doit atteindre le fond de talweg longitudinal et la crête du versant sauf si la plate-forme existante est largement suffisante pour le calage géométrique du projet.

La largeur de cette bande sera par ailleurs augmentée au niveau des sections où des améliorations du tracé en plan sont à envisager.

Les profils en travers levés sont espacés au maximum de 25m, et sont imposés au niveau de chaque changement de la configuration du terrain naturel.

Des profils supplémentaires sont également définis au niveau de tous les écoulements naturels (oueds, chaâba,...) et artificiels (seguias, cannaux,...) interceptés par le tracé.

#### ➤ Routes rurales évoluant en site propre :

Quand il s'agit de créer un nouveau tracé en site propre pour une route rurale, il est utile de scinder l'étude en trois phases : étude de définition, avant projet et projet d'exécution.



Si des variantes de tracé sont facilement identifiables sur le terrain, des bandes cotées le long de leurs axes respectifs seront levées avec la même consistance décrite ci-haut.

Quand la définition d'un tracé sur le terrain est difficile, ou que l'enjeu sur la faisabilité ou l'économie du projet est important, il est utile d'envisager - en phase d'avant projet - la recherche de couloirs sur une vaste étendue dont la limite serait fixée en étroite collaboration entre le BET et l'Administration. Le recours à la restitution de prises de vues aériennes ne serait pas à exclure dans un est pas à exclure

## A - 1.2. Rattachements

Le levé de la bande cotée doit être effectué en se basant sur une polygonale dont l'implantation et la matérialisation doivent assurer sa pérennité.

La polygonale est implantée à l'intérieur de la bande d'étude, au voisinage de l'axe du tracé, tout en demeurant en dehors de l'emprise prévisible des travaux. La polygonale ainsi que les points de repérage doivent clairement être reportés sur les plans topographiques.

La polygonale et le levé doivent être à priori rattachés au système Lambert en planimétrie et au système NGM en altimétrie.

Si l'ingénieur géomètre topographe du BET justifie que le réseau géodésique dans la zone du projet ne permet pas de faire ce rattachement, on se tiendra à un rattachement local de la polygonale à condition que les bornes de celle-ci soient faciles à repérer ou à rétablir au moment des travaux.

## A - 1.3. Echelle

Dans la plus part des cas, les études des routes rurales sont scindées en deux phases : étude de définition et projet d'exécution.

On se passe ainsi de la phase d'avant projet du moment qu'il n'y pas lieu de faire une recherche de tracé ou une identification de partis puisqu'on récupère souvent le tracé de pistes existantes ou, le cas échéant on améliore localement leurs géométries existante.

Les échelles 1/5000<sup>ème</sup> et 1/2000<sup>ème</sup>, qui fournissent des supports de travail larges et d'une précision modérée sont mieux adaptées pour une recherche de couloirs ou de tracés où la vision macroscopique est prépondérante.

En revanche pour les études de détails d'exécution, c'est l'échelle 1/1000<sup>ème</sup> qui est la mieux indiquée. C'est pour cela que c'est l'échelle 1/1000<sup>ème</sup> qui est communément utilisée pour les projets inscrits dans le cadre du programme national de routes rurales pour la section courante, le 1/500<sup>ème</sup> pour les zones particulières (carrefours, grandes chaabas, oueds, etc...) et le 1/200<sup>ème</sup> pour des détails spécifiques (OA existants, etc ..).

## A - 1.4. Densité

Les points levés sur le terrain naturel sont ordinairement répartis selon les règles de l'art, soit en travers perpendiculaires à la direction présumée d'un tracé, soit en semis de points homogènes.

## A - 1.5. Précision

Les erreurs maximales à ne pas dépasser sont de :

Pour les coordonnées en plan :

$$e = \pm 10 \text{ cm}$$

Pour les altitudes :

$$e = \pm 5 \text{ cm}$$

## A - 1.6. Documents à remettre

### A - 1.6.1 Dossier topographique

Le cabinet chargé de l'étude topographique doit remettre à l'issu du travail de terrain et de bureau un dossier topographique composé des :

- Plans topographiques dûment signés par le bureau de topographie inscrit à l'Ordre National des Ingénieurs Géomètres Topographes à titre privé,
- Listings des points d'appui de la polygonale et des points de repérage.

### A - 1.6.2 Support numérique

Le format DXF (et dans un second ordre le format DGN), devient de plus en plus universel et lisible par presque tous les logiciels de tracé routier et les systèmes d'identification géographique.

De plus, ce format offre une multitude de possibilités pour une meilleure lisibilité et présentation des plans.

C'est pour quoi il est légitime d'exiger des cabinets topographiques de fournir des fichiers sous les formats DXF ou DGN.

Pour faciliter l'exploitation de ces fichiers supportant la couverture topographique du projet telle que commandée par les BET aux cabinets topographiques, il est nécessaire de suivre quelques consignes.

Un modèle de cahier de charge définissant la forme de ces fichiers est joint en annexe.

### **A - 1.7. Présentation**

La présentation des plans topographiques conditionnent d'abord l'interprétation des données reportées sur ces plans par les logiciels de conception routière et donc a une influence évidente sur la pertinence des choix de conception adoptés. (schématisation des fonds de talweg et des autres types de ligne de changement de pente, matérialisation des contraintes à éviter, etc ...).

Ensuite, du moment que les aménagements projetés et les choix conceptuels adoptés dans le cadre d'une étude de route sont incorporés sur ces plans topographiques, la qualité des plans d'étude est tributaire de la qualité des premiers.

Un plan topographique mal présenté, encombré ou illisible peut donc à tout moment induire en erreur, ou - dans les meilleurs des cas - compliquer la tâche du projeteur et de l'examineur.

Il est donc nécessaire d'attirer l'attention des cabinets topographiques sur l'importance capitale que revêt la présentation de leurs plans en les incitant entre autre à :

- Systématiser l'usage des layers ou des calques pour regrouper les entités de même nature,
- Utiliser intelligemment la palette de couleurs pour représenter les différentes entités levés (bâtis, terrains, arbres, réseaux, voirie, etc ...).



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

### *CHAPITRE 2 : NORMES GÉOMÉTRIQUES*

## CHAPITRE 2 : NORMES GEOMETRIQUES

|                      |                                                         |           |
|----------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>A - 2.</u></b> | <b><u>NORMES GEOMETRIQUES</u></b>                       | <b>16</b> |
| <u>A - 2.1.</u>      | <u>CHOIX DE LA CATEGORIE</u>                            | 16        |
| <u>A - 2.2.</u>      | <u>CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES EN PLAN ET EN LONG</u> | 18        |
| <u>A - 2.3.</u>      | <u>DISPOSITIONS PARTICULIERES</u>                       | 19        |
| <u>A - 2.3.1</u>     | <u>TRACE EN PLAN</u>                                    | 19        |
| <u>A - 2.3.2</u>     | <u>PROFIL EN LONG</u>                                   | 19        |
| <u>A - 2.4.</u>      | <u>REGLES DE PROGRESSIVITE ET DE CONTINUITE</u>         | 19        |
| <u>A - 2.5.</u>      | <u>REGLES DE COMPATIBILITE</u>                          | 20        |
| <u>A - 2.6.</u>      | <u>VISIBILITE :</u>                                     | 24        |
| <u>A - 2.7.</u>      | <u>COORDINATION TRACE EN PLAN – PROFIL EN LONG :</u>    | 25        |
| <u>A - 2.8.</u>      | <u>DEROGATIONS</u>                                      | 26        |
| <u>A - 2.8.1</u>     | <u>EN TERRAIN MONTAGNEUX DIFFICILE :</u>                | 26        |
| <u>A - 2.8.2</u>     | <u>EN TRAVERSEE DE LOCALITES OU DE DOUARS :</u>         | 26        |

## A - 2. NORMES GEOMETRIQUES

### A - 2.1. Choix de la catégorie

La catégorie d'un tronçon de route n'a de sens que si ce dernier correspond à au moins 5 minutes de parcours à la vitesse de base considérée pour cette catégorie.

| Vitesse (Km/h) | Distance correspondant à 5 min de parcours |
|----------------|--------------------------------------------|
|----------------|--------------------------------------------|

|     |          |
|-----|----------|
| 40  | 3,33 Km  |
| 60  | 5,00 Km  |
| 80  | 6,67 Km  |
| 100 | 8,33 Km  |
| 120 | 10,00 Km |

Un tronçon de route ne peut donc être classé en 3<sup>ème</sup> catégorie que si sa longueur est supérieure à 5 Km.

Par ailleurs, la faible largeur de chaussée et de plate-forme des routes rurales, dictée par des raisons évidentes d'économie, n'est pas toujours compatible avec un tracé tendu qui incite à la vitesse.

L'usage des normes des catégories exceptionnelles et première – même en relief plat – est donc interdit pour ces routes d'après le paragraphe 2 de l'instruction sur les caractéristiques géométriques des routes économiques à faible trafic.

Si les normes de la deuxième catégorie doivent être adoptées, celles-ci doivent respecter les recommandations du paragraphe 3-3 de l'instruction sur les caractéristiques géométriques des routes de rase campagne : les alignements droits doivent être coupés par des courbes de grand rayon espacées de 3 à 5 Km et opérant un changement de direction d'au moins 3°.

En revanche, il n'y a aucune réserve pour l'application de la 3<sup>ème</sup> catégorie, de la hors catégorie et de la norme REFT. Et l'on peut adopter l'une ou l'autre selon les contraintes à éviter et le niveau de service escompté.

Ceci dit, l'expérience vécue à travers le PNRR1 a montré que la Hors catégorie n'est presque jamais utilisée pour les routes où la vitesse de base projetée est de 40 Km/h. Ces routes sont toujours traitées dans le cadre de la norme REFT.

Il est peut être grand temps de supprimer la hors catégorie et de la remplacer par la norme REFT et d'appeler cette dernière : 4<sup>ème</sup> catégorie.



De plus, la catégorie exceptionnelle prévue pour les routes dont la vitesse de base est de 120 Km/h n'est jamais appliquée au Maroc. En effet, les seuls projets routiers dotés d'une vitesse de base de 120 Km/h sont les autoroutes. Ces dernières sont traitées avec les normes de l'ICTAAL du SETRA (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison).

C'est dire que l'on doit songer à une refonte de l'Instruction sur les Caractéristiques Géométriques des Routes de Rase Campagne dans le sens de supprimer la catégorie exceptionnelle et de remplacer la hors catégorie par la norme REFT et de l'appeler 4<sup>ème</sup> catégorie.

Le refonte de l'ICGRRC est d'autant plus justifiée qu'elle serait l'occasion de la moderniser sur le plan présentation et ordonnancement des chapitres, de lever les ambiguïtés, d'ajouter les illustrations explicatives et de supprimer les paragraphes traitant les carrefours qui font l'objet d'une directive indépendante.

Ce choix implique par ailleurs les vitesses de base suivante :

| Catégorie ou norme                | Vitesse de base |
|-----------------------------------|-----------------|
| 3 <sup>ème</sup> catégorie        | 60 Km/h         |
| 4 <sup>ème</sup> catégorie (REFT) | 40 Km/h         |

Enfin, il y a lieu de signaler que les routes rurales servent essentiellement à des déplacements locaux et se caractérisent de ce fait par des trafics faibles.

Le trafic n'est donc plus un critère déterminant pour le choix de la catégorie de la route, puisqu'il est faible pour toutes ces routes.

Le choix de la catégorie est donc conditionné par le relief (plat, vallonné, montagneux et désertique) et les contraintes locales (traversée de localité, évitement de zones particulières, etc ...).

Cette précision est particulièrement utile pour les routes rurales évoluant dans un relief plat sans contraintes majeures, où il est utile de conférer à la route des caractéristiques géométriques confortables (2<sup>ème</sup> ou 3<sup>ème</sup> catégorie) compatible avec les facilités qu'offre le site dans lequel elle évolue.

Le même constat est également valable pour les routes évoluant dans un milieu désertique.

## A - 2.2. Caractéristiques géométriques en plan et en long

S'agissant de routes s'inscrivant dans le cadre du programme national de construction des routes rurales, le calage du tracé en plan et du profil en long obéira aux deux principes suivants :

- Suivre la piste existante autant que possible,
- Améliorer localement la géométrie horizontalement et verticalement afin d'obtenir une géométrie conforme à la norme adoptée.

Les caractéristiques minimales à satisfaire découlent de l'Instruction sur les Caractéristiques Géométriques des Routes de Rase Campagne (ICGRRC) et de l'Instruction sur les caractéristiques géométriques des Routes Economiques à Faible Trafic (REFT) :

| CARACTERISTIQUES                 | NORMES                     |                                   |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|                                  | 3 <sup>ème</sup> catégorie | 4 <sup>ème</sup> catégorie (REFT) |
| <b>* Tracé en plan</b>           |                            |                                   |
| - Rayon de courbure              |                            |                                   |
| . minimum libre                  | -                          | 75 m                              |
| . minimum normal                 | 125 m                      | 30 m                              |
| . minimum absolu                 | 75 m                       | 15 m                              |
| <b>* Profil en long</b>          |                            |                                   |
| - Rampes                         |                            |                                   |
| . maximum normal                 | 6%                         | 7%                                |
| . maximum absolu                 | -                          | 12%                               |
| - Raccordement en angle saillant |                            |                                   |
| . minimum normal                 | 2.000 m                    | 1.000 m                           |
| . minimum absolu                 | 1500                       | -                                 |
| - Raccordement en angle rentrant |                            |                                   |
| . Rayon de courbure minimum      | 1000 m                     | 500 m                             |

La règle de la norme REFT stipulant l'obligation de raccorder deux courbes circulaires par un alignement droit d'une longueur minimale de 20 mètres, quels que soient leurs rayons est **abrogée**.

Cette règle est reformulée comme suit :

- ✓ Si l'une au moins des deux courbes successives est déversée, la longueur de la droite qui les sépare devra permettre l'introduction du dévers. Cette introduction respectera les recommandations du paragraphe A –3.2.
- ✓ Si les deux courbes successives ne sont pas déversées, elles peuvent être séparées par un alignement droit de moins de 20m.

## A - 2.3. Dispositions particulières

### A - 2.3.1 Tracé en plan

Deux alignements droits successifs d'un tracé en plan devront opérer un changement de direction d'au moins 3° (3.33 gr).

Cette règle vise à éviter les configurations dites « pivot » qui peuvent induire l'usager de la route en erreur face à une situation où il est difficile de juger si la route présente un virage ou continue en alignement droit .

### A - 2.3.2 Profil en long

Les déclivités en profil en long seront plafonnées pour les routes rurales inscrites dans la 4<sup>ème</sup> catégorie (REFT) à 7% si ces dernières font l'objet d'un **déneigement régulier**. Autrement si le déneigement n'est pas fréquent ou si le respect du seuil de 7% ne peut être acquis que moyennant des terrassements excessifs, le seuil maximal à respecter est de 12%.

Les rampes excédant le maximum normal (7%) ne pourront régner que sur une longueur maximale variant progressivement de 2 km (p=7%) à 0,250 km (p=12%).

Il est juste à rappeler que la longueur de la rampe à considérer inclut à la fois la longueur de la droite ainsi que celle de la section parabolique qui lui est adjacente.

Les rampes supérieures au minimum normal devront être séparées par des paliers de 4% de pente maximale et d'une longueur minimale variant progressivement de 0,5 km (après une pente de 7%) à 1 km (après une pente de 12%).

## A - 2.4. Règles de progressivité et de continuité

Pour les routes s'inscrivant en 3<sup>ème</sup> catégorie :

- Une courbe de rayon **R** inférieur à **125 m** doit être annoncée - dans les deux sens - par une courbe dont le rayon **R<sub>a</sub>** vérifie l'inégalité suivante :

$$R_a < 1.67 R$$

Il va sans dire que la courbe annonciatrice n'est forcément celle qui précède immédiatement celle annoncée. Cependant, la distance entre sommets de ces courbes doit être inférieure à **1 Km**.

- Le **rayon** rencontré après un **alignement** droit de plus de **2 Km** (correspondant à 2 minutes de parcours) ne peut être inférieur à **175 m**.

Pour les routes s'inscrivant dans la norme REFT (4<sup>ème</sup> catégorie):

- Les courbes de rayon (**R**) inférieur au minimum libre (**75 m**) sont obligatoirement précédées dans les deux sens de parcours, par des courbes annonciatrices (**R<sub>a</sub>**).

Les rayons de celles-ci ne dépassent ni 5 fois le rayon de la courbe annoncée ni 125 m.

$$R_a < \min (125, 5R)$$

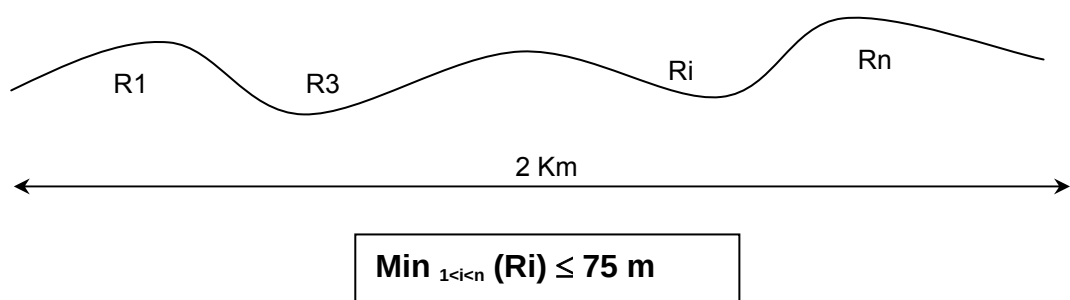
Là encore, la courbe annonciatrice n'est forcément celle qui précède immédiatement celle annoncée. Toutefois, la distance entre la sortie de la courbe annonciatrice et l'entrée de la courbe annoncée ne doit pas excéder :

- 400 m si  $R > 30$  m
  - 250 m si  $R \leq 30$  m
- Il n'y a aucune section de plus de 2 kilomètres sans courbes de rayon inférieur ou égal au minimum libre.

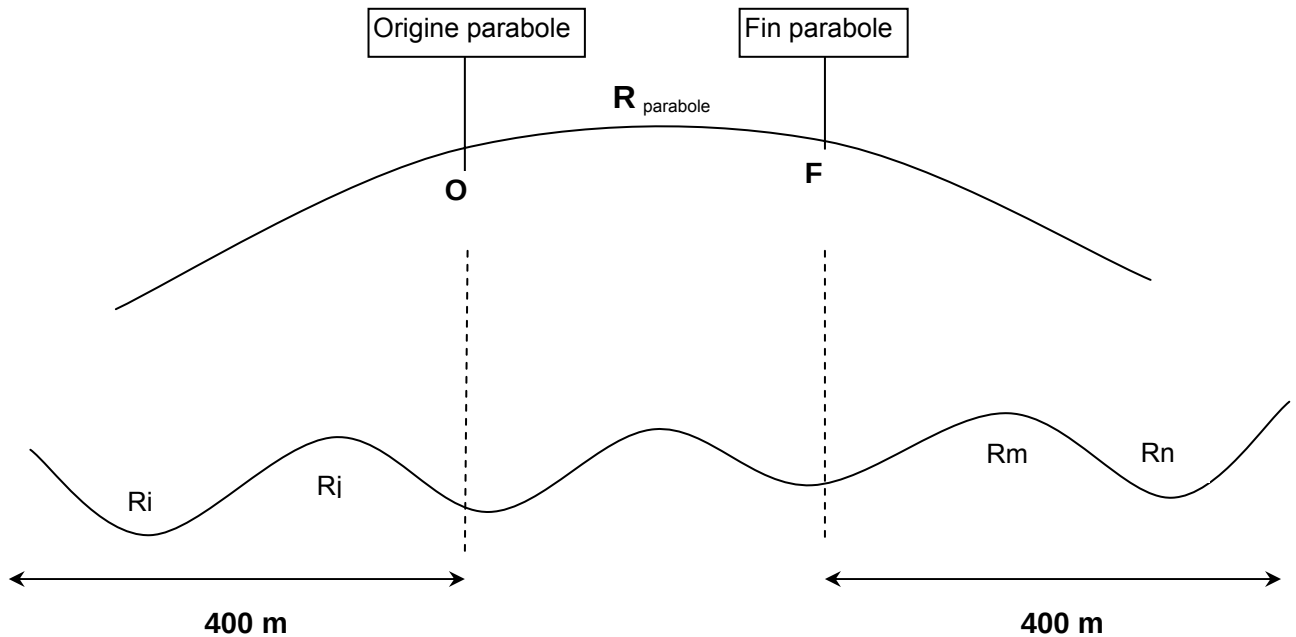
### A - 2.5. Règles de compatibilité

Ces règles sont décrites au paragraphe 6 de la norme REFT. On les illustre ci-après par des schémas facilitant leur compréhension :

**Règle 1 :** Les sections de plus de 2 km sans courbe de rayon inférieur ou égal au minimum libre sont interdites.



**Règle 2 :** Les deux extrémités d'un raccordement en angle saillant d'un rayon inférieur à 1000m devront se trouver à moins de 400 m d'une courbe de rayon au plus égal au rayon minimum libre et devront être visibles d'au moins 200 mètres.



Si  $R_{\text{parabole}} \leq 1000 \text{ m}$ , alors il faut que :

i)

$$R_i \text{ ou } R_j \leq 75 \text{ m}$$

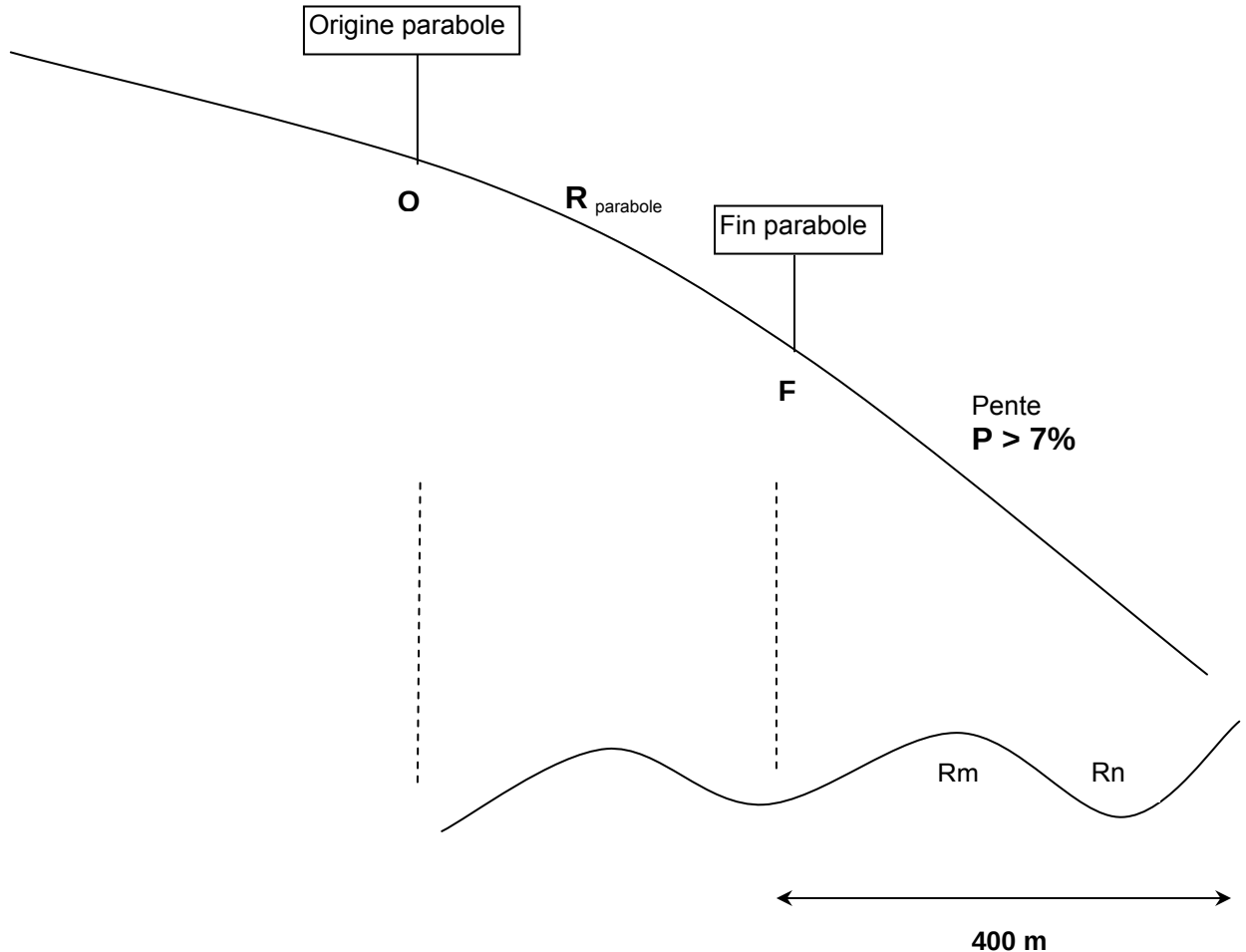
&

$$R_m \text{ ou } R_n \leq 75 \text{ m}$$

ii)

Les points **O** et **F** sont visibles à au moins **200 m**.

**Règle 3 :** Le raccordement en profil en long aboutissant à une pente supérieure à 7% devra se trouver à moins de 400 m d'une courbe de rayon au plus égal au rayon minimum libre et ses extrémités devront être visibles d'au moins 200 mètres.



Si **P ≥ 7 %**, alors il faut que :

i)

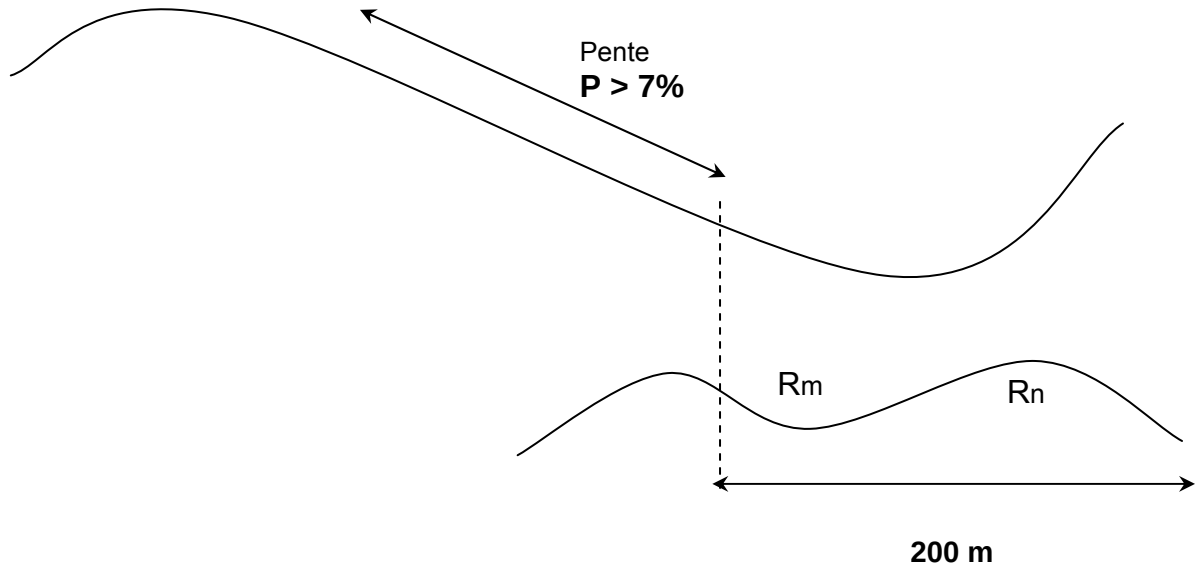
**R<sub>m</sub> ou R<sub>n</sub> ≤ 75 m**

Et ce quel que soit **R<sub>parabole</sub>**

ii)

Les points **O** et **F** sont visibles à au moins **200 m**.

**Règle 4 :** Il est interdit d'avoir un virage de rayon inférieur au minimum libre (75m) situé à moins de 200 m au delà de l'extrémité d'une déclivité supérieure à 7%.



Si  $P \geq 7\%$ , alors il faut que :

$$\text{Min } (R_m, R_n) \geq 75 \text{ m}$$



## A - 2.6. Visibilité :

### Distance d'arrêt :

La distance d'arrêt sur obstacle est calculée par la formule :

$$d = 0,01 V^2 + 0,4 V$$

Où : d est en m et V en km/h.

|                      | NORMES                     |                                   |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|                      | 3 <sup>ème</sup> catégorie | 4 <sup>ème</sup> catégorie (REFT) |
| Distance d'arrêt (m) | <b>60</b>                  | <b>32</b>                         |

La géométrie projetée doit être validée par un calcul de visibilité effectué sur le logiciel Micropiste.

Ce calcul doit vérifier que la distance d'arrêt est assurée en tout point et dans les 2 sens de parcours avec les paramètres :  $H_{\text{oeil}} = 1.1 \text{ m}$  et  $H_{\text{objet}} = 0$ .

### Pertes de tracé et visibilité au dépassement :

Pour le dépassement, les paramètres à prendre en compte sont :

$$H_{\text{oeil}} = 1,1 \text{ m et } H_{\text{objet}} = 1.1 \text{ m.}$$

Là encore, le calcul de visibilité effectué sur le logiciel Micropiste doit montrer qu'il n'y a pas de perte de tracé et que la distance de visibilité au dépassement est supérieure à 500 m.

Si le respect d'une distance de dépassement de 500 m nécessite des terrassements énormes, notamment dans la traversée de reliefs chahutés, on veillera à assurer une distance de visibilité au dépassement correspondant à la durée d'une manœuvre de dépassement estimée à 10 secondes.

Cette distance est de :

|                                                               | NORMES                     |                                     |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
|                                                               | 3 <sup>ème</sup> catégorie | 4 <sup>ème</sup> catégorie ( REFT ) |
| Distance parcourue pendant une manœuvre de dépassement de 10s | <b>167</b>                 | <b>112</b>                          |

Les réapparitions de tracé ne peuvent être tolérées que si la distance de visibilité avec les conditions ( $H_{\text{oeil}} = 1,1$  m et épaisseur objet = 1.1 m) est supérieure à 500m. Sinon il faut procéder à une amélioration de la géométrie en tracé en plan ou en profil en long pour éviter la perte de tracé.

### **A - 2.7. Coordination tracé en plan – profil en long :**

Cette coordination vise à éviter que les usagers de la route ne soient surpris par un virage quand ils se retrouvent sur un raccordement en angle saillant du profil en long.

La vérification de cette coordination par contrôle des distances entre sommets courbes, telle que décrite dans le paragraphe 2-4 de l'ISCGRRC, est remplacé par un calcul de visibilité.

Ce calcul de visibilité doit être fait par le logiciel Micropiste avec les paramètres :  $H_{\text{oeil}} = 1.1$  m et  $H_{\text{objet}} = 0$  m et doit vérifier que la distance d'arrêt est assurée en tout point et dans les 2 sens de parcours

Si cette condition est satisfaite, on peut conclure que la coordination tracé en plan – profil en long est assurée.

Enfin, il y a lieu de signaler que le BET en charge de l'étude doit fournir à l'Administration, en plus des listings de calcul de visibilité, les fichiers de Micropiste relatifs à ce calcul afin que l'Administration puisse les valider (paramètres et valeurs considérés).

## A - 2.8. Dérogations

### A - 2.8.1 En terrain montagneux difficile :

Les normes géométriques minimales à respecter dans la conception d'un projet routier sont celles dictées par l'instruction sur les caractéristiques géométriques des Routes Economiques à Faible Trafic (REFT) .

Bien que cette instruction définit le minimum absolu à respecter, celle-ci tolère, ***pour les terrains montagneux difficiles*** et dans des conditions particulières, les dérogations suivantes :

#### Tracé en plan :

Le rayon des courbes en plan dont l'angle au sommet est inférieur à 150g peut être abaissé à 10 m et sera traité autant que possible comme un lacet.

#### Profil en long :

Le rayon de raccordement en profil en long peut être ramené à la moitié du rayon permis par les dispositions énoncées ci-haut. Soit 500 m en raccordement saillant et 250 m en raccordement rentrant.

Quand le sommet de la courbe de raccordement en profil en long se trouve sur une courbe en plan dont le rayon est inférieur ou égal à 30m, il pourra être fait usage de rayons inférieurs au minimum défini ci-dessus, abaissé comme suit :

- 350 m en raccordement saillant
- 200 m en raccordement rentrant.

### A - 2.8.2 En traversée de localités ou de douars :

Au niveau des traversées de douars ou de localités, la notion de catégorie ou de norme de conception n'a pas vraiment de sens puisqu'il s'agit essentiellement de suivre la piste existante sans empiéter sur les habitations avoisinantes.

Il est donc recommandé, dans ce contexte contraignant, de réduire les caractéristiques géométriques projetées aussi bien en tracé en plan qu'en profil en long pour suivre au mieux l'allure de la piste existante.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 3 : PROFILS EN TRAVERS*

## CHAPITRE 3 : PROFILS EN TRAVERS

|                      |                                                                 |                  |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|
| <b><u>A - 3.</u></b> | <b><u>PROFILS EN TRAVERS</u></b>                                | <b><u>28</u></b> |
| <u>A - 3.1.</u>      | <u>LARGEUR DE LA PLATE-FORME :</u>                              | <u>28</u>        |
| <u>A - 3.2.</u>      | <u>DEVERS</u>                                                   | <u>28</u>        |
| <u>A - 3.2.1</u>     | <u>POUR LES PROJETS DE CONSTRUCTION :</u>                       | <u>29</u>        |
| <u>A - 3.2.2</u>     | <u>POUR LES PROJETS D'AMENAGEMENT :</u>                         | <u>30</u>        |
| <u>A - 3.3.</u>      | <u>SURLARGEURS AU NIVEAU DES VIRAGES</u>                        | <u>31</u>        |
| <u>A - 3.4.</u>      | <u>½ PROFIL COTE MONTAGNE</u>                                   | <u>32</u>        |
| <u>A - 3.5.</u>      | <u>PROFILS EN TRAVERS AU NIVEAU DES TRAVERSEES DE LOCALITES</u> | <u>33</u>        |
| <u>A - 3.6.</u>      | <u>BETONNAGE DES ACCOTEMENTS</u>                                | <u>33</u>        |
| <u>A - 3.7.</u>      | <u>DIMENSIONS DES FOSSES :</u>                                  | <u>33</u>        |
| <u>A - 3.8.</u>      | <u>PROJECTION DES FOSSES DE CRETE ET DE PIED DE REMBLAI</u>     | <u>34</u>        |
| <u>A - 3.9.</u>      | <u>TRAITEMENT DES FOSSES DES PISTES INTERCEPTEES :</u>          | <u>34</u>        |

## A - 3. PROFILS EN TRAVERS

### A - 3.1. Largeur de la plate-forme :

Il n'y a pas de largeur minimale réglementaire pour une chaussée. Cette valeur doit être retenue en fonction du type de véhicules circulant ou attendus sur l'itinéraire et des vitesses prévues.

La norme REFT recommande d'aménager les plate-formes des pistes rurales avec un profil en travers type de **6 m** dont **3,30 m** de chaussée et **1,35 m** d'accotements de chaque côté.

Dans la pratique, la largeur de la plate-forme de **6 m** est plutôt répartie en **4 m** de chaussée et **1 m** d'accotements de chaque côté.

Cette disposition permet à priori le croisement de deux véhicules légers dont la largeur standard ne dépasse pas 1.70 (hors rétroviseurs). Les marges de sécurité latérales tenant compte des vitesses pratiquées sur l'itinéraire étant faibles pour les routes rurales (40 Km/h).

Pour les routes supportant un fort trafic en poids lourds ou un trafic voisin du maximum de 400 véh/j dont la qualité du tracé en plan et du profil en long permet d'escompter qu'elles seront ultérieurement élargies sans modification notable du tracé, on peut projeter une plate-forme de **8 m** dont **4 m** de chaussée et **2 m** d'accotements de chaque côté.

Pour l'aménagement des pistes rurales dont le contexte local et les potentialités du site laissent présager leur construction à court ou à moyen terme, la largeur de la plate-forme à adopter doit tenir compte du futur corps de chaussée et serait au minimum égale à **7.5 m**.

Enfin, la largeur de la plate-forme au niveau des dalots sera portée à 8m pour pouvoir les récupérer dans le cadre d'un élargissement futur sur des routes rurales présentant un fort potentiel de développement de leur trafics à court terme.

### A - 3.2. Dévers

En section courante, la chaussée – pour les projets de construction – comporte deux versants plans déversés à 2,5 % vers l'extérieur prolongés par deux accotements déversés à 4 % vers l'extérieur.

Pour la deuxième et la troisième catégorie, les dévers ainsi que les règles spécifiques de leur introduction sont clairement explicités dans les paragraphes §2.3.2 et §2.3.4 de l'ISCGRR.

On se concentre dans ce qui suit sur les détails du calcul du dévers pour la quatrième catégorie (REFT) en illustrant les taux et les distances de son introduction :

### A - 3.2.1 Pour les projets de construction :

En virage, le dévers sera de:

- • 2,5 % pour le minimum libre ,
- • 4 % pour le rayon minimum normal,
- • 7 % pour le rayon absolu ; ce dévers pourra être ramené à 4 % pour éviter des pentes excessives en bord de chaussée ou pour faciliter les raccordements de dévers.

Les valeurs intermédiaires suivent une loi en  $1/R$  et se calculent en adoptant les deux formules suivantes :

$$15 < R < 30$$

$$\text{Dévers} = 90 / \text{Rayon} + 1$$

| Rayon (m) | Dévers (%) |
|-----------|------------|
| 15        | 7,00       |
| 20        | 5,50       |
| 25        | 4,60       |
| 30        | 4,00       |

$$30 < R < 75$$

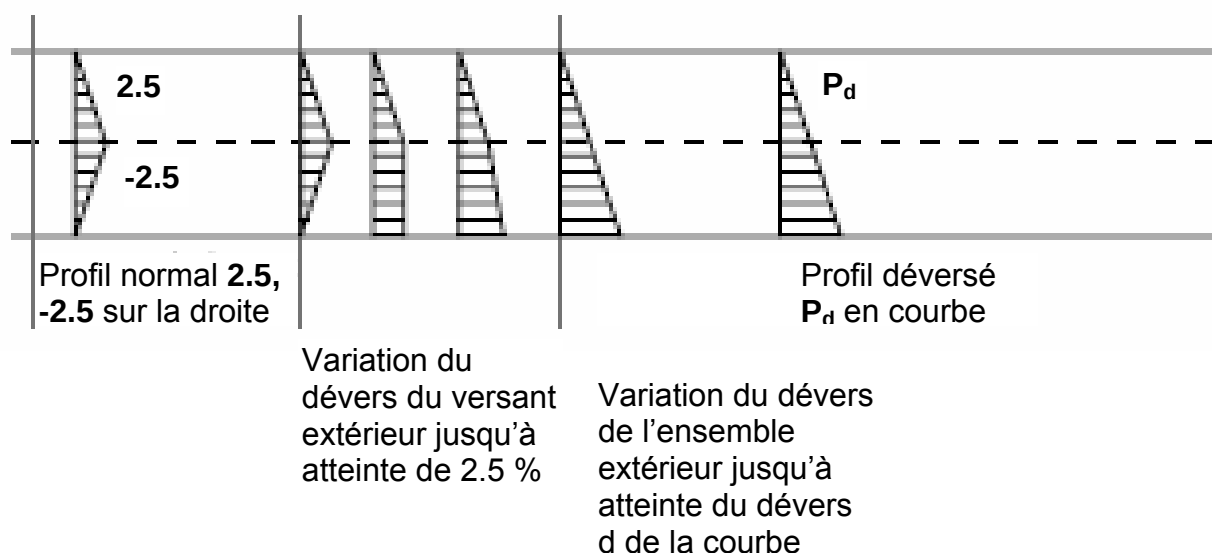
$$\text{Dévers} = 75 / \text{Rayon} + 1.5$$

| Rayon (m) | Dévers (%) | Rayon (m) | Dévers (%) |
|-----------|------------|-----------|------------|
| 30        | 4,00       | 55        | 2,86       |
| 35        | 3,64       | 60        | 2,75       |
| 40        | 3,38       | 65        | 2,65       |
| 45        | 3,17       | 70        | 2,57       |
| 50        | 3,00       | 75        | 2,50       |

#### Raccordements :

Le raccordement entre les profils en travers en alignement droit et ceux en virage déversé - dont le dévers est constant - s'effectuera toujours en dehors de la courbe circulaire, généralement sur les alignements droits contigus.

La variation de dévers se fera, en principe, à raison de 2 % par second de temps de parcours à la vitesse de référence (=40 km/h). L'introduction du dévers se fera linéairement et le taux de variation pourra être porté à 4 % au maximum.



Pour les routes rurales évoluant dans un site difficile ou dans un contexte très contraignant, la géométrie en tracé en plan est souvent très sinueuse et ne permet pas le respect du schéma classique de raccordement du dévers tel qu'illustré ci haut .

Le problème se pose notamment pour les alignements droits de courte distance situés entre deux courbes circulaires déversées et de sens opposés.

Pour ce cas de figure, il est permis de passer directement du dévers  $d_i$  de la courbe  $C_i$  au dévers  $d_{i+1}$  de la courbe  $C_{i+1}$  de façon linéaire sans passer par un dévers intermédiaire en toit.

Cette disposition particulière nécessite tout de même une longueur minimale d'alignement droit entre les courbes déversées.

Dans le cas où les courbes ont des rayons inférieurs à 30 m, et que leur dévers respectif soit limité à 4%, la variation de dévers serait de 8% ( $4 - (-4) = 8$  ).

Avec un taux d'introduction du dévers de 4% et une vitesse de 40 Km/h, la distance nécessaire pour passer directement d'un dévers de 4% à un dévers de -4% est de :  $d = 8 / 4 * 40 / 3.6 = \underline{\underline{22.22 \text{ m}}}$

### A - 3.2.2 Pour les projets d'aménagement :

La couche de roulement pour les projets d'aménagement de pistes rurales aura en principe un dévers de 4% sur tout son linéaire et ce indépendamment de la valeur des rayons des courbes en tracé en plan.

Cette valeur vise à assurer un meilleur drainage transversal de la plate-forme compte tenu de la rugosité des matériaux sélectionnés de la couche de roulement.



### A - 3.3. Surlargeurs au niveau des virages

Les surlargeurs sont prévues dans les virages de petit rayon pour permettre aux poids lourds de suivre le tracé sans quitter la chaussée.

Chacune des voies de circulation est alors augmentée d'une surlargeur S :

Cette surlargeur est définie dans l'ICGRRRC par la formule :  $S = 50 / R$  pour les rayons inférieurs à 250 m.

La norme REFT définit quand elle les valeurs suivantes

| Rayon | Surlargeur |
|-------|------------|
| 75    | 0,24       |
| 30    | 0,58       |
| 15    | 1,15       |
| 10    | 1,73       |

Ces valeurs sont conformes à une relation du type  $S = 17.3 / R$  et sont définies pour une chaussées de **3.30 m**.

Or, du moment que les chaussées à projeter auront une largeur minimale de 4m, Ces surlargeurs doivent être diminuées de 0.35 m ( = (4.00 – 3.30) / 2 ).

Par ailleurs, ces surlargeurs n'ont d'effet perceptible par l'utilisateur que si elles sont supérieures à 20 cm. Ce constat est d'ailleurs conforté par la norme REFT qui prévoit une surlargeur minimal de 24 cm pour le rayon  $R = 75$ .

Les chaussées de 4m ne seront ainsi élargies qu'au niveau des courbes dont le rayon est inférieur ou égal à 30 m.

Les valeurs des surlargeurs à appliquer sont alors consignées dans le tableau suivant :

| Rayon | Surlargeur    |
|-------|---------------|
| 30    | <b>0,23 m</b> |
| 25    | <b>0,34 m</b> |
| 20    | <b>0,52 m</b> |
| 15    | <b>0,80 m</b> |

### A - 3.4. ½ profil coté montagne

En section avec flanc de montagne subvertical, la plate-forme est aménagée avec un profil en travers type dissymétrique :

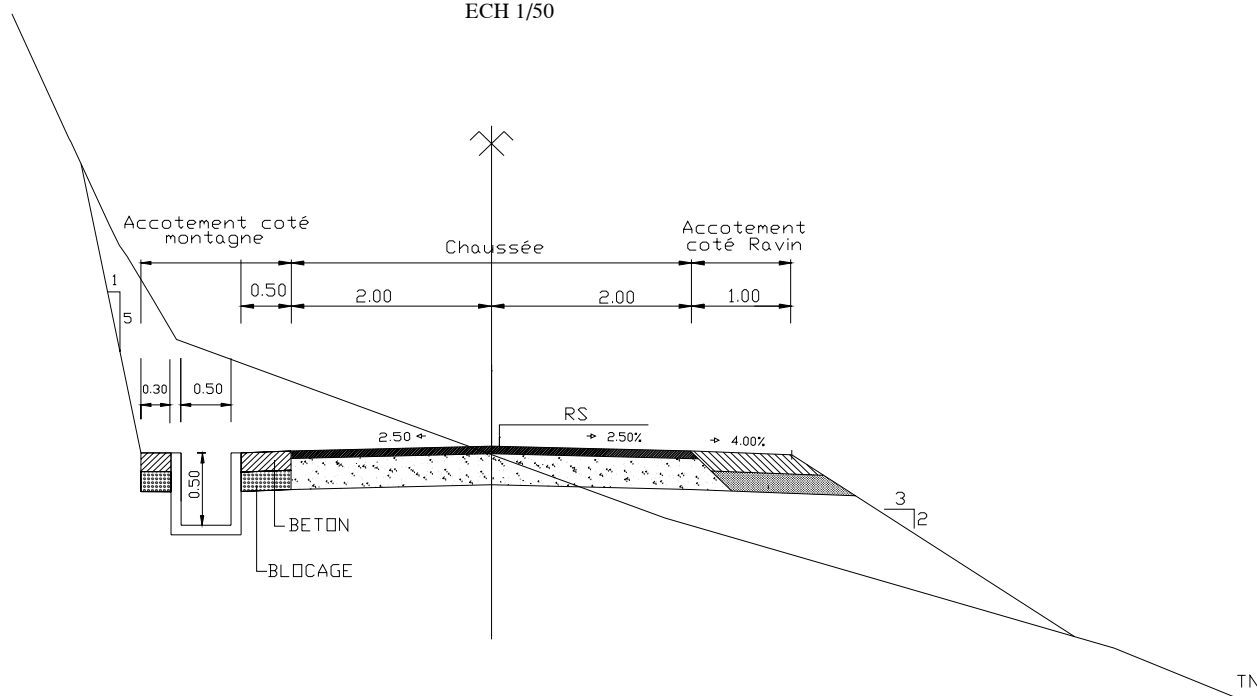
- Le demi profil en travers côté ravin reste inchangé :
  - chaussée : 2 m
  - accotement : 1 m
- Le demi profil en travers côté montagne est réduit :
  - chaussée : 2 m
  - accotement : 0,50 m (épaulement en béton) + caniveau bétonné avec risberme.

Cette disposition vise essentiellement à minimiser les terrassements coté montagne tout en garantissant un assainissement adéquat de la plate-forme et du talus de déblai.

Par ailleurs, et afin de se prémunir des risques de débordement accidentels sur le caniveau bétonné, le muret de ce dernier est rehaussé de 30 cm par rapport à l'épaulement bétonné. De plus, l'accotement coté ravin est également bétonné afin d'élargir la partie circulaire et garantir une meilleure sécurité lors des croisements.

SECTION AVEC FLANC DE MONTAGNE

ECH 1/50



### A - 3.5. Profils en travers au niveau des traversées de localités

Au niveau des traversées de localités ou de douars où la plate-forme est souvent réduite et encadrées par des contraintes durs et difficiles à éviter ou à déplacer (bâtis, etc ...), il est recommandé de projeter un profil en travers réduit.

Ce profil en travers sera constituée d'une plate-forme bétonnée dont la largeur serait inscrite dans celle existante.

Cette plateforme aura un profil en cuvette( en V) avec un dévers de 2% vers l'axe. Cette disposition se substitue aux fossés ou aux caniveaux de déblai et permet d'éviter le débordement des eaux sur les riverains.

### A - 3.6. Bétonnage des accotements

L'objectif du bétonnage de l'accotement est de le stabiliser de façon durable afin de le protéger contre l'érosion due à la fois aux venues d'eau et au débordement fréquent des véhicules (notamment les poids lourds). Ce bétonnage est davantage justifié au niveau des courbes déversées notamment du côté intérieur de ces courbes, car c'est vers ce côté que les eaux de surface s'écoulent et c'est sur ce côté que les véhicules débordent le plus souvent.

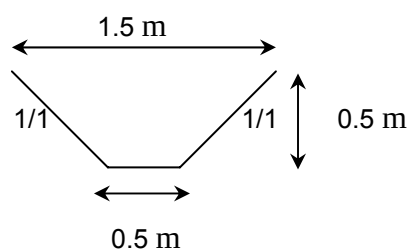
De plus, il est utile d'associer systématiquement aux accotements bétonnés des fossés bétonnés garantissant la stabilité et l'imperméabilité de tout le dispositif.

### A - 3.7. Dimensions des fossés :

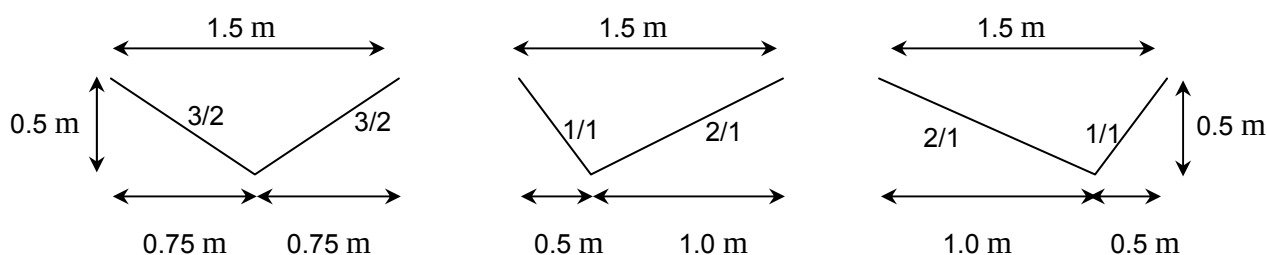
Les fossés doivent être projetés partout où les eaux ruisselant sur la chaussée et les accotements ou provenant de l'extérieur de l'assiette ne s'évacuent pas naturellement en dehors de celle-ci.

En règle générale, les fossés sont de section trapézoïdale (de 1.50 m de largeur en gueule, 0.50 m au fond et 0.50 m de profondeur) ou triangulaire.

#### Section trapézoïdale :



#### Section triangulaire :



Les pentes de 1/1 et de 3/2 proposées pour ces fossés sont conformes aux recommandations pour l'assainissement routier (LCPC- SETRA). Tandis que la pente 2/1 est conforme à celle proposée dans le Guide d'Assainissement Routier.

Il est à noter que la section triangulaire présente, quand elle n'est pas revêtue, des facilités évidentes d'entretien.

Quand la chaussée fait l'objet de venues d'eau importantes, ou quand le projet est situé dans une zone bien arrosée et/ou avec une géométrie en long présentant de fortes déclivités, les fossés de déblai doivent être dimensionnés sur la base d'un calcul hydrologique et hydraulique spécifique (Cf Chapitre traitant l'assainissement).

De plus, ces fossés doivent systématiquement être bétonnés si l'une des conditions suivantes est vérifiée :

- La vitesse d'écoulement est supérieure à la vitesse limite d'entraînement des particules du sol, qui peut être approchée par la valeur = 1.2 m/s.
- La capacité du fossé non revêtu est insuffisante (risque de débordement).

Lorsque la vitesse dans un fossé revêtu dépasse 4m/s, des brises-charge sont à prévoir.

### **A - 3.8. Projection des fossés de crête et de pied de remblai**

Les talus de la plate-forme routière doivent être mis à l'abri des risques d'érosion, en interceptant par des fossés ou bourrelets les eaux de ruissellement qu'ils reçoivent.

Pour les remblais dépassant 4 m de hauteur des bourrelets et descentes d'eaux doivent être prévus.

D'autre part, au cas où serait nécessaire l'interception des écoulements naturels importants provenant des terrains naturels extérieurs, des fossés de crête revêtus et des fossés latéraux au pied de remblai revêtus, doivent être prévus.

Les eaux recueillies sont, selon la disposition des lieux, soit ramenées vers un ouvrage de franchissement, soit conduites vers un exutoire propre. Par ailleurs, les eaux recueillies par un fossé de crête ou un bourrelet sont canalisées vers les fossés (de déblai) ou fossés profonds (de remblai) par des descentes d'eau.

Les principes de conception de ces dispositifs sont détaillés dans le chapitre A-7.

### **A - 3.9. Traitement des fossés des pistes interceptées :**

Afin d'assurer une meilleure insertion du projet dans son environnement et minimiser son impact sur ce dernier, l'attention du projeteur est attirée sur l'intérêt de rétablir les fossés des pistes interceptées par des systèmes appropriés.

Il est ainsi recommandé d'acheminer les eaux du projet vers des exutoires qui ne compromettent pas la circulation et la pérennité des pistes mineures interceptées.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 4 : CARREFOURS*

## CHAPITRE 4 : CARREFOURS

|                      |                                  |           |
|----------------------|----------------------------------|-----------|
| <b><u>A - 4.</u></b> | <b><u>CARREFOURS</u></b>         | <b>36</b> |
| <u>A - 4.1.</u>      | <u>TYPE D'AMENAGEMENT</u>        | 36        |
| <u>A - 4.2.</u>      | <u>GÉOMÉTRIE</u>                 | 37        |
| <u>A - 4.3.</u>      | <u>ASSAINISSEMENT</u>            | 37        |
| <u>A - 4.4.</u>      | <u>VISIBILITE</u>                | 38        |
| <u>A - 4.5.</u>      | <u>SIGNALISATION</u>             | 38        |
| <u>A - 4.5.1</u>     | <u>SIGNALISATION VERTICALE</u>   | 38        |
| <u>A - 4.5.2</u>     | <u>SIGNALISATION HORIZONTALE</u> | 39        |

## A - 4. CARREFOURS

### A - 4.1. Type d'aménagement

L'aménagement des carrefours a pour objectif premier la réduction du nombre d'accidents qui risquent de s'y produire.

Par ailleurs, le risque d'accidentologie au niveau de ces carrefours est tributaire de l'intensité de la circulation qui s'y produit (trafics et vitesses).

Plus les trafics sont importants, plus les aménagements sont lourds et conséquents. Et plus les trafics sont faibles, plus les aménagements sont minimes.

Les aménagements des carrefours, selon la Directive sur les Carrefours Plans de Rase Campagne (DCPRC), se déclinent pour les routes rurales – connaissant des trafics modérés - en deux types :

- Carrefours plan
- Carrefour plan élaboré

**Important :** Un carrefour ne peut être envisagé que lorsque les deux routes qui se croisent sont **revêtues**.

De plus, et d'après l'article 2.2 de la DCPRC, un carrefour plan est envisagé tant que :

- $TS < 200 \text{ véh/j}^{(*)}$  (pour un carrefour à quatre branches)
- $TS < 400 \text{ véh/j}^{(*)}$  (pour un carrefour à trois branches)

Dans si le trafic sur une route rurale est compris entre 200 et 400 véh/j, et qu'elle intercepte une route revêtue plus importante (en volume de trafic) au niveau d'un carrefour à quatre branches, ce dernier sera aménagé en carrefour plan élaboré au sens de la DCPRC.

**Pour tous les autres cas de figure , seul le carrefour plan est envisagé** pour traiter les intersections de la route rurale avec les routes **revêtues** qu'elles interceptent. Et ce quel que ce soit le nombre de branches de l'intersection.

Si la route rurale n'intercepte que des voies mineurs de desserte locales sur lesquelles le trafic est généralement très faible, elle sera considérée comme voie principale et toutes les intersections seront alors traitées, au mieux, en carrefours plans.

---

(\*) ou un accident grave (ayant entraîné des dommages corporels) en 5 ans

Le tourne à gauche n'est envisagé quant à lui que lorsque le mouvement y afférent est supérieur à 100 véh/j.

Conformément à l'esprit de la DCPRC et dans un objectif évident d'économie qui ne compromet nullement la sécurité au niveau des carrefours, l'aménagement qui concernera la majorité des routes rurales est celui du carrefour plan.

La consistance d'un carrefour plan est définie dans l'article 3 de la DCPRC, et on en rappelle ci-après, les éléments les plus pertinents :

### **A - 4.2. Géométrie**

On distingue :

- Les carrefours à 3 Branches, le plus souvent formés d'une voie débouchant et se terminant sur une autre (carrefour en Y).
- Les carrefours à 4 branches, le plus souvent formés de voies qui se rencontrent et se poursuivent de part et d'autre (carrefour en croix X).

En rase campagne, il est interdit de réaliser des carrefours plans à plus de 4 branches.

Les axes des branches formeront, entre eux, à l'intersection un angle si possible proche de 90°. Cet angle ne doit en aucun cas être inférieur à 60°.

Si cette condition ne se trouve pas remplie dans un carrefour, on procèdera à la rectification du tracé de la voie la moins importante pour avoir un angle supérieur à 60°.

Les raccordements circulaires entre rives adjacentes auront un rayon de :

- **15 m** en sortie de route secondaire (il convient de limiter les vitesses et les sorties tangentielles sans visibilité).
- **15 à 25 m** en entrée vers la route secondaire en fonction de l'emprise disponible.

### **A - 4.3. Assainissement**

La géométrie du carrefour doit être conçue de telle sorte que les eaux puissent s'écouler vers les accotements et les ouvrages de drainage sans provoquer de dégradations des chaussées, ni d'accumulation de terre dans le carrefour ou à ses abords.

Les branches secondaires doivent donc aborder le carrefour en rampe égale au dévers des demi-chaussées de la voie principale. Le rayon minimal en angle rentrant sur le profil en long des branches secondaires est de 500 m.



### A - 4.4. Visibilité

S'agissant de projets où le souci d'économie est prépondérant, on s'en tiendra à respecter les conditions minimales ci après :

La distance de visibilité sera égale :

- Sur les branches non prioritaires à : **15m**.
- Sur les branches prioritaires : à 1,75 fois la distance d'arrêt en attention diffuse :

| Catégorie de la voie prioritaire       | 1 <sup>ère</sup> catégorie | 2 <sup>ème</sup> catégorie | 3 <sup>ème</sup> et autres catégories |
|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Distance de visibilité à respecter (m) | <b>245</b>                 | <b>168</b>                 | <b>105</b>                            |

Les conditions souhaitables sont consignées dans le tableau du schéma n°1 joint en annexe de la DCPRC.

### A - 4.5. Signalisation

Le régime de priorité sur les routes du programme national est celui de la priorité à la voie principale qui a le plus de trafic.

Les carrefours à signalisation "cédez le passage " sont prévus lorsque la nature du danger et en particulier les conditions de visibilité n'imposent pas un arrêt absolu de l'usager de la voie non prioritaire.

Les carrefours à signalisation "STOP" sont prévus lorsque la nature du danger impose un arrêt absolu de l'usage de la voie non prioritaire .

#### A - 4.5.1 Signalisation verticale

Elle Comprend la signalisation avancée qui alerte l'usager et la signalisation de position qui lui donne des ordres. Les positionnements des panneaux, qui respectera la directive sur la signalisation, sera réalisée de façon à ne nuire en aucune cas à la visibilité.

##### a) signalisation avancée

Elle comprend :

- Obligatoirement en fonction des cas : panneaux 202 (cédez passage ), 204 (intersection d'une route prioritaire avec une route moyenne importante ).
- Eventuellement et c'est souhaitables panneaux de limitation de vitesse et d'interdiction de doubler.
- Si possible signalisation avancée de jalonnement.

Ces panneaux sont implantés à une distance, comprise entre 100 et 400 m du centre du carrefour, et définie au cas par cas en fonction des vitesses et des contraintes de visibilité.

b) Signalisation de position

Elle comprend :

- Obligatoirement les panneaux : 201(STOP), 202 (cédez le passage ) ,
- De façon hautement souhaitable les panneaux de jalonnement qui participent à la lisibilité du carrefour.

**A - 4.5.2 Signalisation horizontale**

- La signalisation horizontale comprend obligatoirement dans les cas de régime avec voie prioritaire, les lignes "STOP" et "cédez le passage" selon les directives du guide technique des marques sur chaussée ; l'implantation des lignes sera définie avec précision.
- La ligne "STOP" marque la ligne que ne doivent pas dépasser les véhicules non prioritaires quand ils sont à l'arrêt. Elle est implantée la plus près possible de la limite de chaussée prioritaire, de façon que les véhicules à l'arrêt aient la meilleure visibilité possible sans gêner en aucune façon le trafic.
- La ligne "cédez le passage " marque la limite de la chaussée prioritaire.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 5 : TRAFIC & CHAUSSÉE*

## CHAPITRE 5 : CHAUSSEE ET TRAFIC

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>A - 5. CHAUSSEE</u></b>                                          | <b>41</b> |
| <u>A - 5.0. PORTEE DU GUIDE :</u>                                      | 41        |
| <u>A - 5.1. TRAFIC :</u>                                               | 41        |
| <u>A - 5.1.1 INTRODUCTION</u>                                          | 41        |
| <u>A - 5.1.2 TRAFIC DE MISE EN SERVICE (T) :</u>                       | 42        |
| <u>A - 5.1.3 CALCUL DU TRAFIC CUMULE (N) :</u>                         | 42        |
| <u>A - 5.1.4 TRAFIC CORRIGE (TRC) :</u>                                | 43        |
| <u>A - 5.1.5 CLASSES DE TRAFIC : (Tri)</u>                             | 44        |
| <u>A - 5.2. CONCEPTION GEOMETRIQUE, ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE</u>     | 45        |
| <u>A - 5.2.1 GEOMETRIE :</u>                                           | 45        |
| <u>A - 5.2.2 ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE :</u>                          | 45        |
| <u>A - 5.3. ENVIRONNEMENT</u>                                          | 47        |
| <u>A - 5.3.1 ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE :</u>                            | 47        |
| <u>A - 5.3.2 ENVIRONNEMENT GEOTECHNIQUE :</u>                          | 47        |
| <u>A - 5.4. PLATEFORME SUPPORT DE CHAUSSEE</u>                         | 48        |
| <u>A - 5.4.1 PREAMBULE :</u>                                           | 48        |
| <u>A - 5.4.2 PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :</u>            | 48        |
| <u>A - 5.4.3 CLASSIFICATION DES SOLS :</u>                             | 49        |
| <u>A - 5.4.4 DETERMINATION DE LA PORTANCE DES PLATEFORMES :</u>        | 49        |
| <u>A - 5.5. DIMENSIONNEMENT</u>                                        | 56        |
| <u>A - 5.5.1 PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT :</u>                       | 56        |
| <u>A - 5.5.2 TYPE DE STRUCTURES :</u>                                  | 56        |
| <u>A - 5.5.3 DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES :</u>                      | 56        |
| <u>A - 5.5.4 QUALITE DES MATERIAUX :</u>                               | 59        |
| <u>A - 5.6. MATERIAUX DE VIABILITE</u>                                 | 61        |
| <u>A - 5.6.1 MATERIAUX LOCAUX MEUBLES :</u>                            | 61        |
| <u>A - 5.7. STRATEGIE DE DIMENSIONNEMENT</u>                           | 66        |
| <u>A - 5.7.1 NIVEAU DE SERVICE &amp; CARACTERISTIQUES DE SURFACE :</u> | 66        |
| <u>A - 5.7.2 ENTRETIEN – RENFORCEMENT :</u>                            | 66        |
| <u>A - 5.7.3 PISTES NON REVETUES :</u>                                 | 66        |

## A - 5. CHAUSSEE

### A- 5.0. Portée du guide :

Le présent document a pour objet de compléter la gamme des structures définies dans le catalogue des structures des chaussées neuves de 1996. Il concerne les routes rurales, et il a été tenu compte pour son établissement des problèmes propres à ce type de routes et notamment :

- La stratégie de dimensionnement est différente par rapport à celle retenue pour les routes nationales et qui est à la base du dimensionnement des structures du catalogue de 1996, pour les routes rurales la durée de vie moyenne est de 10 ans, par contre les structures du catalogue de 1996 sont dimensionnées pour des durées de vie longues (15 à 20 ans) pour les trafics TPL 1, 2 et 3.
- Le trafic qui est en général peu agressif par rapport à la moyenne nationale ceci a une incidence sur les caractéristiques des matériaux à utiliser et les épaisseurs des couches de chaussée.
- Les itinéraires sont en général de faible longueur et suivent les pistes existantes d'où la possibilité de réaliser des études géotechniques économiques.
- L'intérêt d'utilisation des matériaux locaux , de qualité et d'origine diverses.

### A - 5.1. Trafic :

#### A - 5.1.1 Introduction

Le trafic à prendre en compte est celui qui évolue sur toute la largeur de la chaussée et donc dans les deux sens de circulation. Le trafic poids lourd constitue l'élément essentiel du dimensionnement.

Le trafic est classé en quatre classes qui sont définies en fonction de trois données suivantes :

- Le trafic de mise en service (TR), exprimé en fonction de l'intensité journalière moyenne ( $V/j$ ) et pour une durée de vie escomptée de l'ordre de 10 ans.
- Le trafic cumulé (N) exprimé en nombre d'essieux standards de 13 T pendant la durée de vie de service, qui est en général prise égale à 10 ans. La détermination du trafic cumulé nécessite de choisir un taux de croissance qui varie en général entre 0 et 6 % par an avec une moyenne de 4 %.
- Le poids maximal (en tonnes) de l'essieu ou de la roue du poids lourd qui emprunte l'itinéraire pendant la durée de service. Cette donnée est nécessaire pour le dimensionnement des chaussées non revêtues.

### A - 5.1.2 Trafic de mise en service (t) :

Le trafic de mise en service est estimé généralement par des études de trafic dans la zone concernée par le projet. Les voies existantes peuvent faire l'objet d'opération de comptage. Les données à prendre en compte sont les suivantes :

- ⇒ La moyenne journalière dans les deux sens de circulation, toutes classes de véhicules incluses.
- ⇒ Le pourcentage de poids lourds. Un poids lourd est un véhicule qui présente un poids total avec charge (PTC)  $\geq 3,5$  Tonnes.

### A - 5.1.3 Calcul du trafic cumulé (N) :

Le trafic cumulé N est exprimé en essieux équivalents de 13 T, il est calculé sur la durée de service prise égale à 10 ans.

Le terme d'essieu standard désigne l'essieu isolé à roues jumelées, supportant une charge de 13 tonnes (ou 130 KN).

Le trafic cumulé « N » est déterminé en multipliant le trafic t de poids lourds à la mise en service par un facteur de cumul « C » et un facteur d'agressivité « A », selon la formule :

$$N = 365 \times t \times C \times A$$

Où :

- « A » est le facteur d'agressivité du trafic égal à 0,165
- « N » représente le trafic cumulé exprimé en essieux standard de 13T
- « 365 t » représente le trafic annuel à la mise en service
- « t » étant le trafic poids lourds moyen journalier à la date de mise en service
- « C » est un facteur de cumul qui tient compte de la durée de service choisie et du taux de croissance du trafic lourd.

En appelant « r » le taux de croissance géométrique du trafic lourd et « n » la période de service, égale à 10 ans le facteur de cumul « C » est donné par la formule :

$$C = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = \frac{(1+r)^{10} - 1}{r}$$

N est donné par la formule :

$$N = 365 \cdot t \cdot A \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

### A - 5.1.4 Trafic corrigé (TRc) :

Le trafic corrigé est donné par l'expression suivante :

$$TRc = (TR) \times C1 \times C2 \times C3 \times C4$$

Où :

TR : est le trafic de mise en service dans les deux sens de circulation

C1 : coefficient correcteur de la largeur

C2 : coefficient correcteur de l'agressivité

C3 : coefficient correcteur lié au pourcentage des poids lourds ( $PTC \geq 3,5 T$ )

C4 : coefficient correcteur lié au taux d'accroissement

Les coefficients correcteurs figurent dans les tableaux ci-après :

#### Largeur de chaussée : C1

| <b>Largeur de chaussée</b> | <b><math>\geq 6 m</math></b> | <b>4 à 6 m</b> | <b><math>&lt; 4 m</math></b> |
|----------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
| Coefficient C1             | 1                            | 1,5            | 2                            |

#### Agressivité du trafic : C2

$$C2 = A / 0,165$$

A = 0,165 pour l'ensemble du trafic rural

A = 0,3 dans le cas de trafic induit de transit

#### Pourcentage de poids lourd : C3

C3 dépend du pourcentage des poids lourd (p) de poids total supérieur ou égal à 3,5 T

$$C3 = \frac{p}{35}$$

#### Taux d'accroissement du trafic : C4

| <b>Accroissement</b> | <b>3 %</b> | <b>4 %</b> | <b>5 %</b> | <b>6 %</b> | <b>7 %</b> | <b>8 %</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| C4                   | 0,86       | 0,91       | 0,95       | 1          | 1,05       | 1,10       |

**A - 5.1.5 Classes de trafic : (Tri)**

Le trafic corrigé TRc est classé dans l'une des 4 classes suivantes, définies en fonction du trafic journalier, du trafic cumulé (N) sur la durée de service de 10 ans, et du poids maximal du demi essieu.

| <b>Classe de trafic</b> | <b>Trafic moyen journalier corrigé dans les 2 sens de circulation</b> | <b>Trafic cumulé N en EEC à 13 T</b> | <b>Poids maximal du demi essieu</b> |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| TR 1                    | $\leq 50$                                                             | ---                                  | $\leq 4,5$ tonnes                   |
| TR 2                    | $\leq 200$                                                            | ---                                  | ---                                 |
| TR 3                    | $200 < T \leq 400$                                                    | $< 10^5$                             | ---                                 |
| TR 4                    | $200 \leq T \leq 400$                                                 | $\geq 10^5$                          | ---                                 |



## A - 5.2. CONCEPTION GEOMETRIQUE, ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE

### A - 5.2.1 Géométrie :

La conception géométrique d'une route rurale ne diffère pas beaucoup de celle d'une route conçue suivant les normes classiques. La recherche de l'économie de réalisation ne doit pas occulter tous les aspects nécessaires aux bonnes conditions de fonctionnement de la chaussée. En dehors des aspects liés au confort et à la sécurité de l'usager, certaines dispositions constructives doivent être respectées, notamment celles liées au drainage superficiel et interne, qui ont une grande influence sur la pérennité de l'ouvrage.

#### a. Profil en long et tracé en plan :

Les pentes en profil en long et tracé en plan à adopter dépendent de la topographie des terrains franchis. Les dispositions à adopter figurent dans l'instruction.....

#### b. Profil en travers et surlargeur :

Afin d'assurer un drainage superficiel (et interne) convenable (s) il est nécessaire de respecter les dispositions suivantes :

- Privilégier les passages en petit remblai qu'en déblai
- Adopter pour la plateforme un profil non encaissé
- Adopter au niveau de la plateforme support de chaussée, une pente transversale de 4 à 5 %.
- Adopter au niveau de la chaussée un dévers de 2,5 % au moins

### A - 5.2.2 Assainissement et drainage :

Les corps de chaussée des routes rurales sont essentiellement constitués de graves non traitées ; ces matériaux sont naturellement sensibles à l'eau. La couche de surface est généralement en revêtement superficiel bicouche ou en enrobés bitumineux de faible épaisseur.

Le risque d'infiltration des eaux de surface est donc important, compte tenu de la faible étanchéité de la couche de surface. Afin lutter au maximum contre cette infiltration qui est la principale cause de présence d'eau dans la chaussée et la plateforme, il est essentiel d'assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles. Il est par ailleurs souvent nécessaire de réaliser un drainage des eaux internes.

a. Evacuation des eaux superficielles :

L'évacuation des eaux superficielles est à assurer par le dévers de la chaussée qui doit être au moins de 2,5 %. Les accotements doivent jouer leur rôle de protection des rives de la chaussée contre les infiltrations. Les fossés latéraux doivent assurer l'évacuation rapide des eaux de ruissellement.

Les accotements sont à réaliser en matériaux de faible perméabilité et présenter une pente transversale d'au moins 4 %.

Les fossés latéraux doivent être suffisamment profond et doivent favoriser les écoulements vers les exutoires. L'entretien doit être assuré périodiquement.

b. Drainage interne :

Les dommages causés par les eaux internes proviennent :

- d'une perte de portance du sol support liée à une augmentation de sa teneur en eau ;
- des effets de l'eau sur les matériaux de chaussée, généralement en grave non traitée.

Les eaux internes ont pour origine :

- Les infiltrations verticales à travers la chaussée
- Les infiltrations horizontales et les effets de bord

Pour prémunir la chaussée contre ces phénomènes, il est nécessaire d'adopter les dispositions suivantes :

- ⇒ Pour les chaussées revêtues, réaliser une imprégnation au cut-back 0/1 ou à l'émulsion surstabilisée avec au moins un dosage de 1,2 kg/m<sup>2</sup>, adopter une couche de surface en revêtement superficiel bicouche ou en enrobé bitumineux et dégrader les accotements à un niveau légèrement inférieur à celui de la chaussée et adopter un taux de compactage de 95 % OPM au minimum.
- ⇒ Pour les pistes non revêtues, adopter un taux de compactage de 98 % OPM au niveau de toute la largeur.

Dans tous les cas un drainage interne est à prévoir au niveau des franchissements en déblai ou au niveau du terrain naturel, lorsque les sols de plateforme sont classés dans l'une des classes : A1, A2, A3, B2, B5, B6, TxA1 et TxA2 de la classification du GMTR. Ce drainage interne est assuré par une couche drainante en matériau drainant d/D ou une grave non traitée O/D creuse avec une épaisseur de 15 cm à réaliser sous les accotements.

## A - 5.3. Environnement

### A - 5.3.1 Environnement climatique :

Trois zones sont considérées en fonction de la pluviométrie annuelle moyenne exprimée en mm et déterminée sur une période de récurrence longue (30 ans et plus).

| <b>Code</b> | <b>Dénomination</b> | <b>Précipitation (mm / an)</b> |
|-------------|---------------------|--------------------------------|
| <b>NA</b>   | Non aride           | $\geq 250$                     |
| <b>A</b>    | aride               | 50 à 250                       |
| <b>D</b>    | désertique          | $< 50$                         |

Les zones irriguées sont considérées comme étant non aride (NA).  
Une carte schématique des zones climatiques figure en annexe.

### A - 5.3.2 Environnement géotechnique :

La géologie marocaine est très variée. On distingue :

- Les grandes unités montagneuses
- Les régions de petit relief
- Les plateaux
- Les plaines alluviales
- Les régions sahariennes

Le matériel géologique de chacun des domaines cités ci-dessus, est décrit en annexe. Les dispositions constructives suivantes sont à adopter au niveau des sols particuliers suivants :

- ❑ **Les tirs** : très présents au niveau de certaines plaines alluviales. Ils sont très argileux et présentent une instabilité volumétrique marquée. Ils doivent être isolés du corps de chaussée par une couche de forme.
- ❑ **Les marnes** : très présents au niveau du préif, peuvent engendrer d'importantes instabilités des pentes. Au niveau des zones instables, le corps de chaussée est à réaliser en une seule couche avec le minimum possible d'épaisseur (15 à 20 cm). Pour ces zones instables, il est possible de réaliser les travaux en deux phases :
  - 1<sup>ère</sup> phase : réalisation des terrassements et des ouvrages d'assainissement.
  - 2<sup>ème</sup> phase : réalisation du corps de chaussée après complément éventuel des ouvrages d'assainissement et de confortement.

## **A - 5.4. Plateforme support de chaussée**

### **A - 5.4.1 Préambule :**

La structure de chaussée est construite sur un ensemble dont la surface supérieure est appelée plateforme support de chaussée. Cet ensemble est constitué :

- D'un sol support terrassé (déblai ou remblai, sol en place ou rapporté) désigné dans sa partie supérieure (sur 0,75 m d'épaisseur environ) par le terme partie supérieure des terrassements, notée P.S.T, et dont la surface constitue l'arase des terrassements, notée AR.
- D'une couche de forme éventuelle mise en œuvre sur la P.S.T.

La plateforme est caractérisée par son état de portance à long terme, c'est-à-dire sous la chaussée en service. La portance de la plateforme dépend du sol dans son environnement hydrique et de la présence ou non d'une couche de forme ; cette portance sera définie dans le paragraphe A-5.4.4.

### **A - 5.4.2 Programme de reconnaissance géotechnique :**

La reconnaissance géotechnique permet d'apprécier la portance des sols, les difficultés des terrassements et les conditions de réutilisation des sols pour les mouvements des terres.

Pour les routes rurales, la limitation du volume des terrassements amène à adopter des traces qui ne s'écartent pas beaucoup de la côte du terrain naturel. La reconnaissance géotechnique est à réaliser avec un puits de reconnaissance tous les kilomètres et la profondeur d'investigation sera limitée à 1 m sous la ligne rouge des terrassements. Les sols rencontrés font l'objet de prélèvements d'échantillons représentatifs pour identification au laboratoire et détermination de la portance C.B.R.

Le rapport de reconnaissance géotechnique doit présenter :

- La lithologie des formations géotechniques
- Les résultats des essais d'identification et de portance C.B.R
- Le principe des mouvements de terre
- Eventuellement le type et l'épaisseur de la couche de forme à adopter
- La portance de la plateforme support de chaussée

### A - 5.4.3 Classification des sols :

La classification des sols est à réaliser conformément aux dispositions du guide marocain des terrassements routiers G.M.T.R. Les éléments essentiels de cette classification figurent en annexe.

### A - 5.4.4 Détermination de la portance des plateformes :

La portance des plateformes est fonction de la portance du sol de la partie supérieure des terrassements (P.S.T) et des améliorations susceptibles d'avoir un effet à long terme. Les améliorations de la portance peuvent être obtenues par :

- l'existence d'un système de drainage efficace
- l'adoption d'une couche de forme

#### a – Assainissement et drainage :

Il s'agit d'une part de l'assainissement des eaux superficielles susceptibles de percoler dans la chaussée et la plateforme, si elles ne sont pas convenablement évacuées par les accotements, les fossés latéraux et les ouvrages de rétablissement des écoulements, et d'autre part du drainage interne des eaux ayant percolé.

Le régime hydrique est considéré comme favorable dans les conditions suivantes :

- L'étanchéité de la chaussée et des accotements est assurée
- Les franchissements en léger remblai ou en remblai
- L'existence d'une couche drainante sous chaussée ou accotements dans les franchissements en déblai ou au niveau du terrain naturel.
- Le rabattement de la nappe quand elle existe est permanent jusqu'à la cote -1,00 m par rapport à l'arase de la P.S.T.
- Le système de collecte des eaux superficielles (accotements et fossés latéraux) est opérationnel en permanence.

Le régime hydrique est considéré comme étant défavorable si l'une des conditions citées ci-dessus n'est pas assurée.

Il est à noter que pour les sols insensibles ou peu sensibles à l'eau, la portance est peu affectée par le régime hydrique, ceci ne dispense pas pour autant d'assurer un drainage efficace, pour le corps de chaussée en grave non traitée ou en tout-venant.

b – Echelle de portance :

Les niveaux de portance à affecter à la plateforme support de chaussée pour le dimensionnement, sont ceux du guide marocain des terrassements routiers (GMTR). Ces niveaux de portance sont définis dans les tableaux donnés ci-après :

| CLASSE DE PORTANCE | C.B.R<br>LONG TERME | MODULE EV2 ÉQUIVALENT |
|--------------------|---------------------|-----------------------|
| P0                 | $\leq 4$            | ---                   |
| P1                 | $\geq 6$            | $\geq 20$ MPa         |
| P2                 | $\geq 10$           | $\geq 50$ MPa         |
| P3                 | $\geq 15$           | $\geq 120$ MPa        |
| P4                 | $\geq 25$           | $\geq 200$ MPa        |

La portance du sol de plateforme est déterminée après identification au laboratoire et réalisation d'une étude C.B.R.

En l'absence d'une étude C.B.R, la plage suivante de portance des sols peut être adoptée :

| CLASSIFICATION GEOTECHNIQUE DU SOL                                               | PLAGE DE PORTANCE | COMMENTAIRES                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|
| A1 – A2 – A3 – A4 – TfAi                                                         | P0 à P3           | Sols sensibles ou très sensibles à l'eau     |
| B2 – B4 – B5 – B6 – C1Ai – C1B5 – C1B6 – C2Ai – C2B5 – C2B6 – TcAi – TfBi – TcB6 | P1 à P3           | Sols moyennant à faiblement sensible à l'eau |
| B1 – D1 – TcB1 – TcB2 – TcB4 – TcB5 – D2 – B3 – TcB3                             | P2 à P4           | Sols non sensibles à l'eau                   |
| D3 – C1B1 – C1B2 – C1B3 – C1B4 – C2B1 – C2B2 – C2B3 – C2B4                       | P3 à P4           | Sols grossiers ou sols graveleux             |
| TxA3 – TxA4                                                                      | P0                | Sols volumétriquement instables              |

Le niveau de portance est à définir en fonction du régime hydrique de la zone et de l'efficacité du système de drainage (P0), il est facultatif pour les sols de classe P1 et P2.

c – Couche de forme :

Le recours à une couche de forme est nécessaire dans les cas de sols en place de faible portance.

**Nature du matériau :**

Le matériau de couche de forme peut être :

- Un sol de bonne portance insensible ou faiblement sensible à l'eau, utilisé sans traitement
- Un matériau élaboré par scalpage, criblage ou concassage
- Un sol traité à la chaux et/ou au ciment

Le choix des matériaux utilisables en couche de forme est fait suivant les dispositions du Guide Marocain des Terrassements Routiers (G.M.T.R) pour les faibles trafics.

**Epaisseur de la couche de forme :**

En l'absence de couche de forme, la classe de la plateforme est celle du sol en place (partie supérieure des terrassements). La mise en place d'une couche de forme permet d'escompter une plateforme de type P2 au minimum.

**Traitement des sols en place :**

La couche de forme peut être réalisée avec les sols en place traités à la chaux et/ou au ciment. L'objectif du traitement est l'amélioration de la portance de ces sols. Les sols passibles de traitement et le choix du mode de traitement doivent respecter les dispositions du Guide marocain des Terrassements Routiers (G.M.T.R), cependant, compte tenu de l'objectif cité ci-dessus, la solution traitement est à envisager pour les sols tireux (classés en TxA1 et TxA2) et les sols argileux (classés en A1 – A2 ou A3) et le liant à utiliser est la chaux industrielle avec des dosages qui varient de 2 à 4 %, avec éventuellement un traitement mixte (1 à 2 % de chaux + 2 à 3 % de ciment). L'épaisseur à adopter varie entre :

- 20 et 30 cm pour les sols traités à la chaux
- 20 à 25 cm pour les sols traités à la chaux et au ciment

La décision d'opter pour une couche de forme traitée, doit être prise après réalisation d'une étude au laboratoire. Cette étude est à mener en complément à l'étude géotechnique de dimensionnement. La démarche à adopter est la suivante :

- La réalisation d'une campagne de reconnaissance géotechnique le long du tracé étudié
- La définition de familles de sols homogènes
- La réalisation d'une étude au laboratoire sur les sols passibles de traitement, cette étude doit conclure sur l'aptitude du sol au traitement et sur les caractéristiques mécaniques (IPI, CBR imbibé, classe de résistance).

Dans le cas où une couche de forme est adoptée les règles de surclassement de portance sont données dans le tableau suivant :

**Cas d'une couche de forme non traitée :**

| CLASSE DE SOL | NATURE DE LA COUCHE DE FORME | CLASSE DE PLATEFORME                         |
|---------------|------------------------------|----------------------------------------------|
| P0            | Matériau P2 non traité       | P2 à partir de 40 cm                         |
|               | Matériau P3 ou P4 non traité | P2 à partir de 30 cm<br>P3 à partir de 50 cm |
| P1            | Matériau P2 non traité       | P2 à partir de 25 cm                         |
|               | Matériau P3 ou P4 non traité | P3 à partir de 40 cm                         |
| P2            | Matériau P3 ou P4 non traité | P3 à partir de 25 cm                         |

**Cas d'une couche de forme traitée :**

| CLASSE DE SOL | NATURE DE LA COUCHE DE FORME               | CLASSE DE PLATEFORME  |
|---------------|--------------------------------------------|-----------------------|
| P0            | Matériau traité à la chaux et/ou au ciment | P 1 à partir de 20 cm |
|               |                                            | P2 à partir de 30 cm  |
| P1            | Matériau traité à la chaux et/ou au ciment | P2 à partir de 20 cm  |
| P2            | Matériau traité à la chaux et/ou au ciment | P3 à partir de 20 cm  |
|               |                                            | P4 à partir de 25 cm  |

**d – Portance à long terme :**

La portance de la plateforme à long terme à retenir pour le dimensionnement dépend :

- Du régime hydrique et notamment les renseignements disponibles sur la teneur en eau sous-chaussée.
- De la nature des sols de la partie supérieure des terrassements
- De la nature de la couche de forme (si elle est prévue) et de son épaisseur



En l'absence de renseignements précis sur la teneur en eau sous chaussée, la portance des sols est estimée par l'étude C.B.R à réaliser au laboratoire. La valeur caractéristique du C.B.R à prendre en compte est à déterminer dans les conditions suivantes :

**En zone non aride :**

- La teneur en eau est celle qui correspond à une durée d'imbibition à 4 jours ou à la teneur en eau de plasticité  $W_p$ .
- Le compactage est réalisé à la densité de 95 % OPN.

**En zone aride :**

La teneur en eau est celle qui a servi au compactage, généralement la teneur en eau optimale proctor normal. Le compactage est réalisé à la densité de 95 % OPN.

**En zone désertique :**

En général le matériau est compact à sec et la densité varie entre 92 et 95 % OPN. La portance varie entre P3 et P4. Le choix de l'une des classes, dépend de la rigidité à l'essai de plaque sinon à l'issue d'une étude CBR réalisée dans les conditions citées ci-dessus.

**e – Vérification de la portance des plateformes :**

La vérification de la portance des plateformes est effectuée au moment de la réalisation des travaux, et ce conformément aux dispositions du Guide Marocain des Terrassements Routiers (G.M.T.R). La vérification de la portance comporte :

- L'identification des sols de la partie supérieure des terrassements (P.S.T) afin de vérifier leur conformité avec les données de l'étude géotechnique.
- Le contrôle de compactage des sols ayant fait l'objet de mouvements de terre y compris ceux de la P.S.T.
- L'identification et le contrôle de qualité et de compactage du matériau de couche de forme
- La réalisation éventuellement d'un contrôle de rigidité à la surface de la couche de forme.

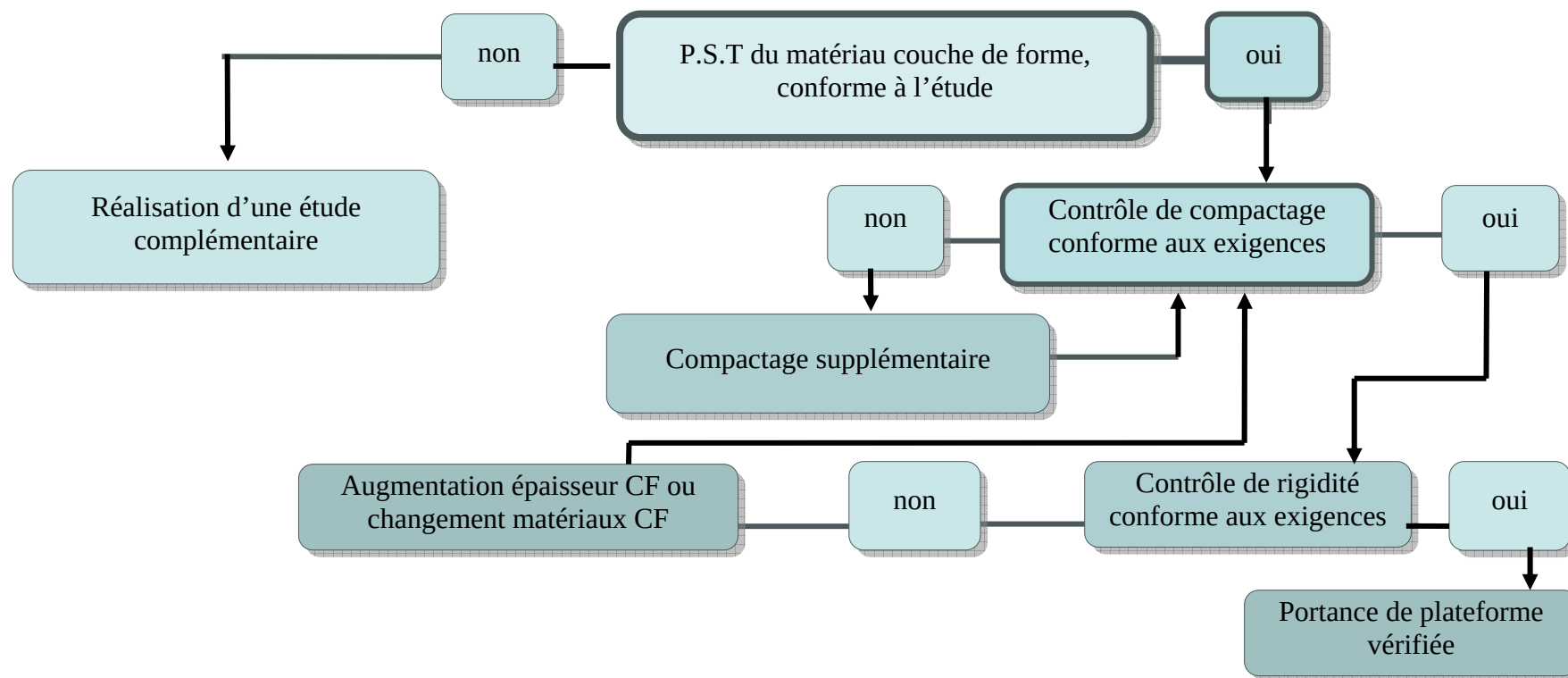
Les spécifications à respecter figurent dans le C.P.C des travaux routiers de la D.R.C.R et dans le guide des terrassements G.M.T.R.

Les exigences généralement retenues sont les suivantes :

|                                      | TECHNIQUE DE RECEPTION                                              | EXIGENCE                                                                                      |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Contrôle de compactage (obligatoire) | Mesure de densité $\gamma_d$ au densitomètre à membrane ou au gamma | - $\gamma_d \geq 90\%$ OPM ou $95\%$ OPN<br>- $\gamma_d \geq 95\%$ OPM (pour couche de forme) |
| Contrôle de rigidité (facultatif)    | Module EV2 à l'essai de plaque                                      | - $P_2 \geq 80$ MPa<br>- $P_3 \geq 120$ MPa<br>- $P_4 \geq 200$ MPa                           |

La vérification de la portance par contrôle de rigidité est facultative. Cette vérification, si elle est décidée, doit être réalisée au niveau d'une planche d'essais ou de vérification. En effet, il n'est pas toujours évident de changer d'épaisseur du matériau de couche de forme ou de sa nature pendant la réalisation des travaux.

En cas de vérification, les décisions à prendre sont présentées dans le logigramme suivant :



## A - 5.5. Dimensionnement

### A - 5.5.1 Paramètres de dimensionnement :

Le dimensionnement des structures de chaussée est réalisé en fonction :

- De la classe du trafic
- De la classe de portance de la plateforme support de chaussée
- De la qualité des matériaux qui constituent la chaussée

### A - 5.5.2 Type de structures :

Trois types de structures figurent dans ce guide :

- Les structures non revêtues pour les pistes très faiblement circulées (trafic TR1)
- Les structures revêtues en grave non traitée et couche de surface en enduit superficiel
- Les structures revêtues en matériau traité à la chaux et/ou ciment avec couche de surface en enduit superficiel.

Les structures non revêtues sont constituées d'une seule couche dite couche de roulement et d'usure. Cette couche contribue à diffuser les contraintes verticales et de cisaillement dues au trafic, et fait en plus l'objet d'une usure par départ de matériaux sous l'action du trafic.

Les structures revêtues en grave non traitée comportent une couche de base et éventuellement une couche de fondation, réalisées essentiellement avec les matériaux locaux de la région concernée par le projet.

### A - 5.5.3 Dimensionnement des structures :

Le dimensionnement de la chaussée est effectué en deux étapes :

- Le choix de la couche de surface
- Le choix des matériaux de la couche de base et de la couche de fondation avec la détermination des épaisseurs de chacune des couches

#### a – Choix de la couche de surface :

Pour les chaussées revêtues, trois types de couche de surface sont adoptés :

- L'enduit superficiel monocouche (LG)
- L'enduit superficiel monocouche double gravillonnage (LGg)
- L'enduit superficiel bicouche (LGLg)

Le choix est fait en fonction du trafic à l'aide du tableau suivant :

| CLASSE DE TRAFIC | TYPE DE COUCHE DE SURFACE                                                         |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| TR1 – TR2        | Enduit superficiel monocouche                                                     |
| TR3              | Enduit superficiel monocouche double gravillonnage ou enduit superficiel bicouche |
| TR4              | Enduit superficiel bicouche                                                       |

Dans le cas où une couche de surface en EB est adoptée, il est conseillé de différer de 1 à 2 années la pose du tapis d'enrobés, en réalisant un enduit superficiel en première phase de façon à attendre que les premières adaptations de la structure se soient produites.

#### b – Dimensionnement de la structure de chaussée :

Les structures de chaussée à adopter, en fonction de la classe de trafic et la classe de plateforme, sont données dans le tableau suivant :

## STRUCTURES DE CHAUSSEES

| CLASSE DE<br>PLATEFORME<br>TRAFIC | P1                |                       |            |                | P2                |                   |                         |                | P3               |            |                         |               | P4               |            |                         |                |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|----------------|------------------|------------|-------------------------|---------------|------------------|------------|-------------------------|----------------|
| TR1                               | 30 MCR            |                       |            |                | 25 MCR            |                   |                         |                | 20 MCR           |            |                         |               | 20 MCR           |            |                         |                |
| TR2                               | ES (LG)           |                       |            |                | ES (LG)           |                   |                         |                | ES (LG)          |            |                         |               | ES (LG)          |            |                         |                |
|                                   | 15 GND<br>20 GNF3 | 15 GNC<br>15 GNF<br>3 | 35M<br>HN  | 7 PC<br>15 BL  | 15 GND<br>15 GNF3 | 25 GNC            | 30 LTCC<br>ou<br>30 MHN | 7 PC<br>15 BL  | 25 GND           | 20 GNC     | 25 LTCC<br>ou<br>25 MHN | 7 PC<br>12 BL | 20 GND           | 15 GN<br>C | 20 LTCC<br>ou<br>20 MHN | 7 PC<br>12 BL  |
| TR3                               | ES (LGg ou LGLg)  |                       |            |                | ES (LGg ou LGLg)  |                   |                         |                | ES (LGg ou LGLg) |            |                         |               | ES (LGg ou LGLg) |            |                         |                |
|                                   | 20 GND<br>20 GNF3 | 15 GNC<br>20 GNF3     | 35 GN<br>D | 12 PC<br>15 BL | 15 GND<br>20 GNF3 | 15 GNC<br>15 GNF3 | 30 GN<br>C              | 12 PC<br>15 BL | 30 GN<br>D       | 25 GN<br>C | 30 LTCC<br>ou<br>30 MHN | 7 PC<br>15 BL | 25 GND           | 20 GN<br>C | 25 LTCC<br>ou<br>25 MHN | 12 PC<br>15 BL |
| TR4                               | ES (LGLg)         |                       |            |                | ES (LGLg)         |                   |                         |                | ES (LGLg)        |            |                         |               | ES (LGLg)        |            |                         |                |
|                                   | 15 GNB<br>20 GNF3 | 15 GNC<br>25 GNF3     | 35 GNC     |                | 15 GNC<br>20 GNF3 | 15 GNB<br>15 GNF3 |                         |                | 30 GNC           | 25 GN<br>B | 35 LTCC                 |               | 25 GNC           | 20 GNB     | 30 LTCC                 |                |

**NB :** La GNF3 de couche de fondation peut être remplacée par une couche de matériau MHN, avec la même épaisseur.

### A - 5.5.4 Qualité des matériaux :

#### a – Spécifications pour matériaux d'assises :

Les matériaux utilisables en couche de base et en couche de fondation, sont données, en fonction de la classe de trafic, dans le tableau suivant :

| CLASS<br>E DE<br>TRAFIC | MATERIAU DE COUCHE DE BASE                         |                                                    |                                    |          |    | MATERIAU DE COUCHE<br>DE FONDATION |                                     |    |
|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------|----------|----|------------------------------------|-------------------------------------|----|
| TR1                     | Matériau sélectionné MCR                           |                                                    |                                    |          |    |                                    |                                     |    |
| TR2                     | GND avec<br>LA < 50 – MDE<br>< 45<br>LA + MDE < 90 | GNC avec<br>LA < 45 –<br>MDE < 40<br>LA + MDE < 80 | MHN<br>avec<br>LA < 70<br>CBR > 80 | LTC<br>C | PC | GNF<br>3                           | MH N<br>avec<br>LA < 70<br>CBR > 60 | BL |
| TR3                     | GND<br>LA < 45 – MDE < 40<br>LA + MDE < 80         | GNC avec<br>LA < 40 – MDE < 35<br>LA + MDE < 70    |                                    | LTC<br>C | PC | GNF<br>3                           | MHN<br>LA < 70<br>CBR > 60          | BL |
| TR4                     | GNC                                                | GNB                                                |                                    | LTCC     |    | GNF<br>3                           | MHN<br>LA < 70<br>CBR > 60          |    |

Les granulats industriels tels que les déchets miniers ou des phosphates ainsi que les scories peuvent être utilisés en corps de chaussée. Ils sont assimilés à des matériaux MHN et doivent faire l'objet d'une étude préalable spéciale pour déterminer les modalités de valorisation.

Les spécifications des matériaux cités dans le tableau ci-dessus, doivent respecter les exigences qui figurent dans les fiches données en annexe.

#### b – Spécifications pour matériaux de revêtement :

Les revêtements superficiels sont réalisés avec les matériaux qui présentent les caractéristiques données ci-après :

- **Granulats :**

- Caractéristiques mécaniques :  $LA < 35$  et  $MDE < 30$  avec compensation de 5 points
- Forme (CA) :  $CA \leq 30$
- Propreté (P) :  $P \leq 1$

- **Liants :**

Les liants à utiliser sont des cut-backs 800/1400 ou des émulsions de bitume à 65 %. L'adhésivité avec le granulat doit être bonne.

- **Formulation :**

Les dosages moyens à retenir sont les suivants :

- ***Enduit monocouche (LG) : 10/14 ou 6/10***

| DOSAGE(d/D mm) | LIANT RESIDUEL(Kg / m <sup>2</sup> ) | GRANULATS (l / m <sup>2</sup> ) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 6/10           | 1,300                                | 8 à 9                           |
| 10/14          | 1,600                                | 11 à 13                         |

- ***Enduit monocouche double gravillonnage (LGg) : 10/14 – 4/6 ou 10/14 – 6/10***

| DOSAGE (d/D mm) | GRANULATS 1 <sup>ERE</sup> COUCHE (l / m <sup>2</sup> ) | LIANT RESIDUEL (Kg / m <sup>2</sup> ) | GRANULATS 2 <sup>EME</sup> COUCHE (l / m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 10/14 – 4/6     | 9 à 12                                                  | 1,5                                   | 5 à 7                                                   |
| 10/14 – 6/10    | 9 à 12                                                  | 1,5                                   | 7 à 9                                                   |

- ***Enduit bicouche (LGLg) : 10/14 – 6/10 ou 10/14 – 4/6***

| DOSAGE (d/D mm) | GRANULATS 1 <sup>ERE</sup> COUCHE (l / m <sup>2</sup> ) | GRANULATS 2 <sup>EME</sup> COUCHE (l / m <sup>2</sup> ) | LIANT RESIDUEL (Kg/m <sup>2</sup> ) |       |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|
|                 |                                                         |                                                         | Couche                              | Total |
| 10/14 – 4/6     | 11 à 13                                                 | 6 à 7                                                   | 0,8 + 1,2                           | 2,0   |
| 10/14 – 6/10    | 11 à 13                                                 | 8 à 9                                                   | 0,8 + 1,2                           | 2,0   |



## A - 5.6. Matériaux de viabilité

L'optimisation du coût de construction d'une route rurale, nécessite autant que possible le recours à l'utilisation des matériaux locaux de la zone franchie par le tracé. Deux facteurs sont à prendre en compte :

- La facilité d'extraction et le caractère rudimentaire d'élaboration
- La proximité du gisement par rapport au tracé

La prise en compte de ces facteurs, amène donc à exploiter en premier lieu et autant que possible, les gisements de matériaux meubles. Dans le cas où ces gisements sont trop loin du tracé ou inexistant, il est conseillé de recourir à l'utilisation de roches semi-tendres dont le coût d'exploitation peut se faire à un coût raisonnable, sachant que les spécifications en matière de caractéristiques intrinsèques de la roche (LA et MDE) ont fait l'objet d'une adaptation aux classes du trafic (voir chapitre VI).

### A - 5.6.1 Matériaux locaux meubles :

Les différents inventaires des ressources régionales en matériaux de construction routière, mettent en évidence la présence du potentiel suivant en matériaux locaux, ces matériaux permettent l'obtention des matériaux qui figurent dans les structures proposées à savoir, les graves MHN – GNf3 – GND – GNC – et les gravillons pour ES.

Les matériaux MCR pour couche de roulement de pistes et pour accotements sont à puiser également dans ces gisements.

#### 1 – Tout venant roulé d'oued

Ce sont des matériaux naturels d'extraction facile, situés dans les lits d'oueds et dont les éléments constitutifs peuvent être de nature pétrographique variable dans le même gisement. Ils sont généralement de forme roulés à légèrement sub-anguleux. Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques observées.

| GRANULOMETRIE                                                                                                                                 | PROPRETE                                                                                                                                                                                             | DURETE                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Tout-venant continu O/D<br>- Dmax de 100 à 200 mm<br>- Passant à 31,5 mm varie de 25 à 80 %<br>- Pourcentage de fines (0,080 mm) : 4 à 20 % | - ES > 30 et IP < 6 : grave sableuse<br>- ES de 20 à 30 : grave limoneuse<br>- IP > 12 : grave argileuse<br>- Pour les matériaux d'origine schisteuse, procéder au délitage pour estimer la propreté | - LA < 45, squelette stable, les plus fréquents<br>- LA > 45, matériau évolutif, assez rare. |

## 2 – Tout-venant villafranchien :

Ce sont des matériaux naturels de dépôts d'âge villafranchien. Ils sont situés dans la plaine du Gharb principalement, provinces de Kenitra, Sidi Kacem, Larache et Khemisset. Les matériaux sont roulés et d'origines diverses, ce qui conduit à rencontrer des gisements très hétérogènes en matière de dureté et de propreté.

Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques observées.

| GRANULOMETRIE                                                                                                                                                                 | PROPRETE                                                                                                  | DURETE                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant continu à bosse sableuse</li> <li>- Dmax de 80 à 120 mm</li> <li>- Pourcentage de fines variables de 5 à 20 %</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Très variable<br/><math>0 &lt; IP &lt; 25</math> à 30</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Très variable<br/>LA de 20 à 45</li> </ul> |

## 3 – Tout-venant de brèches :

Ce sont des matériaux naturels qui se présentent sous forme de massifs très fracturés et qui produisent des éléments naturellement anguleux d'où leur nom de matériaux naturellement fracturés. Ils sont généralement d'origine calcaire dolomitique, voire quartzitique, leur caractère très anguleux leur confère une grande stabilité sous trafic.

Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques observées.

| GRANULOMETRIE                                                                                                                                                      | PROPRETE                                                                                                                                            | DURETE                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant assez continu</li> <li>- Dmax inférieurs à 100 mm</li> <li>- Pourcentage de fins supérieurs à 10 %</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matériau dolomitique IP non mesurable à faible</li> <li>- Matériau quartzitique : IP de 10 à 20</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matériau dolomitique : LA de 25 à 30</li> <li>- Matériau quartzitique LA de 15 à 22</li> </ul> |

## 4 – Dépôts de piémonts :

Ce sont des matériaux naturels constitués par des dépôts provenant d'éboulements en pied de massif rocheux. Ils sont par conséquent anguleux. Leur extraction peut parfois présenter des difficultés liées à la présence de nappes piégées. Ils peuvent donner des matériaux sélectionnés MCR et des matériaux MHN.

Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques observées.

| GRANULOMETRIE                                                                                                                                                 | PROPRETE                                                                                                        | DURETE                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parfois très grossiers</li> <li>- Seuls les matériaux à <math>D_{max} &lt; 200</math> mm sont utilisables</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matrice variable, sableuse (propre) à argileuse (plastique)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variable selon la nature de la roche mère</li> </ul> |

### 5 – Tufs et encroûtements calcaires :

Ce sont des matériaux riches en éléments carbonatés (pourcentage de  $CaCo_3 > 50\%$ ).

Ils se présentent en couche de faible épaisseur (généralement de 1 à 3 m) sous forme de :

- soit matériaux fins pulvérulents
- soit matériaux à éléments graveleux plus ou moins indurés
- soit blocs indurés généralement plats

Ces trois formes peuvent être rencontrées dans le même site. Ils sont extrais au bull ou au ripper.

Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques observées.

| GRANULOMETRIE                                                                                                       | PROPRETE                                                                                                                          | DURETE                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulométrie évolutive selon le pourcentage d'éléments indurés</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- IP de 0 à 25 mais le comportement est lié à la teneur en <math>CaCo_3</math>.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variable</li> <li>- Très faible pour les éléments les moins indurés</li> <li>- Moyenne pour les encroûtements</li> </ul> |

Ces matériaux conviennent pour l'obtention des matériaux MCR, des matériaux MHN et des matériaux pour accotements.

### 6 – Roches tendres :

Cette catégorie englobe tous les matériaux rocheux assez tendres tels que :

- Schistes, très présents au niveau de la Meseta centrale et de la région de Marrakech
- grès (calcarénite et autres) très présents au niveau du littoral atlantique
- calcaire marneux

Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques observées.

| GRANULOMETRIE                                                       | PROPRETE                                                                                                                                                                                             | DURETE                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Dépend du type de la roche, du mode d'extraction et d'élaboration | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les schistes et les calcaires évoluent en fournissant des fines plastiques</li> <li>- Les grès donnent des matériaux non plastiques généralement</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les grès présentent des duretés faibles à très faibles</li> <li>- Les schistes et les calcaires ont des duretés moyennes à faible.</li> </ul> |

Ces matériaux peuvent fournir les graves GNF3 – MHN – GND - les MCR pour pistes et les matériaux d'accotements.

### 7 – Stériles d'extraction de carrière :

Cette catégorie regroupe tous les matériaux (déchets ou stériles) qui proviennent d'une exploitation de carrière ou de ballastières et qui sont inutilisés en raison de certaines de leurs caractéristiques. Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques observées.

| GRANULOMETRIE                                                                                                                                                                             | PROPRETE                                                                      | DURETE                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soit o/d (produits de scalpage ou de déchets miniers par ex.)</li> <li>- Soit d/D (produits d'écrêtage) avec D généralement important</li> </ul> | - Généralement plasticité élevée et/ou fort pourcentage de fines pour les o/d | - Liée à la roche exploitée |

**POTENTIELS REGIONAUX EN MATERIAUX LOCAUX MEUBLES****TABLEAU N° 1**

| <div>MATERIAUX</div> <div>REGION</div> | TV<br>ROULÉ<br>D'OUED | TV<br>VILLAFRANCHIEN | TV BRECHES<br>PREFRACTUREES | DEPOT DE<br>PIEMONT | TUF ET<br>ENCROUTEMENT<br>CALCAIRES | ROCHES TENDRES |                     |         |                                                       |
|----------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------------|----------------|---------------------|---------|-------------------------------------------------------|
|                                        |                       |                      |                             |                     |                                     | Calcarénite    | Calcaire<br>marneux | Schiste | Calcaire et<br>grès schisteux<br>grès<br>quartzitique |
| ORIENTAL                               | XX                    |                      | O                           | O                   | O                                   |                |                     |         | X                                                     |
| CENTRE<br>NORD                         | XX                    |                      | XX                          | X                   | O                                   |                |                     | X       | X                                                     |
| CENTRE<br>SUD                          | XX                    | X                    | XX                          | X                   | O                                   |                | O                   | X       | O                                                     |
| NORD<br>OUEST                          | XX                    | XX                   | X                           | O                   | X                                   | XX             |                     | X       | X                                                     |
| CENTRE                                 | XX                    |                      | X                           | XO                  | XX                                  | XX             | XX                  | O       |                                                       |
| TENSIFT                                | XX                    |                      | X                           | XX                  | O                                   | XX             | XO                  |         |                                                       |
| SUD                                    | XX                    |                      |                             | X                   | O                                   |                |                     |         |                                                       |

- *Fréquemment rencontrés* (XX)
- *Rencontrés très localement* (X)
- *Existants mais sans données* (O)

## **A - 5.7. Stratégie de dimensionnement**

Une stratégie de dimensionnement des chaussées se caractérise par le choix d'une structure initiale et par le niveau des dépenses d'entretien que l'on est prêt à consentir. Ces deux éléments ne sont pas indépendants puisque de leur choix dépend le niveau de risque que l'on tolère sur la résistance de la structure aux effets du trafic, ainsi que le niveau de service offert à l'utilisateur.

Pour l'établissement des structures de chaussées du guide des routes rurales, la stratégie retenue est présentée ci-après.

### **A - 5.7.1 Niveau de service & caractéristiques de surface :**

Les couches de surface retenues sont en revêtement superficiel. Les opérations d'entretien qui seront ultérieurement nécessaires pour maintenir le niveau de service assuré à l'utilisateur, consisteront essentiellement en la réalisation de réfection de couche de surface dont la périodicité est de 5 ans.

### **A - 5.7.2 Entretien – Renforcement :**

La durée de service probable retenue pour le dimensionnement est de 10 ans. Une opération de renforcement lourd par apport de matériau en surface (grave non traitée ou matériau bitumineux), est à programmer après 8 à 12 ans de service.

Pendant toute la durée de service de 8 à 12 ans, la chaussée fera l'objet d'un entretien des caractéristiques superficielles (emplois partiels et point à temps), avec un renouvellement de la couche de surface après 5 ans.

### **A - 5.7.3 Pistes non revêtues :**

En dehors de tout entretien, la durée de vie de la couche de roulement dépend de son épaisseur initiale et de la perte en matériau qu'elle subit du fait du trafic. La perte de matériau a été estimée à 2 cm par an. Un apport de 10 cm de matériau est à prévoir tous les 5 ans. Deux opérations de reprofilage - compactage par an sont également à prévoir.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 6 : TERRASSEMENTS*

## CHAPITRE 6 : GEOTECHNIQUE

|                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>A - 6. GEOTECHNIQUE</b>                                                                                               | <b>68</b> |
| A - 6.1. <u>LES PROBLEMES GEOTECHNIQUES</u>                                                                              | 68        |
| A - 6.2. <u>LES TERRASSEMENTS</u>                                                                                        | 68        |
| A - 6.3. <u>LA STABILITE DES PENTES</u>                                                                                  | 69        |
| A - 6.4. <u>LES SOLS D'EMPRUNTS ET LES GITES DE MATERIAUX</u>                                                            | 69        |
| A - 6.5. <u>REUTILISATION DES MATERIAUX</u>                                                                              | 69        |
| A - 6.6. <u>CONTENU DES ETUDES GEOTECHNIQUES</u>                                                                         | 70        |
| A - 6.6.1 <u>ETUDE DE DEFINITION</u>                                                                                     | 71        |
| A-6.6.1.1 <u>Tache n°1 : Délimitation des massifs rocheux</u>                                                            | 72        |
| A-6.6.1.2 <u>Tache n° 2 : Appréciation de la stabilité des versants rencontrés</u>                                       | 72        |
| A-6.6.1.3 <u>Tache n° 3 : Localisation des formations impliquant des difficultés</u>                                     | 75        |
| A-6.6.1.4 <u>Tache n° 4 : Estimation globale sur la réutilisation des matériaux de déblai</u>                            | 76        |
| A-6.6.1.5 <u>Tache n° 5 : Délimitation en zones homogènes pour les sols de l'arase de la plate-forme</u>                 | 77        |
| A-6.6.1.6 <u>Tache n° 6 : Connaissance des matériaux pour corps de chaussée</u>                                          | 77        |
| A - 6.6.2 <u>RAPPORT DE L'ETUDE DE DEFINITION</u>                                                                        | 78        |
| A - 6.6.3 <u>ETUDE D'EXECUTION</u>                                                                                       | 80        |
| A-6.6.3.1 <u>Etapas de déroulement de l'étude géotechnique en phase du projet d'exécution</u>                            | 81        |
| A-6.6.3.2 <u>Les moyens de reconnaissance</u>                                                                            | 83        |
| A-6.6.3.3 <u>Cas particulier des zones jugées géotechniquement difficiles, exemple de la région du rif et du pré-rif</u> | 87        |
| A - 6.7. <u>PARTICULARITE DES ZONES COMPRESSIBLES</u>                                                                    | 87        |
| A - 6.7.1 <u>DEFINITIONS</u>                                                                                             | 88        |
| A - 6.7.2 <u>LES ZONES COMPRESSIBLES AU MAROC</u>                                                                        | 88        |
| A - 6.7.3 <u>IDENTIFICATION DES SOLS COMPRESSIBLES</u>                                                                   | 89        |
| A - 6.7.4 <u>CHOIX DU TRACE EN PRESENCE DE ZONES COMPRESSIBLES</u>                                                       | 90        |



## A - 6. GEOTECHNIQUE

Le présent volume du guide pour les études de géotechnique routière s'adresse particulièrement aux responsables des projets.

Dans une première partie, il décrit l'ensemble des principaux problèmes d'ordre géologique, et géotechnique, affectant un tracé routier en dégagant les risques qu'ils font encourir et les précautions à prendre pour les éviter ou les traiter.

Dans une deuxième partie, il présente le contenu des études géologiques et, géotechniques à faire exécuter pour satisfaire aux objectifs assignés à chaque phase de l'étude (étude de définition, projet d'exécution).

Enfin, dans une troisième partie sont rassemblés les documents techniques nécessaires au projeteur pour l'exploitation des éléments fournis par ces études.

### A - 6.1. Les problèmes géotechniques

Les problèmes géologiques et géotechniques rencontrés au cours d'une étude de tracé, intéressant les terrassements, la stabilité des pentes et les sols d'emprunts et les gîtes de matériaux.

### A - 6.2. Les terrassements

Leur volume et leur importance dépendent du relief et des caractéristiques du tracé.

L'objectif de l'étude est de minimiser les coûts de terrassement par un choix judicieux du tracé et de la ligne rouge qui prend en compte la nature et l'état des sols à terrasser ainsi que leur emplacement.

Il convient donc de connaître de façon satisfaisante, en fonction de la précision requise pour chaque phase d'étude :

- La nature des sols à déblayer notamment leur degré de difficulté d'extraction (sol rocheux, sols rippables, sols meubles).
- La possibilité de réemploi des sols en fonction du mode d'extraction, des conditions climatiques, des équipements disponibles et de la distance de transport.
- La qualité géotechnique des sols pour établir un mouvement des terres permettant de définir le niveau optimal de la ligne rouge, d'arraser une stabilité satisfaisante aux remblais et une portance optimale au niveau de l'arase des terrassements quitte même à dégager des matériaux susceptibles d'emploi en couche de forme et même en couche de fondation.

### **A - 6.3. La stabilité des pentes**

On s'intéresse ici à la stabilité des pentes naturelles ou versants dans lesquels, on effectue un terrassement (déblai ou remblai) et à la stabilité des pentes de talus de déblai.

L'objet de l'étude est d'assurer la pérennité de l'ouvrage en estimant, en premier lieu, les risques d'instabilité et leur percussion et, en second lieu, en définissant toutes les mesures constructives propres à éviter ces risques ou en cas d'impossibilité à y remédier.

Les éléments essentiels sont le contexte géologique et hydrogéologique, le relief et les caractéristiques géométriques de l'ouvrage routier.

Le programme de reconnaissance, les visites du terrain et les démarches proposées et décrites dans la section « CONTENU DES ETUDES GEOTECHNIQUE » permettent de répondre à cette question afin d'assurer une bonne stabilité des déblais et des remblais.

### **A - 6.4. Les sols d'emprunts et les gîtes de matériaux**

Le sous-sol marocain présente une variabilité de terrains importante. De ce fait, et selon les régions du Maroc, on passe de zones riches en matériaux à des zones à ressources très limitées. La réutilisation de tel ou tel matériau est tributaire de plusieurs facteurs dont les plus importants sont rappelés dans les points qui suivent :

- Le climat de la région qui conditionne l'état hydrique du matériau,
- La morphologie du terrain,
- La nature des sols de surface,
- La nature des matériaux et la facilité de leur extraction.

L'inventaire de la nature des matériaux disponible pour l'ensemble des régions du Maroc est donné en annexe du chapitre 5 du présent guide.

### **A - 6.5. Réutilisation des matériaux**

Les matériaux à utiliser seront de préférence ceux qui entraînent le moindre coût.

Deux facteurs sont à prendre en compte :

- La facilité de leur extraction et le caractère rudimentaire de leur élaboration
- La proximité du gisement par rapport aux lieux de mise en œuvre.

Pour répondre à cet objectif, on est amené à exploiter en premier lieu des gisements meubles, et si ceux-ci sont trop loin ou inexistant, on peut penser à l'utilisation des roches semi-tendres dont l'exploitation peut se faire à un coût raisonnable.

Le tableau qui suit donne sommairement, par région, quelques indications sur les matériaux les plus rencontrés sur les chantiers de route au Maroc. Le détail par région est donné en ANNEXE 2 du chapitre 5.

Les principales caractéristiques géotechniques ainsi que les conditions de d'emploi de ces matériaux sont présentés en ANNEXE 2 du chapitre 5. Ces caractéristiques ont été déterminées à partir d'une étude d'inventaire des matériaux réalisée par le LPEE.

Ces conditions sont définies à partir de critères concernant :

- La granulométrie
- La propreté
- Conditions climatiques.
- Eventuellement la fragmentabilité et la dégradabilité.

| Matériaux                  | TV roulé d'oued | TV villafranchien | TV de Brèches préfracturées | Dépôt de piémont | Tufs et encrouement calcaires | Roches tendres |                 |          |                            |
|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|----------|----------------------------|
| Région                     |                 |                   |                             |                  |                               | Calcarénite    | Calcaire mameux | Schistes | Calcaire et grès Schisteux |
| ORIENTAL                   | xx              |                   | o                           | o                | o                             |                |                 |          | x                          |
| CENTRE ET NORD             | xx              |                   | xx                          | x                | o                             |                |                 | x        | x                          |
| CENTRE SUD                 | xx              | x                 | xx                          | x                | o                             |                | o               | x        | o                          |
| NORD OUEST                 | xx              | xx                | x                           | o                | x                             | xx             |                 | x        | x                          |
| CENTRE                     | xx              |                   | x                           | xo               | xx                            | xx             | xx              | o        |                            |
| TENSIFT                    | xx              |                   | x                           | xx               | o                             | xx             | xo              |          |                            |
| SUD                        | xx              |                   |                             | x                | o                             |                |                 |          |                            |
| fréquemment rencontrés     | (xx)            |                   |                             |                  |                               |                |                 |          |                            |
| rencontrés très localement | (x)             |                   |                             |                  |                               |                |                 |          |                            |
| existants mais sans        | (o)             |                   |                             |                  |                               |                |                 |          |                            |

## A - 6.6. Contenu des études géotechniques

Cette section a pour objet de présenter les différentes étapes pour l'étude géotechnique d'une route rurale.

L'expérience de conception des routes rurales au Maroc a montré que deux niveaux sont suffisants pour mener à bien une étude géotechnique spécifique à une route rurale ; un niveau d'étude de définition et un autre d'étude d'exécution.

Dans les parties qui suivent, il est détaillé la consistance, les objectifs et les moyens à mobiliser pour mener à bien les études dans chaque niveau.

### A - 6.6.1 Etude de définition

L'étude géotechnique au niveau de l'étude de définition est appelée reconnaissance préliminaire. Cette phase de l'étude requiert une grande importance car elle doit permettre de cerner la problématique géotechnique de la région étudiée avec le plus d'exhaustivité, et ce, afin d'optimiser les investigations géotechniques de la phase d'exécution.

Les objectifs assignés à cette phase de l'étude géotechniques sont énumérés comme suit :

- ♦ Délimiter les zones compressibles au droit du projet,
- ♦ Délimiter les zones rocheuses,
- ♦ Délimiter les zones homogènes du point de vue géologique, traversées par le tracé,
- ♦ Délimiter les gîtes potentiels de matériaux : oued, affleurements rocheux, terrasses alluvionnaires

Afin de répondre aux objectifs sus cités, on se propose de définir les tâches à réaliser dans le cadre de cette phase de l'étude, il s'agit essentiellement 6 tâches suivantes à effectuer :

**Tâche n° 1** : la définition des massifs rocheux à traverser

**Tâche n° 2** : l'appréciation de la stabilité des versants rencontrés

**Tâche n° 3** : la localisation des formations impliquant des difficultés géotechniques graves : marécages, sols compressibles, nappes, ...

**Tâche n° 4** : une estimation globale sur la possibilité de réutilisation de matériaux de déblai en remblai.

**Tâche n° 5** : une délimitation en zones homogènes de sol de l'arase de plate-forme en vue de prévoir des structures de chaussée.

**Tâche n° 6** : la connaissance des matériaux disponibles pour corps de chaussée.

Pour chacune de ces tâches, il convient de recueillir des données, de les exploiter et de conclure.

Des données peuvent être utiles pour plusieurs tâches et le résultat de certaines tâches peut être utile pour l'accomplissement d'une autre tâche.

**A-6.6.1.1 Tache n°1 : Délimitation des massifs rocheux****a) Données à recueillir**

- Cartes géologiques et géotechniques au 1/50.000 ou au 1/100.000 (Ministère des Mines, Division de la Géologie).
- Etudes géotechniques auprès des :
  - o Laboratoires agissant dans la région,
  - o D.R.E. et D.P.E. concernées par la région.

**b) Exploitation des données**

Le recueil des données permet dans un premier temps de :

- Projeter (la) ou (les) variantes de tracé envisagés sur les cartes pour délimiter les passages d'une formation géologique à l'autre.
- Situer sur ce tracé les reconnaissances effectuées lors des études géotechniques antérieures recueillies.
- Juger si cet ensemble de données, dans le cas où on a pu les collecter, permet de délimiter des zones comportant des massifs rocheux à terrasser. Si la possibilité de telles zones apparaît, il sera probablement nécessaire d'effectuer une visite sur le terrain à moins de bien connaître déjà la région concernée afin de :
  - o Déterminer les pendages favorables ou défavorables (incidence sur les talus de déblai et problème locaux de stabilité) (voir tâche n° 2).
  - o Déterminer la présence de zones d'altération et d'éboulis.
  - o La réutilisation éventuelle en couche de chaussée (voir tâche n° 6).

**c) Visite du terrain**

La visite du terrain à ce stade requiert une grande importance afin d'affronter les données recueillis à la réalité du site.

**A-6.6.1.2 Tache n° 2 : Appréciation de la stabilité des versants rencontrés****a) Données**

Les données collectées pour la tâche n° 1 sont à utiliser en tâche 2.

Dans le cas où une visite sur le terrain a été effectuée dans le cadre de la tâche 1, cette visite sur le terrain doit permettre de répondre aux objectifs de la tâche n° 2.

## **b) Exploitation des données**

Délimiter les zones présentant des versants instables et les zones pouvant présenter des instabilités après terrassements.

Essayer d'estimer les possibilités de stabiliser ces versants.

## **c) Visite du terrain**

Juger si les données simples (cartes géologiques et géotechniques et dossier géotechniques antérieurs) permettant de délimiter ces zones, sinon prévoir une visite sur le terrain.

Après la visite, décrire sommairement les différents types d'instabilités observés ou à prévoir après terrassements.

La visite de terrain devra prendre en considération les éléments suivants :

- Les instabilités générales sont assez bien connues dans les nappes prérimales, les collines de Gharb, zone schisteuses du Haut Atlas, etc...)
- Faire attention aux phénomènes d'érosion engendrés par la concentration des eaux de ruissellement aux ouvrages de franchissement (buse ponceau), ou d'écoulement (fossés). Ces érosions, avec souvent effet régressif, occasionnent souvent des instabilités.
- Porter attention sur les sapements de pieds provoqués par les Oueds ou thalwegs. Même si ceux-ci sont loin du tracé, leur effet peut se faire ressentir sur des distances importantes en amont.
- Noter les pendages et fracturation des roches pour estimer les problèmes éventuels de talutage (ancrage, boulonnage, protection contre les chutes de pierre, etc...).

## **d) Cas des talus et remblais de grandes hauteurs**

Le cas des déblais et remblais de grandes hauteurs est rencontré essentiellement lorsqu'il s'agit de terrassements en sites montagneux où l'on s'affronte à la problématique de grandes dénivelées (déblais ou en remblais) que ce soit pour des travaux d'élargissements de routes existantes ou de construction en site propre.

### **d-1) Stabilisation des déblais**

Partant de la situation en site montagneux, les terrains généralement rencontrés sont généralement des terrains rocheux avec des passages de terrains meubles (limons graveleux, terrasses alluviales, éboulis de pentes...).

Les déblais dans les passages meubles ne posent, généralement, pas de problèmes particuliers du moment que l'on peut assurer une pente adéquate à la nature mécanique des terrains en place.

Les déblais les plus problématiques sont ceux réalisés dans les éboulis de pentes et les terrains rocheux.

Pour les éboulis, formés par des blocs de taille métrique (Cf. figure ci après), il est nécessaire de disposer d'un système de filets par-blocs ou pièges à blocs qui évitent la chute des blocs sur la chaussée. Cette solution est généralement associée à un adoucissement de la pente en fonction de la consistance de la matrice de confinement des blocs.



Pour les déblais rocheux, les cas les plus problématiques sont rencontrés lorsque le déblai est réalisé dans une matrice rocheuse fracturée. Dans ce cas de figure, deux solutions sont à étudier :

- Clouage et confortement par tirants actifs ou passifs dans les zones présentant le plus de fracturation,
- Confinement des masses fracturées par un système de filet plaqué fixé sur la paroi rocheuse par une maille de clous.

La délimitation des zones à risque naturel (chute de blocs et fracturation du rocher) devra être identifiée dans la phase des études préliminaires lors de la visite du terrain et l'analyse des documents existants.

#### d-2) Stabilisation des remblais

Les remblais de grandes hauteurs sont rencontrés lorsque le tracé passe sur un ravin.

Dans ce cas de figure, l'utilisation des remblais renforcés par géogrilles est recommandée. Des solutions alternatives peuvent également être envisageable tels que les solutions de type TERRE ARMEE®, TERVOIL®...ces solutions présente l'avantage de limiter l'emprise du remblai.

En règle générale, l'étude des déblais et remblais de grande hauteur ( $H > 10\text{m}$ ) doivent faire l'objet d'une étude spécifique avec un programme de reconnaissance qui s'adapte au contexte du sol en place.

**A-6.6.1.3 Tache n° 3 : Localisation des formations impliquant des difficultés****a) Données à recueillir**

- Les mêmes données qu'en tâche n° 1
- La visite sur le terrain éventuellement opérée en tâche n° 1 ou n° 2 sera utilisée pour la tâche n°3.
- Carte hydrogéologique de certains bassins (Gharb, etc...).

**b) Exploitation des données****- Marécages**

La localisation doit être faite, compte tenu des variations saisonnières de l'emprise. Des renseignements concernant la profondeur, l'étendue, pourront être recueillis localement auprès des riverains ou autorités locales.

**- Sols compressibles**

La localisation d'une zone de sols compressibles déjà identifiés par des études géotechniques antérieures, peut être effectuée. En l'absence de données antérieures, une visite sur le terrain, permet souvent d'envisager la présence des sols compressibles.

**- Nappes**

La présence de nappes peut être étudiée à partir des cartes hydrogéologiques, des informations recueillies auprès du Service des Ressources en eau, en s'intéressant aux nappes superficielles.

**- Tirs**

La présence de sols tirsifiés est généralement signalée sur les cartes géologiques et géotechniques à échelle 1/50.000 et 1/100.00. La puissance des tirs est importante à connaître pour le traitement éventuel.

**- Cavités, anciennes carrières comblées, etc...**

La traversée de zones comprenant des cavités plus ou moins remplies (karst, etc...) ou de carrières anciennes ou de cours d'eau anciens comblés par des matériaux de toutes sortes, surtout aux approches des localités, peut poser des problèmes au niveau des travaux (excavation, comblement,...) leur repérage peut s'effectuer sur le terrain avec l'aide d'information recueillies auprès des populations locales.

**c) Visite du terrain**

Il faut noter que le contact avec les populations et les autorités locales, apporte un bon nombre de renseignements qu'il est indispensable de récolter à ce stade afin de donner une meilleure orientation à la campagne de reconnaissance.



**A-6.6.1.4 Tache n° 4 : Estimation globale sur la réutilisation des matériaux de déblai****a) Données**

- Idem tâche n° 1
- Les résultats de la tâche n° 1 concernant la localisation des sols rocheux.
- Les résultats de la visite effectuée en ce qui concerne les sols rocheux.
- Les résultats de la tâche n° 3 concernant la localisation des sols compressibles et des sols tirsifiés.

**b) Exploitation des données**

- Définir les difficultés éventuelles pour les terrassements.
- Estimer les possibilités de réutilisation des déblais rocheux ou les nécessités de mise en décharge.

Pour les réutilisations des sols meubles, on essaiera de prévoir ceux pouvant procurer des difficultés de la réutilisation à partir des :

- Sols très plastiques, soit trop humides, soit trop secs.
- Sols sableux ou à très faibles cohésion, donnant lieu à des problèmes d'érosion en parement de talus et nécessitant des protections.
- Sols plastiques ne pouvant être utilisés sur des remblais en grande hauteur.

A partir de ces indications, on peut estimer les nécessités éventuelles d'emprunt pour terrassement.

En ce qui concerne les déblais rocheux, on essaiera de distinguer :

- les roches évolutives dont la réutilisation ne sera envisagée que sous réserve.
- Les roches saines dures pouvant amener à des difficultés de fragmentation en vue de leur réutilisation.

**A-6.6.1.5 Tache n° 5 : Délimitation en zones homogènes pour les sols de l'arase de la plate-forme**

**a) Données**

- Les données recueillies en tâche n° 1.
- Les résultats de la tâche n° 1 et de la tâche n° 4.

**b) Exploitation des données**

- Un profil géotechnique des sols de plate-forme, compte tenu des terrassements envisagés.
- Une description très sommaire des sols de plate-forme permettant de prévoir une première classification de ces sols.

**A-6.6.1.6 Tache n° 6 : Connaissance des matériaux pour corps de chaussée**

**a) Données**

- Données déjà recueillies en tâche n° 1.
- Résultats des tâches n° 1 et n° 4.
- Inventaire des ressources en matériau (Cf. ANNEXE 2 du chapitre 5).

**b) Exploitation des données**

A partir des données, on doit juger :

- Si les ressources connues ou inventoriées sont satisfaisantes ou si les données sont relativement crédibles (actualisation).
- Sinon prévoir une enquête auprès de l'administration, des autorités locales et des Entreprises régionales, afin d'atteindre un niveau suffisant de connaissance du problème.

### A - 6.6.2 RAPPORT DE L'ETUDE DE DEFINITION

En conclusion, le rapport géotechnique doit permettre de fournir les éléments suivants :

- Dresser une carte au 1/50.000 avec l'emplacement des passages difficiles sur chacun des couloirs ou variantes étudiées.
- D'apprécier qualitativement ces difficultés :
  - o Pour les massifs rocheux : description sommaire des roches et des difficultés d'extraction et des pentes de talus prévisibles
  - o Pour les versants instables : délimitation des zones intéressées, nature probable de l'instabilité (glissement de surface, glissement profond, surpression hydrostatique, sapement de pieds, etc...)
  - o Pour les sols compressibles : délimitation de la zone ; si des observations visuelles ou des données géotechniques le permettent, estimation de la profondeur des sols compressibles et de leurs consistance (sols mous et plastiques ou sols consistants).
- De déduire les sols rencontrés en déblai, afin de dégager les conditions de leur réutilisation en remblai.
- Pour les matériaux de corps de chaussées, l'enquête et les données géotechniques doivent permettre :
  - o D'évaluer les gisements déjà utilisés et leur compatibilité avec les caractéristiques exigées pour le projet.
  - o La délimitation en section homogène de la plate-forme pour l'évaluation des chaussées,
- Pour les sols qui seront terrassés en déblai, l'ingénieur chargé de l'étude devra être en mesure d'évaluer qualitativement les pentes à donner aux talus suivant :
  - o Une estimation qualitative et visuelle des paramètres mécaniques des sols en place (cohésion et angle de frottement...)
  - o La hauteur des talus projetés,

Le tableau suivant donne des ordres de grandeurs applicables à titre indicatif, pour apprécier les pentes de talus.

| Configuration              | Pentes courantes |                                       |
|----------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Cas de remblais            |                  | applicables<br>pour H<br>< 5 -<br>10m |
|                            | 2V/3H            |                                       |
| Cas de déblais             |                  |                                       |
|                            |                  |                                       |
| sols meubles cohérents     | 1V / 2H          |                                       |
|                            |                  |                                       |
| sols meubles non cohérents | 1V / 2,5H        |                                       |
| faiblement frottant        | 2V/3H            | applicables<br>pour<br>H<10<br>m      |
|                            |                  |                                       |
| sols rocheux               | 1V / 0.5H        |                                       |
| En cas de cavités          | 3V / 2H          |                                       |
| pendage défavorable        | 1/1 à 1V/1.5H    |                                       |

Pour les sols cohérents marneux et argileux de la région du nord, le tableau suivant récapitule les pentes à prendre en compte.

| Hauteur en m | Pente H : V |
|--------------|-------------|
| 0 - 5        | 1 : 1       |
| 5 - 10       | 2 : 1       |
| 10 - 15      | 2.5 : 1     |
| 15 - 20      | 3 : 1       |

### A - 6.6.3 Etude d'exécution

Au stade de l'exécution, l'étude géotechnique doit permettre d'accomplir les objectifs suivants :

- Fournir les données nécessaires pour déterminer la structure de la chaussée tout au long du tracé,
- Affiner les hypothèses prises en compte dans le cadre de l'étude de définition, notamment concernant :
  - Les potentialités de la région en terme de matériaux d'emprunt,
  - Les hypothèses sur la consistance des sols en place et sa répercussion sur la pente des talus des déblais,
  - Les taux de réutilisation des matériaux de déblai.

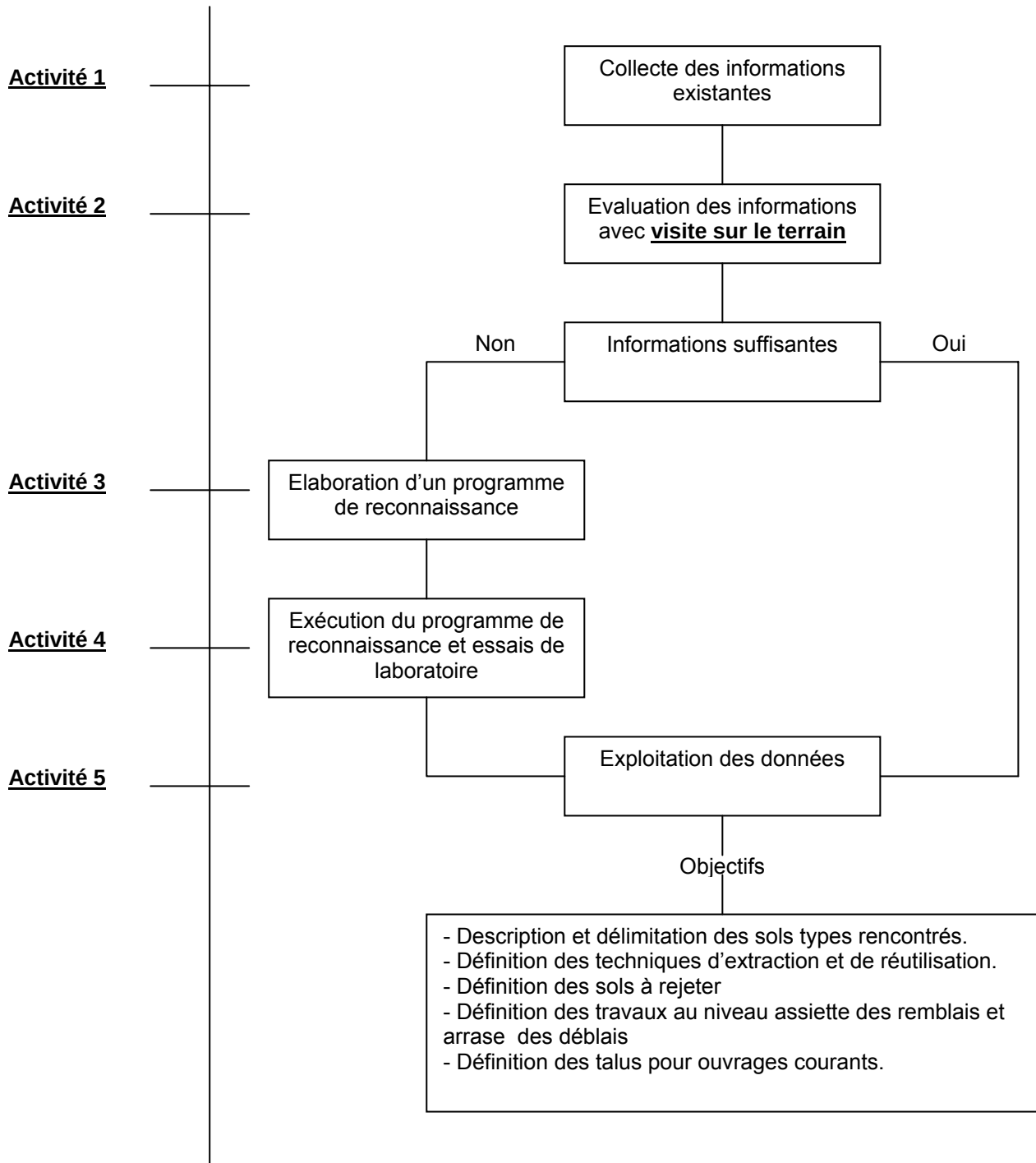
Sur la base des conclusions de la première phase de l'étude, la campagne d'investigation requiert un caractère sommaire et ciblé.

On se propose dans la présente section d'aborder les points suivants :

1. Etapes de déroulement d'une étude géotechnique en phase du projet d'exécution,
2. Consistance de la campagne de reconnaissance au stade du projet d'exécution,
3. Cas particulier des zones jugées géotechniquement difficiles, exemple de la région du rif et du pré-rif

### A-6.6.3.1 Etapes de déroulement de l'étude géotechnique en phase du projet d'exécution

L'organigramme suivant, présente l'ensemble des actions à mener dans le cadre d'une étude géotechnique en phase du projet d'exécution.



On présente ci-après l'ensemble des activités décrites dans l'organigramme.

### **ACTIVITE 1 : Collecte des informations existantes :**

Il s'agit essentiellement des informations existantes remise au niveau du projet de définition :

- Cartes géologiques et géotechniques,
- Dossier d'études géotechniques antérieures dans la zone du projet,
- Conclusions de l'étude géotechnique en phase d'étude de définition,
- Profil en long et coupes en travers avec le calage provisoire de la ligne rouge.

### **ACTIVITE 2 : Evaluation des informations par une visite sur le terrain :**

La visite sur le terrain permet de juger si les informations recueillies peuvent être jugées suffisantes ou non, pour répondre aux objectifs assignés à cette tâche.

### **ACTIVITE 3 : Elaboration du programme de reconnaissance**

Le programme de reconnaissance doit être élaboré à partir des données déjà obtenues en fin d'activité 2, notamment en ce qui concerne le degré d'homogénéité et le degré de difficultés.

Ce programme doit définir la nature et la fréquence des essais à réaliser.

Il est à noter qu'il est judicieux de disposer des profils en long et surtout, le calage provisoire de la ligne rouge. En effet, ces données permettent de mieux cibler les investigations et aussi d'éviter de définir une campagne qui ne sera pas utilisée ultérieurement.

Le bureau d'étude établit le programme de reconnaissance pour le soumettre à l'approbation du Maître d'Ouvrage.

Sur la base du quantitatif des investigations, le Maître d'Ouvrage lance un marché pour la réalisation de la campagne de reconnaissance.

Le rendu de ladite campagne est ensuite communiqué au bureau d'études chargé de la conception du tracé afin d'analyser et interpréter les résultats de la campagne de reconnaissances puis intégrer les paramètres qui en ressortent dans la conception du tracé.

### **A-6.6.3.2 Les moyens de reconnaissance**

Les moyens de reconnaissance les plus utilisés sont :

- les puits manuels : sols meubles et rocheux jusqu'à 1 - 2 m au dessous de la ligne rouge;
- les tarières à main : sols meubles fins jusqu'à 10 m permettant d'extrapoler entre puits manuels, l'usage des tarières est limité au cas de déblais de grandes hauteurs ;

#### **b) Implantation des sondages**

es puits et les sondages sont implantés sur le profil en long dans l'axe du tracé avec adaptation sur le terrain en fonction des spécificités de chaque projet.

La fréquence de réalisation des puits est de 1 puit tous les 1000m. Toutefois, cette maille est donnée à titre indicatif, il revient au géotechnicien de raffiner cette maille ou l'alléger, en fonction des contraintes géotechniques décelées lors des visites du tracé.

#### **c) Essais de laboratoire**

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des essais à réaliser au laboratoire afin d'avoir les éléments nécessaires pour :

- Dimensionner le corps de chaussée,
- Connaître la nature des familles de sols traversés et leur pourcentage de réutilisation.

Au préalable de la commande des essais, il souhaitable que l'ingénieur chargé de l'étude ait que idée préalable de la lithologie le long du tracé projeté.

Cette coupe lithologique est à déterminer au fur et à mesure de la réalisation des puits.

Ces essais sont réalisés par famille de sol et dans chaque puit mécanique. Le quantitatif des essais est à déterminer en fonction des paramètres suivants :

- Nombre des familles de sol rencontrées,
- La coupe lithologique déterminée sur la base du levé géologique dans les puits.



|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Sol</u>   | <p><u>Essais d'identification sur échantillons remaniés (prélèvement dans les puits):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Masse volumique sèche et humide (<math>\gamma_d</math> et <math>\gamma_h</math>)</li> <li>↗ Masse volumique saturée (<math>\gamma_s</math>)</li> <li>↗ Teneurs en eau naturelle en place (w%)</li> <li>↗ Granulométrie par tamisage<br/>(%&gt;2mm, %2mm à 80<math>\mu</math>m, %&lt;80<math>\mu</math>m, %&gt;50mm et <math>\phi_{max}</math>)</li> <li>↗ Granulométrie par sédimentation<br/>(%80<math>\mu</math>m à 20<math>\mu</math>m, %20<math>\mu</math>m à 2<math>\mu</math>m et %&lt;2<math>\mu</math>m)</li> <li>↗ Equivalent de sable (ES)</li> <li>↗ Limites d'Atterberg (<math>W_L</math>%, <math>W_P</math>% et <math>I_P</math>)</li> <li>↗ Valeur au Bleu de Méthylène (VBS)</li> </ul> <p><u>Essais de portance sur échantillons remaniés (prélèvement dans les puits):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Masse volumique sèche maximale (<math>\gamma_{d-max}</math>)</li> <li>↗ Teneur en eau à l'Optimum Proctor Normal (<math>W_{opn}</math>%)</li> <li>↗ Indice de portance (IPI%)</li> <li>↗ CBR immédiat et CBR après immersion à 4 jours</li> </ul> |
| <u>Roche</u> | <ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Indice de discontinuité (vitesse du son)</li> <li>↗ Essais mécaniques (traction et compression)</li> <li>↗ Essais d'altérabilité.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

#### ACTIVITE 4 : Exécution du programme de reconnaissance et des essais de Laboratoire

L'exécution du programme de reconnaissance permet :

- de dresser une coupe des sols rencontrés,
- d'habiller les profils en travers au droit des sections les plus critiques (coupe au droit du plus grand déblai et du plus grand remblai),
- Pour les sols meubles :
  - o description visuelle des formations, profondeur des formations, état d'humidité visuel ou mesuré, état de compacité,
  - o Classer les sols selon la classification GMTR,
  - o Evaluer les caractéristiques CBR pour chaque famille de sols,
- Pour les sols rocheux :
  - o Dénomination des roches avec évaluation de leur état d'altération,
  - o Description de leur état de discontinuité à partir des parois visibles et à partir des carottes,

**ACTIVITE 5 : Exploitation des données**

L'ingénieur géotechnicien doit exploiter les données brutes recueillies en fin d'activité 4 pour répondre aux objectifs prévus, un grand travail de synthèse devra être effectué afin de profiter au mieux des renseignements recueillis de la campagne exécutée.

Ce même travail de synthèse permet de détecter les lacunes de la campagne en vue de définir lorsque c'est nécessaire un programme de reconnaissances complémentaire.

**Objectif 1 :** Description et délimitation de tous les types de sols rencontrés en déblais et arase de remblai.

- Il sera présenté une fiche par famille de sols ou de roches, dégagant les éléments caractéristiques d'identification et de comportement.

- Il sera dressé un profil en long présentant l'ensemble des coupes et les continuités prévisibles pour les diverses formations rencontrées ci-dessus décrites (niveau, épaisseur, etc...).

**Objectif 2 :** Définir les techniques de réutilisation des sols meubles (se référer à la classification GMTR).

- En fonction de la classe du sol rencontré, on prévoit les conditions d'emploi en remblai et en couche de forme.

**Objectif 3 :** Définir les conditions d'extraction et de réutilisation des sols rocheux.

Les conditions de réutilisation des sols rocheux, dépendent des moyens et résultats de l'extraction.

A partir des essais in-situ et des essais de laboratoire, il faut définir :

- la rippabilité éventuelle des massifs ;
- la nature évolutive ou non évolutive des matériaux produits.

La définition des conditions d'extraction du rocher est faite à partir de sa nature, de son état et de ses caractéristiques mécaniques.

Sont données en annexe, des abaques permettant une première estimation ; il y est rappelé aussi que la réalisation d'une tranchée expérimentale sera toujours très utile.

Pour ce qui est de la nature évolutive du produit, elle sera évaluée à partir des résistances mécaniques et des mesures d'altérabilité.

Les caractéristiques du produit d'extraction (après rippage ou minage) ne seront pas toujours faciles à prévoir à ce cas de l'étude, car elles dépendront du type d'extraction finalement choisi.

**Objectif 4 :** Définir les travaux à effectuer au niveau de l'assiette des remblais et de l'arase des déblais.

Il s'agit d'une part, de prévoir l'épaisseur de terre végétale à décaper au niveau de l'assiette de remblais, et d'autre part, de prévoir les éventuelles couches de réglage (à inclure dans la couche de forme) au niveau de l'arase des déblais dans les zones où les affleurements rocheux ne permettront pas de dresser suffisamment la plate-forme.

**Objectif 5 :** Définir les pentes de talus (remblai et déblai) et leur protection pour les ouvrages de faible hauteur.

#### Pour les remblais :

Les pentes de talus de remblai courant, sont de 2V/3H (2 vertical pour 3 horizontal). Des équipements, type risberme, peuvent être prévus sur des remblais de hauteur dépassant 5 mètres. Des protections contre l'érodabilité sont aussi à prévoir : les sols érodables et les sols de protection sont donc à identifier.

La stabilité de la fondation des remblais, doit être assurée sinon on doit avoir recours à des études spécifiques.

#### Pour les déblais :

Pour les talus de déblai de faible hauteur :

- en sols meubles cohérents, une pente de 1V / 2H (1 vertical pour 2 horizontal) est généralement retenue en l'absence de nappes,
- en sols meubles non cohérents (sables propres à très légèrement limoneux) suivant le frottement du sable, on peut aller à 1V / 2,5H (sols faiblement frottant) 2V/3H (sol fortement frottant),
- en sols rocheux, les problèmes essentiels sont liés à la stratification et à la présence de cavités. Pour les hauteurs faibles (jusqu'à 10 m environ) des pentes raides peuvent être adoptées (1V / 0.5H). En cas de cavités, une pente de 3/2 permette d'assurer une stabilité suffisante. La présence de pendage défavorable dans le massif, peut amener à adoucir les pentes jusqu'à 1V/1H et 2V/3H.

Dans le cas des roches très sensibles à l'altération de surface (schistes, etc...), il faut prévoir selon l'importance du projet des ouvrages de protection (risberme en pieds de talus, filet de protection, etc...).

La tâche n°4 traite dans le détail de la stabilité des talus et les essais au laboratoire à prévoir dans le programme de reconnaissance.

### **A-6.6.3.3 Cas particulier des zones jugées géotechniquement difficiles, exemple de la région du Rif et du pré-Rif**

Les régions du rif et du pré-Rif sont caractérisées par des difficultés géotechniques connues aux praticiens. Cette région est en effet, caractérisée par la présence d'un sol instable de mauvaise portance, d'un relief accidenté et d'un environnement agressif.

Parmi les zones concernées par cette problématique on cite :

- Al hoceima,
- Chefchaouen,
- Nador,
- Tanger,
- Taounat,
- Taza,
- Tétouan.

Dans ce cas de figure, l'administration examinera avec le BET et le laboratoire, l'opportunité de différer de 3-4 mois, l'exécution de la campagne spécifique au corps de chaussée après l'ouverture des terrassements.

Les pentes des talus seront définies sur la base des recommandations qui ressortent de l'étude de définition (Cf. § A-6.6.2).

Bien que cette méthode présente l'inconvénient de rallonger les délais de réalisation de la route, elle présente les avantages suivants :

- Offrir aux terrains en place le temps de trouver un nouveau équilibre stable avant la mise en place du corps de chaussée,
- Minimiser les coûts d'entretien de la chaussée, puisque cette opération permet de reporter les déformations sur le sol au lieu de les reporter sur la chaussée elle même,
- Possibilité de réajuster les pentes des talus.

### **A - 6.7. Particularité des zones compressibles**

Les zones compressibles constituent un point critique auquel s'affronte les études de tracé routier toute catégorie confondue (routes rurales, principales et même les autoroutes).

Les 3 points auxquelles on se trouve généralement confronté lorsqu'il s'agit d'un sol compressible sont résumés comme suit :

- Faible portance des sols compressibles,
- Impossibilité d'une réutilisation en l'état de ces sols,
- Problèmes de stabilité en remblai comme en déblai.

Vue l'importance de ce point, on se propose de traiter chacun de ces points afin de donner au projeteur les éléments nécessaires pour le guider dans le choix des variantes et des solutions de confortement.

### **A - 6.7.1 Définitions**

Le terme compressible qualifie d'une manière générale tout matériau dont le volume peut être réduit sous l'action d'une force extérieure ; un sol sera dit compressible s'il est susceptible d'affaissements ou de tassements.

Le tassement d'un sol compressible n'est pas un processus instantané mais progressif au fil du temps.

L'état de consolidation d'un sol compressible traduit l'avancement du sol dans ce processus de compression.

Un sol récent, peu consolidé, présentera des caractéristiques de résistance faibles, associées à un risque de forts tassements.

Au contraire, les sols anciens et profonds seront mieux consolidés et présentent de meilleures caractéristiques mécaniques que les sols récents et/ou superficiels.

La succession et le poids des couches superficielles favorisent la consolidation des sols sous-jacents.

Au Maroc, les formations les plus concernées par le phénomène de compressibilité sont essentiellement les argiles, les marnes, les tirs et les limons.

### **A - 6.7.2 Les zones compressibles au Maroc**

Les tableaux qui suivent permettent de localiser les régions les plus concernées par les sols compressibles.

Il s'agit essentiellement des zone suivantes :

- La région du rif (présence de marnes et de flysh assez hétérogènes),
- La région de Fes – Taza connues par les Marnes compressibles,
- Les plateaux de la Chaouia et de Abda connues par les formations tirsifiées,
- ...etc.

**Région Centre Nord**

| RELIEF     | ZONE                                    | CLIMAT | SOLS DE SURFACE                                             | CONSEQUENCE GEOTECHNIQUE                                         |
|------------|-----------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Plaine     | Saïss (irriguée)                        | H      | Limon graveleux                                             | Peu portant                                                      |
| Plateau    | Moulouya (Taza-Missouri)                | H      | Marne sol fin argileux calcaire encroûté, limon caillouteux | Peu portant et portant                                           |
| Vallonnée  | Cheraga – Taounate – Fès Sebou - Ouerha | H,h    | Marne                                                       | instable                                                         |
| Montagneux | Rif                                     | H      | Schiste et marne flysch                                     | Instabilité, (éboulis, érosion)                                  |
|            | Moyen Atlas                             | H      | Calcaire et schiste<br>Limon à cailloutis                   | Assez stable (éboulis – érosion)<br>Quelques éboulis et érosions |

**Région Centre Sud**

| RELIEF     | ZONE                             | CLIMAT | SOLS DE SURFACE                       | CONSEQUENCE GEOTECHNIQUE                   |
|------------|----------------------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Plaine     | Saïss                            | H      | Argile - tuf                          | Peu portant (argile) et peut être gonflant |
| Plateau    | Midelt                           | H      | Limon graveleux et argile marneuse    | Instabilité des sols marneux               |
|            | Errachidia                       | A      | Grave limoneuse Reg                   | Stable et portant                          |
|            | Ifrane                           | H      | Calcaire, rocher, basalte, gros blocs | Stable et portant                          |
| Vallonnée  | Prénf                            | H      | Marne, argile                         | Peu portant – instabilité des marnes       |
| Montagneux | Haut Atlas (Midelt / Errachidia) | A,h    | Calcaire et schiste                   | Stable (exception des éboulis et érosion)  |
|            | Moyen Atlas (Khenifra – Ifrane)  | H/h    | Schiste                               | Assez stable (éboulis – érosion)           |

**Région Tensift**

| RELIEF     | ZONE                | CLIMAT | SOLS DE SURFACE                                               | CONSEQUENCE GEOTECHNIQUE        |
|------------|---------------------|--------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Plaine     | - Haouz             | H      | Limon parfois limon graveleux                                 | Portant                         |
|            | - Bahira            | H      |                                                               | Peu portant                     |
|            | - Tadla             | H      | Limon argileux                                                | Peu portant                     |
|            | - Doukkala          | H      | Limon argileux                                                | Peu portant et gonflants (tirs) |
|            | - Abda              | h      | Tirs et limon argileux – tuf<br>Limon argileux – tirs - gypse | Peu portant et gonflants (tirs) |
| Plateau    | - Gantours          | A, h   | Semi-rocheux, caillouteux                                     | Assez portant                   |
|            | - Chichaoua         | A, h   | Grave, sablo-limoneux                                         | Assez portant                   |
|            | - Chemaia           | A, h   | Sols caillouteux à limoneux                                   | Assez portant                   |
|            | - Youssoufia        |        |                                                               | Assez portant                   |
| Vallonnée  | - Zone côtière      | H      | Limon et sable                                                | Assez portant, érodable         |
|            | - Rehamna           | H      | Schiste et marne                                              | Peu portant                     |
| Montagneux | - Atlas – Marrakech | h, H   | Schiste – calcaire                                            | Eboulis, érosion                |
|            | - Essaouira (Haha)  | h      | Marne et calcaire                                             | Très instable, éboulis          |
|            | (Chiadma)           | h      | Marne                                                         | Très instable                   |

**A - 6.7.3 Identification des sols compressibles****Identification préliminaire :**

L'identification préliminaire peut être réalisée au stade de la collecte des données et des visites du site. Toutefois une délimitation précise de la zone reste difficile, surtout si les sols compressibles sont en profondeur.

Le rôle de l'ingénieur géotechnicien est mis en exergue lorsqu'il s'agit de qualifier les horizons compressibles et pour quantifier le programme de reconnaissance spécifique à mener pour décider de la suite à donner au traitement de ce point particulier.

Pour ce faire, dès qu'il s'agit d'un tracé concernant une zone reconnue, dans la littérature (Cf. paragraphe précédent), qu'elle renferme des horizons potentiellement compressible, il est nécessaire d'entamer dès l'étude de définition une campagne de reconnaissance spécifique, afin de délimiter en plan et en profondeur l'étendue de la zone compressible et afin de juger de son impact sur la ligne rouge du tracé dans le stade de l'étude de définition.

#### Identification par les essais au Laboratoire :

La campagne de reconnaissance réalisée au stade de l'étude d'exécution permet de d'identifier les sols compressibles d'après la classification LCP du matériau.

A titre indicatif, rappelons que les sols compressibles sont, connus par leur forte plasticité ( $I_p > 20$ ) et par une forte teneur en éléments fin ( $\% < 80\mu\text{m} > 35\%$ ).

Il a été noté dans la définition du programme de reconnaissance que lorsqu'il s'agit de remblai de grande hauteur, il est nécessaire de réaliser des sondages à la tarière sur l'équivalent de 1 à 1.5 fois la hauteur du remblai. Ce moyen mécanique et facile, permet d'identifier rapidement la profondeur de l'horizon compressible.

### **A - 6.7.4 Choix du tracé en présence de zones compressibles**

En fonction des résultats du programme de reconnaissance, l'ingénieur géotechnicien établit une étude d'impact de la présence de couches compressibles ou terrains tertiaires localement sur le tracé routier. Deux cas de figures peuvent alors se présenter :

- Couche fortement compressible sur plus de 1 m, reconnue à une faible profondeur (1 à 1.5 fois la hauteur du remblai), occasionnant des tassements inadmissibles.

Dans ce cas, l'ingénieur responsable de la conception du tracé, étudie la possibilité de dévier le tracé ou de caler la ligne rouge pour limiter la hauteur du remblai ou passer en déblai dans cette zone.

- Couche moyennement à faiblement compressible sur plus de 1 m, reconnue à une faible profondeur (1 à 1.5 fois la hauteur du remblai). Il appartient à l'ingénieur géotechnicien en collaboration avec l'ingénieur tracé de choisir la solution la plus appropriée entre les solutions suivantes :

- Déviation du tracé,
- Recaler le tracé et la ligne rouge de manière à traverser la zone en déblai ou en léger remblai,
- Garder le tracé en l'état si les tassements sont admissibles,

Au vu des budgets généralement alloués aux projets de construction de routes rurales, le traitement des sols en place, occasionnera des dépenses excessives. Le traitement des sols compressibles en place ne fait pas l'objet du présent guide. Toute initiative dans ce sens devra faire l'objet d'une étude spécifique.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 7 : HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE & ASSAINISSEMENT*



## CHAPITRE 7 : HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE

|                                                                   |                  |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b><u>A - 7. HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE &amp; ASSAINISSEMENT</u></b> | <b><u>92</u></b> |
| <u>A - 7.1. ÉTUDE DU PROJET</u>                                   | <u>92</u>        |
| <u>A - 7.1.1 ÉTUDE HYDROLOGIQUE</u>                               | <u>92</u>        |
| <u>A - 7.1.2 ÉTUDE HYDRAULIQUE</u>                                | <u>92</u>        |
| <u>A - 7.1.3 DEFINITION GLOBALE DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT</u>   | <u>92</u>        |
| <u>A - 7.2. HYDROLOGIE</u>                                        | <u>94</u>        |
| <u>A - 7.2.1 CHOIX DE LA PÉRIODE DE RETOUR</u>                    | <u>94</u>        |
| <u>A - 7.2.2 FORMULES À ADOPTER ET LIMITES D'UTILISATION</u>      | <u>94</u>        |
| <u>A-7.2.2.1 Formule rationnelle</u>                              | <u>96</u>        |
| <u>A-7.2.2.2 Formule de Mac-Math</u>                              | <u>100</u>       |
| <u>A-7.2.2.3 Formule de Burkli-Ziegler</u>                        | <u>100</u>       |
| <u>A-7.2.2.4 Formule de Mallet-Gauthier</u>                       | <u>101</u>       |
| <u>A-7.2.2.5 Formule Fuller II</u>                                | <u>101</u>       |
| <u>A-7.2.2.6 Formules régionales</u>                              | <u>101</u>       |
| <u>A-7.2.2.7 Formule de FULLER I</u>                              | <u>103</u>       |
| <u>A - 7.3. HYDRAULIQUE</u>                                       | <u>104</u>       |
| <u>A - 7.3.1 OUVRAGES HYDRAULIQUES</u>                            | <u>104</u>       |
| <u>A-7.3.1.1 Méthode de DELORME</u>                               | <u>104</u>       |
| <u>A-7.3.1.2 Méthode de "BUREAU OF PUBLIC ROAD"</u>               | <u>105</u>       |
| <u>A-7.3.1.3 Conception des ouvrages hydrauliques</u>             | <u>108</u>       |
| <u>A-7.3.1.4 Aménagement des extrémités</u>                       | <u>108</u>       |
| <u>A - 7.3.2 OUVRAGES DE DRAINAGE DE L'EMPRISE DE LA CHAUSSÉE</u> | <u>110</u>       |
| <u>A - 7.3.3 DÉFINITION DU SYSTÈME GLOBAL D'ASSAINISSEMENT</u>    | <u>111</u>       |

## **A - 7. HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE & ASSAINISSEMENT**

Les ouvrages d'assainissement regroupent les ouvrages hydrauliques (buses, dalots, radiers etc.), qui rétablissent les écoulements franchissant la route et les ouvrages de drainage de l'emprise de la chaussée (fossés de crête, caniveaux pour talus et bermes, bourrelets, etc.).

### **A - 7.1. ÉTUDE DU PROJET**

L'assainissement d'une route vise à la pérenniser en la protégeant des attaques de l'eau. La démarche comporte trois étapes :

#### **A - 7.1.1 Étude hydrologique**

Elle fournit les données sur les débits et les caractéristiques d'écoulement des cours d'eau. Elle fournit la base du calcul du dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement ou de franchissement.

#### **A - 7.1.2 Étude hydraulique**

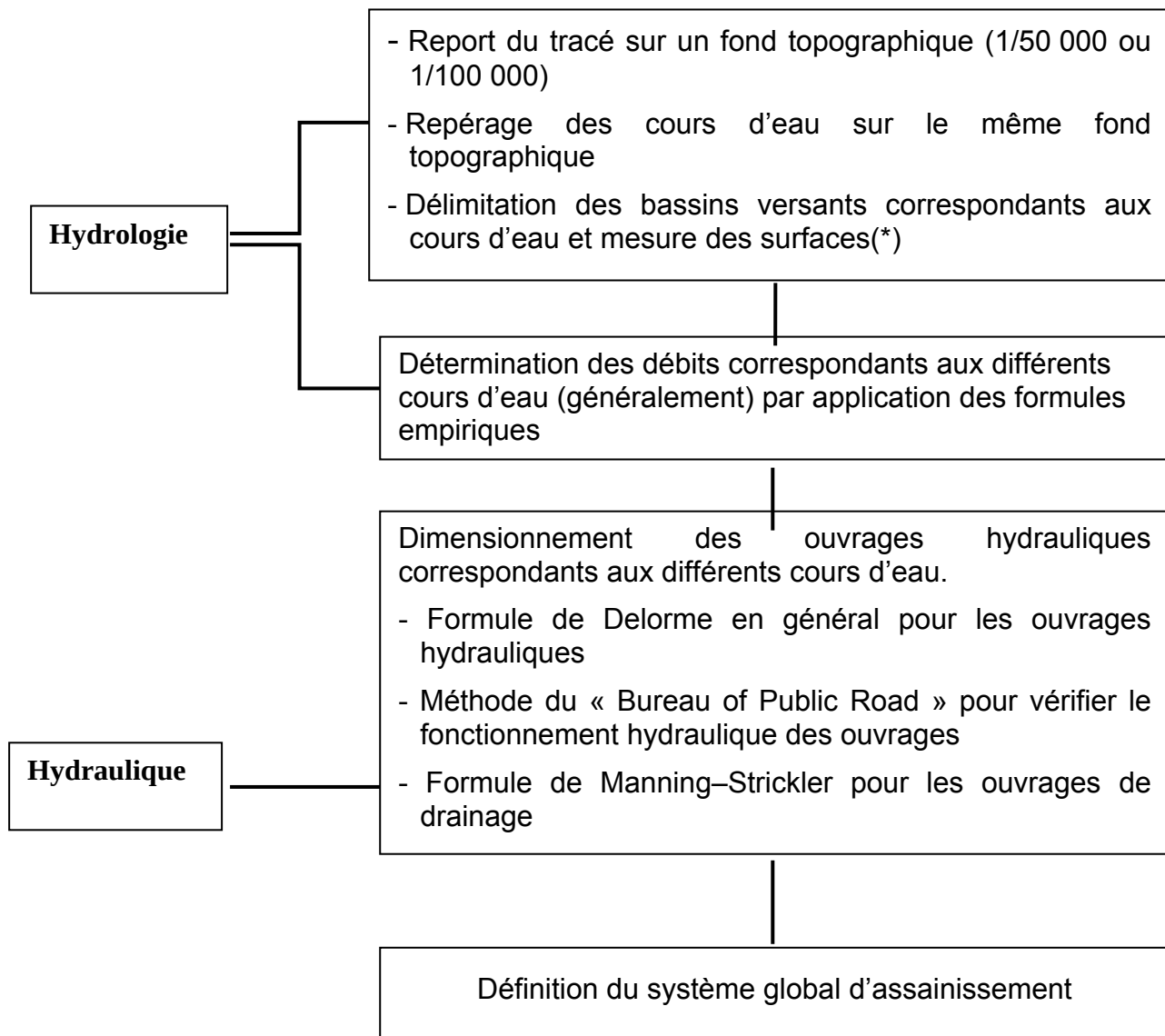
Elle permet, sur la base des résultats de l'étude hydrologique, de dimensionner les ouvrages.

#### **A - 7.1.3 Définition globale du système d'assainissement**

Elle se réalise selon les étapes suivantes :

- Découpage du tronçon routier en sections homogènes sur le plan assainissement ;
- Définition, pour chaque section homogène, des types d'ouvrages constituant chaque réseau ;
- Vérification, sur la base des résultats des études hydrologiques et hydrauliques que les ouvrages choisis conviennent.

L'organigramme suivant schématise les étapes de déroulement d'un projet d'assainissement routier :



(\*) : Une **bonne** délimitation des limites des bassins versants est **primordiale** pour la suite des études hydrologiques.

## A - 7.2. HYDROLOGIE

### A - 7.2.1 CHOIX DE LA PÉRIODE DE RETOUR

Compte tenu de la nature des routes rurales et de leur objectif de desserte, il n'est pas possible pour des raisons économiques et financières, de prévoir des ouvrages devant faire face à tous les événements climatiques et donc à toutes les crues. Il convient d'accepter un certain risque qu'une structure soit endommagée; ce risque variant d'un projet à l'autre.

En toute rigueur, le choix de la période de retour (d'une crue) devrait faire l'objet d'une analyse mettant en regard le coût d'investissement de l'ouvrage, avec les conséquences d'un débordement d'eau pour l'usager, les riverains et l'ouvrage.

Si on opte pour une longue période de retour (cinquantennale ou centennale), le coût d'investissement est élevé, alors qu'une période de retour courte (décennale par exemple) entraîne un coût d'investissement modéré et des coûts d'entretien élevés.

Il est recommandé d'adopter (sauf dans le cas des ouvrages d'art) :

- Pour les ouvrages hydrauliques, une période de retour de **10 ans** et vérifier que le niveau d'eau n'atteint pas le corps de chaussée pour une période de retour de **25 ans**.
- Pour les ouvrages de drainage, une période de retour de **10 ans** et vérifier que le niveau d'eau n'atteint pas le corps de chaussée pour une période de retour de **25 ans**.

### A - 7.2.2 FORMULES À ADOPTER ET LIMITES D'UTILISATION

La détermination d'un débit de pointe prend en compte plusieurs facteurs traduisant les paramètres d'ordres climatique et morphologique, se rattachant au bassin d'apport et au cours d'eau drainant. Le débit de projet correspondant à une période de retour donnée, de l'événement crue, peut être calculé de deux manières :

- si le bassin versant est équipé d'une station climatique de jaugeage, le débit de pointe est alors estimé :
  - statistiquement, en utilisant les lois d'ajustement des valeurs mesurées directement sur le cours d'eau alimenté par le bassin versant à l'étude (hydrologie statistique),
  - par constitution de l'hydro-gramme de la crue à partir des données observées, afférentes aux précipitations et aux caractéristiques dudit bassin versant (hydrologie analytique).

La 1<sup>ère</sup> méthode a pour inconvénient de requérir des mesures s'étendant sur une période longue, la 2<sup>ème</sup> n'est pas pratique à utiliser à cause de la difficulté d'appréciation de certains paramètres s'y rattachant.

- De ce fait, le débit de pointe est évalué à partir de formules empiriques ou semi-empiriques, communément utilisées dans le domaine des ouvrages de franchissement routier.

Le tableau ci-après rappelle les équations les plus fréquemment utilisées, en tenant compte de la taille du bassin-versant.

| Formules        | Surface < 1 km <sup>2</sup> | 1 < Surface < 10 km <sup>2</sup> | Surface > 10 km <sup>2</sup> |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Mac-Math        | Oui                         | -                                | -                            |
| Burkli-Ziegler  | Oui                         | Oui                              | -                            |
| Rationnelle     | Oui                         | Oui                              | -                            |
| Mallet-Gauthier | -                           | -                                | Oui                          |
| Fuller II       | -                           | -                                | Oui                          |
| Régionale       | -                           | -                                | Oui                          |

L'expérience marocaine dans l'application de ces formules montre que :

- Le seuil entre moyens et grands bassins-versants est de 10 km<sup>2</sup> (au lieu de 20 km<sup>2</sup>). Ceci permet de réduire la dispersion des résultats obtenus par différentes formules.
- La formule de Burkli-Ziegler ou la formule Rationnelle donnent de bons résultats quand elles sont appliquées pour des bassins-versants ne dépassant pas 10 km<sup>2</sup>, car elles utilisent la pluviométrie maximale en 1 heure, et bien souvent le temps de concentration est de l'ordre de l'heure pour ces bassins-versants. En revanche, lorsque la superficie du BV dépasse 10 km<sup>2</sup>, ces formules tendent à surestimer le débit.
- La formule de Mallet-Gauthier, élaborée en Algérie, s'applique bien à l'estimation des débits des grands BV dont la superficie dépasse 10 km<sup>2</sup>, mais la fiabilité des résultats obtenus dépend de celle avec laquelle a été approché le coefficient K intervenant dans celle-ci. Or, l'estimation de cette valeur est pour le moins délicate. En effet, elle peut varier de 0,5 à 6. À titre d'exemple, la valeur de K est prise égale à 0,5 en Algérie, alors qu'il a été décrété de prendre la valeur de 2 au Maroc, après les inondations de 1996.
- La formule de Fuller II, comme celle de Mallet-Gauthier, s'applique bien à l'estimation des débits des grands BV dont la superficie dépasse les 10 km<sup>2</sup>, mais elle conduit généralement à une surestimation des débits.

Il convient de rappeler cependant que, quelle que soit la formule utilisée, la valeur obtenue pour le débit n'a qu'un caractère approximatif et non absolu. Celle-ci devra être approchée, chaque fois que possible, par une enquête terrain.

L'expression littérale de ces formulations, ainsi que la description des paramètres auxquels elles font appel sont données ci-après.

### A-7.2.2.1 Formule rationnelle

Son expression a la forme suivante :

$$Q_T = (1/3.6) C.I.A$$

Cette formule est relativement fiable pour les petits bassins-versants ( $\leq 10 \text{ km}^2$ )

$Q_T$  = Débit de période de retour T (en  $\text{m}^3/\text{s}$ )

A = Surface du BV (en  $\text{km}^2$ )

I = Intensité de pluie pour temps de concentration (en  $\text{mm/h}$ )

#### a) - Coefficient de ruissellement

Le tableau ci-après donne les valeurs du coefficient de ruissellement, en fonction de la couverture végétale, de la nature du sol et de la pente du terrain naturel (Recommandations pour l'Assainissement Routier du SETRA - RAR 1982). La précision dans l'évaluation de ce coefficient est tributaire de la lecture sur site des caractéristiques intrinsèques du bassin versant.

| Couverture végétale | Morphologie  | Pente (%) | Sable grossier | Argileux limoneux | Argileux compact |
|---------------------|--------------|-----------|----------------|-------------------|------------------|
| Bois                | Presque plat | 0 à 5     | 0,10           | 0,30              | 0,40             |
|                     | Ondulé       | 5 à 10    | 0,25           | 0,35              | 0,50             |
|                     | Montagneux   | 10 à 30   | 0,30           | 0,50              | 0,60             |
| Pâturage            | Presque plat | 0 à 5     | 0,10           | 0,30              | 0,40             |
|                     | Ondulé       | 5 à 10    | 0,15           | 0,36              | 0,55             |
|                     | Montagneux   | 10 à 30   | 0,22           | 0,42              | 0,60             |
| Culture             | Presque plat | 0 à 5     | 0,30           | 0,50              | 0,60             |
|                     | Ondulé       | 5 à 10    | 0,40           | 0,60              | 0,70             |
|                     | Montagneux   | 10 à 30   | 0,52           | 0,72              | 0,82             |

**b) - Estimation des temps de concentration**

Pour le calcul des temps de concentration, aucune formule n'étant a priori meilleure que les autres, la valeur à prendre est la moyenne des résultats des huit formules suivantes, après élimination des valeurs extrêmes (aberrantes) :

**Formule Espagnole :**

$$T_c = 60 \times 0.3 \times \left( \frac{L}{I^{0.25}} \right)^{0.77}$$

**Formule de Van Te Chow :**

$$T_c = 60 \times 0.123 \times \left( \frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0.64}$$

**Formule Californienne :**

$$T_c = 60 \times 0.1452 \times \left( \frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0.77}$$

**Formule du « US Corps »:**

$$T_c = 16.682 \times \left( \frac{L}{I^{0.25}} \right)^{0.77}$$

**Formule de Turazza :**

$$T_c = 60 \times 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{I}}$$

Avec :

|       |   |                                |
|-------|---|--------------------------------|
| $T_c$ | = | Temps de concentration en mn ; |
| $L$   | = | Longueur du drain en km ;      |
| $I$   | = | Pente en m/m ;                 |
| $A$   | = | Surface en km <sup>2</sup> .   |

**Formule de Kirpich :**

$$T_c = \frac{1}{52} \times \left( \frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0.77}$$

**Formule de Giandotti :**

$$T_c = 60 \times \left( \frac{4 \times \sqrt{A} + (1.5 \times L)}{0.8 \times \sqrt{H}} \right)$$

**Formule de Ventura :**

$$T_c = 76.32 \times \sqrt{\frac{A}{100 \times I}}$$

Avec :

|                |   |                                |
|----------------|---|--------------------------------|
| T <sub>c</sub> | = | Temps de concentration en mn ; |
| L              | = | Longueur du drain en km ;      |
| I              | = | Pente en m/m ;                 |
| A              | = | Surface en km <sup>2</sup> ;   |
| H              | = | Dénivelée totale en m.         |

c) - **Intensité de pluie en fonction du temps de concentration**

Pour le calcul de l'intensité et la hauteur de pluie, on utilise les résultats de «l'étude des courbes hauteur-durée réalisée pour onze régions du Maroc par la Société Centrale pour l'Equipement du Territoire (SCET) en 1968 ». Ces formules devraient être actualisées et étendues à l'ensemble des régions du Maroc.

Le tableau suivant regroupe les résultats obtenus :

| Stations      | Période (ans) | T de 0 à 90 min |                 | T de 90 à 1 440 min |                  |
|---------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------------|
|               |               | Hauteur (h)     | Intensité (I)   | Hauteur (h)         | Intensité (I)    |
| TANGER        | 11            | $5,56T^{0,49}$  | $5,56T^{-0,51}$ | $11,7T^{0,314}$     | $11,7T^{-0,686}$ |
| OUJDA         | 10            | $4,54T^{0,33}$  | $4,54T^{-0,67}$ | $1,63T^{0,54}$      | $1,63T^{-0,46}$  |
| RABAT         | 11            | $2,47T^{0,77}$  | $2,47T^{-0,23}$ | -                   | -                |
| FES           | 10            | $6,96T^{0,33}$  | $6,96T^{-0,67}$ | $12,47T^{0,25}$     | $12,47T^{-0,75}$ |
| MEKNES        | 10            | $6,24T^{0,45}$  | $6,24T^{-0,55}$ | $11,25T^{0,31}$     | $11,25T^{-0,69}$ |
| CASA 0-20 mn  | 11            | $2,15T^{0,89}$  | $2,25T^{-0,11}$ | $8,71T^{0,31}$      | $8,71T^{-0,69}$  |
| CASA 20-90 mn | 11            | $16,2T^{0,19}$  | $16,2T^{-0,81}$ | -                   | -                |
| MIDELT        | 9             | $2,78T^{0,44}$  | $2,78T^{-0,56}$ | $2,04T^{0,48}$      | $2,04T^{-0,52}$  |
| KASBAT TADLA  | 7             | $3,26T^{0,45}$  | $3,26T^{-0,55}$ | $2,47T^{0,51}$      | $2,47T^{-0,49}$  |
| SAFI          | 10            | $7,41T^{0,35}$  | $7,41T^{-0,65}$ | -                   | -                |
| MARRAKECH     | 10            | $9,48T^{0,22}$  | $9,48T^{-0,78}$ | $12,6T^{0,145}$     | $12,6T^{-0,855}$ |
| AGADIR        | 11            | $4,08T^{0,44}$  | $4,08T^{-0,56}$ | $5,37T^{0,4}$       | $5,37T^{-0,6}$   |

Hauteur et intensité de pluie en fonction du temps de concentration SCET-1968



**d) - Pente des bassins versants**

En pratique, on procède au calcul de la pente sur un certain nombre de tronçon (i) de longueur  $L_i$  ; la pente moyenne est alors donnée par la formule :

$$I_m = \left[ \frac{L}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right]^2$$

$L$  : Longueur de BV ,

$L_i$  : Longueur du tronçon i de BV ,

$I_i$  : La pente du tronçon i.

### A-7.2.2.2 Formule de Mac-Math

L'expression de cette équation se présente sous la forme suivante :

$$Q = K \cdot P \cdot A^{0,58} \times I^{0,42}$$

- Q : débit à évacuer (en l/s)  
 P : hauteur maximale (en mm) de pluie tombée en 24 h sur le bassin versant  
 A : Surface du bassin versant (en ha)  
 I : pente du bassin versant (en mm/m)  
 K : coefficient dépendant de la nature de la surface du bassin versant compris entre 0,11 et 0,43.

Le coefficient K dépend du couvert et de la topographie du bassin versant.

|                                                                                                                                |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Bassins versants de grandes dimensions et bien couvert en végétation                                                           | 0,11 |
| Superficies cultivées et terrains vagues en zones suburbaines                                                                  | 0,22 |
| <input type="checkbox"/> Terrains non aménagés non rocheux et de pente moyenne<br><input type="checkbox"/> Faubourgs non pavés | 0,32 |
| Terrains non aménagés rocheux et à forte pente                                                                                 | 0,43 |

### A-7.2.2.3 Formule de Burkli-Ziegler

$$Q_T = 0,0039 \cdot C \cdot H_{1h} \cdot A^{0,75} \cdot P^{0,25}$$

Avec :

- $Q_T$  = débit maximal (en m<sup>3</sup>/s) de fréquence 1/T  
 $H_{1h}$  = précipitation maximale (en mm) en 1<sup>h</sup>  
 A = surface du bassin versant (en ha)  
 C = coefficient de ruissellement  
 P = pente moyenne du bassin versant (en mm/m).

#### A-7.2.2.4 Formule de Mallet-Gauthier

L'expression de cette équation se présente sous la forme suivante :

$$Q_T = 2k \log(1 + aH) \frac{A}{\sqrt{L}} \sqrt{1 + 4 \log T - \log A}$$

Avec :

$a = 20$

$T$  = période de retour (en ans)

$H$  = pluviométrie annuelle moyenne (en m)

$A$  = surface du bassin versant (en km<sup>2</sup>)

$K = 2$  (valeur variant de 0,5 à 6. Il a été décrété de la prendre égale à 2 au Maroc depuis les inondations de 1996).

#### A-7.2.2.5 Formule Fuller II

L'expression de cette équation se présente sous la forme suivante :

$$Q_T = (1 + a \log T) (A^{0,8} + \frac{8}{3} A^{0,5}) \frac{4}{3} \frac{N}{100}$$

Avec :

$T$  = est la période de retour (en ans)

$a$  = coefficient variant de 0,7 à 3,5 en fonction de la pluviosité :

0,7 – 0,8 pour les grands bassins versants et les régions bien arrosées ;

Jusqu'à 2 pour les régions arides ;

Pour le Sud du Maroc  $a$  varie de 3 à 3,5.

$N$  = est un coefficient variant de 80 à 100 en fonction de la morphologie du BV :  
80 pour la plaine

85 pour les régions accidentées

100 en montagne

$A$  = surface du bassin versant (en km<sup>2</sup>).

#### A-7.2.2.6 Formules régionales

Dans une région de climat et de géologie homogènes, Hazan et Lazarevic proposent une corrélation simple entre le débit et la surface du bassin versant. Elle détermine l'enveloppe des crues millénaires probables au niveau d'une partie du Maroc.

| RÉGIONS             | FORMULES (T=1000 ans) Q en m³/s | PLUVIOMÉTRIE (mm/an) |
|---------------------|---------------------------------|----------------------|
| Provinces du nord   |                                 |                      |
| Rif central         | $Q = 15,55 * S^{0,776}$         | 1000-1300            |
| Rif occidental      | $Q = 9,78 * S^{0,793}$          | 800-1000             |
| Rif oriental        | $Q = 7,58 * S^{0,808}$          | 600-800              |
| Moyen Atlas         |                                 |                      |
| Moyen Atlas         | $Q = 19,94 * S^{0,636}$         | 700-900              |
| Moyen Atlas Karst   | $Q = 13,47 * S^{0,587}$         | 400-700              |
| Haut Atlas saharien |                                 |                      |
|                     | $Q = 9,38 * S^{0,742}$          | 200-400              |

Formules régionales de Hazan-Lazarevic

D'autres formules régionales reliant les débits décennaux et la superficie du BV peuvent être utilisées (Document «SOGREAH» DRCR-1977).  
Ces formules prennent la forme suivante :

$$Q_{10} = a * S^{0,75}$$

Le tableau suivant résume ces différentes formules régionales utilisées au Maroc.

| REGIONS                                                                                                                | FORMULES                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Côtes Méditerranéennes et haut Loukkos (Ceuta à Targuist)<br>Sol imperméable à mi-perméable<br>Très fortes pluviosités | $Q_{10} = 16 * S^{0,75}$  |
| Tangérois sud-est<br>Sol mi-imperméable<br>Forte à moyenne pluviosité                                                  | $Q_{10} = 10 * S^{0,75}$  |
| Côtières centraux (Rabat à Casa)<br>Sol mi-imperméable<br>Moyenne pluviosité                                           | $Q_{10} = 3 * S^{0,75}$   |
| Zone de Draa aval à Tarfaya<br>Sol mi-imperméable à perméable<br>Faible pluviosité                                     | $Q_{10} = 0,5 * S^{0,75}$ |

Les formules régionales utilisées au Maroc

Ces formules sont d'une utilisation limitée puisqu'elles ne reflètent pas réellement la valeur caractéristique du débit de pointe, mais donnent un ordre de grandeur qui servira pour choisir une valeur parmi celles calculées par les autres formules.

### A-7.2.2.7 Formule de FULLER I

Fuller, en 1913, fut le premier à avoir introduit la notion fondamentale de débit maximum probable  $Q(T)$  en fonction de la durée  $T$  de la période de retour, sa formule se présente sous la forme suivante :

$$Q = q^*(1+a*\log T)$$

$Q$  : débit correspondant à une période de retour  $T$

$q$  : moyenne des débits maxima de chaque année durant la période d'observation

$a$  : coefficient variant entre 0.8 et 1.2 éventuellement 2

$3 < a < 3.5$  pour les oueds sahariens

Pour les débits de pointe, Fuller propose la relation suivante :

$$Q_P = Q^*(1+2,66/S^{0,3})$$

Avec  $S$  la superficie du bassin versant en  $Km^2$ .

La principale amélioration résultant de l'application de la formule de Fuller I est **qu'elle permet de passer d'un débit de temps de retour  $T$ , à un débit de temps de retour  $t$  :**

$$\frac{Q_T}{Q_t} = \frac{(1 + a \cdot \log T)}{(1 + a \cdot \log t)}$$

## A - 7.3. HYDRAULIQUE

La traversée d'un cours d'eau, quand elle n'est pas réalisée à l'aide d'un pont, nécessite un ouvrage hydraulique (buse, dalot ou radier) qui rétablit les écoulements coupés par la route.

### A - 7.3.1 OUVRAGES HYDRAULIQUES

Quand le choix d'un ouvrage hydraulique est plausible, il peut présenter plusieurs avantages : sa construction est généralement économique, le délai de sa mise en place est plus court et le coût de son entretien est plus bas (**cf. Annexe B-7-1 : Facteurs influençant le choix des ouvrages hydrauliques**).

La mise en œuvre d'un tel ouvrage exige de modifier le moins possible les conditions locales, de contrôler les niveaux d'eau et ce, au moindre coût (**cf. Annexe B-7-2 : Implantation des petits ouvrages hydrauliques**).

La fonction principale d'un tel ouvrage étant de permettre le passage d'un cours d'eau sous un remblai et de supporter les charges mortes et vives qui le sollicitent, sa conception implique donc des considérations hydrauliques et structurales. Parmi les considérations relevant de l'hydraulique, le passage de l'eau doit être réalisé sans occasionner de submersion ou des conditions d'écoulement inadmissibles.

Deux méthodes peuvent être utilisées pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

- Méthode de Delorme : par application d'une formule de pré-dimensionnement qui se base sur le calcul des débits capables des ouvrages hydraulique. À utiliser, surtout pour la phase étude de définition.
- Méthode de contrôle amont et aval : développée par le "Bureau Of Public Road", elle se base sur la formule de Manning-Strickler et de l'équation de l'énergie critique.

#### A-7.3.1.1 Méthode de DELORME

Il s'agit d'une méthode simple et elle est la plus utilisée pour le pré-dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Les débits capables des ouvrages sont donnés par des débits qui correspondent aux débits critiques déterminés par la formule de Delorme (Annales des ponts et chaussées - Novembre 1959).

$$Q_c = 2,464 \times R \times H^{1,5} \text{ pour les buses,}$$

$$Q_c = 1,50 \times L \times H^{4/3} \text{ pour les dalots.}$$

Avec :  $Q_c$  = débit critique évacué en  $m^3/s$

$R$  = rayon des buses en m

$L$  = ouverture droite des dalots en m

$H$  = hauteur des piédroits sous dalles pour les dalots en m,  
diamètre intérieur pour les buses en m.

Cette formule engendre un surdimensionnement dans le calcul notamment pour les débits importants (dépassant 2,5 m<sup>3</sup>/s) car elle néglige l'influence de l'écoulement à l'aval de l'ouvrage sur celui dans l'ouvrage.

C'est pourquoi le recours à la méthode du contrôle amont et aval est nécessaire pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

#### A-7.3.1.2 Méthode de "BUREAU OF PUBLIC ROAD"

Il s'agit de la méthode de contrôle amont et aval basée, sur la formule de Manning-Strickler et de l'équation de l'énergie critique. Elle consiste à déterminer les profondeurs d'eau à l'entrée de l'ouvrage hydraulique en fonction du contrôle à l'entrée et du contrôle à la sortie. Ensuite, la plus grande des deux valeurs est choisie ainsi que le type de contrôle correspondant.

##### a) - Contrôle à l'entrée

Pour ce type de contrôle, la capacité hydraulique de l'ouvrage dépend, essentiellement, de la section libre et du type d'entonnement. La rugosité, la longueur de l'ouvrage et les conditions à l'aval n'ont aucune influence sur la capacité hydraulique de l'ouvrage.

Les équations correspondantes sont présentées ci-après. La transition entre les deux régimes (à surface libre et en charge) est définie par une interpolation linéaire entre les deux zones.

Les coefficients constants qui figurent dans les équations qui régissent les deux régimes sont définis en fonction du type de l'ouvrage (buse ou dalot) et des caractéristiques de l'entrée.

➤ Équations régissant l'écoulement à surface libre :

$$\frac{Q}{ApH^{0,5}} < 6,34$$

$$\text{Forme (1)} : \quad \frac{H_{am}}{H} = \frac{H_c}{H} + K \left( 0,552 \frac{Q}{ApH^{0,5}} \right)^M - 0,5Sp$$

$$\text{Forme (2)} : \quad \frac{H_{am}}{H} = K \left( 0,552 \frac{Q}{ApH^{0,5}} \right)^M$$

L'utilisation de l'une des formes ci-dessus dépend de la forme de l'entrée et du matériau de l'ouvrage.

➤ Équations régissant l'écoulement en charge :

$$\frac{Q}{ApH^{0,5}} > 7,25$$

$$\frac{H_{am}}{H} = c \left( 0,552 \frac{Q}{A_p H^{0,5}} \right)^2 + Y - 0,5 S_p$$

Avec :

|         |   |                                               |
|---------|---|-----------------------------------------------|
| Ham     | : | la charge à l'amont en m ;                    |
| H       | : | la hauteur interne de l'ouvrage en m ;        |
| Hc      | : | la charge critique en m ;                     |
| Q       | : | le débit en m <sup>3</sup> /s ;               |
| Ap      | : | la section de l'ouvrage en m <sup>2</sup> ;   |
| Sp      | : | la pente de l'ouvrage en m / m ;              |
| M, c, Y | : | constantes qui dépendent du type de l'entrée. |

### b) - Contrôle à la sortie

Pour ce type de contrôle, la capacité hydraulique dépend des caractéristiques de l'ouvrage (type, longueur, forme et géométrie de l'entrée), et de la hauteur à l'aval.

L'écoulement à travers l'ouvrage hydraulique peut être à section partiellement ou complètement pleine sur une partie ou sur toute la longueur de l'ouvrage.

Pour un ouvrage hydraulique coulant plein, le calcul se base sur l'équation du bilan d'énergie. Celle-ci s'écrit sous la forme suivante :

$$\Delta H = \Delta H_e + \Delta H_f + \Delta H_s$$

$\Delta H$  est la perte de charge totale ou encore, l'énergie nécessaire pour faire passer une quantité d'eau dans un ouvrage hydraulique coulant plein sur toute sa longueur avec contrôle à la sortie

$\Delta H_e$  est la perte de charge due à l'entrée :

$$\Delta H_e = K_e \frac{V^2}{2g}$$

$K_e$  est un coefficient qui dépend de la géométrie de l'entrée ( $K_e = 0,20$  pour les murs de tête et  $K_e = 0,70$  pour les puisards d'admission).

$\Delta H_f$  est la perte de charge due au frottement ; elle est calculée en appliquant la formule de Manning :

$$\Delta H_f = \frac{19,6 n^2 L_p}{R_h^{1,33}} \frac{V^2}{2g}$$

$\Delta H_s$  est la perte de charge due à la sortie.

$$\Delta H_s = K_s \frac{V^2}{2g}$$

$K_s$  est un coefficient qui dépend de la géométrie de la sortie ( $K_s = 1,00$ ).



V est la vitesse moyenne dans l'ouvrage coulant plein :

$$V = \frac{Q}{A}$$

La perte de charge totale (en mètre d'eau) s'exprime sous la forme suivante :

$$\Delta H = (K_e + \frac{19,6n^2 L_p}{Rh^{1,33}} + K_s) \frac{V^2}{2g}$$

La charge dynamique du cours d'eau est généralement faible et peut être négligée. Cette hypothèse est sécuritaire puisque la hauteur d'eau à l'amont est confondue avec la charge à l'amont. On écrit dans ce cas :

$$H_{am} = h_{av} + \Delta H - L_p \cdot S_p$$

D'une manière générale, pour un ouvrage coulant plein ou partiellement plein on peut écrire :

$$H_{am} = h_o + \Delta H - L_p \cdot S_p$$

- $\Delta H$  est la perte de charge totale calculée pour un ouvrage hydraulique coulant plein sur toute sa longueur avec contrôle à la sortie ;
- $L_p$  est la longueur de l'ouvrage en m ;
- $S_p$  est la pente de l'ouvrage en m/m ;
- $h_o$  est la distance verticale entre le radier à la sortie et la hauteur à partir de laquelle  $\Delta H$  est mesurée en m.

Le tableau suivant résume les différents cas d'écoulement et les valeurs de  $h_o$  correspondantes.

| Type de contrôle à la sortie                                | Valeur de $h_o$                                                               |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Cas A : Pleine section<br>$H_{av} > H$                      | $H_{av}$                                                                      |
| Cas B : Hauteur critique ( $H_c$ ) = H<br>$H_c = H$         | $H_c$ ou $H$                                                                  |
| Cas C : Ouvrage coulant plein sur une partie de sa longueur | le plus grand de $H_{av}$ et $(H_c + H)/2$                                    |
| Cas D : Ouvrage coulant partiellement plein                 | Si $H_{am} > 0,75H$ : idem au cas C<br>Si $H_{am} < 0,75H$ : courbe de remous |

Les étapes qui doivent être suivies pour le calcul de la hauteur d'eau à l'aval de l'ouvrage hydraulique ( $H_{av}$ ) sont :

1. Choix d'un profil en travers situé à l'aval de l'ouvrage hydraulique à une distance telle que le régime d'écoulement peut être considéré comme établi (loin de la perturbation due à l'ouvrage).
2. Définition du coefficient de Manning correspondant.
3. Calcul du régime d'écoulement dans le profil en travers.
4. La hauteur à l'aval sera égale à la hauteur normale si le régime d'écoulement est fluvial, et égale à la hauteur critique si le régime est torrentiel.

### A-7.3.1.3 Conception des ouvrages hydrauliques

Les critères retenus pour le dimensionnement des ouvrages sont :

- L'adoption des périodes de retour préconisées précédemment : période de retour de 10 ans et vérification que le niveau d'eau n'atteint pas le corps de chaussée pour une période de retour de 25 ans.
- La vitesse admissible à la sortie des ouvrages est comprise entre 3 et 4 m/s.

### A-7.3.1.4 Aménagement des extrémités

La protection des extrémités d'un ouvrage hydraulique est essentielle pour assurer la pérennité de l'ensemble de l'ouvrage. Elle permet d'éviter des détériorations pouvant résulter de la présence de l'ouvrage dans le cours d'eau, tel l'affouillement, l'érosion et le soulèvement, observés à l'entrée et à la sortie des structures.

Un ouvrage de tête à l'entrée et à la sortie de chaque ouvrage hydraulique devra être prévu. Il est constitué de deux murs en aile et d'un radier en béton armé. Les angles que font les murs en aile et l'axe de l'ouvrage ( $\beta_1$  ou  $\beta_2$  avec  $\beta_1 < \beta_2$ ) dépendent du biais mécanique ( $\alpha_1$ ) de l'ouvrage. Toutefois les valeurs de ces angles sont fixées comme suit :

- $\beta_1$  est pris égal à 33,3 grades pour des considérations hydrauliques ;
- $\beta_2 = \beta_1 / 0,008(25 + \alpha_1)$  en grades pour des considérations d'apparence.

Ces ouvrages de tête intègrent sous leur extrémité un mur para-fouille qui joue un rôle essentiel dans la protection de l'ouvrage.

Par ailleurs, quand la pente naturelle est abrupte et que le tracé routier est rasant ou en déblai, l'ouvrage de tête amont est remplacé par un puisard d'admission. Ce type d'ouvrage est adopté spécialement pour les buses. Il présente un fond dénivélé par rapport à la côte amont de l'ouvrage hydraulique et ce, pour piéger les atterrissements (surtout si la zone du projet est réputée par l'importance de l'érosion). En outre, quand la sortie de l'ouvrage se trouve au dessus du lit naturel, une descente d'eau en cascades est prévue à l'aval immédiat de l'ouvrage afin de dissiper l'énergie d'écoulement avant restitution de l'eau dans le lit du cours d'eau.

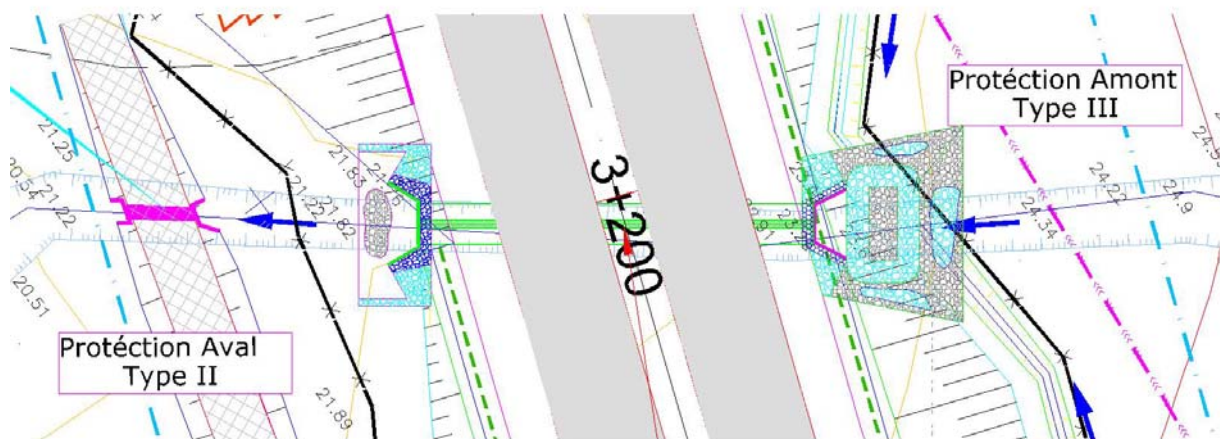
A l'entrée comme à la sortie des ouvrages hydrauliques, le lit du cours d'eau doit être protégé contre les affouillements par des enrochements. Un filtre peut être nécessaire pour prévenir la perte des particules fines (cf. **Annexe B-7-3 : Dimensionnement des enrochements de protection**).

Une protection partielle est requise, du remblai de la route entourant l'ouvrage hydraulique par perré maçonné.

Ces aménagements sont nécessaires afin d'accomplir les fonctions suivantes :

- empêcher le remblai d'empiéter sur l'ouverture de l'ouvrage hydraulique ;
- améliorer le rendement hydraulique ( $K_e$ ) ;
- résister aux forces de soulèvement ;
- empêcher l'affouillement aux extrémités ;
- prévenir l'érosion du remblai et du lit du cours d'eau ;
- prévenir l'infiltration à travers la fondation et le remblai ;
- améliorer l'apparence (angles  $\beta_1$  et  $\beta_2$ ).

Tous ces aménagements ont pour but de donner à l'ouvrage de franchissement le maximum d'efficacité tant du point de vue hydraulique que structural.



### A - 7.3.2 OUVRAGES DE DRAINAGE DE L'EMPRISE DE LA CHAUSSÉE

Les talus de la plateforme routière doivent être mis à l'abri des risques d'érosion, en interceptant les eaux de ruissellement qu'ils reçoivent par des fossés ou bourrelets. Les eaux recueillies sont, selon la disposition des lieux, ramenées vers un ouvrage de franchissement, ou conduites vers un exutoire propre. Les eaux recueillies par un fossé de crête ou un bourrelet, sont canalisées vers les caniveaux de pied de talus par des descentes d'eau.

Le système de drainage de l'emprise de la route est constitué alors des ouvrages listés ci-après :

- Caniveau pour remblai : fossé trapézoïdal en terre ;
- Caniveau pour déblai : fossé trapézoïdal en terre ;
- Caniveau pour berme : fossé triangulaire revêtu ;
- Fossé de crête : fossé trapézoïdal revêtu ;
- Bourrelet et descente d'eau pour talus de remblai ;
- Fossé de crête et descente d'eau pour talus de déblai.

Les descentes d'eau doivent être utilisées dans les sections de route où la hauteur du talus de remblai (ou de déblai) dépasse 3 m. Un pas de 30 à 60 m entre ces descentes d'eau garantit une bonne évacuation des eaux de ruissellement. La descente d'eau aboutit à un petit ouvrage conçu pour dissiper l'énergie cinétique de l'eau avant de l'envoyer dans le caniveau qui suit le pied de talus.

Le débit de projet pour dimensionner ces fossés est estimé par la méthode rationnelle. La surface drainée est celle de la plateforme routière et/ou du terrain naturel à proximité.

La hauteur d'eau d'un fossé trapézoïdal est définie par la formule classique de Manning - Strickler :

$$Q = K.A.S^{1/2}.Rh^{2/3}$$

Les vitesses d'écoulement sont définies par :  $V = \frac{Q}{A}$

Où :

**K** est le coefficient de rugosité de Manning :

K = 33 pour les ouvrages latéraux non revêtus

K = 70 pour les ouvrages bétonnés

**A** est la surface mouillée en m<sup>2</sup>.

**S** est la pente longitudinale en m/m.

**Rh** est le rayon hydraulique en m ( $Rh = A/Pm$  où  $Pm$  est le périmètre mouillé).

**V** est la vitesse d'écoulement en m/s.



Les fossés extérieurs sont destinés à collecter principalement les eaux provenant des impluviums extérieurs. Ils ont une base de 0,50 m et des berges dont la pente est égale à 1,5H/1,0V. La hauteur est une caractéristique variable en fonction du débit véhiculé et de la topographie locale.

La profondeur de ces fossés trapézoïdaux est comprise entre 0,50 m et 1,00 m, l'incrément étant de 0,25 m. Le débit pour dimensionner ces fossés est le débit décennal.

Les fossés qui suivent le pied de talus, collectent principalement les eaux de la plateforme routière et des zones attenantes (talus, chaussée, etc.). Ce sont des fossés trapézoïdaux non revêtus. Ils ont une base de 0,50 m, des berges ayant une pente de 1,0H/1,0V et une profondeur de 0,50 m.

Les fossés non revêtus sont considérés comme rectilignes, à section uniforme et terrain dénudé ce qui correspond à un coefficient de rugosité de Manning égal à 0,020. Les fossés revêtus sont des fossés en béton dont le coefficient de rugosité de Manning est estimé à 0,014.

Le choix d'un fossé revêtu ou non revêtu dépend de la vitesse de l'écoulement dans le fossé et de la nature du sol en place. Si la vitesse d'écoulement est inférieure à la vitesse limite d'entraînement des particules du sol en place, le fossé n'est pas revêtu (cf. **Annexe 4 : Tableau des vitesses de revêtement des fosses en fonction des sols**).

En ce qui concerne les fossés trapézoïdaux de crête, on doit en principe les revêtir car ils sont situés à environ 1,5 m de la crête du talus et l'effet conjoint d'infiltration et d'érosion de l'écoulement pourrait mettre en danger leur stabilité.

Lorsque la pente longitudinale d'un fossé revêtu est supérieure à 3%, des brise-charges devront être prévus pour éviter des vitesses d'écoulement trop importantes.

### A - 7.3.3 DÉFINITION DU SYSTÈME GLOBAL D'ASSAINISSEMENT

L'assainissement routier comporte trois volets :

- La collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route ;
- La collecte et l'évacuation des eaux internes, c'est-à-dire le drainage ;
- Le rétablissement des écoulements naturels (seul le cas des petits écoulements a été traité dans le présent document (superficie du bassin versant inférieur à 100km<sup>2</sup>). Pour les bassins versants plus importants, des études spécifiques devront être réalisées.

Les trois volets relatifs à l'assainissement routier ne doivent pas être traités de manière indépendante. Citons à titre d'exemple l'incidence du débit d'apport de la plateforme, sur le dimensionnement hydraulique des petits rétablissements, les positions respectives dans le profil en travers des différents ouvrages, l'évacuation commune des eaux de ruissellement et de drainage, etc.

Au niveau du projet, c'est l'étude hydraulique qui est réalisée en premier. Les rétablissements d'écoulement naturels représentent en effet une contrainte pour

l'établissement du profil en long, voir pour le tracé en plan. Ils constituent en outre dans la majeure partie des cas les exutoires de l'assainissement de la plateforme et c'est en fonction de leurs emplacements et de leurs capacités que l'on détermine les dispositions à adopter pour les réseaux d'assainissement de la plateforme.

Quelques autres recommandations sont proposées ci-après pour l'établissement d'un système global d'assainissement :

- **Ouvrages hydrauliques** : cf. Annexe 3 - Implantation des petits ouvrages hydrauliques et Annexe 4 - Facteurs influençant le choix des ouvrages hydrauliques
- **Eaux superficielles** : le choix des ouvrages doit s'appuyer sur les 2 principes de base suivants :
  - Utiliser au maximum des ouvrages superficiels dont les coûts d'investissement et d'entretien sont plus faibles que ceux des ouvrages enterrés (en veillant à ce qu'ils ne présentent pas de danger pour un véhicule quittant la chaussée)
  - Rejeter les eaux hors de la plateforme, chaque fois que cela est possible, afin de diminuer les débits à transiter
- Définir le type de réseau nécessaire pour chaque section homogène du projet. Puis, en tenant compte des données extérieures au projet, choisir les types d'ouvrages constituant chaque réseau. Le dimensionnement hydraulique consiste à vérifier que les ouvrages choisis conviennent.
- Définition des réseaux : se fait par le relevé à partir du tracé en plan et du profil en long des sections homogènes susceptibles d'être équipées du même type de réseau :
  - Les sections en déblai et celles en remblai ;
  - Les sections en dévers et celles en introduction ou suppression de dévers ;
  - Les déblais qui reçoivent en crête de talus des apports d'eau importants provenant du terrain naturel ;
  - Les origines et extrémités des réseaux (exutoire ou points de rejet) ;
  - Les points hauts et bas, la pente du projet (ligne rouge) et les changements de pente du fil d'eau des ouvrages si elle est notablement différente de celle du projet (changement de dévers) ;
  - Etc.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

### *CHAPITRE 8 : ÉQUIPEMENTS & DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES*

## CHAPITRE 8 : EQUIPEMENTS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

|               |                                                         |            |
|---------------|---------------------------------------------------------|------------|
| <b>A - 8.</b> | <b><u>EQUIPEMENTS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES</u></b> | <b>114</b> |
| A - 8.1.      | <u>VEGETALISATION DES TALUS</u>                         | 114        |
| A - 8.2.      | <u>PROTECTION DES BERGES</u>                            | 114        |
| A - 8.2.1     | <u>PROTECTION DES BERGES CONTINUES</u>                  | 114        |
| A-8.2.1.1     | <u>Protection en enrochements</u>                       | 115        |
| A-8.2.1.2     | <u>Protection en gabions et perrés</u>                  | 116        |
| A-8.2.1.3     | <u>Murs en béton ou maçonnerie</u>                      | 117        |
| A-8.2.1.4     | <u>Critères de choix</u>                                | 117        |
| A - 8.2.2     | <u>PROTECTION DES BERGES DISCONTINUES</u>               | 119        |
| A - 8.3.      | <u>CONFORTEMENTS</u>                                    | 121        |
| A - 8.3.1     | <u>TERRASSEMENTS</u>                                    | 122        |
| A-8.3.1.1     | <u>Remblai de pied</u>                                  | 122        |
| A-8.3.1.2     | <u>Allègement en tête</u>                               | 122        |
| A-8.3.1.3     | <u>Reprofilage</u>                                      | 122        |
| A-8.3.1.4     | <u>Purges</u>                                           | 123        |
| A-8.3.1.5     | <u>Substitution partielle ou totale</u>                 | 123        |
| A - 8.3.2     | <u>DISPOSITIFS DE DRAINAGE</u>                          | 123        |
| A-8.3.2.1     | <u>Tranchées drainantes</u>                             | 124        |
| A-8.3.2.2     | <u>Drains subhorizontaux</u>                            | 124        |
| A-8.3.2.3     | <u>Masques et éperons drainants</u>                     | 125        |
| A-8.3.2.4     | <u>Drains verticaux</u>                                 | 125        |
| A - 8.3.3     | <u>ELEMENTS RESISTANTS</u>                              | 125        |
| A-8.3.3.1     | <u>Ouvrages de soutènement</u>                          | 126        |
| A-8.3.3.2     | <u>Cas des remblais sur sols mous</u>                   | 130        |
| A-8.3.3.3     | <u>Critères de choix</u>                                | 131        |



## A - 8. EQUIPEMENTS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

### A - 8.1. Végétalisation des talus

Parmi les mesures permettant la stabilisation des abords, on peut recourir à la végétalisation des talus afin d'améliorer leur stabilité et parer aux phénomènes d'érosion qui provoquent l'instabilité des sols, dus aux conditions climatiques et géologiques, à savoir : relief accidenté, hétérogénéité des sols et la pluviosité abondante, et diminuer ainsi les charges d'entretien de la route en pérennisant les structures.

Outre la stabilisation des sols, la végétalisation des talus permet l'intégration du tracé de la route dans l'environnement, et la réduction de l'impact sonore spécialement dans les zones peuplées.

La stabilisation des talus par végétalisation peut être envisagée en utilisant :

- ✓ Le végétal entier, en faisant appel soit aux techniques de plantation de tiges ligneuses racinées, soit par amoncellement de mottes compactées de racines et d'herbacées, soit par emploi de gazon levé en plaque ;
- ✓ Des parties de végétal, par bouturage, par marcottage, par tressage (des branches sont entrelacées entre des pieux en pied de talus), par fascinage (des branches en fagot sont disposées en pied de talus) ;
- ✓ Des semences par projection à sec ou hydraulique.

### A - 8.2. Protection des berges

On distingue les protections de berges continues et les protections de berges discontinues (épis).

Les protections continues suivent en général les berges existantes sur lesquelles elles s'appuient. Les épis ne sont utilisés que dans le cas d'une rivière au lit divaguant ou lorsque l'on veut déplacer un lit.

#### A - 8.2.1 Protection des berges continues

Les protections de berges continues sont classiquement réalisées en enrochements, gabions ou en maçonnerie.

Il est exceptionnel de pouvoir construire une protection de berge jusqu'à la profondeur extrême des affouillements. En général, la protection de la berge visible repose sur une réserve d'enrochements qui la protège des affouillements.

Une infinité de variantes de protection (sacs de sable, toiles à poches remplies de béton, etc..) ont été imaginées avec plus ou moins de bonheur et sont décrites dans les manuels spécialisés. En pratique, au Maroc, les protections sont constituées de gabions, perrés et enrochements et il n'y a pas d'intérêt majeur à sortir de ces techniques éprouvées.

### A-8.2.1.1 Protection en enrochements

Une disposition classique consiste à appuyer la carapace protégeant le talus sur une semelle d'enrochements constituant la réserve de pied (fig. 1.1 en annexe). La semelle est alors calée assez bas, en dessous du niveau moyen du lit.

Une variante à cette disposition consiste à séparer la carapace et la réserve de pied par une risberme.

La figure 1.2 en donne un exemple. La réserve de pied est mise en place en premier dans une souille. Elle peut être calée un peu plus haut que la précédente, au niveau moyen du lit ou un peu au dessus de l'étiage. Un calage bas n'a toutefois que des avantages hydrauliques.

Très souvent, dans les projets, la profondeur d'affouillement prévue en-dessous de la risberme est au moins égale à la hauteur d'eau prévue au dessus. Dans ce cas, si la risberme a une largeur suffisante, et spécialement si sa largeur est égale à la hauteur d'eau qui la domine, les enrochements du talus peuvent être plus petits que ceux du pied. Leur diamètre peut être la moitié de celui des enrochements de la réserve, lesquels auront été dimensionnés en application du formulaire A1.1 (Annexe calcul des enrochements).

Dans ces conditions, la présence de la risberme réduit plutôt le volume total des enrochements nécessaires. Plus essentiellement, la risberme facilite la mise en place de la protection supérieure, elle évite d'avoir à creuser directement au pied de la berge qu'on cherche à protéger, elle facilite la surveillance et l'entretien. Enfin, elle localise à son pied des affouillements un peu moins profonds que les talus continus.

Dans les rivières suffisamment lentes on peut aussi chercher à stabiliser les risbermes par de la végétation. Une faible protection du pied de la berge supérieure suffit alors.

Quant aux carapaces, leur bonne réalisation nécessite que les blocs soient mis en place par le bas (et non déversés du haut), sur un talus de pente plus douce que celle de son équilibre naturel. On adopte en général des talus à 3/2 (3 horizontal pour 2 vertical). Les petits enrochements seront chargés en groupe dans le godet d'une pelle mécanique, les enrochements moyens le seront individuellement. Les très gros blocs sont manipulés à l'élingue, accrochée au godet d'une grosse pelle ou d'une grue.

Les enrochements sont mis en place sur plusieurs couches avec une épaisseur minimale de 2 fois le diamètre moyen.

Ces enrochements sont posés sur un filtre. Dans le cas de gros enrochements, une sous couche est à interposer entre les enrochements et le filtre.

De plus, si les matériaux du remblai sont trop fins, un géotextile est nécessaire entre le remblai et le filtre. En aucun cas, on ne posera les enrochements directement sur le géotextile.

Les caractéristiques de la protection sont les suivantes.

### Granulométrie

On peut admettre la répartition suivante pour les couches d'enrochement et les sous couches:

$P_{\min} = 0,5$  poids mini nominal (par exemple 50 kg),

$P_{15}$  = poids mini nominal (par exemple 100 kg).

$P_{50}$  = moyenne quadratique des poids nominaux (p. ex. 200 kg).

$P_{85}$  = poids maxi nominal (p. ex. 400 kg).

$P_{\max} = 2$  poids maxi nominal (p. ex 800 kg).

Pour la sous-couche, on adoptera la règle suivante:

$$d_{50} > \frac{D_{85}}{5}$$

avec  $d_{50}$  : diamètre de la sous-couche avec 50% de passant en poids.

$D_{85}$  : diamètre de la couche avec 85% de passant en poids.

Pour les filtre, on suivra les règles suivantes:

$$D_{15} < 5 d_{85}$$

$$4 d_{15} < D_{15} < 20 d_{15}$$

$$D_{50} < 20 d_{50}$$

avec:  $D_{15}, D_{50}$  : diamètres de la sous-couche ou la couche couvrant le filtre.

$d_{15}, d_{50}, d_{85}$  : diamètres caractéristiques du filtre.

Le diamètre  $D_{50}$  de la couche d'enrochements sera calculé à l'aide du formulaire 1.1 (voir annexe).

### Epaisseur

Couche :  $e_1 = 2 D_{50}$

Sous-couche:  $e_2 = 3 D_{50}$

Filtre : 10 à 25 cm (pour des diamètres  $d_{50}$  compris entre 9 et 25 mm).

### **A-8.2.1.2 Protection en gabions et perrés**

Les figures 1-3 et 1-4 présentent la disposition à adopter pour ce type de protections.

Il faut noter que la protection doit s'appuyer sur une plate-forme stable et protégée des affouillements; une réserve en enrochements est nécessaire en pied.

Ces enrochements seront dimensionnés à l'aide du formulaire A1.1 (Annexe).

De plus, la risberme décrite ci-dessus constitue la solution recommandée pour fournir aux gabions et perrés l'assise stable qui leur est nécessaire.

Pour la protection des ponts, où cette disposition est recommandée, on calera la risberme assez bas pour ne pas trop obstruer la section. On bétonnera les gabions de pied.

Les revêtements en perrés ont pour caractéristiques essentielles de ne pas tolérer les tassements. Il devrait donc être posé sur des remblais très bien compactés ou sur des matériaux nobles (sablo-graveleux non tassable) qui constituent les "blocs techniques" aux extrémités des ponts. Le drainage des sous pressions doit également être organisé, ce qui nécessite la présence d'une couche drainante formant un filtre sous le revêtement.

Pour ces protections en perrés dans les torrents, on pourra utiliser une semelle de béton épaisse en pied, comme celle décrite dans le paragraphe suivant.

#### **A-8.2.1.3 Murs en béton ou maçonnerie**

Dans les vallées étroites de torrents, on est parfois obligé de stabiliser le bord des routes par un mur. D'autre part, on ne trouve pas toujours des enrochements capables de résister aux fortes vitesses naturelles.

Les murs ont l'inconvénient de localiser à leur pied un rouleau à axe horizontal qui produit des affouillements profonds. Pour s'en protéger, une solution consiste à disposer au pied des murs une semelle de béton épaisse. Il est souhaitable qu'elle soit calée un peu en dessus du lit et que sa largeur soit égale à la hauteur d'eau qui la domine (fig. 1.5).

Cette semelle sera protégée par une réserve d'enrochements (dimensionnés à l'aide du formulaire A1.1).

#### **A-8.2.1.4 Critères de choix**

La liste suivante fournit les critères de choix entre les différents procédés proposés, avec leurs avantages et inconvénients.

##### **a) Protection en enrochements**

|                                      |                                              |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| Grandes vitesses                     | : Enrochements très gros au-dessus de 5 m/s. |
| Sous cavement                        | : Excellente protection jusqu'à 5 m/s.       |
| Sous pression                        | : très bon.                                  |
| Longévité                            | : bonne.                                     |
| Résistance au charriage              | : bonne                                      |
| Adaptation aux tassements du terrain | : bonne.                                     |
| Travaux de reprise                   | : faciles.                                   |

## b) Perrés en gabions

|                                                                                 |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Grandes vitesses                                                                | : assez bonne protection.                        |
| Sous cavement                                                                   | : mauvais pour la même raison que le béton.      |
| Sous pression                                                                   | : très bon.                                      |
| Longévité                                                                       | : médiocre (oxydation de la cage).               |
| Résistance au charriage                                                         | : très mauvais, la cage est rapidement cisailée. |
| Adaptation aux tassements du terrain : bonne car légère déformation acceptable. |                                                  |
| Travaux de reprise                                                              | : difficiles.                                    |

**Nota:**

1. Des enrochements sont nécessaires en réserve de pied.
2. Pour des raisons de dimensions standard, le coût de la protection ne varie pas avec la vitesse.
3. Les gabions peuvent être utilisés en soutènement dans des zones où ils ne sont pas en contact avec le charriage de la rivière.

## c) Perrés en béton et murs en béton

|                                                  |                                                                                                      |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grandes vitesses                                 | : très bon.                                                                                          |
| Sous cavement                                    | : mauvais car il faut descendre la protection jusqu'au niveau du plus fort affouillement prévisible. |
| Sous pression                                    | : médiocre - Dispositif compliqué à mettre en oeuvre                                                 |
| Longévité                                        | : bonne.                                                                                             |
| Résistance au charriage                          | : bonne.                                                                                             |
| Adaptation aux tassements du terrain : mauvaise. |                                                                                                      |
| Travaux de reprise                               | : difficiles.                                                                                        |

**Nota:**

1. Les murs en béton sont utilisés dans les vallées étroites pour stabiliser le bord d'une route par exemple.

## Remarques générales

*D'une manière générale, les enrochements sont considérés comme la meilleure des protections de berges. Les perrés en gabions ou en béton seront utilisés quand l'enrochement n'est pas disponible d'une manière économique, ou quand on ne dispose pas de moyens mécaniques suffisants pour mettre en place des gros enrochements, toutefois, on doit garder à l'esprit que les perrés nécessitent de toute manière une réserve d'enrochements à leur pieds.*

### A - 8.2.2 Protection des berges discontinues

Ce sont essentiellement des épis

Les épis sont utilisés en général dans les rivières à lit multiple en tresses ou dans des rivières larges où il y a risque d'attaque de la berge par des courants engendrés par des méandres internes. Dans ce dernier cas, la berge est attaquée ponctuellement par un fort courant qui nécessite une protection lourde; compte tenu du fait que le point d'attaque n'est pas fixe, on doit alors protéger fortement la berge sur de grandes longueurs. Les épis présentent alors une solution alternative à la protection de berges continues.

Les épis sont également utilisés quand on veut fixer ou déplacer un lit loin d'une route ou d'une digue ou d'une zone habitée, ou encore rectifier le tracé d'une rivière à la suite du développement d'un méandre. Dans ce cas, on peut envisager aussi la création d'un chenal coupant le méandre, qui s'élargira sous l'action du courant et constituera le lit futur.

Les épis(\*) ont fait l'objet de dispositions extrêmement ingénieuses et variées. On aura une vue assez complète de la question dans QUESNEL [4].

En dehors du champ d'application décrit ci-dessus les épis ne présentent pas une alternative intéressante. En effet, la distance entre épis doit être inférieure à deux fois la longueur de l'épis. Les épis nécessitent donc le même linéaire d'enrochements qu'une protection continue.

Les épis sont des ouvrages délicats à concevoir, principalement pour les raisons suivantes:

- Ils entraînent une concentration ponctuelle de l'écoulement et de fortes vitesses au voisinage de leur tête, ce qui entraîne la mise en place de fortes protections, qui doivent descendre assez profondément pour être protégées contre les affouillements.
- Ils présentent un risque de détruire l'équilibre morphologique de la rivière. Ils peuvent dans certains cas modifier le profil en long du cours d'eau.

---

(\*) : Une des principales application des épis est le maintien d'un chenal de navigation dans les rivières possédant un étiage soutenu.

La conception des épis doit parfois faire appel à des études sur modèle réduit et, par conséquent, sort souvent du champ d'application du présent guide. Toutefois, pour mémoire, on décrit ci-après les différents types d'épis.

Les épis retard sont constitués d'un cordon d'enrochements massif s'avancant perpendiculairement à la berge avec une pente modérée (10 à 20 %) (fig. 1.7). Leur tête (côté rivière) ne fait pas l'objet d'aménagement particulier. Elle est destinée à s'étaler dans les affouillements pour protéger le reste de l'épi. Ces épis peuvent aussi servir à protéger des murs. Ils présentent l'avantage d'être faciles à construire et l'inconvénient de nécessiter surveillance et entretien.

Les épis plongeants, souvent en gabions, descendent en pente très douce (5%) en s'enfonçant jusqu'à la profondeur maximale du lit (fig. 1.8). A leur extrémité, une large semelle en gabions est destinée à empêcher les affouillements. A cause des risques d'usure des gabions, de pied, ce type d'épi n'est utilisable que dans les rivières calmes.

Les épis submersibles à tête renforcée (parfois dénommés épis-marteau à cause de leur forme) ont un corps souvent constitué en gabions comme les précédents avec une pente douce ou modérée (5 à 15 %) (fig. 1.9). Ils se terminent avec une hauteur non nulle et leur tête est renforcée par un ouvrage transversal, plus long à l'amont qu'à l'aval. Son but est d'empêcher l'extension des affouillements au pied du corps de l'épi. La difficulté est alors concentrée dans la tête. Au dessus du lit, elle peut être constituée de gabions bétonnés s'appuyant sur une semelle bétonnée également. Pour la protection en profondeur, il est indispensable de disposer, dans une souille autour de la semelle, des enrochements capables de résister aux vitesses que localisera la tête de l'épi.

Les épis insubmersibles sont parfois utilisés dans le cas d'épis très longs, car ils permettent de constituer le corps de l'épi par une digue d'alluvions sablo-graveleuses faiblement protégée. La tête de l'épi est alors soumise à des conditions très sévères. On aboutit parfois à des ouvrages en béton monstrueux (hauteur 20 m sur fondations) ou à des musoirs d'enrochements analogues à ceux préconisés pour les ponts rétrécissant les lits larges.

L'action des épis sur les courants est liée à leur effet de barrage, c'est-à-dire à la production d'une dénivellation entre l'amont et l'aval de l'épi. C'est le système des pressions créé par cette dénivellation qui agit directement sur l'eau.

Dans les projets, on admettra que la dénivellation ou chute aux ancrages correspond à la pente du lit sur la distance entre épis. Dans le cas des épis plongeants, la chute va en s'atténuant en direction de la tête en rivière.

Dans le cas des épis-marteau, submersibles ou non, la chute autour de la tête est voisine de 2 fois le  $V^2/2g$  de la rivière.

L'existence de cette chute détermine les précautions à prendre pour empêcher les matériaux d'être entraînés sous les gabions et au contact de l'ancrage et de la berge.

Sauf pour les épis retard protégeant des murs, le corps de l'épi du côté de son ancrage en rive doit s'élever à la cote des plus hautes eaux, ou un peu au-dessus de



la berge si celle-ci est submersible. Dans ce dernier cas, il faudra en outre équiper la rive de diguettes longitudinales ou transversales empêchant un contournement hydraulique direct de l'ancrage, contournement par lequel l'eau provenant de l'amont de l'épi s'écoule vers l'aval en faisant une chute sur la crête de la berge à l'aval immédiat de l'épi. Lorsque le trajet de contournement est court, une faible chute peut provoquer de grandes érosions. Le processus est analogue à celui qu'on observe aux abouts des radiers routiers.

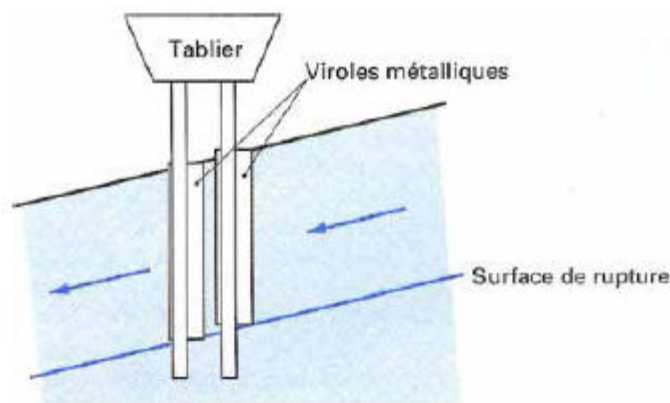
### A - 8.3. Confortements

Quand on veut consolider un glissement, peu importe que la surface de rupture soit circulaire, logarithmique, plane,...etc. Par contre, il est de la plus grande importance de connaître ses dimensions et d'avoir une idée sur son origine: surcharge, écoulement d'eau, altération des sols ou simplement ruissellement exceptionnel. Le choix de la méthode de consolidation en dépend.

Face à un problème de stabilité, une première solution consiste à s'affranchir des mouvements de la pente instable sans les empêcher. Deux types de solutions sont possibles :

- ✓ Implanter ou déplacer l'ouvrage d'art ou la route en dehors de la zone en mouvement, dans un secteur reconnu comme stable ;
- ✓ Concevoir l'ouvrage de telle sorte qu'il ne soit pas endommagé par le mouvement de terrain : soit en résistant aux efforts apportés par le mouvement de terrain (solution réservée aux petits glissements), soit en adaptant le mode de construction de sorte que les fondations soient dissociées du sol en mouvement.

La figure suivante présente le principe d'un dispositif de fondation sur pieux dans un glissement. Si ce type de solution n'est pas retenu, on est amené à conforter la pente avec l'une des techniques présentées dans les paragraphes ci-après.



Lorsqu'il s'agit de dimensionner un dispositif de confortement préventif, on recommande de prendre un coefficient de sécurité  $FS = 1,5$  pour l'ouvrage en service. Dans une intervention de réparation après glissement, si le calage des caractéristiques mécaniques paraît de bonne qualité, le coefficient de sécurité demandé peut se limiter à 1,3. Si toutefois certaines caractéristiques du site sont mal connues, ou si les techniques employées sont susceptibles de perdre de leur



efficacité avec le temps (colmatage de drains par exemple), ou encore si l'on ne peut tolérer de déformations, on choisit plutôt  $FS = 1,5$ .

### A - 8.3.1 Terrassements

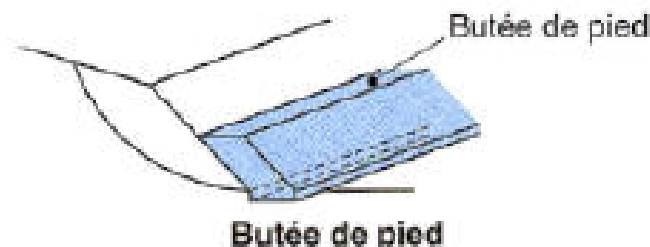
Les conditions de stabilité étant directement liées à la pente du terrain, le terrassement reste le moyen d'action le plus naturel. On peut distinguer trois groupes de méthodes de stabilisation par terrassement :

- ✓ les actions sur l'équilibre des masses : allègement en tête, remblai en pied ;
- ✓ les actions sur la géométrie de la pente : purge et reprofilage ;
- ✓ les substitutions partielles ou totales de la masse instable.

#### A-8.3.1.1 Remblai de pied

Le chargement en pied d'un glissement est une technique souvent utilisée, généralement efficace. L'ouvrage, également appelé banquette, berme ou butée, agit par contre-balancement des forces motrices. Pour qu'il soit efficace, il faut réaliser un ancrage dans les formations sous-jacentes en place. Comme dans le cas d'un ouvrage de soutènement, le dimensionnement doit justifier de la stabilité au renversement, de la stabilité au glissement sur la base et de la stabilité au grand glissement. Mais en pratique, c'est la stabilité le long de la surface de rupture du glissement déclaré qui est dimensionnante. La stabilité au grand glissement suppose que :

- ✓ l'ouvrage limite les risques de reprise du glissement en amont ;
- ✓ l'ouvrage ne déclenche pas d'autre glissement, par exemple à l'aval.



#### A-8.3.1.2 Allègement en tête

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.).

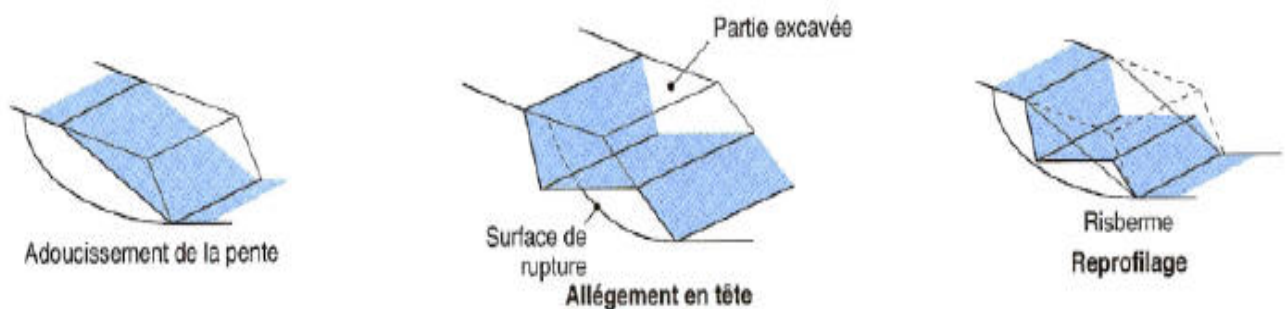
#### A-8.3.1.3 Reprofilage

Les conditions de stabilité d'un talus étant directement liées à sa pente, on peut assez simplement augmenter la sécurité par retalutage du terrain naturel. Dans ce

sens, le procédé s'apparente à l'allègement en tête : il consiste en un adoucissement de la pente moyenne. Ce type de traitement est particulièrement bien adapté aux talus de déblais, et il est de pratique courante. Notons que l'exécution de risbermes a l'avantage d'améliorer la stabilité par rapport à une pente unique et de créer des voies d'accès pour l'entretien ou des travaux complémentaires. L'adoucissement de la pente est généralement mal adapté aux versants naturels instables car il met en jeu des volumes de sol très importants.

#### A-8.3.1.4 Purges

Les techniques de terrassement s'accompagnent fréquemment de purges du matériau déplacé par le glissement. Cette solution est généralement limitée aux glissements de taille modeste. On peut, dans certains cas, purger l'ensemble du matériau glissé, à condition que la surface mise à nu soit stable.



#### A-8.3.1.5 Substitution partielle ou totale

La substitution totale consiste à venir purger l'ensemble des matériaux glissés ou susceptibles de glisser, et à les remplacer par un matériau de meilleure qualité. Cela permet de reconstituer le profil du talus initial.

Il importe de vérifier la stabilité au cours des phases de travaux et celle du talus définitif dans lequel on prend en compte les caractéristiques du matériau de substitution et du matériau en place.

La substitution de matériaux glissés suppose que l'on connaisse le volume de matériaux concerné, que l'on excave plus profondément que la surface de rupture, et que l'on réalise des redans afin d'assurer un bon accrochage entre le substratum et le sol d'apport. La tenue des talus provisoires de la purge dépend des conditions de terrassement, de la météorologie, des hétérogénéités locales.

Des substitutions partielles sont souvent employées, sous forme de bèches ou de contreforts discontinus. Le coefficient de sécurité de la pente ainsi traitée peut être estimé en prenant la moyenne pondérée des coefficients de sécurité de la pente avec et sans substitution.

### A - 8.3.2 Dispositifs de drainage

Dans la plupart des cas de glissement, l'eau joue un rôle moteur déterminant. Aussi utilise-t-on couramment les techniques de drainage, qui ont pour but de réduire les pressions interstitielles, au niveau de la surface de rupture lorsque celle-ci existe.

Les différentes techniques qui peuvent être mises en oeuvre pour atteindre cet objectif relèvent de deux options fondamentales :

- ✓ éviter l'alimentation en eau du site ;
- ✓ expulser l'eau présente dans le massif instable.

De nombreux paramètres conditionnent l'efficacité d'un système de drainage, en particulier la nature et l'hétérogénéité des terrains, la géométrie des couches aquifères, la perméabilité et l'anisotropie des sols, les alimentations et les exutoires. De ce fait, et compte tenu des difficultés de détermination de l'ensemble de ces éléments, le dimensionnement d'un système de drainage est fait en prenant un coefficient de sécurité plus élevé que celui pris pour d'autres techniques (terrassements, renforcements).

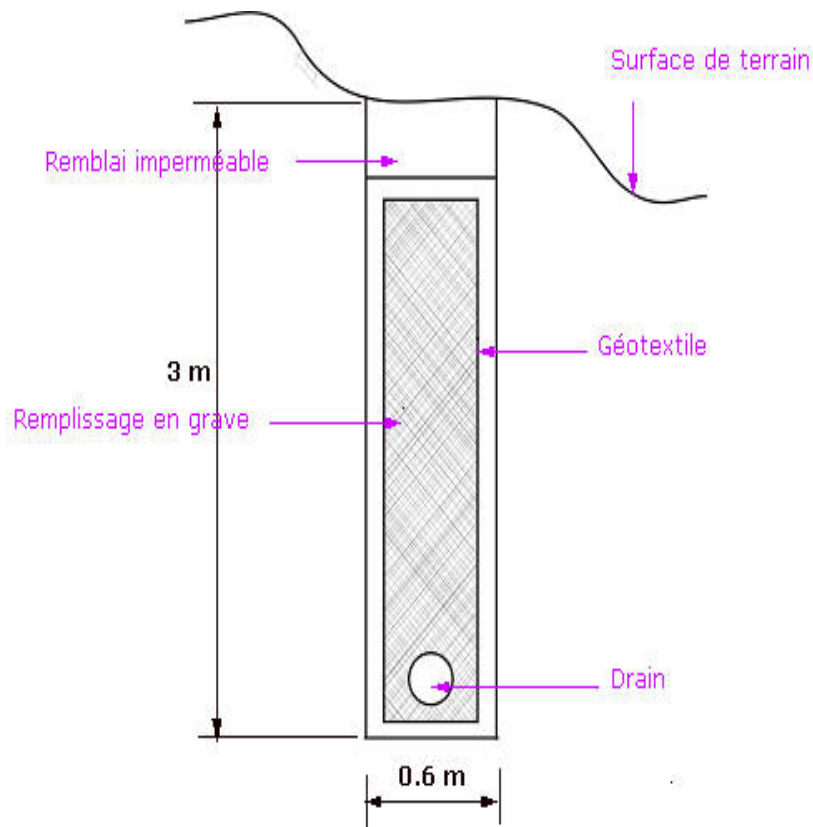
Comme la plupart des ouvrages, les dispositifs de drainage nécessitent un entretien régulier qui, s'il n'est pas réalisé, peut leur enlever toute efficacité. On distingue : les drainages de surface et les ouvrages de collecte des eaux, les tranchées drainantes, les drains subhorizontaux, les masques et éperons drainants, les drains verticaux, et enfin les galeries et autres ouvrages profonds. Toutes ces techniques peuvent être utilisées seules ou associées, ou en complément d'autres techniques de stabilisation.

#### **A-8.3.2.1 Tranchées drainantes**

Les tranchées drainantes sont des ouvrages couramment utilisés pour rabattre le niveau de la nappe. Elles sont implantées sur le site de façon à venir recouper les filets d'eau (lignes de courant dans un horizon homogène, couche aquifère, venues d'eau ponctuelles, etc.). Le choix de l'implantation (dans le sens de la plus grande pente ou dans un sens parallèle aux lignes de niveau, ou encore en épis), de la profondeur et de l'espacement des tranchées dépend des résultats de l'étude hydrogéologique et conditionne l'efficacité du drainage.

#### **A-8.3.2.2 Drains subhorizontaux**

Cette méthode est utilisée quand la nappe est trop profonde pour être atteinte par des drains superficiels. La meilleure justification de l'utilisation de drains subhorizontaux est le cas d'un aquifère assez perméable (sable, roche extrêmement fracturée) dont l'émergence est masquée par des terrains moins perméables (éboulis argileux). Le rayon d'action de chaque drain est faible. La méthode est souvent inefficace dans des formations argileuses (trop faible perméabilité, circulation trop diffuse). Toutefois, le rabattement de la nappe, si faible soit-il, pourra suffire dans certains cas.



#### A-8.3.2.3 Masques et éperons drainants

Les masques drainants sont des ouvrages en matériaux granulaires grossiers mis en place en parement de talus ; leur rôle est d'annuler la pression interstitielle dans la portion correspondante de terrain, mais leurs caractéristiques très frottantes apportent également un gain de stabilité. Les éperons drainants sont des sortes de masques discontinus ; s'il est inutile ou difficile de réaliser un masque, on se contente de faire des saignées remplies de matériau drainant régulièrement espacées.

#### A-8.3.2.4 Drains verticaux

Cette méthode consiste à réaliser des forages drainants verticaux équipés de pompes immergées. Elles est utilisée dans le cas de masse instable importante en glissement lent. On préconise ce système si la vitesse moyenne avant travaux est de l'ordre du centimètre par année, de façon à éviter un cisaillement prématuré des crépines. Si la vitesse est variable au cours de l'année, les travaux de forage doivent être effectués en période sèche, donc pendant les mouvements les plus lents. Les pompes seront opérationnelles dès la période habituelle de réactivation.

### A - 8.3.3 Eléments résistants

Ces techniques ne s'attaquent pas à la cause des mouvements mais visent à réduire ou à arrêter les déformations. Elles sont intéressantes dans les cas où les solutions curatives (terrassements et drainages) ne peuvent pas être techniquement ou économiquement mises en oeuvre. On peut également introduire des éléments résistants à titre préventif, de façon à éviter les déplacements, dont une conséquence serait de diminuer la résistance au cisaillement des sols. La

compatibilité des déplacements du sol et des structures doit être prise en compte lors du choix de ce type de technique.

### A-8.3.3.1 Ouvrages de soutènement

Les ouvrages de soutènement sont conçus pour créer une dénivellée entre les terres situées à l'amont de l'ouvrage, c'est-à-dire soutenues par celui-ci, et les terres situées à l'aval, devant l'ouvrage. Cette dénivellée peut être réalisée en procédant à la mise en place de remblais derrière l'ouvrage. (auquel cas on parle généralement d'ouvrage en remblai ou en élévation) ou par extraction des terres devant celui-ci (auquel cas on parle généralement d'ouvrage en déblai ou en excavation).

En pratique toutefois, il est assez fréquent que l'on ait à procéder à la fois à un apport en remblai derrière l'ouvrage et une extraction de terre devant celui-ci.

Il existe de nombreux types d'ouvrages de soutènement, qui ont été conçus pour répondre aux situations les plus diverses, on note les plus utilisées :

- ✓ Murs poids
- ✓ Murs en béton armé

L'étude d'un ouvrage de soutènement est effectuée, dans tous les cas, en examinant le double aspect de sa résistance et de sa stabilité. Il est en outre souvent nécessaire d'apprécier les déformations et déplacement de celui-ci, en raison des conséquences de ce dernier sur l'ouvrage lui-même, et sur son environnement.

Justifier le bon fonctionnement d'une structure nécessite de connaître les mécanismes contre lesquels il convient de se prémunir. Dans le cas des soutènements, les critères à examiner sont traditionnellement regroupés en trois catégories :

- **La résistance interne** : il s'agit de la résistance propre de la structure qu'il y a lieu de vérifier vis-à-vis des efforts (et déplacements) extérieurs qui la sollicitent. Cette vérification concerne la résistance de tous les éléments constitutifs, et de leurs systèmes de liaison le cas échéant.
- **La stabilité externe local** : il s'agit de la stabilité de l'ouvrage – généralement considéré comme un monolithe vis-à-vis de déplacements excessifs qui seraient liés à une trop forte mobilisation de la résistance du sol au voisinage immédiat de celui-ci.
- **Stabilité externe générale** : il s'agit de la stabilité d'ensemble de l'ouvrage relative à une zone plus étendue de part et d'autre de celui-ci, et susceptible d'entrer en mouvement en l'absence même de toute défaillance de la structure considérées. Celle-ci est toutefois, en générale, la cause initiatrice de ce mouvement d'ensemble, en raison des travaux de déblai ou de remblai qu'impose sa construction.

## 1. Les murs poids

### ▪ Stabilité interne

La méthode généralement admise pour le dimensionnement interne de ces murs consiste à vérifier au niveau de chaque interface :

- Que le surface de contact entre éléments est entièrement comprimée, et que les efforts de compressions n'excèdent pas la résistance admissible propre des éléments ;
- Que les éléments ne glissent pas entre eux, c'est-à-dire que la contrainte de cisaillement n'excède pas la résistance aux cisaillement admissible le long de la surface de contact entre éléments. D'une manière générale, il s'agit de la résistance aux cisaillement due au contact entre éléments et à des dispositifs mécaniques tels que par exemple des nervures, des butées réalisés sur ces éléments ;
- Que la partie supérieure du mur ne se renverse pas par rotation. En règle générale, ce critère est vérifié si le critère précédent de non compression l'est.

### ▪ Stabilité externe.

- Justification vis-à-vis du poinçonnement :

|                                                                     |                                      |                                      |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                     |                                      |                                      |
| $q'_{ref} = \frac{V}{B} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot e}{B}\right)$ | $q'_{ref} = \frac{V}{B - 2 \cdot e}$ | $q'_{ref} = \frac{V}{B - 2 \cdot e}$ |

Pour chaque combinaison d'action, on vérifie donc que :

$$q'_{ref} \leq \frac{1}{\gamma_q} \cdot (q_u - q_o) \cdot i_\delta + q_o$$

Où :

$q_u$  est la contrainte de rupture du sol sous charge verticale centrée. Elle est calculée suivant les dispositions de l'annexe B.1. du fascicule 62 Titre V lorsqu'il est fait référence aux résultats d'essais au pressiomètre.

$q_0$  est la contrainte verticale effective que l'on obtiendrait dans le sol après travaux au niveau de la base de fondation en faisant abstraction de celle-ci. En pratique pour les soutènements  $q_0$  est pratiquement négligée dans cette expression.

$i_\delta$  est un coefficient minorateur qui tient compte de l'inclinaison de la résultante et de la géométrie de la fondation. Il est recommandé d'utiliser la méthode proposée à l'annexe F.1 du fascicule 62 Titre V sous réserve de respecter les dispositions qui suivent concernant le coefficient de sécurité  $\gamma_q$

$\gamma_q$  est coefficient de sécurité, habituellement pris égal à 3 pour les murs de soutènement, mais pour lesquels il est recommandé d'adopter les valeurs suivants dès lors que le coefficient  $i_\delta$  est calculé dans les conditions définies précédemment :

$\gamma_q = 2 + (i_\delta)^2$  sous combinaison d'actions non pondérées.

- Justification vis-à-vis du glissement :

Cette justification consiste à vérifier que l'ouvrage ne glisse pas sur sa base. Pour chaque combinaison d'action considérée on vérifie que :

$$H = \frac{V \cdot \tan \varphi' + c' \cdot A'}{\gamma_{g1} + \gamma_{g2}}$$

où :

H et V sont respectivement les composantes horizontale et verticale de l'effort appliqué à la fondation ;

A' est la surface comprimée de celle-ci ;

$\varphi'$  et  $c'$  sont respectivement l'angle de frottement interne et la cohésion du sol sous la fondation ;

$\gamma_{g1}$  et  $\gamma_{g2}$  sont des coefficients de sécurité habituellement pris égaux tous les deux à 1,5. Une valeur inférieure est admise généralement pour  $\gamma_{g1}$  lorsque la cohésion est négligée ou qu'il s'agit d'un sol granulaire (frottant). En tout état de cause celle-ci ne peut être inférieure à 1,3.



- Justification vis-à-vis du renversement :

Cette justification est basée sur une hypothèse de rupture possible du mur par renversement de celui-ci autour de l'arête inférieure aval de sa fondation. La justification vis-à-vis de ce mode de rupture consiste généralement à s'assurer, pour chaque combinaison d'actions considérées, que :

$$\frac{\sum \text{Moments résistants}}{\sum \text{Moments moteurs}} \geq \gamma_r$$

Les moments résistants sont ceux induits par actions dont l'effet global est favorable, telles que l'action pondérale de l'ouvrage ou éventuellement celle du volume de sol qui charge sa fondation.

Les moments moteurs sont ceux induits par des actions dont l'effet global est défavorable, telles que généralement la poussée des terres, ou encore de l'action due aux charges d'exploitation (notamment poussée des terres) ou éventuellement à l'eau si celle-ci est retenue par l'ouvrage.

$\gamma_r$  est un coefficient de sécurité, dont la valeur est prise habituellement égale à 1,5. une valeur inférieure est toutefois prise en compte sous combinaison d'actions accidentelle (sous séisme notamment).

## 2. Les murs en béton armé

### ▪ Stabilité interne

La justification de la résistance du mur relève des règles techniques en vigueur pour la conception et le calcul des ouvrages et constructions en béton armé, qui sont actuellement celles du BAEL. Elles concernent toutes les parties de la structures, à savoir le voile, le patin le talon et s'il y a lieu la bêche.

- Calcul de voile :

Le voile est essentiellement soumis à des efforts de flexion dus aux actions de poussée (terres, surcharges, etc.), et éventuellement à des charges horizontales ou à des moments appliqués sur la structure. Ces efforts doivent être calculés au niveau de l'encastrement du voile dans la semelle et dans différentes sections du voile.

Les actions de poussée sont calculées sur la face interne du voile, et l'angle d'inclinaison de la poussée des terres est de ce faite égale à l'angle  $\delta_0$ . Pour les actions locales appliquées à la structure (actions directement appliquées sur celle-ci, comme suite à un choc de véhicule par exemple, actions locales de poussées transmises par le remblai), on admet conformément à certains errements propres au béton armé, que leur effet se transmet dans le mur à 45° jusqu'à la base, en prenant garde bien entendu aux joints entre plots.



- Calcul du patin :

Le calcul des efforts au niveau de l'encastrement du patin dans le voile se fait en considérant le patin comme une poutre-console encastree dans le voile, soumise aux actions extérieures (diagramme des contraintes dû à la réaction du sol, ...).

- Calcul du talon :

Deux méthodes sont couramment employées pour déterminer les efforts au niveau de l'encastrement du talon dans le voile :

**La première méthode**, qui est celle retenue dans MUR73, considère que le bloc de semelle situé sous le voile (partie de la semelle situé entre le patin et le voile) est en équilibre.

Il suffit alors d'écrire les équations pour déterminer les efforts recherchés. Ceci étant, les efforts internes dans le voile sont calculés en considérant que les actions de poussée s'appliquent sur la face interne du voile, alors que la réaction du sol de fondation est définie en considérant qu'elles s'appliquent sur l'écran fictif. Ces deux hypothèses font qu'il s'agit là en fait d'une approximation, qui reste au demeurant acceptable.

**La deuxième méthode** considère le talon comme une poutre-console encastree dans le voile, soumise aux actions extérieurs (diagramme des contraintes dû à la réaction du sol, poids des terres, ...).

▪ **Stabilité externe**

Les mêmes justifications à faire que dans le cas d'un mur poids. La vérification vis-à-vis du poinçonnement, du glissement et du renversement.

### A-8.3.3.2 Cas des remblais sur sols mous

Lorsque le sol de fondation n'a pas la capacité de supporter la charge correspondant à la hauteur totale du remblai projeté (rupture à court terme), il est nécessaire d'employer des dispositions constructives qui assurent la stabilité de l'ouvrage en phase de travaux comme en phase de service, avec un coefficient de sécurité en général pris égal à 1,5.

Différentes méthodes sont employées pour limiter les risques de rupture, qui relèvent de trois principes :

- ✓ consolider le sol de fondation, et donc augmenter sa résistance au cisaillement, avant la réalisation du remblai (par pompage pour abaisser la nappe) ou pendant celle-ci (construction par étapes avec utilisation de drains verticaux) ;
- ✓ diminuer la charge appliquée au sol de fondation (construction du remblai en matériaux allégés) ;
- ✓ renforcer le sol de fondation en y incluant des éléments résistants (colonnes ballastées, pieux, substitution partielle ou totale des couches molles).

### A-8.3.3.3 Critères de choix

Le tableau suivant fournit les critères de choix entre les différents procédés proposés de confortement, avec leurs avantages et inconvénients.

|                                | Mise en œuvre | Travaux de reprise | Longévité  | Coût   | Problème d'instabilité    |
|--------------------------------|---------------|--------------------|------------|--------|---------------------------|
| <b>Terrassement</b>            | Facile        | Facile             | Bonne      | Modéré | Lié à la pente du terrain |
| <b>Dispositifs de drainage</b> | Difficile     | Difficile          | Moyenne    | Modéré | Lié à la présence d'eau   |
| <b>Éléments résistants</b>     | Difficile     | Difficile          | Très bonne | élevé  | Tous types                |



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 9 : COMPOSANTE SOCIALE*

## CHAPITRE 9 : COMPOSANTE SOCIALE DU PROJET

|                      |                                                            |                   |
|----------------------|------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><u>A - 9.</u></b> | <b><u>COMPOSANTE SOCIALE DU PROJET</u></b>                 | <b><u>133</u></b> |
| <u>A - 9.1.</u>      | <u>COLLECTE DES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES</u>              | <u>133</u>        |
| <u>A - 9.2.</u>      | <u>ETABLISSEMENT DE LA CARTE SOCIALE DU PROJET</u>         | <u>134</u>        |
| <u>A - 9.3.</u>      | <u>EVALUATION DE L'IMPACT SOCIAL DE LA ROUTE EN PROJET</u> | <u>134</u>        |

## A - 9. COMPOSANTE SOCIALE DU PROJET

### A - 9.1. Collecte des données socio-économiques

Cette collecte, effectuée uniquement au stade de l'étude de définition, doit nous renseigner sur les potentialités socio-économique de la zone du projet.

Le travail de collecte doit se faire à la fois sur les documents de base disponibles (cartes topographiques, base de données communales, annuaires statistiques, recensement de la population) ainsi que sur le terrain lors des visites de reconnaissance.

Cette collecte s'intéresse aux données suivantes :

- **Données démographiques** : (nombre de douars, type de douars dominant, nombre de ménages, nombre d'habitants)
- **Secteur social et infrastructure**
  - **Santé** : nombre d'hôpitaux, de dispensaires, de médecins privés, de pharmacies, présence ou non d'un services d'ambulance, etc ...)
  - **Enseignement** : Nombre d'écoles primaires, de collèges, de lycées, et d'autres établissements d'enseignement )
  - **Etablissements de services et services administratifs** : présence ou non de : caïdat, maison communale, tribunal de première instance, gendarmerie Royale, bureau de poste, service des eaux et forêts, centre de travaux agricoles, service de travaux publics, agence bancaire, souk, etc ...
- **Secteur productif**
  - **Agriculture** : Type de terre dominant, principale provenance d'eau d'irrigation, principaux produits agricoles, types d'élevage dominant, existence de forêt, etc ...
  - **Industrie et mine** : nombre d'usines, de mines, etc
  - **Tourisme** : nombre hôtels, d'auberges, etc ...

Un formulaire type de collecte des données socio-économiques est joint en annexe.

## A - 9.2. Etablissement de la carte sociale du projet

La carte de sociale (dite aussi carte de désenclavement) synthétise l'ensemble des données socio-économiques relatives au projet.

Cette carte, élaborée sur un fond topographique au 1/50 000<sup>ème</sup> ou 1/100 000<sup>ème</sup>, regroupe les éléments suivants :

- Tracé de la liaison étudiée ;
- Une bande de 2 km centrée sur ce tracé ;
- La localisation des douars (ou barycentre en cas de douars dispersés) se trouvant dans cette bande, indiquée par un numéro de référence et complétée par son nom le cas échéant ;
- Le tracé des pistes existantes ou susceptibles d'être aménagées dans le cadre du projet qui pourraient connecter les douars identifiés dans la zone d'influence du projet pour améliorer leur accessibilité.

Par ailleurs, cette carte doit être complétée au coin par un tableau regroupant les éléments ci-après :

- N° de référence du douar ;
- Le nom du douar ;
- Le nombre de foyers<sup>(\*)</sup> selon le recensement 2004 ;
- Le nombre d'habitants<sup>(\*)</sup> selon le recensement 2004 ;
- Equipements sociaux liés au douar (Ecoles, dispensaires, souks...).

## A - 9.3. Evaluation de l'impact social de la route en projet

Les études d'impact sociales ont pour objectif de déterminer les impacts sociaux des travaux de l'aménagement ou construction de la route rurale. Le rôle des BE est de fournir sur la base des données collectées la situation prévisible après mise en service de la route à partir d'une situation socio-économique de référence (situation initiale).

---

(\*) : Actualisation du nombre de ménages et d'habitants par douar du recensement de 1994 en adoptant le taux d'accroissement de la commune concernée **(le nombre de ménages et le nombre d'habitants disponibles pour le recensement 2004 ne sont éclatés que par commune)**



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 10 : IMPACT ENVORONNEMENTAL*

## CHAPITRE 10 : IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| <b><u>A - 10. IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET</u></b>            | <b>136</b> |
| <u>A - 10.1. CONTENU D'UNE ETUDE ENVIRONNEMENTALE DETAILLEE :</u> | 136        |
| <u>A - 10.2. SCHEMA D'INTEGRATION ENVIRONNEMENTALE</u>            | 138        |



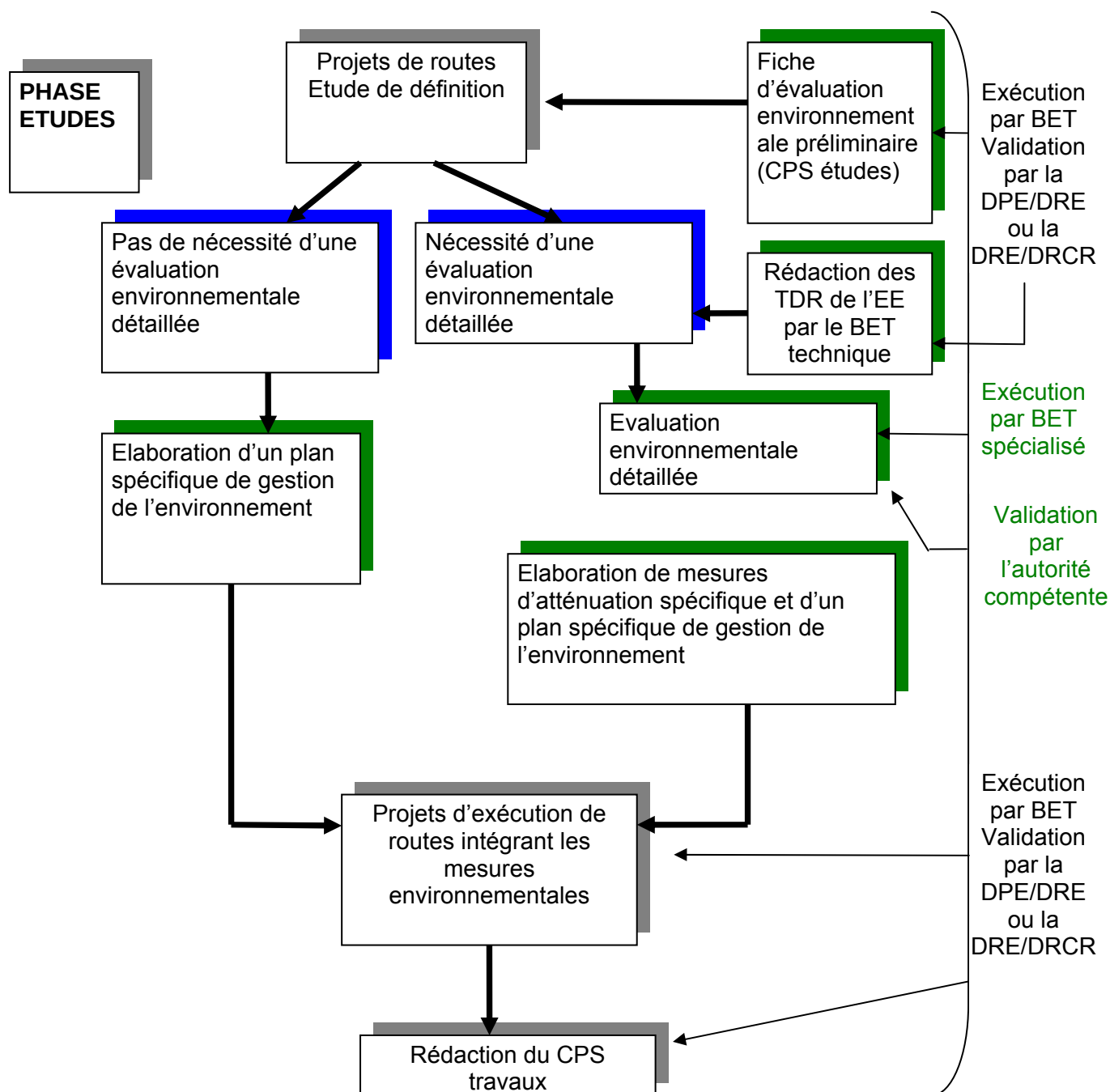
## A - 10. IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET

### A - 10.1. Contenu d'une étude environnementale détaillée :

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Résumé analytique:</b>                          | Il doit contenir un exposé concis des objectifs du projet et une brève description du projet en plus de la description des conclusions et des recommandations majeures pour la gestion environnementale.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Cadre politique, juridique et administratif</b> | <p>Cette section doit décrire les règlements et normes qui s'appliquent à la qualité de l'environnement, la santé et la sécurité, la protection des zones sensibles, la protection des espèces en danger, et le suivi de l'utilisation des terres, etc.</p> <p>Des tableaux seront utilisés pour présenter les normes qui s'appliquent et les autorités responsables de leur application. En l'absence de normes locales pertinentes, des normes internationales appropriées peuvent être utilisées.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>JUSTIFICATION<br/>DESCRIPTION<br/>PROJET:</b>   | <b>ET<br/>DU</b> <p>Cette section doit décrire le besoin pour le projet dans le contexte de la situation et de la stratégie nationale et locale. L'impact sur les perspectives de développement économique et social au niveau de la localité, du pays et de la région doit être précisé. Si le projet est un élément d'un programme de développement global dans la zone, une description des autres éléments du programme doit être présentée.</p> <p>Une description physique et de l'ingénierie du projet doit aussi être fournie en prenant le soin de décrire toutes les composantes du projet en particulier pour tout ce qui concerne le contexte hydrologique, les problèmes d'érosion et de stabilité des sols.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>DONNEES DE BASE</b>                             | <p>Cette section doit inclure des descriptions de la région d'influence ou de la région étudiée (qui seront déterminées dès la délimitation de l'étude) et des conditions physiques, biologiques et socio-économiques. Les données présentées doivent être pertinentes aux prises de décisions concernant la localisation, la planification et l'exécution du projet et les mesures d'atténuation des effets négatifs. Les sources, l'exactitude et la fiabilité des données doivent être clairement stipulées.</p> <p>Des données de base appropriées ne sont pas toujours immédiatement disponibles. Il est donc nécessaire d'entreprendre un programme de suivi pour la collecte des données de bases, précédant ainsi l'étude officielle de l'EE. De nombreux pays auront des données météorologiques disponibles et dans la plupart des cas, des études de terrain peu coûteuses peuvent fournir une grande partie du reste. Là où une information détaillée est exigée (par exemple, au cas où on prévoit des conséquences significatives sur des ressources culturelles ou naturelles) des études préalables sur les conditions locales auront souvent été faites pour des agences internationales. On peut aussi trouver des informations non publiées, dans certains services gouvernementaux, universités, thèses de doctorat ou organisme bénévoles. Ces informations doivent être examinées et utilisées à condition que les sources et toutes les données hypothétiques ou incertaines, soient documentées.</p> |

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Impacts environnementaux</b>                 | On doit prévoir des changements environnementaux éventuels résultant de la construction et de l'exploitation du projet et une évaluation des impacts sur les systèmes physiques, biologiques et humains environnants doit être présentée. Ceci devra inclure les impacts tant négatifs que positifs. Les mesures d'atténuation doivent être identifiées tout comme les impacts négatifs, pour lesquels, il n'y aurait aucune mesure d'atténuation. Cette section devra également identifier et estimer l'étendue et la qualité des données disponibles, les données clés manquantes, et les incertitudes associées aux prévisions, ainsi que les sujets spécifiques ne demandant pas plus d'attention.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Analyse des alternatives</b>                 | Cette section devrait fournir une brève description des alternatives possibles du projet /de la planification du projet (y compris l'alternative "pas de projet").<br>Celles-ci devraient inclure les tracés alternatifs, la disposition du site et les technologies.<br>Les raisons pour lesquelles les diverses alternatives observées ont été rejetées doivent être documentées.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Plan de gestion de l'environnement (PGE)</b> | <p>Cette section doit inclure le détail des initiatives de gestion du projet qui seront exécutées durant les phases de construction et d'exploitation du projet. Le plan de gestion de l'environnement doit présenter trois composantes principales:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le programme d'exécution des mesures d'atténuation environnementales ;</li> <li>2. Les questions de capacité institutionnelle ; et</li> <li>3. Le programme de suivi</li> </ol> <p>Le PGE devra inclure les sections suivantes :</p> <p>(i) <i>Plan des mesures d'atténuation environnementales:</i> Le plan recommande des mesures faisables et à coût efficient pour arrêter ou réduire jusqu'à un niveau acceptable les impacts négatifs. L'impact et le coût de ces mesures seront estimés ainsi que les exigences institutionnelles et de formation correspondant à leur mise en œuvre. Les compensations des parties affectées par les impacts non atténués seront évaluées. Le plan de gestion à préparer inclura le programme des travaux proposés, le budget estimatif, les programmes de travaux, les exigences du personnel et de la formation, ainsi que d'autres services d'assistance en vue de mettre en œuvre les mesures compensatoires.</p> <p>(ii) <i>Capacité et Besoins Institutionnels:</i> Revoir l'autorité et la capacité des institutions et recommander les mesures nécessaires visant à les consolider et les élargir, afin que les plans de gestion et de suivi environnementaux soient mises en œuvre. Les recommandations peuvent aussi comprendre les procédures de gestion et de formation, les programmes de formation d'exploitation et de maintenance, le budget, et l'assistance financière.</p> <p>(iii) <i>Plan de Suivi:</i> Préparer un plan détaillé afin de contrôler la mise en œuvre des mesures compensatoires et les impacts du projet durant la construction et l'exploitation.</p> |

## A - 10.2. Schéma d'intégration environnementale



Un modèle de la Fiche d'évaluation environnementale préliminaire (FEPP) et du plan de gestion de l'environnement spécifique (PGES) sont joint en annexe.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

#### *CHAPITRE 11 : SIGNALISATION & ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ*

## CHAPITRE 11 : SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS DE SECURITE

|                                                                |                   |
|----------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><u>A - 11. SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS DE SECURITE</u></b> | <b><u>140</u></b> |
| <u>A - 11.1. SIGNALISATION HORIZONTALE :</u>                   | 140               |
| <u>A - 11.2. SIGNALISATION VERTICALE :</u>                     | 140               |
| <u>A - 11.3. EQUIPEMENTS DE SECURITE :</u>                     | 141               |

## A - 11. SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS DE SECURITE

Ce volet est traité par trois documents normatifs à savoir :

- Guide Techniques De La Signalisation Des Virages
- Guide Technique De La Signalisation Des Intersections
- Guide Technique Des Marques Sur Chaussées (GTMC)

### A - 11.1. Signalisation horizontale :

Il est bon toutefois de rappeler les règles et restrictions suivantes :

- La signalisation horizontale n'est obligatoire qu'à partir de la 3<sup>ème</sup> catégorie. Preuve en est que les caractéristiques des marques de chaussées ne sont données que pour des vitesses supérieures à 60 Km/h.
- Sur les chaussées à 2 voies, il n'y a pas lieu en principe, de tracer de ligne discontinue de jalonnement dans l'axe en section courante. (Cf \$ B.1.1 du GTMC)

Ces deux restrictions rendent légitime de considérer que la signalisation horizontale en section courante n'est pas obligatoire dans le cas des routes rurales.

### A - 11.2. Signalisation verticale :

S'agissant de projets de desserte locale et de désenclavement de la population rurale, il est recommandé de mettre en place la signalisation verticale strictement nécessaire. Cette signalisation concerne notamment :

- La limitation de vitesse à 40 Km/h (ou à la vitesse maximale autorisée), au début et à la fin du projet et au niveau des sections particulières (traversée d'agglomération, section dangereuse, etc ..). De plus, des panneaux de rappel tous les 5 Km sont à prévoir.
- Panneaux d'interdiction de dépassement au niveau des sections dangereuses ou contraignantes (traversées de localités, OA, virages serrés, sections avec pertes de visibilité, carrefours, etc ...),
- Panneaux d'indication des noms des localités ou douars traversés et des grands oueds franchis,
- Panneaux d'annonces des carrefours avec les voies importantes interceptées par le projet,
- Panneaux de danger au niveau des virages dangereux.

### **A - 11.3. Equipements de sécurité :**

Ces équipements vise à sécuriser au mieux la circulation des usagers sur la route projetée. Ils concernent notamment :

- Les cheverons (B12) , qui sont projetés au niveau des virages dangereux.
- Les glissières de sécurité qui sont prévues lorsque la hauteur du ravin naturel et/ou de remblai dépasse 4 m.
- Les plots de jalonnement qui sont prévus sur les radiers submersibles,
- Les dispositifs de retenus au droit des ouvrages d'art importants,
- Les cheverons (B12) au niveau des virages dangereux.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME A

### *PROCEDURES DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES*

### *CHAPITRE 12 : ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX*



## CHAPITRE 12 : ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX

|                                                                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b><u>A - 12. ETIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX</u></b>                                                                  | <b>143</b> |
| <u>A - 12.1. PRÉAMBULE :</u>                                                                                           | 143        |
| <u>A - 12.2. POSTES CLES D'UN DETAIL ESTIMATIF :</u>                                                                   | 143        |
| <u>A - 12.3. DEMARCHE A ADOPTER POUR L'ESTIMATION DES PROJETS DE ROUTES RURALES DANS LA PHASE ETUDE DE DEFINITION:</u> | 145        |
| <u>A - 12.3.1 EVALUATION DES QUANTITES DES TERRASSEMENTS :</u>                                                         | 145        |
| <u>A-12.3.1.1 Classes de relief</u>                                                                                    | 145        |
| <u>A-12.3.1.2 Etudes de cas :</u>                                                                                      | 146        |
| <u>A-12.3.1.3 Projets avec des sections en site propre</u>                                                             | 149        |
| <u>A - 12.3.2 EVALUATION DES QUANTITES DE LA CHAUSSEE :</u>                                                            | 151        |
| <u>A-12.3.2.1 Trafic et portance du sol :</u>                                                                          | 151        |
| <u>A-12.3.2.2 Ratios des quantités de chaussée</u>                                                                     | 151        |
| <u>A-12.3.2.3 Exemple de calcul classique:</u>                                                                         | 152        |
| <u>A - 12.3.3 EVALUATION DES QUANTITES DU POSTE ASSAINISSEMENT :</u>                                                   | 153        |
| <u>A-12.3.3.1 Exemple de calcul :</u>                                                                                  | 154        |
| <u>A-12.3.3.2 Cas des Radiers :</u>                                                                                    | 155        |
| <u>A - 12.3.4 CADRE DU DETAIL ESTIMATIF POUR LA PHASE ED :</u>                                                         | 156        |
| <u>A - 12.4. ESTIMATION DES PROJETS DE ROUTES RURALES DANS LA PHASE PROJET D'EXECUTION:</u>                            | 157        |

## A - 12. ETIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX

### A - 12.1. Préambule :

L'estimation du coût de réalisation d'un projet routier est un élément fondamental qui conditionne le standard d'aménagement.

Cette estimation qui vient conclure toute la phase conceptuelle d'une étude, est en effet parmi les arguments de poids qui orientent la décision des donneurs d'ordre et des concepteurs, soit dans le sens de l'optimisation ou de la recherche d'autre alternatives induisant parfois des changements dans la nature ou l'étendue du projet.

Le cas des routes rurales, bien que paraissant « simple » sur le plan de l'approche technique, est particulièrement concerné par la problématique des coûts étant donné que la contrainte budgétaire est très forte pour ces routes souvent financées dans le cadre de partenariat ou à travers des emprunts auprès de bailleurs de fonds (Banque Mondiale, AFD, etc ...).

Ceci militerait pour la standardisation des méthodes d'estimation des coûts des travaux (notamment dans la phase de l'étude de définition) et des bordereaux des prix (phase du projet d'exécution), afin de cerner au mieux les enveloppes budgétaires afférentes et éviter les rallonges de crédits.

Il est donc utile à ce titre de présenter quelques éléments d'orientation aussi bien aux concepteurs qu'aux instructeurs des dossiers d'étude pour estimer les coûts des travaux des routes rurales au niveau des différentes phases de l'étude.

### A - 12.2. Postes clés d'un détail estimatif :

Les postes clés d'un détail estimatif pour une route rurale sont :

1. Terrassements
2. chaussée ;
3. Assainissement
4. Aménagements annexes (carrefours, confortements, etc ...)

L'expérience vécue à travers les routes du programme national n°1 (PNRR1) nous renseigne sur la part de chacun de ces postes dans l'estimation globale de la route rurale pour une configuration normale :

| Poste                | Pourcentage |                                                                      |    |     |
|----------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------|----|-----|
| Terrassements        | Entre       | 30 %                                                                 | et | 50% |
| Chaussée             | Entre       | 60 %                                                                 | et | 30% |
| Assainissement       | Entre       | 8 %                                                                  | et | 16% |
| Aménagements annexes | Entre       | 2%                                                                   | et | 4%  |
|                      |             | 100                                                                  |    | 100 |
|                      |             | ↑↑                                                                   |    |     |
|                      |             |                                                                      |    |     |
|                      |             | ↑↑                                                                   |    |     |
|                      |             |                                                                      |    |     |
|                      |             | Pourcentages correspondant à un relief plat et un climat aride       |    |     |
|                      |             | Pourcentages correspondant à un relief accidenté et un climat humide |    |     |

Mais il va sans dire que ce partage est souvent nuancé en fonction de :

- la difficulté du relief qui augmente la part des terrassements,
- la qualité du sol support qui augmente la part de la chaussée (structure plus conséquente);
- de la climatologie de la région et de la densité du réseau hydrographique qui influence directement la part du poste assainissement (multitude d'OH);
- Des difficultés particulières : riveains ou contraintes à éviter par des murs de soutènement, ou multitude des carrefours qui font augmenter la part des aménagements annexes.

On peut ainsi avancer, sans grand risque d'erreur que :

- la somme des parts des postes terrassements et de la chaussée varie entre 80 et 90%,
- la somme des parts des postes assainissement et aménagements annexes varie entre 10 et 20%.

Ces valeurs cadres permettent dans une première approche de vérifier les ordres de grandeur des pourcentages des différents postes dans le cas général.

## A - 12.3. Démarche à adopter pour l'estimation des projets de routes rurales dans la phase étude de définition:

### A - 12.3.1 Evaluation des quantités des terrassements :

L'étude préliminaire (ou l'étude de définition) a pour objectif de définir les grandes lignes du projet ; et doit aboutir à une estimation approximative du coût de réalisation des travaux.

La difficulté rencontrée par le concepteur lors de cette phase est l'absence de données topographiques permettant le calage géométrique du projet et donc l'appréciation des volumes de terrassements correspondants.

Il est donc courant d'utiliser les ratios élaborés par la DR via « La Note Technique sur les terrassements – Nov.1988 », et consignés dans le tableau suivant :

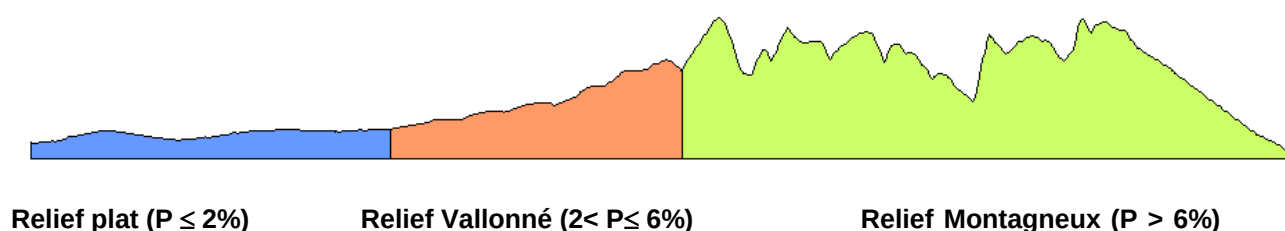
| Largeur de la plate forme (m) | V = Quantité des <b>terrassements</b> en m <sup>3</sup> par mètre linéaire |            |             |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|
|                               | Plat                                                                       | Vallonné   | Montagneux  |
| <b>6</b>                      | <b>3,5</b>                                                                 | <b>6,5</b> | <b>14,0</b> |
| 7                             | 4,0                                                                        | 8,0        | 17,0        |
| 8                             | 5,2                                                                        | 9,5        | 20,0        |
| 10                            | 8,0                                                                        | 12,5       | 26,0        |
| 12                            | 10,8                                                                       | 15,5       | 32,0        |

#### A-12.3.1.1 Classes de relief

L'affectation d'un tronçon de la route à l'une de ces trois classes de relief (plat, vallonné ou montagneux) peut se faire sur la base de la déclivité longitudinale moyenne de ce dernier, calculée à partir des cartes topographiques au 1/50 000<sup>ème</sup> ou par GPS lors des visites de reconnaissance.

Trois plages de déclivité longitudinale peuvent être ainsi définies :

| Déclivité longitudinale | Relief     |
|-------------------------|------------|
| $P \leq 2\%$            | Plat       |
| $2\% < P \leq 6\%$      | Vallonné   |
| $P > 6\%$               | Montagneux |



Ce critère de déclivité longitudinale moyenne devra néanmoins être nuancé pour les tronçons de routes évoluant en sites montagneux avec un profil en long régulier. Le critère à considérer dans ce cas est celui de la dénivelée moyenne entre les deux bords de l'assiette projetée qui traduit la régularité transversale du terrain naturel.

Quand cette dénivelée est supérieure à **5 m**, le relief est considéré montagneux même quand la déclivité longitudinale est douce.

### **Exemple :**



**Piste avec un PL régulier ( $P \leq 2\%$ )**



**Dénivelée transversale > 6m**

Une fois le projet est ainsi découpé en zones homogènes de classes de relief, les volumes de terrassements correspondants se calculent par multiplication de leurs linéaires respectifs par le ratio de terrassements du tableau ci-dessus.

L'expérience a montré que ces ratios donnent de très bons résultats quand les classes de reliefs traversés sont affinées pour traduire au mieux les difficultés topographiques du site.

### **A-12.3.1.2 Etudes de cas :**

Dans le présent paragraphe nous allons illustrer deux exemples d'études de routes du PNRR2 où l'on a pu faire une comparaison entre les volumes des terrassements calculés dans la phase PE et ceux calculés par les ratios de la DRCR dans la phase de l'étude de définition.

Il s'agit dans les deux cas de routes qui suivent dans, une large partie, le tracé de pistes existantes qui ont été étudiées en construction (plate-forme de 6m).

**Exemple 1 : ETUDE DE CONSTRUCTION DE LA RP 7302 RELIANT M'RIRT A OULMES (DPE DE KHENIFRA) :**✓ Terrassements lors de la phase ED :

Les différentes zones de relief se répartissent comme suit :

| Plat                    |            |
|-------------------------|------------|
| Section                 | Longueur   |
| Du PK 0+000 au PK 0+100 | 100        |
| Du PK 6+800 au PK 7+500 | 700        |
|                         | <b>800</b> |

| Vallonné                  |              |
|---------------------------|--------------|
| Section                   | Longueur     |
| Du PK 0+350 au PK 6+800   | 6450         |
| Du PK 7+500 au PK 13+150  | 5650         |
| Du PK 19+000 au PK 23+600 | 4600         |
|                           | <b>16700</b> |

| Montagneux                |             |
|---------------------------|-------------|
| Section                   | Longueur    |
| Du PK 0+100 au PK 0+350   | 250         |
| Du PK 13+150 au PK 19+000 | 5850        |
|                           | <b>6100</b> |

Les ratios des terrassements appliqués par la DRCR sont :

Terrain plat : 3.5 m<sup>3</sup>/ml.Terrain vallonné : 6.5 m<sup>3</sup>/ml.Terrain montagneux : 14 m<sup>3</sup>/ml.

D'où :

$$\begin{aligned} \text{Volume des terrassements} &= 800 \times 3.5 + 16700 \times 6.5 + 6100 \times 14 \\ &= 196750 \text{ arrondi à } \mathbf{200\,000\,m^3} \end{aligned}$$

✓ Terrassements lors de la phase PE :**ETUDE DE CONSTRUCTION DE LA RP7302 DU PK 0+000 AU PK 23+600****PROJET D'EXECUTION - VOLUMES DE TERRASSEMENTS**

|                                        | DEBLAI CUMULE     | REMBLAI CUMULE |
|----------------------------------------|-------------------|----------------|
| QUANTITE MICRO-PISTE (m <sup>3</sup> ) | 161 384,60        | 52 392,30      |
| <b>TOTAL TERRASSEMENTS</b>             | <b>213 776,90</b> |                |

**Exemple 2 : ETUDE DE CONSTRUCTION DE LA LIAISON NC RELIANT LES SOURCES D'OUM RBIA A AÏT BOUARIF :**

✓ Terrassements calculés lors de la phase ED :

Les différentes zones de relief se répartissent comme suit :

| Plat                      |             |
|---------------------------|-------------|
| Section                   | Longueur    |
| Du PK 8+000 au PK 8+600   | 600         |
| Du PK 9+600 au PK 13+000  | 3400        |
| Du PK 15+600 au PK 16+800 | 1200        |
|                           | <b>5200</b> |

| Montagneux                |             |
|---------------------------|-------------|
| Section                   | Longueur    |
| Du PK 0+000 au PK 4+000   | 4000        |
| Du PK 14+700 au PK 15+600 | 900         |
| Du PK 16+800 au PK 17+200 | 400         |
|                           | <b>5300</b> |

| Plat à vallonné         |             |
|-------------------------|-------------|
| Section                 | Longueur    |
| Du PK 5+400 au PK 8+000 | 2600        |
| Du PK 8+600 au PK 9+600 | 1000        |
|                         | <b>3600</b> |

| Vallonné                  |             |
|---------------------------|-------------|
| Section                   | Longueur    |
| Du PK 13+000 au PK 14+700 | 1700        |
|                           | <b>1700</b> |

| Vallonné à montagneux   |             |
|-------------------------|-------------|
| Section                 | Longueur    |
| Du PK 4+000 au PK 5+400 | 1400        |
|                         | <b>1400</b> |

Les ratios des terrassements appliqués par la DRCR sont :

Terrain plat : 3.5 m<sup>3</sup>/ml.

Terrain vallonné : 6.5 m<sup>3</sup>/ml.

Terrain montagneux : 14 m<sup>3</sup>/ml.

D'où :

$$\text{Volume des terrassements} = 5200 \times 3.5 + 3600 \times (3.5 + 6.5) / 2 + 1700 \times 6.5 + 1400 \times (6.5 + 14) / 2 + 5300 \times 14$$

$$= 135800$$

arrondi à

**140 000m<sup>3</sup>**

✓ Terrassements lors de la phase PE :

**ETUDE DE CONSTRUCTION DE LA LIAISON NON CLASSEE RELIANT  
LES SOURCES D'OUM RABIA A AIT BOUARIF  
AVANT PROJET  
VOLUMES TERRASSEMENT**

|                            | DEBLAI CUMULE     | REMBLAI CUMULE |
|----------------------------|-------------------|----------------|
| QUANTITE (m <sup>3</sup> ) | 111 092,10        | 35 334,70      |
| <b>TOTAL TERRASSEMENTS</b> | <b>146 426,80</b> |                |

La comparaison des volumes de terrassements des phases ED et PE pour les deux exemples est illustrée dans le tableau suivant :

|           | Volume total des terrassements |                | Ecart (%)    |
|-----------|--------------------------------|----------------|--------------|
|           | ED                             | PE             |              |
| Exemple 1 | <b>200 000</b>                 | <b>213 777</b> | <b>6,89%</b> |
| Exemple 2 | <b>140 000</b>                 | <b>146 426</b> | <b>4,59%</b> |

Il ressort de ce tableau comparatif que les écarts sont faibles et largement tolérables. Ceci démontre donc que les ratios du tableau du chapitre §3.1 sont bons à condition d'affiner le plus possible les classes de reliefs traversés. Cet affinement doit s'opérer par un découpage du tracé en tronçons homogènes d'une longueur minimal de 500 ml.

### **A-12.3.1.3 Projets avec des sections en site propre**

Pour les projets avec des sections en site propre, l'expérience montre que les ratios de terrassements à considérer sont supérieurs à ceux mentionnés dans le tableau du chapitre §3.1.

A chaque passage en site propre et pour toutes les rectifications de tracé, ces ratios doivent donc être recalculés en fonction de la hauteur probable des déblais (ou des remblais) et de la valeur plausible des pentes des talus.

Ceci permet une meilleure précision des estimations des volumes des terrassements et donc du coût du projet.

La démarche à adopter dans ce cas s'articulera autour des points suivants :

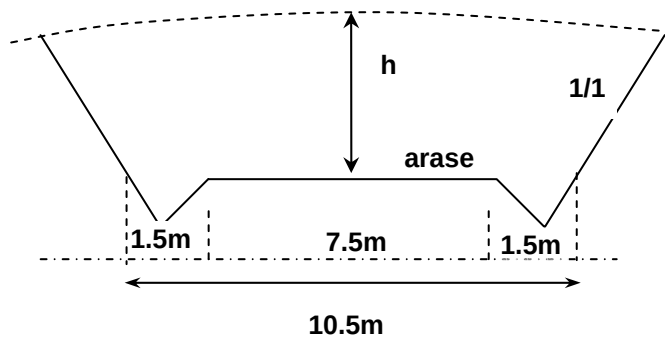
1. Identifier clairement les sections où le tracé de la route évoluera en site propre (création ou rectification de tracé),
2. Caractériser ces sections en terme de longueur, de relief et de hauteur moyenne de déblai (ou de remblai),
3. Analyser le comportement actuel du sol en place pour appréhender les pentes de talus à adopter,
4. Dresser des profils en travers projetés sommaires qui caractérisent ces sections homogènes,
5. Calculer les surfaces de déblai (ou de remblai) sur les profils caractéristiques des différentes sections,
6. Calculer les volumes des terrassements par multiplication de ces surfaces par la longueur de leurs applications.



A titre d'indication, le ratio des terrassement pour une piste rurale à **créer** dont la plate-forme est de 6 m et évoluant dans un site **très accidenté** peut être facilement paramétré en fonction de la hauteur moyenne approximative des déblais (ou des remblais) sur une section donnée :

**a) - Cas d'un passage en déblai :**

**Hypothèses :** pente de talus en déblai = 1H/1V ; épaisseur de la structure de chaussée = 50cm : soit une arase de 10.5m, hauteur moyenne du déblai = h.



La surface du déblai est de :

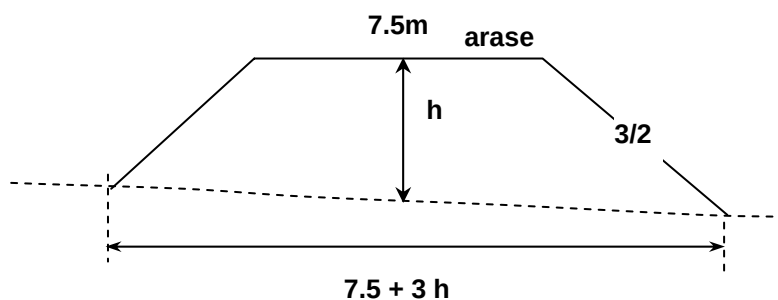
$$S = (10.5 + h) \times h$$

D'où les ratios suivants :

| H (m) | Surface (m <sup>2</sup> ) | Ratio terrassements m <sup>3</sup> /ml |
|-------|---------------------------|----------------------------------------|
| 3     | 40,5                      | <b>40,5</b>                            |
| 5     | 77,5                      | <b>77,5</b>                            |
| 7     | 122,5                     | <b>122,5</b>                           |

**b) - Cas d'un passage en remblai :**

**Hypothèses :** pente de talus en remblai = 3H/2V ; épaisseur de la structure de chaussée = 50cm : soit une arase de 10.5m, hauteur moyenne du remblai = h.



La surface du remblai est de :

$$S = (7.5 + 3/2 h) \times h$$

D'où les ratios suivants :

| H (m) | Surface (m <sup>2</sup> ) | Ratio terrassements m <sup>3</sup> /ml |
|-------|---------------------------|----------------------------------------|
| 3     | 40,5                      | <b>36</b>                              |
| 5     | 77,5                      | <b>75</b>                              |
| 7     | 122,5                     | <b>126</b>                             |

### A - 12.3.2 Evaluation des quantités de la chaussée :

En l'absence d'une étude géotechnique spécifique lors de la phase de l'étude de définition, le concepteur devra faire des hypothèses de calcul pour un dimensionnement préliminaire de la structure de chaussée.

Le concepteur doit veiller, dans la mesure du possible, à ce que les hypothèses considérées soient plausibles. L'objectif étant que l'estimation qui en découle ne s'écarte pas de beaucoup de celle qui sera effectuée sur la base la structure de chaussée recommandée par l'étude géotechnique.

Les hypothèses concernent la portance du sol et le trafic. Ces deux éléments sont les données d'entrée des fiches de structure du catalogue des structures types des chaussées neuves édité par la Direction des Routes.

#### A-12.3.2.1 Trafic et portance du sol :

La reconnaissance du site du projet par un ingénieur géotechnicien et un ingénieur routier confirmé permet d'inventorier les grandes familles de sols traversés (marnes, argiles, grès, schistes, calcaires, etc ...) et d'identifier les éventuels problèmes géotechniques particuliers (zones compressibles, etc ...).

A l'issue de cette visite de reconnaissance, et après consultation des documents de base traitant de la géologie de la région, les différentes classes de portance des sols rencontrés seront estimées.

Dans le cas des pistes rurales, on peut considérer sans grand risque d'erreur, que les classes de portance les plus souvent rencontrées sont les classes P1 et P2 au sens du catalogue des structures types des chaussées neuves.

De plus, et s'agissant généralement de routes de desserte locale faiblement circulées, les classes de trafic à considérer sont les classes TPL1 et TPL2.

#### A-12.3.2.2 Ratios des quantités de chaussée

Pour chaque couple ( $P_i$ ,  $TPL_j$ ), une structure de chaussée peut être choisie parmi celles consignées dans la fiche n°1 du catalogue des structures types des chaussées neuves.

Ces structures peuvent être exprimées en épaisseur totale de grave non traitée GNT englobant les couches de base et de fondation (GNF1, GNF2, GNF3, GNA, GNB, GNC, GND), et en épaisseur de matériaux sélectionnés pour les accotements.

| Trafic      | Portance du sol       |               |              |                |               |              |
|-------------|-----------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|
|             | P1                    |               |              | P2             |               |              |
|             | Structure             | Epaisseur GNT | Epaisseur MS | Structure      | Epaisseur GNT | Epaisseur MS |
| <b>TPL1</b> | 10AC + 25GNF3 + 15GNC | 50 cm         | 15 cm        | 20GNF3 + 15GND | 35 cm         | 15 cm        |
| <b>TPL2</b> | 10AC + 25GNF3 + 20GNC | 55 cm         | 20 cm        | 20GNF3 + 20GNC | 40 cm         | 20 cm        |

D'où les ratios suivants :

|             | P1                      |                        |                      | P2                      |                        |                      |
|-------------|-------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|
|             | GNT                     | MS                     | RS                   | GNT                     | MS                     | RS                   |
| <b>TPL1</b> | 3,38 m <sup>3</sup> /ml | 0,3 m <sup>3</sup> /ml | 4 m <sup>2</sup> /ml | 2,28 m <sup>3</sup> /ml | 0,3 m <sup>3</sup> /ml | 4 m <sup>2</sup> /ml |
| <b>TPL2</b> | 3,75 m <sup>3</sup> /ml | 0,4 m <sup>3</sup> /ml | 4 m <sup>2</sup> /ml | 2,64 m <sup>3</sup> /ml | 0,4 m <sup>3</sup> /ml | 4 m <sup>2</sup> /ml |

Cet exercice peut être évidemment fait sur autant de zones homogènes que comportera le projet. Une zone homogène pour un calcul de structure de chaussée étant longue d'au moins 3 Km.

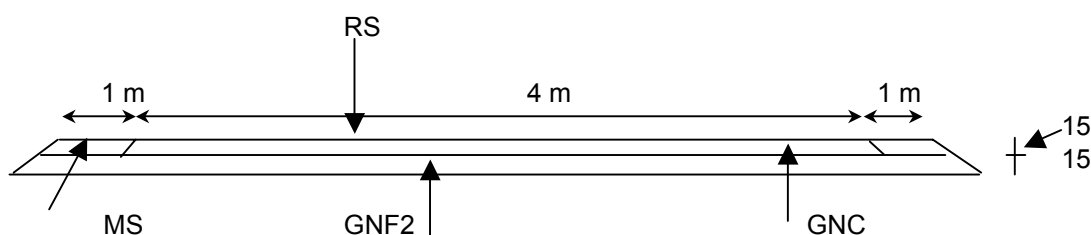
Une fois les structures sont arrêtées, le calcul des quantités correspondantes se fait par une simple multiplication des ratios des différentes composantes de la chaussée (GNT, MS et RS) par leurs linéaires d'application.

### A-12.3.2.3 Exemple de calcul classique:

Le concepteur peut évidemment se passer des ratios définis précédemment et procéder à un calcul géométrique de surfaces pour chacune des couches de la structure de chaussée retenue. L'exemple suivant illustre la méthodologie à suivre pour ce calcul :

Structure de chaussée : 15 cm GNF2 + 15 cm GNC + RS

La structure de chaussée adoptée en section courante est la suivante :



Longueur d'application = **25 000,00 ml**

Surface des couches :

$$\begin{aligned}
 \text{MS} &= 2 \times 0,15 \times 1 = 0,3 \text{ m}^2 \\
 \text{GNC} &= (4 + 4 + 3 \times 0,15) \times 0,15 / 2 = 0,63375 \text{ m}^2 \\
 \text{GNF2} &= (6,45 + 6,45 + 3 \times 0,15) \times 0,15 / 2 = 1,00125 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

D'où les volumes de chaussée :

|                                                  |                   |                              |
|--------------------------------------------------|-------------------|------------------------------|
| MS =                                             | 25000 x 0,3 =     | <b>7 500 m<sup>3</sup></b>   |
| GNC=                                             | 25000 x 0,63375 = | <b>15 844 m<sup>3</sup></b>  |
| GNF2 =                                           | 25000 x 1,00125 = | <b>25 031 m<sup>3</sup></b>  |
| Revêtement superficiel bicouche=                 | 25000 x 4 =       | <b>100 000 m<sup>2</sup></b> |
| Enduit d'imprégnation (1,2 Kg/m <sup>2</sup> ) = | 25000 x 4 x 1,2 = | <b>120 t</b>                 |

### A - 12.3.3 Evaluation des quantités du poste assainissement :

L'essentiel de ce poste concerne les ouvrages transversaux (Dalots, buses et radiers) et très rarement le bétonnage de quelques sections du fossé (de déblai, de crête, ou de pied de remblai)

L'estimation du nombre et de l'importance des ouvrages hydrauliques à projeter pour une route rurale au stade de l'étude de définition est évidemment tributaire d'un calcul hydrologique spécifique à effectuer sur les cartes topographiques au 1/50000<sup>ème</sup> ou au 1/100000<sup>ème</sup>.

A l'issue de ce calcul hydrologique, la liste des ouvrages hydrauliques correspondant à des bassins versants est arrêtée. Cette liste est ensuite complétée par les OH projetés au droit des points bas et des écoulements mineurs non lisibles sur les cartes topographiques mais identifiés sur le schéma d'itinéraire.

Ces ouvrages sont ensuite classés par type (buse Ø800 ; buse Ø1000, dalot 1.5x1.5, dalot 2x2, dalot 2.5 x 2.5 etc ...).

Selon la nature des reliefs traversés, une hypothèse sur la longueur moyenne de ces OH est considérée. En général, et pour une configuration normale, on adopte une longueur moyenne de 8m (0.5m du corps de chaussée + 1m de remblai).

Pour les dalots, et en l'absence d'un calcul structural du corps on considère une épaisseur moyenne des pieds-droits de 25cm et un ratio de ferrailage de 100 Kg/m<sup>3</sup>. Les quantités des têtes d'ouvrages peuvent être déduites des plans types correspondants dont les quantités sont rappelées ci-après à titre indicatif :

| Désignation de l'OH  | Corps        |           | Têtes          |       |                | Puisards       |       |                | Total têtes et puisards |       |                |                | Observations    |
|----------------------|--------------|-----------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|----------------|-------------------------|-------|----------------|----------------|-----------------|
|                      | Lit de sable | B.P       | B2             | Acier | B.P            | B2             | Acier | B.P            | B2                      | Acier | Coff           | B.P            |                 |
|                      | Ep 10 cm     | Ep 10 cm  | m <sup>3</sup> | t     | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | t     | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>          | t     | m <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> |                 |
| <b><u>Buses</u></b>  |              |           |                |       |                |                |       |                |                         |       |                |                |                 |
| Buse Ø800            | 1,2m²/ml     | -         | 0,90           | 0,055 | 0,20           | 2,00           | 0,11  | 0,26           | 2,90                    | 0,165 | 22,70          | 0,46           | 1 puisard+1tête |
| Buse Ø800            | 1,2m²/ml     | -         | 2,00           | 0,120 | 0,50           | -              | -     | -              | 2,00                    | 0,120 | 12,70          | 0,50           | 2 têtes         |
| Buse Ø1000           | 1,4m²/ml     | -         | 1,10           | 0,065 | 0,28           | 2,10           | 0,115 | 0,26           | 3,20                    | 0,180 | 25,90          | 0,54           | 1 puisard+1tête |
| Buse Ø1000           | 1,4m²/ml     | -         | 2,70           | 0,165 | 0,71           | -              | -     | -              | 2,70                    | 0,165 | 16,90          | 0,71           | 2 têtes         |
| 2 Buses Ø800         | 2,2m²/ml     | -         | 1,36           | 0,109 | 0,35           | 2,96           | 0,237 | 0,45           | 4,32                    | 0,346 | 27,20          | 0,80           | 1 puisard+1tête |
| 2 Buses Ø800         | 2,2m²/ml     | -         | 2,89           | 0,231 | 0,79           | -              | -     | -              | 2,89                    | 0,231 | 15,55          | 0,79           | 2 têtes         |
| 2 Buses Ø1000        | 2,6m²/ml     | -         | 1,87           | 0,150 | 0,50           | 2,97           | 0,238 | 0,51           | 4,84                    | 0,388 | 32,10          | 1,01           | 1 puisard+1tête |
| 2 Buses Ø1000        | 2,6m²/ml     | -         | 3,89           | 0,311 | 1,13           | -              | -     | -              | 3,89                    | 0,311 | 20,68          | 1,13           | 2 têtes         |
| <b><u>Dalots</u></b> |              |           |                |       |                |                |       |                |                         |       |                |                |                 |
| Dalot 1.5x1.5        | -            | 1,9 m²/ml | 5,44           | 0,395 | 1,44           | -              | -     | -              | 5,44                    | 0,40  | 1,44           | -              |                 |
| Dalot 2x2            | -            | 2,9 m²/ml | 9,2            | 0,548 | 2,30           | -              | -     | -              | 9,20                    | 0,55  | 2,30           | -              |                 |
| Dalot 2.5x2.5        | -            | 3,4 m²/ml | 15,22          | 1,001 | 3,56           | -              | -     | -              | 15,22                   | 1,00  | 3,56           | -              |                 |
| Dalot 3x3            | -            | 3,9 m²/ml | 27,5           | 1,249 | 4,88           | -              | -     | -              | 27,50                   | 1,25  | 4,88           | -              |                 |
| Dalot 3.5x3.5        | -            | 4,4 m²/ml | 74,58          | 2,105 | 6,82           | -              | -     | -              | 74,58                   | 2,11  | 6,82           | -              |                 |

**A-12.3.3.1 Exemple de calcul :**

La liste des ouvrages hydrauliques projetés, illustrée dans la page 18 du rapport de présentation comporte :

|    |                        |
|----|------------------------|
| 11 | Buses Ø 800            |
| 2  | Buses Ø 1000           |
| 1  | Double buse Ø 1000     |
| 2  | Dalots 1.5 x 1.5       |
| 1  | Double dalot 1.5 x 1.5 |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 2 | Triple dalot 1.5 x 1.5    |
| 3 | Quadruple dalot 1.5 x 1.5 |
| 1 | Quadruple dalot 2.5 x 2.5 |
| 1 | Quintuple dalot 3.5 x 3.5 |

**Hypothèses de calcul :**

Pour les buses et les dalots :

Plate-forme = 6 m  
 Profil de terrassements mixte } → Longueur moyenne des OH = 8,00 ml

**1 - Buses**

|                            |    |    |
|----------------------------|----|----|
| Longueur des buse Ø 800 =  | 88 | ml |
| Longueur des buse Ø 1000 = | 32 | ml |

**Puisards et têtes :**

|         |                                                    |   |       |                |
|---------|----------------------------------------------------|---|-------|----------------|
| B2 =    | $2.9 \times 11 + 3.2 \times 2 + 4.84 \times 1$     | = | 43,14 | m <sup>3</sup> |
| Acier = | $0.165 \times 11 + 0.18 \times 2 + 0.388 \times 1$ | = | 2,563 | t              |
| BP =    | $0.46 \times 11 + 0.54 \times 2 + 1.01 \times 1$   | = | 7,15  | m <sup>3</sup> |

**Lit de sable**

|   |                                                                                       |   |       |                |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------|
| = | $0.1 \times (11 \times 8 \times 1.2 + 2 \times 8 \times 1.4 + 1 \times 8 \times 2.4)$ | = | 14,72 | m <sup>3</sup> |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------|

**2 - Dalots**

Pour les dalots 1.5 x 1.5, on peut sommairement considérer que :

2 dalots (1.5x1.5) + 1 double (1.5x1.5) + 2 triple (1.5x1.5) + 3 Quadruple (1.5x1.5) = **22 dalots (1.5x1.5)**

1 Quadruple dalot (2.5 x 2.5) = **4 dalots (2.5 x 2.5)**

1 Quintuple dalot 3.5 x 3.5 = **5 dalots (3.5 x 3.5)**

**L = 8 m , épaisseur de la dalle = 25 cm , Dosage d'acier = 100 Kg/m<sup>3</sup>**

|      |                                                                                                                                                                                                                                    |   |         |                |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------|----------------|
| B2 = | $(2 \times 0.25 + 1.5 \times 0.25) \times 2 \times 8 + 5.44 \times 22$<br>$+ ((3 \times 0.25 + 2.5 \times 0.25) \times 2 \times 8 + 15.22) \times 4$<br>$+ ((4 \times 0.25 + 3.5 \times 0.25) \times 2 \times 8 + 74.58) \times 5$ | = | 1099,46 | m <sup>3</sup> |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------|----------------|

Corps
Têtes

|         |                      |   |        |   |
|---------|----------------------|---|--------|---|
| Acier = | $0.1 \times 1099,46$ | = | 109,95 | t |
|---------|----------------------|---|--------|---|

|      |                                                                                                                                                 |   |        |                |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------|----------------|
| BP = | $(8.4 \times 2.4 \times 0.1 + 1.44) \times 22 + (8.4 \times 3.3 \times 0.1 + 3.56) \times 4 +$<br>$(8.4 \times 4.4 \times 0.1 + 6.82) \times 5$ | = | 153,94 | m <sup>3</sup> |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------|----------------|

**A-12.3.3.2 Cas des Radiers :**

Les quantités des radiers devront être calculées sur la base des ratios au mètre linéaire consignés dans le dossier pilote Sub 78 édité par la Direction des Routes.

A titre d'indication, pour des **radiers submersibles ordinaires**, les quantités par mètre linéaire à considérer sont les suivantes :

| Désignation                                    | Unité          | Plate-forme de la route |      |      |
|------------------------------------------------|----------------|-------------------------|------|------|
|                                                |                | 6 m                     | 8 m  | 10 m |
| Béton de propreté dosé à 200 kg/m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | 0,21                    | 0,21 | 0,21 |
| Béton dosé à 300 kg/m <sup>3</sup>             | m <sup>3</sup> | 4,17                    | 4,76 | 5,37 |
| Enrochements Ø30 ou 50                         | m <sup>3</sup> | 4,02                    | 4,53 | 5,21 |
| Coffrage                                       | m <sup>2</sup> | 8,3                     | 8,4  | 8,5  |
| Gabions                                        | m <sup>3</sup> | 2                       | 2    | 2    |

Pour les radiers submersibles évidés, couramment utilisés au droit des cours d'eau connaissant un écoulement presque permanent, les quantités sont nuancées en fonction des parties de l'ouvrage : zone intermédiaire, zone d'about A, et zone d'about B.

Pour une route de 6 m de plate-forme, les quantités par mètre linéaire à considérer pour un radier évidé Ø 1000 sont les suivantes :

| Désignation                                    | Unité          | Plate-forme de la route = 6 m |                |                |
|------------------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|
|                                                |                | Zone intermédiaire            | Zone d'about A | Zone d'about B |
| Béton de propreté dosé à 200 kg/m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | 0,14                          | 1,44           |                |
| Béton dosé à 300 kg/m <sup>3</sup>             | m <sup>3</sup> | 8,45                          | 2,16           | 2,16           |
| Coffrage                                       | m <sup>2</sup> | 12,9                          | 4,6            | 2,76           |
| Longueur des buses Ø1000/unité                 | ml             | 7,2                           |                |                |
| Enrochements Ø30 ou 50                         | m <sup>3</sup> | 6,3                           | 6,44           | 1,44           |
| Gabions                                        | m <sup>3</sup> | 2                             | 2              |                |

Les plots (ou balise de signalisation) doivent être disposés avec un espacement de 3m. Le ferrailage de ces plots de signalisation nécessite 8.75Kg d'acier doux / plot.

**a) - Exemple d'application :**

Radier évidé avec des buses Ø 1000, longueur totale de 60 m

|                                   |   |                |
|-----------------------------------|---|----------------|
| Longueur totale du radier         | = | <b>60,00 m</b> |
| Nombre de buses                   | = | <b>10</b>      |
| Longueur de la zone intermédiaire | = | <b>14,00 m</b> |
| Longueur de la zone d'about B     | = | <b>21,00 m</b> |
| Longueur de la zone d'about A     | = | <b>2,00 m</b>  |
| Nombre de plots                   | = | <b>40</b>      |

|                       |                       |                            |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| BP ( m <sup>3</sup> ) | B3 ( m <sup>3</sup> ) | Coffrage (m <sup>2</sup> ) |
| 7,72                  | 217,66                | 314,92                     |

|            |              |                           |
|------------|--------------|---------------------------|
| Buse Ø1000 | Enrochements | Gabions (m <sup>3</sup> ) |
| 72,00      | 174,44       | 42,00                     |

|            |                       |                  |
|------------|-----------------------|------------------|
| Acier (Kg) | B2 ( m <sup>3</sup> ) | ← Pour les plots |
| 350        | 0,78                  |                  |

**A - 12.3.4 Cadre du détail estimatif pour la phase ED :**

| Prix     | DESIGNATION DES TRAVAUX                | U              | QUANTITE | P.U ( DH) | MONTANT (DH)      | % |
|----------|----------------------------------------|----------------|----------|-----------|-------------------|---|
| <b>1</b> | <b><u>TERRASSEMENTS</u></b>            |                |          |           |                   |   |
| 1, 1     | Terrassements                          | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| <b>2</b> | <b><u>CHAUSSÉE</u></b>                 |                |          |           |                   |   |
| 2, 1     | RS                                     | m <sup>2</sup> |          |           |                   |   |
| 2, 2     | GNC                                    | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| 2, 3     | GNF2                                   | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| 2, 4     | CF                                     | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| 2, 5     | MS                                     | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| <b>3</b> | <b><u>OUVRAGES HYDRAULIQUES</u></b>    |                |          |           |                   |   |
| 3, 1     | Buse Ø 800                             | ml             |          |           |                   |   |
| 3, 2     | Buse Ø 1000                            | ml             |          |           |                   |   |
| 3, 3     | Acier                                  | t              |          |           |                   |   |
| 3, 4     | Béton pour BA (350 kg/m <sup>3</sup> ) | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| 3, 6     | Béton de propreté                      | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| 3, 7     | Lit de sable                           | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| 3, 8     | Gabions                                | m <sup>3</sup> |          |           |                   |   |
| <b>4</b> | <b><u>CARREFOUR</u></b>                |                |          |           |                   |   |
| 4, 1     | Aménagement du carrefour               | Ft             |          |           |                   |   |
|          |                                        |                |          |           | <b>Total brut</b> |   |
|          |                                        |                |          |           | <b>Aléas 10 %</b> |   |
|          |                                        |                |          |           | <b>TOTAL :</b>    |   |

## **A - 12.4. Estimation des projets de routes rurales dans la phase projet d'exécution:**

La phase du projet d'exécution est établie sur la base d'un levé topographique et d'une campagne géotechnique spécifique. Cela permet un calage précis et une bonne définition des différentes composantes du projet.

Les terrassements aussi bien que les volumes de chaussée sont ainsi directement calculés par un logiciel de CAO (Micropiste, etc ..).

Les quantités du poste assainissement découlent directement du calage géométrique des ouvrages hydrauliques (buses, radiers, fossés, etc...) et du calcul structural correspondant (dalots, murs, etc ...).

Il faut juste, à ce sujet, attirer l'attention des concepteurs que la précision des volumes de terrassements calculés par le logiciel Micropiste dépend grandement du pas entre les profils en travers (interdistance) et de la densité des points et des lignes caractéristiques (LCP) du levé topographique.

Pour les sites accidentés, il est utile à ce sujet de rappeler qu'il est particulièrement recommandé que le levé topographique soit dense pour permettre de définir une tabulation de profils en travers tous les 5m et ce afin d'affiner le calcul des cubatures ( par rapport à l'espacement classique de 20 ou 25 m).

En effet, plus le pas entre les profils en travers est petit, plus la précision est meilleure. Pour autant, la consistance du dossier de l'étude et celle du piquetage et de l'implantation de l'axe lors des travaux restent inchangés et se feront sur la base d'une équidistance de 20 à 25 m entre profils.

Enfin, on consigne ci-après un modèle de bordereau de prix contenant la consistance minimale requise dans le projet d'exécution d'une route rurale.

Les prix unitaires qui sont à collecter auprès des services provinciaux ou régionaux du ministère de l'Équipement et des Transports, doivent toujours tenir compte :

- des disponibilités locales en matériaux,
- des coûts de transport,
- de l'économie d'échelle, (PU qui diminue quand la quantité est importante)
- des fluctuations des prix du pétrole et de l'acier.



| Prix n° =   | DESIGNATION DES TRAVAUX                              | U              | QUANTITE | P.U ( DH)          | MONTANT (DH) | % |
|-------------|------------------------------------------------------|----------------|----------|--------------------|--------------|---|
| <b>A, 1</b> | <b><u>Installation de chantier</u></b>               |                |          |                    |              |   |
| A, 1, 1     | Local de chantier                                    | Ft             |          |                    |              | % |
| <b>A, 2</b> | <b><u>Signalisation temporaire des chantiers</u></b> |                |          |                    |              |   |
| A, 2, 1     | Signalisation temporaire                             | j              |          |                    |              | % |
| <b>B, 1</b> | <b><u>Prix de piquetage</u></b>                      |                |          |                    |              |   |
| B, 1, 1     | Piquetage général                                    | Km             |          |                    |              | % |
| <b>B, 4</b> | <b><u>Prix des déblais et remblais</u></b>           |                |          |                    |              | % |
| B, 4, 1     | Déblais                                              | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| B, 4, 3     | Remblais                                             | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
|             | <b><u>CHAUSSEE</u></b>                               |                |          |                    |              | % |
| D,3,5,e     | RS                                                   | m <sup>2</sup> |          |                    |              |   |
| D,3,1       | Imprégnation au CB 0/1                               | t              |          |                    |              |   |
| D,2,2,c     | GNC                                                  | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| D,2,1,c     | GNF2                                                 | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| D,6,1,1     | MS type 1                                            | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
|             | <b><u>OUVRAGES HYDRAULIQUES</u></b>                  |                |          |                    |              | % |
| C,1,1,1     | Déblais pour fouilles                                | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| C,1,3,1     | Remblais pour fouilles                               | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| C,4,1,2c    | Buse Ø 800 en béton armé                             | ml             |          |                    |              |   |
| C,4,1,2d    | Buse Ø 1000 en béton armé                            | ml             |          |                    |              |   |
| C, 2, 9     | Acier                                                | t              |          |                    |              |   |
| C, 2, 6     | Béton pour BA B25 (350 kg/m <sup>3</sup> )           | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| C, 2, 1     | Béton de propreté                                    | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| C, 4, 2     | Lit de sable                                         | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| C, 4, 7     | Gabions                                              | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| C, 5, 3     | Caniveaux bétonnés - Béton B3 -                      | ml             |          |                    |              |   |
| -           | Démolition des OH existants                          | U              |          |                    |              |   |
| -           | Traitement de l'environnement                        | Ft             |          |                    |              |   |
|             | <b><u>SOUTÈNEMENTS</u></b>                           |                |          |                    |              | % |
| C,1,1,1     | Déblai d'ancrage des murs                            | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| C, 3, 2     | Maçonnerie                                           | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| -           | Filtre - géotextile -                                | m <sup>2</sup> |          |                    |              |   |
| C, 4, 5     | Matériaux drainants                                  | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
|             | <b><u>CARREFOUR</u></b>                              |                |          |                    |              |   |
| D,3,5,e     | RS                                                   | m <sup>2</sup> |          |                    |              |   |
| D,3,1       | Imprégnation au CB 0/1                               | t              |          |                    |              |   |
| D,2,2,c     | GNC                                                  | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| D,2,1,c     | GNF2                                                 | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| D,6,1,1     | MS type 1                                            | m <sup>3</sup> |          |                    |              |   |
| -           | Bordures                                             | ml             |          |                    |              |   |
| -           | Marquage horizontale                                 | m <sup>2</sup> |          |                    |              |   |
| -           | Panneaux de réglementation                           | U              |          |                    |              |   |
| -           | Panneaux de présignalisation                         | m <sup>2</sup> |          |                    |              |   |
| -           | Panneaux de direction                                | m <sup>2</sup> |          |                    |              |   |
|             |                                                      |                |          | <b>Total HT</b>    |              |   |
|             |                                                      |                |          | <b>TVA 20%</b>     |              |   |
|             |                                                      |                |          | <b>TOTAL TTC :</b> |              |   |



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES



VOLUME B

ANNEXES

## **SOMMAIRE**

### **ANNEXE B5 – CHAUSSEE**

- ANNEXE B-5-1 : NOTICE GEOTECHNIQUE
- ANNEXE B-5-2 : FICHES DE MATERIAUX LOCAUX
- ANNEXE B-5-3 : CARTE SCHEMATIQUE DES ZONES CLIMATIQUES
- ANNEXE B-5-4 : CLASSIFICATION GMTR DES SOLS
- ANNEXE B-5-5 : FICHES DE MATERIAUX POUR CORPS DE CHAUSSEE

### **ANNEXE B6 – GEOTECHNIQUE**

- ANNEXE B-6-3 : EXTRAIT C.P.C
- ANNEXE B-6-4 : CLASSIFICATION DES SOLS
- ANNEXE B-6-5 : Evaluation des problèmes de ter-rassement à l'aide de la recom-mandation pour les terrassements routiers (R.T.R) du SETRA/LCPC
- ANNEXE B-6-6 : CLASSIFICATION DES ROCHES
- ANNEXE B-6-7 : STABILITE DES TALUS ET DES VERSANTS

### **ANNEXE B7 – HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE**

- ANNEXE B-7-1 : FACTEURS INFLUENÇANT LE CHOIX DES OUVRAGES HYDRAULIQUES
- ANNEXE B-7-2 : IMPLANTATION DES PETITS OUVRAGES HYDRAULIQUES
- ANNEXE B-7-3 : DIMENSIONNEMENT DES ENROCHEMENTS DE PROTECTION
- ANNEXE B-7-4 : TABLEAU DES VITESSES DE REVETEMENT DES FOSSES EN FONCTION DES SOLS
- ANNEXE B-7-5 : ORGANIGRAMME DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES
- ANNEXE B-7-6 : OUVRAGES DE DRAINAGE DE L'EMPRISE DE LA CHAUSSEE
- ANNEXE B-7-7 : CALCUL DES AFFOUILLEMENTS

## **ANNEXE B8 –VOLET EQUIPEMENTS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES**

### **ANNEXE B10 - IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UN PROJET DE ROUTE RURALE**

**ANNEXE B-10-1- FICHE D'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE PRELIMINAIRE**  
**ANNEXE B-10-2- PRESENTATION D'UN PLAN DE GESTION DE**  
**L'ENVIRONNEMENT**



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME B

### ANNEXES

#### *ANNEXE B5 : CHAUSSEE*

# **ANNEXE B5**

## **CHAUSSEE**

**ANNEXE B-5-1 : NOTICE GEOTECHNIQUE**

**ANNEXE B-5-2 : FICHES DE MATERIAUX LOCAUX**

**ANNEXE B-5-3 : CARTE SCHEMATIQUE DES ZONES  
CLIMATIQUES**

**ANNEXE B-5-4 : CLASSIFICATION GMTR DES SOLS**

**ANNEXE B-5-5 : FICHES DE MATERIAUX POUR CORPS DE  
CHAUSSEE**

## ANNEXE B-5-1 : NOTICE GEOTECHNIQUE

La présente note a pour objet une présentation succincte du contexte géotechnique marocain et des différents matériaux, sols et roches, généralement intéressés par les travaux de terrassements dans le cadre des projets routiers.

### II - CONTEXTE GEOTECHNIQUE MAROCAIN

La géologie marocaine est très variée. On se contentera d'évoquer succinctement les grands traits géomorphologiques indispensables à une évaluation rapide des caractéristiques essentielles des sols et des roches. Seront abordés successivement :

- Les grandes unités montagneuses
- Les régions de petit relief
- Les plateaux
- Les plaines alluviales
- Et les régions sahariennes

#### **I.1 – Les grandes unités montagneuses :**

Elles constituent toutes des barrières de communication franchies par les tracés routiers au prix de longs cheminements dans de profondes vallées et d'ascensions généralement difficiles pour atteindre des cols aux altitudes élevées. Dans ces régions, les plateformes supports de chaussée sont rocheuses ou quasi-rocheuses et les difficultés concernent surtout les terrassements qui sont importants et très onéreux, la géométrie du tracé et les problèmes hydrologiques jouent un rôle essentiel dans la stabilité des talus et dans les phénomènes d'érosion de ces talus. Dans les vallées, les dépôts alluvionnaires restent généralement riches en éléments à granularité moyenne et grossière. Les caractères pétrographiques dominants sont :

- Les roches magmatiques, calcaires, caschistes et schistes primaires dans l'anti-Atlas et dans la partie sud du haut Atlas.
- Les calcaires secondaires dans la partie Nord-Est du haut-Atlas
- Les calcaires secondaires, grès argileux et éruptifs associés au permotrias dans la partie centrale du haut-Atlas.
- Les calcaires, marno-calcaires secondaires, et schistes argileux dans le rif.

### **I.2 – Les régions de petit relief :**

Le matériel géologique y est en majorité antérieur à l'étage miocène, âge de formation des unités montagneuses. Les caractères pétrographiques dominants sont de deux types :

- Le premier type englobe : les schistes, calcschistes, calcaires, grès et quartzite du primaire avec quelques épanchements d'éruptifs associés dans les Djebilet, les Rhammas, le Zaer et Zaiane.
- Le second type englobe : les calcaires, marno-calcaires et marnes du secondaire et de l'Eocène, dans les Haha-Chiadma, les Franges Atlassiques et le Prérif.

Les régions du premier type sont sur le plan difficultés de terrassements, très comparables aux hautes montagnes, en effet le relief y est en général très dur. Les régions du second type définissent des reliefs tabulaires quand les calcaires ou marno-calcaires dominant comme c'est le cas dans les Haha-Chiadma et donc un contexte géotechnique favorable et définissent des reliefs mous, quand les marnes dominant comme ceci est le cas au niveau du prérif. Ce dernier cas conjugue des conditions défavorables où des matériaux fins, souvent plastiques déterminent à la fois des portances faibles et des graves instabilités des pentes.

### **I.3 – Les plateaux :**

Ces régions présente des difficultés géométriques très réduites. Les matériaux de surface, généralement concernés par les travaux de terrassements routiers sont souvent graveleux, encroûtés et parfois masqués par des épaisseurs faibles (20 à 30 cm décapables) d'argiles de décalcification. Il s'agit :

- Des plateaux de la Meseta : encroûtement sur marno-calcaires ou socle.
- Des hauts plateaux présahariens (oriental et plateau de Rekkam).

Par similitude géotechnique, les régions côtières sont à ajouter à ce groupe. En effet, ces régions présentent les contextes géotechniques suivants :

- Doukkala-Chaouia : présence de calcarénite sur marno-calcaire du Cénomanien (région d'El Jadida) ou de calcarénites sur un socle primaire (quartzites et schistes dans la région de Casablanca).
- Mamora et cordon dunaire Kenitra-Larache : où le contexte géotechnique est défini par les sables éoliens répandus ou non en dunes et en grès dunaire.

### **I.4 – Les plaines alluviales :**

Sur le plan géométrique, ces régions ne représentent pas de difficultés. Ces plaines sont généralement constituées de dépôts épais de matériaux fins, ces derniers, bien qu'ils ne posent pas de problèmes de terrassement, sont peu favorables à la portance et à la stabilité volumétrique saisonnière. On distingue les plaines à alluvions atlasiques et les plaines à alluvions d'origine rifaine. Les premières sont à tendances sablo-limoneuse comme c'est le cas a niveau du Haouz, Souss et Tadla ; les secondes sont à tendances limono-argileuse comme c'est le cas au niveau de la



plaine du Gharb où on relève la présence de tirs et de Dehs. Des cas mixtes existent comme c'est le cas dans les régions de Saiss, de Guercif et de Berkane.

### **I.5 – Les régions Sahariennes :**

Les formations et les sols rencontrés dans les vastes étendues sahariennes sont de nature et de qualité très diverse. Le profil géologique de la zone saharienne peut être schématisé de la manière suivante :

- De l'anti-Atlas au Nord-Est de Assa : la morphologie est de type appalachienne où des crêtes rocheuses s'opposent à des vastes dépressions alluvionnaires où les sols en place sont très anciens et souvent couverts d'épaisses formations quaternaires meubles.
- Au Sud de l'Ouarkiz : les formations superficielles sont limoneuses ou sablo-graveleuses. Les régions côtières sont caractérisées par la présence de terrains déprimés à fond silto-rocheux et caillouteux et terrains à surfaces constitués de dalles grés-siliceuses très encroûtées en surface ou grés-calcaires riches en coquillages. Ces sols ne posent pas de problèmes géotechniques particuliers, il est à noter cependant, que la régularité de l'orientation des vents dominants (NNE et NNW) entraîne d'importants problèmes d'ensablement et une grande mobilité des dunes.

## **III - ASPECTS GEOTECHNIQUE PARTICULIERS**

L'expérience cumulée en matière de terrassements et de comportement d'ouvrages routiers, permet de faire ressortir quelques aspects particuliers liés aux matériaux suivants :

- Les tirs
- Les tufs
- Les marnes
- Les autres matériaux évolutifs : calcaires tendres et schistes

### **II.1 – Les tirs :**

Ce sont des sols argileux, hydromorphes qui présentent une instabilité volumétrique marquée par rapport aux autres sols argileux. Cette forte instabilité est due essentiellement à la présence d'une fraction importante de mormorillonite dans la partie argileuse de ces sols. De point de vue comportement, les remblais, même de faible hauteur, réalisés à partir de ces sols présentent une forte tendance à la fissuration et à la déformation. Les plateformes de chaussée réalisés avec ces sols présentent également des portances généralement faibles.

Ces sols sont très présents en surface dans la plaine du Gharb où ils existent en forte épaisseur et dans la plaine de la Chaouia où il sont en général en faible épaisseur et reposent généralement sur des formations de tufs.

### **II.2 – Les tufs :**

Ce sont des sols pulvérulents carbonatés qui présente une forte tendance à la cimentation après compactage. Cette aptitude à la cimentation confère aux remblais et aux plateformes réalisés, avec ces matériaux de bonnes caractéristiques mécaniques. L'aptitude à la cimentation dépend de l'importance de carbonates dans le sol. Ceci confère à certains limons tuffacés des caractéristiques mécaniques qui ne peuvent être prévues par des simples essais classiques d'identifications. Les tufs sont l'exemple même d'un sol meuble fin qui peut conférer à une plateforme une bonne portance mesurée à court et à long terme. Comme on l'a vu ci-dessus, ces sols sont très présents au niveau de certaines régions du Maroc et notamment au niveau de la Meseta.

### **II.3 – Les marnes :**

Ces matériaux présentent en terrassements deux difficultés :

- Les ouvrages réalisés avec les sols fins, peuvent présenter une forte tendance à la déformation par fluage ou reptations.

La portance des plateformes réalisées avec ces sols, est faible.

- Lorsque cette formation se présente à l'état quasi-rocheux, très cohérent, ces matériaux se comportent en remblais comme des matériaux évolutifs avec possibilités de mouvements dans les remblais.

### **II.4 – Les matériaux évolutifs :**

Ils sont essentiellement constitués des matériaux calcaires-rocheux massifs tendres de type grès et des schistes qui sont des roches litées.

Le caractère évolutif qui est nuisible pour la tenue des ouvrages, peut provenir :

- D'actions mécaniques dues aux travaux d'extractions et de compactage et également des charges du remblai et des effets dynamiques engendrés par le trafic.
- D'actions chimiques (séchage / Imbibition, etc...).

Ces matériaux évolutifs sont très présents dans le contexte géotechnique Marocain.

## ANNEXE B-5-2 : FICHES DE MATERIAUX LOCAUX

### POTENTIALITES LOCALES D'UTILISATION DES MATERIAUX

---

Pour chaque Province et par Direction des Travaux Publics, les données géotechniques existantes ont été exploitées afin d'identifier les caractéristiques de ces matériaux, tels que rencontrés lors d'études anciennes. A partir de ces éléments, une appréciation des possibilités d'utilisation est indiquée.

FICHE N° 1CENTRE SUD

| PROVINCE   | MATERIAUX                                           | CARACTERISTIQUES GENERALES                                                     | APPRECIATION D'UTILISATION                                        |
|------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| MEKNES     | Roches tendres                                      | - Brèche calcaire de plasticité moyenne à faible et de dureté moyenne à faible | - Déficit éventuel de plasticité et problème de gros blocs        |
|            | Ballastière                                         | - Calcaire massif de plasticité et dureté faible<br>- Non définies             | - Idem, mais probablement extraction mécanisée                    |
| ERRACHIDIA | Tout-venant roulé d'Oued                            | - Plasticité faible à moyenne et dureté moyenne                                | Présence de gros éléments et déficit éventuel de plasticité       |
| KHENIFRA   | Tout-venant roulé d'Oued                            | - Plasticité faible à moyenne et dureté moyenne                                | Problème éventuel de gros blocs et déficit de plasticité          |
|            | Roches massives tendres                             | - D'origine calcaire, dureté moyenne et plasticité faible                      | Déficit éventuel de plasticité<br>Extraction mécanisée éventuelle |
| IFRANE     | Tout-venant naturellement fracturé et roche massive | - D'origine calcaire, plasticité faible à moyenne, dureté faible à moyenne     | Déficit éventuel de plasticité<br>Extraction mécanisée probable   |

FICHE N° 2NORD OUEST

| PROVINCE    | MATERIAUX                                                                                                                                  | CARACTERISTIQUES GENERALES                                                                                                                                                   | APPRECIATION D'UTILISATION                                                                                                                                                                   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RABAT       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grès dunaires</li> <li>- Tout venant d'Oued</li> <li>- Stériles de carrières</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dureté faible et plasticité faible à nulle</li> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraction mécanisme, déficit IP</li> <li>- Problème de gros éléments et déficit IP</li> </ul>                                                      |
| KENITRA     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grès dunaires</li> <li>- Villafranchien</li> <li>- Tout-venant d'Oued</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dureté faible et plasticité faible à nulle</li> <li>- Plasticité faible à moyenne</li> <li>- Plasticité faible à moyenne</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraction mécanisée, déficit d'IP</li> <li>- Problème gros éléments et de plasticité</li> <li>- Problème gros éléments et de plasticité</li> </ul> |
| SIDI KACEM  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calcaires gréseux tendres</li> <li>- Villafranchien</li> <li>- Tout-venant d'Oued</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dureté faible à moyenne</li> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> <li>- Matériaux faiblement plastique à propre</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraction mécanisée éventuelle</li> <li>- Problème de gros éléments et d'IP</li> <li>- Problème de gros éléments et d'IP</li> </ul>                |
| KHEMISSSET  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Schiste</li> <li>- Arène granitique</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> <li>- Dureté faible</li> <li>- Matériaux meubles non plastique</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème de gros éléments et IP</li> <li>- Extraction peut être mécanisée</li> </ul>                                                                |
| LARACHE     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Villafranchien</li> <li>- Grès dunaires</li> </ul>                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité moyenne</li> <li>- Dureté très faible et plasticité faible à nulle</li> </ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème de gros éléments et d'IP</li> <li>- Extraction mécanisée, déficit IP</li> </ul>                                                            |
| TANGER      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maccay Radio</li> <li>- Grès dunaires</li> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- éboulis</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dureté très faible et plasticité faible à forte</li> <li>- Dureté faible</li> <li>- Plasticité faible à moyenne</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraction mécanisée éventuelle, problème de plasticité (déficit)</li> <li>- Problème de gros éléments et d'IP</li> </ul>                           |
| TETOUAN     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout6venant roulé</li> <li>- Brèches calcaires</li> </ul>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème de gros éléments et d'IP</li> <li>- Problème éventuel de gros éléments et de plasticité</li> </ul>                                         |
| CHEFCHAOUEN | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Brèches calcaires</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alluvions grossiers à matrice limono-sableuse</li> <li>- Plasticité faible</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème de gros éléments et d'IP</li> <li>- Déficit éventuel de plasticité et problème de gros éléments</li> </ul>                                 |

FICHE N° 3oriental

| PROVINCE | MATERIAUX                                                                                                                                                        | CARACTERISTIQUES<br>GENERALES                                                          | APPRECIATION<br>D'UTILISATION                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OUJDA    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pierre de ramassage</li> <li>- Stériles de carrière</li> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Calcaire tendre</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème de gros éléments et déficit de plasticité</li> </ul> |
| NADOR    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calcaire tendre</li> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Grès schisteux</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dureté moyenne à faible plasticité</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation mécanisée</li> </ul>                             |

FICHE N° 4Centre nord

| PROVINCE   | MATERIAUX                            | CARACTERISTIQUES GENERALES                                                                                                          | APPRECIATION D'UTILISATION                                                                                      |
|------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BOULEMANE  | Tout-venant d'Oued                   | - Origine sablo-schisteuse, plasticité faible et dureté moyenne                                                                     | - Problème éventuel de gros éléments et de déficit de plasticité                                                |
|            | - Tout-venant naturellement fracturé | - Plasticité faible et dureté faible à moyenne                                                                                      | - Déficit de plasticité et élimination gros éléments                                                            |
| TAZA       | Tout-venant d'Oued                   | - D'origine schisteux moyennement plastique et de dureté faible                                                                     | - Gros éléments et déficit éventuel de plasticité                                                               |
|            |                                      | - D'origine sablo-schisteux, faible plasticité et dureté moyenne                                                                    | - Problème de gros blocs et déficit de plasticité                                                               |
|            |                                      | - D'origine limon-marneux moyennement plastique                                                                                     | - Problème de gros blocs et déficit de plasticité                                                               |
|            | - Tout-venant naturellement fracturé | - D'origine calcaire tendre et plastique                                                                                            | - Sans trop de problèmes élimination de gros éléments                                                           |
| TAOUNATE   | Tout-venant d'Oued                   | - Moyennement plastique et dureté correcte moyenne                                                                                  | - Problème éventuel de gros éléments                                                                            |
| FES        | - Tout-venant naturellement fracturé | - D'origine calcaire moyennement plastique et de faible dureté<br>- D'origine dolomitique faiblement plastique et de dureté moyenne | - Sans trop de problèmes<br>- Déficit éventuel de plasticité avec élimination de gros éléments et de plasticité |
|            | Tout-venant d'Oued                   | - Matériaux plastiques et dureté moyenne                                                                                            | - Problème éventuel de gros éléments et plasticité                                                              |
| AL HOCEIMA | Tout-venant d'Oued                   | - D'origine schisteux légèrement plastique de dureté faible à moyenne                                                               | - Problème éventuel de gros éléments et déficit éventuel de plasticité                                          |
|            |                                      | - D'origine quartzitique faiblement plastique à non plastique                                                                       | - Problème éventuel de gros éléments et déficit éventuel de plasticité                                          |

FICHE N° 5Région du centre

| PROVINCE    | MATERIAUX                                                                                                               | CARACTERISTIQUES GENERALES                                                                                                                                                | APPRECIATION D'UTILISATION                                                                                                                                                                                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CASABLANCA  | - Calcarénite<br>- Matériaux tufacés                                                                                    | - Plasticité faible à nulle – dureté moyenne à faible<br>- Tendre, plasticité et CaCo3 variables                                                                          | - Manque de plasticité et de squelette résiduels pour les plus tendres - exploitation mécanisée                                                                                                                        |
| KHOURIBGA   | - Marno-calcaire et calcaire marneux<br>- Déchets de phosphate<br>- Schiste                                             | - Matériaux de dureté et propreté assez variable<br>- Plasticité moyenne à forte                                                                                          | - Extraction mécanisée, problème de plasticité éventuel<br>- Problème de gros blocs                                                                                                                                    |
| EL JADIDA   | - Matériaux tufacés<br>- Encroûtement grès dunaire<br>- Tout-venant d'Oued<br>- Calcarénite                             | - Idem Casablanca<br>- Dureté faible à moyenne, plasticité faible<br>- Plasticité moyenne à faible<br>- Idem Casablanca                                                   | - Idem Calcarénite Casablanca<br>- Problème de gros éléments et déficit de plasticité                                                                                                                                  |
| SETTAT      | - TV fracturé naturellement<br>- Marno-calcaire<br>- Tout-venant d'Oued<br>- Calcarénite et tuf<br>- Tuf graveleux rose | - Origine quartzitique, plasticité moyenne, dureté convenable<br>- Dureté moyenne à faible<br>- Plasticité moyenne à faible<br>- Idem Casablanca<br>- Plasticité et CaCo3 | - Problème de gros éléments et déficit de plasticité<br>- Extraction mécanisée, problème de plasticité<br>- Problème de gros éléments et déficit de plasticité<br>- Idem Casablanca<br>- Extraction mécanisée éventuel |
| BEN SLIMANE | - Calcarénite<br>- Eboulis                                                                                              | - Idem Casablanca                                                                                                                                                         | - Idem Casablanca                                                                                                                                                                                                      |
| BENI MELLAL | - TV naturellement fracturé<br>- Schiste<br>- TV roulé d'Oued<br>- Calcaire marneux                                     | - D'origine calcaire, plasticité et dureté variable<br>- Dureté moyenne, plasticité moyenne à faible<br>- Dureté moyenne à faible, plasticité moyenne                     | - Problème de gros blocs<br>- Gros éléments et déficit de plasticité<br>- Problème de gros blocs                                                                                                                       |
| AZILAL      | - Tout-venant roulé<br>- Pierre de ramassage<br>- Schiste                                                               | - Plasticité moyenne à faible<br>- Dureté faible                                                                                                                          | - Problème gros éléments et déficit de plasticité                                                                                                                                                                      |



FICHE N° 6Tensift

| PROVINCE             | MATERIAUX                                                                                                                                                                                                                  | CARACTERISTIQUES GENERALES                                                                                                                                                                 | APPRECIATION D'UTILISATION                                                                                                                                                                      |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EL KELAA DES SRAGHNA | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Encroûtement calcaire</li> <li>- Pierre de ramassage</li> </ul>                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> <li>- Dureté moyenne</li> <li>- Dureté moyenne</li> </ul>                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème éventuel de gros éléments et déficit IP</li> <li>- Exploitation mécanisée éventuelle</li> </ul>                                               |
| SAFI                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marno calcaire</li> <li>- Grès dunaire</li> <li>- Calcaire tendre</li> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Gypse</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Idem Essaouira</li> <li>- Idem Essaouira</li> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> <li>- Dureté moyenne à faible, plasticité moyenne</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Idem Essaouira</li> <li>- Idem Essaouira</li> <li>- Problème de gros éléments et de plasticité</li> <li>- Exploitation mécanisée éventuelle</li> </ul> |
| ESSAOUIRA            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Tuf graveleux</li> <li>- Marno-calcaire</li> <li>- Grès dunaires</li> </ul>                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> <li>- Dureté moyenne à faible, plasticité moyenne</li> <li>- Dureté moyenne à faible, propre</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème éventuel de gros éléments et déficit de plasticité</li> <li>- Extraction mécanisée</li> <li>- Extraction mécanisée</li> </ul>                 |
| MARRAKECH            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Stérile de carrière</li> <li>- Schiste</li> <li>- Tout-venant de piémont</li> <li>- Pierre de ramassage</li> <li>- Encroûtement calcaire</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> </ul>                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème de gros éléments et de plasticité</li> <li>- Problème de plasticité</li> </ul>                                                                |

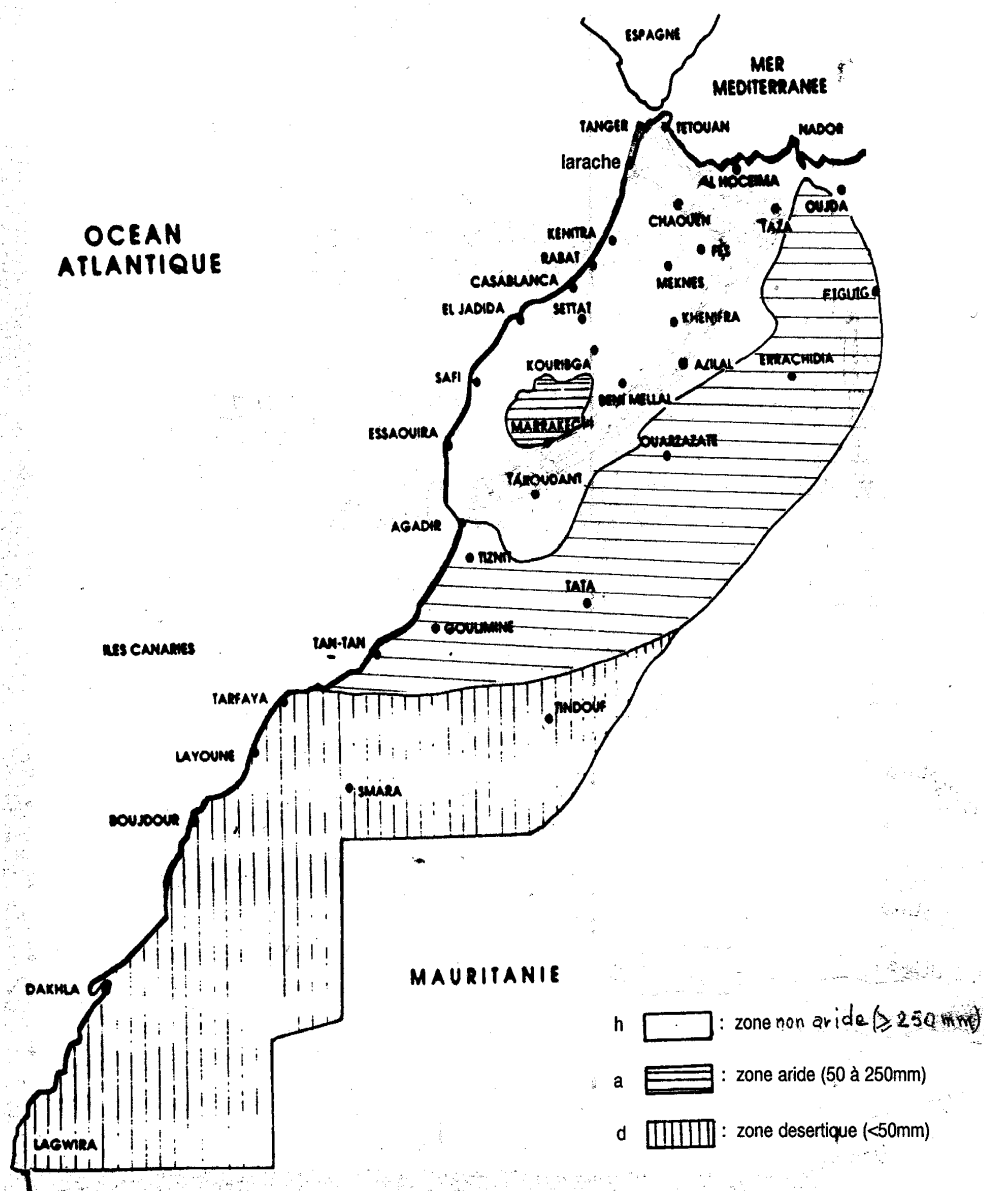
FICHE N° 7sud

| PROVINCE   | MATERIAUX                                                                                                                                 | CARACTERISTIQUES<br>GENERALES                                                   | APPRECIATION<br>D'UTILISATION                                                            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| AGADIR     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Calcaire tendre</li> <li>- Tuf et encroûtement calcaire</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité moyenne à faible</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème gros éléments et plasticité</li> </ul> |
| TAROUDANTE | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Pierre de ramassage</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité faible à moyenne</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème gros éléments et plasticité</li> </ul> |
| TIZNIT     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Pierre de ramassage</li> <li>- Eboulis</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plasticité faible à moyenne</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème gros éléments et plasticité</li> </ul> |
| GUELMIME   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reg</li> <li>- Pierre de ramassage</li> <li>- Encroûtement</li> </ul>                            |                                                                                 |                                                                                          |
| DAKHLA     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brèches</li> <li>- Tuf graveleux et encroûtement calcaire</li> <li>- Reg</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- D'origine calcaire propre</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation mécanisée éventuelle</li> </ul>    |
| OUARZAZATE | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout-venant d'Oued</li> <li>- Pierre de ramassage</li> <li>- Reg</li> </ul>                      |                                                                                 |                                                                                          |

## ANNEXE B-5-3 : CARTE SCHEMATIQUE DES ZONES CLIMATIQUES

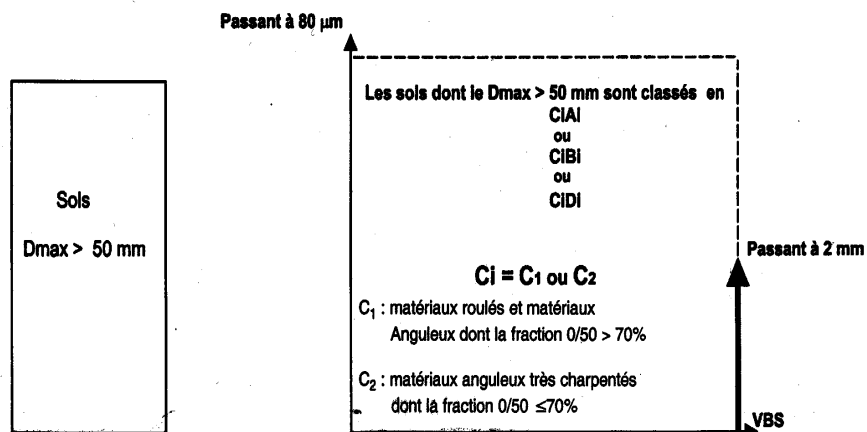
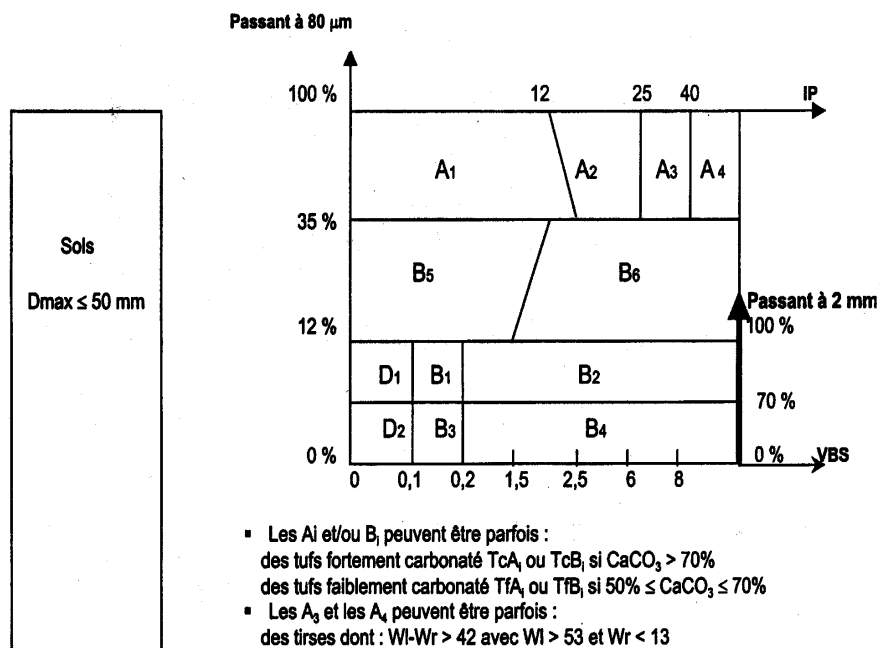
### CARTE SCHEMATIQUE DES ZONES CLIMATIQUES

#### CARTE DU MAROC



## ANNEXE B-5-4 : CLASSIFICATION GMTR DES SOLS

## CLASSIFICATION GMTR DES SOLS MEUBLES



## ANNEXE B-5-5 : FICHES DE MATERIAUX POUR CORPS DE CHAUSSEE

### FICHE N° 1

#### GRAVE NON TRAITEE POUR COUCHE DE FONDATION GNF3

▪ GRANULARITE :

Les fuseaux de spécification sont les suivants :

| Matériau | Classe | % Passant au tamis de (mm) |           |           |          |          |          |          |         |
|----------|--------|----------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------|
|          |        | 80                         | 60        | 40        | 20       | 10       | 6,3      | 2        | 0,08    |
| GNF 3    | 0/60   | --<br>100                  | 100<br>80 | 89<br>55  | 69<br>32 | 59<br>25 | 53<br>17 | 40<br>7  | 10<br>2 |
|          | 0/40   | --<br>100                  | --<br>100 | 100<br>80 | 90<br>47 | 70<br>30 | 64<br>20 | 48<br>10 | 14<br>2 |

▪ PROPRETE :

| Zone  | Non aride | Aride et désertique |
|-------|-----------|---------------------|
| GNF 3 | IP < 8    | IP < 12             |

▪ DURETE :

| Zone  | Aride et non aride  | d       |
|-------|---------------------|---------|
| GNF 3 | LA < 50<br>MDE < 45 | LA < 50 |

▪ DURETE :

- Sans conditions

**FICHE N° 2****GRAVE NON TRAITEE TYPE C ET D : GNC - GND**▪ **GRANULARITE :**

| Granularité passant au tamis de (mm) |     |          |         |         |         |         |        |
|--------------------------------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|--------|
|                                      | 60  | 40       | 20      | 10      | 6,3     | 2       | 0,08   |
| 0/31,5                               | --  | 100      | 52 à 87 | 35 à 70 | 25 à 60 | 13 à 38 | 2 à 10 |
| 0/40                                 | 100 | 80 à 100 | 57 à 82 | 30 à 65 | --      | 10 à 32 | 2 à 10 |

▪ **RESISTANCE MECANIQUE :**

| Trafic | GND  |      |          | GNC  |      |          |
|--------|------|------|----------|------|------|----------|
|        | LA   | MDE  | LA + MDE | LA   | MDE  | LA + MDE |
| TR 2   | < 50 | < 45 | < 90     | < 45 | < 40 | < 80     |
| TR 3   | < 45 | < 40 | < 80     | < 40 | < 35 | < 70     |
| TR 4   | --   | --   | --       | < 35 | < 30 | < 65     |

▪ **AUTRES CARACTERISTIQUES :****Angularité**

- GNC IC > 30
- GND pas de conditions

**Propreté**

- IP < 6 zone NA sinon VB < 1,5
- IP < 12 zone a, d

**FICHE N° 3****GRAVE NON TRAITEE TYPE B : GNB**▪ **GRANULARITE :**

| Origine              | Granularité passant au tamis de mm |          |          |         |         |         |        |               |
|----------------------|------------------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|---------------|
|                      | 40                                 | 31,5     | 20       | 10      | 6,3     | 2       | 0,08   |               |
| <b>Ballastière</b>   | 100                                | 85 à 100 | 68 à 100 | 43 à 78 | 35 à 64 | 22 à 43 | 4 à 11 | <b>0/31,5</b> |
| <b>Roche massive</b> | 100                                | 85 à 100 | 62 à 90  | 35 à 62 | 25 à 50 | 14 à 34 | 2 à 10 | <b>0/31,5</b> |
|                      | --                                 | 100      | 85 à 100 | 47 à 77 | 35 à 60 | 10 à 38 | 2 à 10 | <b>0/20</b>   |

▪ **RESISTANCE MECANIQUE :**

- L.A < 30
- MDE < 20 (non applicable en zone d)

▪ **AUTRES CARACTERISTIQUES :****Angularité**

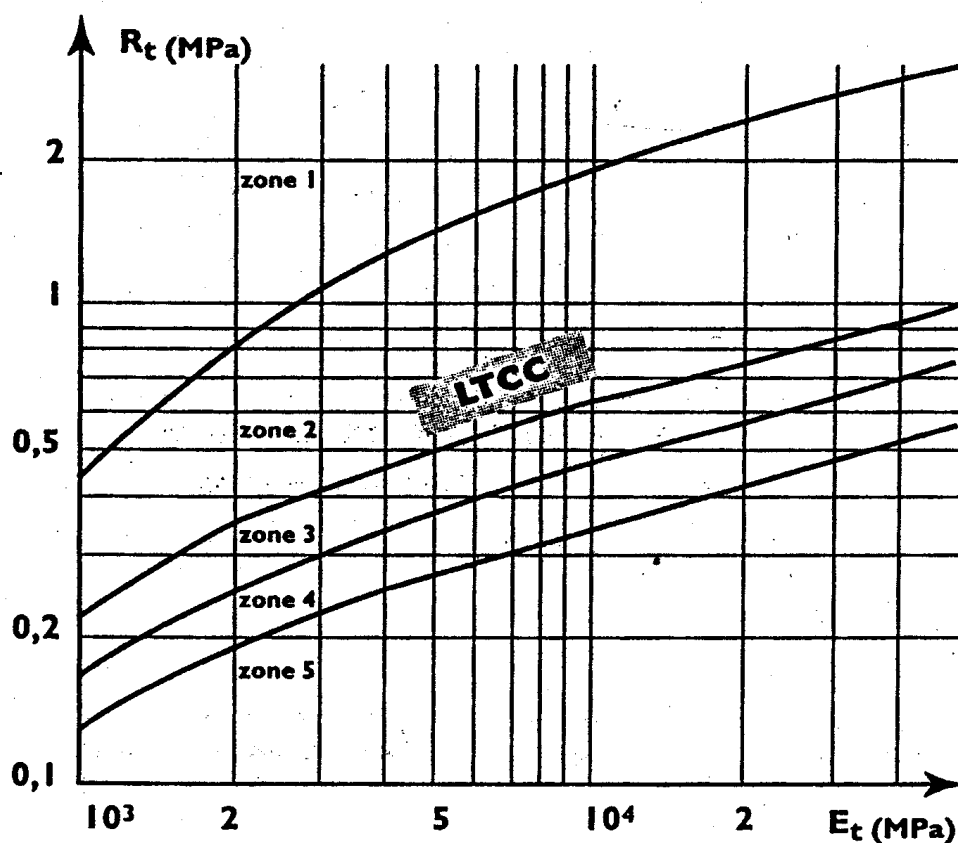
- GNB IC > 35 %

**Propreté**

- ES (0/5) > 30 ou
- ES (0/2) > 45 sinon VB < 1,5

FICHE N° 4

## LIMON TRAITE A LA CHAUX ET/OU AU CIMENT



La classe de résistance doit être dans les zones 1 ou 2



**FICHE N° 5****MATERIAUX HORS NORMES (M.H.N)**

Pour les plus faibles trafics  $T_5$  sous charge maximale d'essieu de 8,2 T, on peut adopter des critères expérimentés sous de telles charges (Road Note 31).

- Granulométrie  $D_{max}$  : 20 à 40

| Dimension du tamis<br>20<br>aux normes<br>britanniques | Pourcentage passant         |          |           |          |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|-----------|----------|
|                                                        | Dimension nominale maximale |          |           |          |
|                                                        | 37,5 mm                     | 20 mm    | 10 mm (1) | 5 mm (1) |
| 37,5 mm                                                | 100                         | ---      | ---       | ---      |
| 20 mm                                                  | 80 – 100                    | 100      | ---       | ---      |
| 10 mm                                                  | 55 – 80                     | 80 – 100 | 100       | ---      |
| 5 mm                                                   | 40 – 60                     | 50 – 75  | 80 – 100  | 100      |
| 2,36 mm (NO. 7)                                        | 30 – 50                     | 35 – 60  | 50 – 80   | 80 – 100 |
| 1,18 mm (NO. 14)                                       | ---                         | ---      | 40 – 65   | 50 – 80  |
| 600 $\mu$ m (NO. 25)                                   | 15 – 30                     | 15 – 35  | ---       | 30 – 60  |
| 300 $\mu$ m (NO. 52)                                   | ---                         | ---      | 20 – 40   | 20 – 45  |
| 75 $\mu$ m (NO. 200)                                   | 5 – 15                      | 5 – 15   | 10 – 25   | 10 – 25  |

(1) A ces matériaux 0/10 et 0/5 mm on peut ajouter jusqu'à 35 % de matériaux 10/40 ou 5/40 selon le cas quelque soit leur granulométrie.

- Angularité : peuvent être en partie concassés pour être réduit à 0/40
- Propreté : IP < 6 zone non aride  
IP < 12 zone aride et désertique
- Dureté : LA < 70
- Eviter les matériaux altérés pouvant se désagréger
- C.B.R supérieur à 80, après 4 jours d'immersion à 100 % de l'O.P.N (95 % de l'O.P.M)

**FICHE N° 6****PIERRE CASSEE ET BLOCAGE****PIERRE CASSEE****GRANULARITE :**

- d/D : 40/60 et 50/70 avec retenus à D et passants à d < 10 % et passant à 0,63 d < 3 %.

**FORME :**

- Moins de 10 % d'éléments avec  $L + G > 6 E$
- Moins de 3 % d'élément ne passant pas à D + 30 mm

**PROPRETE :**

- Moins de 3 % d'éléments inférieurs à 1 mm

**RESISTANCE MECANIQUE :**

- LA < 40

**MATIERE D'AGREGATION : (macadam à l'eau)**

- Sable aussi propre que possible ; ex : 0/10 mm avec ES > 40 %

**LIANT ET GRANULAT POUR PENETRATION :**

- Gravillon 15/25 – 5/15 et 05 (successivement)  
ou 10/14 – 6/10 – 4/6 et 2/4 (successivement)
- Liant : émulsion ou cut-back très visqueux

**BLOCAGE****GRANULARITE d/D**

- 100/200 ou 100/250

**RESISTANCE MECANIQUE :**

- LA < 40

**PRODUIT DE CLAVETAGE**

- Déchets de pierre cassée

**FICHE N° 7****MATERIAUX M.C.R****M.C.R 1 :**

- Tout-venant roulé d'oued
- Tout-venant villafranchien
- Stérile de ces matériaux

**M.C.R 2 :**

- Tout-venant de brèche
- Dépôts de piémonts
- Stérile d'extraction de carrières (roches massives – mines)

**M.C.R 3 :**

- Tuf et encroûtements calcaires

**M.C.R 4 :**

- 4.1** - Tout-venant roulé d'oued
- 4.2** - Grès calcaire, calcarénite et arènes

**M.C.R 1 :**

- Tout-venant roulé d'oued
- Tout-venant villafranchien
- Stérile de ces matériaux

**Critère à prendre en compte**a. Critère 1 :

|           | Maximum | Optimum   | Minimum |
|-----------|---------|-----------|---------|
| Dmax (mm) | 60      | 20 – 31,5 | 10      |

b. Critère 2 :

| Condition | Zone climatique | NA         | a - d   |
|-----------|-----------------|------------|---------|
| 1         | m x IP          | 300 à 1000 |         |
| 2         | m               | > 20 %     |         |
| 3         | IP              | 10 à 20    | 10 à 25 |

m : pourcentage de passants à 0,42 mm

à respecter : soit les conditions 1 + 2  
soit les conditions 1 + 3

**Problème :**

- Les matériaux les plus plastiques posent des problèmes de glissance en période pluvieuse.
- Les matériaux les plus propres posent des problèmes d'usure en période sèche et de ravinement en période pluvieuse.
- Les matériaux les plus grossiers posent des problèmes d'entretien

**M.C.R 2 :**

- Tout-venant de brèche
- Dépôts de piémonts
- Stérile d'extraction de carrières (roche massive, mines)

**Critère à prendre en compte**a. Critère 1 :

|           | Maximum | Optimum   | Minimum |
|-----------|---------|-----------|---------|
| Dmax (mm) | 60      | 20 – 31,5 | 10      |

b. Critère 2 :

| Condition | Zone climatique | NA         | a - d   |
|-----------|-----------------|------------|---------|
| 1         | m x IP          | 200 à 1000 |         |
| 2         | m               | > 20 %     |         |
| 3         | IP              | 8 à 20     | 10 à 25 |

m : pourcentage de passants à 0,42 mm

à respecter : soit les conditions 1 + 2  
soit les conditions 1 + 3

**Problème rencontrés :**

- Les matériaux les plus plastiques posent des problèmes de glissance en période pluvieuse.
- Les matériaux les plus propres posent des problèmes d'usure et de ravinement en période sèche et ravinement en période pluvieuse.
- Les matériaux les plus grossiers posent des problèmes d'entretien

**M.C.R 3 :**

- Tuf et encroûtements calcaires

**Critères à prendre en compte :**a. Critère 1 :

|             | Maximum | Optimum   |
|-------------|---------|-----------|
| Dmax (1) mm | 60      | 30 – 31,5 |

(1) : dimension prévisible après compactage

b. Critère 2 :

Si  $\text{CaCo}_3 > 70 \%$ , il suffit de vérifier :

|              |                   |                   |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Pour m<br>IP | 20 à 50<br>8 à 23 | 51 à 75<br>6 à 15 |
|--------------|-------------------|-------------------|

m : pourcentage de passants à 0,42 mm

Si  $\text{CaCo}_3$  de 50 à 70 %, il suffit de vérifier :

C.B.R.  $> 30$

**Problèmes rencontrés :**

- Les matériaux pulvérulents sont à proscrire, sauf s'ils sont mélangés avec des matériaux à éléments graveleux pour avoir un pourcentage de mortier (m) au moins inférieur à 75 % après compactage.

**M.C.R 4 :**

- Roches tendres
  - Schistes et calcaire marneux
  - Grès calcaire, calcarénite et arènes

**Schiste et calcaire marneux :**c. Critère 1 :

|           | Maximum | Optimum   | Minimum |
|-----------|---------|-----------|---------|
| Dmax (mm) | 60      | 30 – 31,5 | 10      |

d. Critère 2 :

| Condition | Zone climatique | NA         | a - d   |
|-----------|-----------------|------------|---------|
| 1         | m x IP (*)      | 200 à 1000 |         |
| 2         | m               | > 20 %     |         |
| 3         | IP              | 8 à 20     | 10 à 25 |

m : pourcentage de passants à 0,42 mm

(\*) : IP mesuré sur le produit de délitage (obtenu sur essai de dégradabilité)

à respecter : soit les conditions 1 + 2  
soit les conditions 1 + 3

e. Critère 3 : - Par essai de fragmentabilité (FR) et dégradabilité (DG)

si FR < 7 il faut DG < 20

si FR > 7 il faut DG < 5

**Grès calcaire – calcarénite - arènes :**a. Critère 1 :

Dmax < 60 mm

b. Critère 2 :

IP : compris entre 8 et 20

F % : < 15 %

**FICHE N° 8****MATERIAU POUR ACCOTEMENT**

La note technique de la DRCR/DT intitulée « spécification pour matériau d'accotement » de 1990 définit :

- 3 types de matériau pour couche supérieure d'accotement MS1 – MS2 – MS3
- Les caractéristiques des matériaux pour sous couche (Sc)
- Les caractéristiques des couches anticontaminantes (AC)
- Et celles des matériaux drainants

**1/ - MATERIAU POUR COUCHE SUPERIEURE MS1 – MS2 – MS3**

*Granulométrie – dureté*

|             | % Passant au tamis de (mm) |          |          |         |            | Dureté LA |
|-------------|----------------------------|----------|----------|---------|------------|-----------|
|             | 50                         | 40       | 10       | 5       | 0,08       |           |
| <b>MS 1</b> | 100                        | 50 à 100 | --       | 15 à 70 | 4 (2) à 20 | < 50      |
| <b>MS 2</b> | 100                        | 50 à 100 | 35 à 100 | 15 à 75 | 2 à 50     | < 60      |
| <b>MS 3</b> | 100                        | --       | --       | --      | --         | --        |

*Propreté :*

|             |                           |          | Zone climatique |     |     |
|-------------|---------------------------|----------|-----------------|-----|-----|
| Critères    |                           |          | NA              | A   | d   |
| <b>MS 1</b> | 6 < IP < 20<br>et fx IP < | Roulé    | 225             | 250 | 300 |
|             |                           | IC > 30  | 200             | 225 | 275 |
|             |                           | IC > 100 | 175             | 200 | 250 |
| <b>MS 2</b> | IP <                      |          | 12              | 15  | 20  |
| <b>MS 3</b> | IP <                      |          | 15              | 20  | 25  |

f : pourcentage d'éléments inférieurs à 0,08 mm



**Matériaux carbonatés :**

**S** :  $\text{CaCo}_3 > 70 \%$  pas de critère de dureté et propreté pour MS1 et MS2

**2/ - MATERIAUX POUR SOUS-COUCHE (Sc)**

On adopte les critères de matériaux pour couche de forme cf CPC – fascicule n° 5.

**3/ - COUCHE ANTICONTAMINANTE (AC)**

- On respecte dans la mesure du possible la règle de non contamination :
  - $d_{15}$  du matériau filtrant  $\leq 4,5 d_{85}$  du sol de plate-forme
- avec  $D_{\max}$  inférieur au  $1/3$  de l'épaisseur de la couche
- $I.P < 20$

**4/ - MATERIAU DRAINANT (D)***Granulométrie 0/D*

- On respecte la règle :  $d_{15}$  du matériau drainant  $\geq 4,5 \%$  d 15 du matériau à drainer
- Ou une grave avec passant à 0,08 mm  $< 5 \%$  et passant à 2 mm  $< 10 \%$

*Granulométrie d/D*

- Avec  $d > 5 \text{ mm}$
- On protège le matériau dans un géotextile de poids minimum 200 g/m<sup>2</sup>.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME B

### ANNEXES

## *ANNEXE B6 : GÉOTECHNIQUE*

# **ANNEXE B6**

## **GEOTECHNIQUE**

**ANNEXE B-6-3 : EXTRAIT C.P.C**

**ANNEXE B-6-4 : CLASSIFICATION DES SOLS**

**ANNEXE B-6-5 : EVALUATION DES PROBLEMES DE TERRASSEMENT A L'AIDE DE LA RECOMMANDATION POUR LES TERRASSEMENTS ROUTIERS (R.T.R) DU SETRA/LCPC**

**ANNEXE B-6-6 : CLASSIFICATION DES ROCHES**

**ANNEXE B-6-7 : STABILITE DES TALUS ET DES VERSANTS**

**ANNEXE B-6-3 : EXTRAIT C.P.C –**  
**FASCICULE N° 3 Clauses techniques communes aux travaux de**  
**terrassament**

**QUALITE ET PREPARATION DES MATERIAUX**

**Article 1 – TERRE VEGETAL POUR REVEMENT**

La terre choisie pour le revêtement des surfaces destinées à être plantées sera choisie parmi les terres locales les plus propres à la végétation.

**Article 2 – SOLS POUR REMBLAIS**

Tous les sols mis en remblais devront être exempts d'éléments végétaux de toute nature, de toute quantité appréciable d'humus et d'éléments dont la plus grande dimension excède les 2/3 de l'épaisseur de la couche élémentaire du remblai. Toutefois, pour la couche n'excédera pas deux cents (200) millimètres.

Sous ces conditions sont utilisables ou réutilisables en remblai les sols suivants :

**1) Sols utilisables sans restriction :**

**a) Les sols rocheux non évolutifs**

**b) Les sols grenus de la classification LPC à l'exception :**

- des sols Sm, Sm SL et SM SA :
- des sols GL, GA, SL et SA ayant un pourcentage de fines (passant à 0,08 mm) supérieur à 35 % et un indice de plasticité supérieur à 20.

**c) Les sols fins autres qu'organiques de la classification LPC dont l'indice de plasticité est inférieur à 20.**

**2) Sols utilisables avec les précautions ci-après :**

**a) Hauteur de remblai limité à huit (8) mètres pour :**

- Les sols fins dont l'indice de plasticité est compris entre 20 et 50 et dont le produit du pourcentage des fines (passant à 0,08 mm) par l'indice de plasticité est inférieur à 25.
- Les sols grenus ayant un pourcentage de fines (passant à 0,08 mm) supérieur à 35 % et un indice de plasticité compris entre 20 et 50.

**b) Couverture de protection antierosive dont l'épaisseur sera au minimum de quinze (15) centimètres pour les sols grenus des types Sm SL, Sm SA et Sm.**

c) Traitement ou protection à définir par un laboratoire agréé, pour les sols fins dont l'indice de plasticité est supérieur à 50 et les roches évolutives.

Pour l'application des dispositions de l'alinéa 2a, la hauteur de remblai à prendre en compte est la distance verticale mesurée à l'axe de la route, qui sépare le terrain naturel du niveau supérieur de la plate-forme.

Les traitements et protection des sols visés aux alinéas 2b et 2c ne seront à la charge de l'Entrepreneur que s'ils sont prescrits explicitement par le CPS.

Les conditions d'utilisation de différentes natures de sol peuvent être assorties, à la demande de l'ingénieur Subdivisionnaire, de mesures spécifiques destinées à rendre l'état du sol contraintes météorologiques. Ces mesures dont la charge incombe à l'Entrepreneur, portent sur les modalités d'extraction et de correction de la teneur en eau sans apport d'un liant ou d'un réactif.

### **Article 3 – EAU DE COMPACTAGE**

L'eau nécessaire au compactage des remblais ne sera pas boueuse et ne devra pas contenir de matières organiques en suspension.

L'eau saumâtre pourra être utilisée après accord de l'ingénieur Subdivisionnaire sauf aux abords des ouvrages.

L'addition éventuelle de produits destinés à faciliter le compactage ne pourra se faire qu'après son accord. L'accord précisera les modalités d'utilisation de ces produits.

### **Article 4 – SOLS POUR COUCHE DE FORME**

Les sols pour couche de forme ne devront pas avoir d'éléments dont la plus grande dimension excède cent (100) millimètres.

Sous ces conditions sont utilisables ou réutilisables en couche de forme les sols suivants :

a) sans traitement

- Les sols grenus de la classification LPC, dont l'indice de plasticité est inférieur à 10, à l'exception des sols Sm, Sm SI, Sm SA.
- Les sols rocheux non évolutifs bien gradués.

b) Avec traitement à définir par un Laboratoire agréé.

- Les sols dont l'indice de plasticité est inférieur à 20 ainsi que les sols des types Sm, Sm SL et Sm SA.

Si le CPS l'exige, les sols pour couche de forme devront en outre respecter le règle des filtres vis-à-vis des remblais en place.

**Article 5 – SOLS POUR COUVERTURE DE PRODUCTION**

Les sols à utiliser en couverture de protection des remblais érodables ne devront pas avoir d'éléments dont la plus grande dimension excède cent (100) millimètres.

Ils devront en outre avoir les qualités exigées de sols de remblai, les sols des types Sm, Sm SL et Sm Sa étant exclus.

**Article 6 – VERIFICATION QUALITATIVE DES SOLS**

6.1 A défaut de stipulation contrainte du C.P.S., les sols pour remblai et l'eau de compactage ne seront soumis à des contrôles de qualité que si l'ingénieur Subdivisionnaire le prescrit.

## **ANNEXE B-6-4 : CLASSIFICATION DES SOLS**

### 1/ - IDENTIFICATION DU SOL

L'identification du sol est faite par les essais classiques de laboratoire, principalement : granulométrie, limites d'Atterberg, équivalent de sable.

### 2/ -CLASSIFICATION DES SOLS

A partir de ces éléments, les sols sont classés selon le système de classification L.P.C. rappelés ci-après.

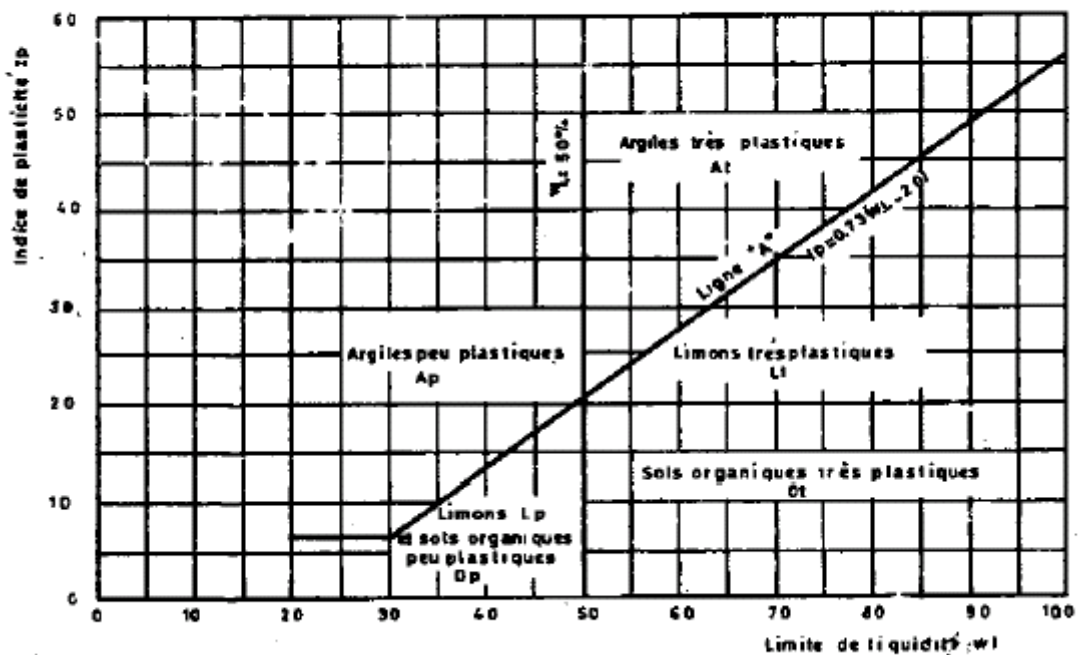
**TABLEAU : MATERIAUX POUR REMBLAIS ROUTIERS**  
**1 – CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS**  
 (Plus de 50% des éléments > 0,08 mm)

| Définition |                                                            |                                  | Symboles | Conditions                                   | Appellations                 |
|------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|----------------------------------------------|------------------------------|
| GRAVES     | Plus de 50% Des éléments >0.08 mm ont un diamètre > 2 mm   | Moins de 5% d'éléments <0.08 mm  | Gb       |                                              | Grave propre<br>Bien graduée |
|            |                                                            |                                  | Gm       | Une des conditions<br>De Gb non satisfaire   | Grave propre<br>Mal graduée  |
|            |                                                            | Plus de 12% D'été< 0.08 mm       | GL       | L'imate d'Atterberg<br>Au-dessus de A<br>(2) | Grave<br>limoneuse           |
|            |                                                            |                                  | GA       | L'imate d'Atterberg<br>Au-dessus de A<br>(2) | Grave<br>argileuse           |
| SABLES     | Plus de 50 % des éléments > 0.08 mm ont un diamètre < 2 mm | Moins de 5% D'éléments < 0.08 mm | Sb       |                                              | Sable propre<br>Bien gradué  |
|            |                                                            |                                  | Sm       | Une des conditions<br>De Sb non satisfaire   | Sable propre<br>Mal gradué   |
|            |                                                            | Plus de 12% D'été< 0.08 mm       | SL       | L'imate d'Atterberg<br>Au-dessus de A<br>(2) | Sable<br>Limoneux            |
|            |                                                            |                                  | SA       | L'imate d'Atterberg<br>Au-dessus de A<br>(2) | Sable<br>argileux            |

Lorsque le pourcentage des éléments inférieurs à 0.08 mm est compris entre 5 et 12 % on utilise un Double symbole.

1. D10,D30,D60, : dimension auxquelles sont inférieurs respectivement 10%, 30%, 60% en poids des grains.
2. La ligne A relie sur le diagramme (Ip, WL) donné ci-contre, les points représentatifs d'un certain nombre de sols et sépare la zone des argiles (au-dessus de A) de celle des limons (au dessous de A).

## CLASSIFICATION DES SOLS FINS



## 3/ - CONDITION D'EMPLOI

A partir de cette classification le C.P.C décrit les conditions de réemploi de ces sols.

## a) En Remblai (tableau à la page suivante)



| CLASSE DE SOL<br>(classification L.P.C) |                |                                                                          | CONDITIONS D'UTILISATION                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                      |                                           |
|-----------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                         |                |                                                                          | Remblais de plus de 8 m de hauteur (H)                                                                                                                               | Remblais de plus de 8 m de hauteur                                                                                                                                   | Remblais traités ou protégés              |
| grenus                                  | Sols graveleux | G b<br>G m<br>G b. G L<br>G m. G L<br>G b. G A<br>G m. G A<br>G<br>G A   | Sans restriction<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>Si f > 35 % - IP < 20<br>0.7 0.7                                               | Sans restriction<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>Si f > 35 % - IP < 50<br>0.7 0.7                                               |                                           |
|                                         |                | S b<br>S m<br>S b. S L<br>S b. S A<br>S m. S L<br>S m. S A<br>S L<br>S A | Sans restriction<br>Avec couverture<br>Anti-érosive<br>Sans restriction<br>0.7 0.7<br>avec couverture<br>anti-érosive<br>0.7 0.7<br>Si f > 35 % - IP < 20<br>0.7 0.7 | Sans restriction<br>Avec couverture<br>Anti-érosive<br>Sans restriction<br>0.7 0.7<br>avec couverture<br>anti-érosive<br>0.7 0.7<br>Si f > 35 % - IP < 50<br>0.7 0.7 |                                           |
| sols fins                               | Sols fins      | L P<br>A P<br>L t<br>A t<br>O t                                          | Sans restriction<br>IP < 20<br>0.7 0.7<br>interdit<br>interdit                                                                                                       | Sans restriction<br>IP < 50 et f x IP < 2500<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>interdit                                                                                       | IP > 50<br>0.7 0.7<br>0.7 0.7<br>interdit |

Légende : IP= indice de plasticité

F = % des éléments inférieurs à 0,08 mm

H = distance verticale maximale séparant le terrain naturel du niveau supérieur de la plate-forme mesurée à l'axe de la route.

## b) En couche de forme

Les sols pour couche de forme ne devront pas avoir d'éléments dont la plus grande dimension excède cent (100) millimètres.

Sous ces conditions sont utilisables ou réutilisables en couche de forme les sols suivants, Sans traitement :

- Les sols grenus de la classification L.P.C., dont l'indice de plasticité est inférieur à 10, à l'exception des sols Sm, Sm SL, Sm SA.
- Les sols rocheux non évolutifs bien gradués.

Avec traitement à définir par un laboratoire agréé :

- Les sols dont l'indice de plasticité est inférieur à 20 ainsi que les sols des types Sm, Sm SL et Sm SA.

Si le C.P.S. l'exige, les sols pour couche de forme devront en outre respecter la règle des filtres vis-à-vis des remblais en place.

## **ANNEXE B-6-5 :** **Evaluation des problèmes de terrassement à l'aide de la** **recommandation pour les terrassements routiers (R.T.R) du** **SETRA/LCPC.**

### **PRESENTATION**

La R.T.R est un document élaboré par la SETRA/ LCPC pour aider les services constructeurs en ce qui concerne les conditions d'utilisation des sols en remblai et en couche de forme, le compactage, le contrôle des travaux et les techniques particulières de terrassement.

Par conséquent, avec le contenu du C.P.C, on constate que ce document va au-delà des conditions de réutilisation des sols et c'est en cela que son utilité peut être appréciée pour l'évaluation des problèmes de terrassement.

A partir des mêmes essais d'identification la R.T.R préconise un autre système de classification résumé dans le tableau ci-après.

|                                                                        |                                                                         |                                        |                                |         |    |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|---------|----|
| Sols fins<br>A                                                         | D < 50 mm<br>Tamisât<br>à 80 µm > 35%                                   | IP < 10                                |                                |         | A1 |
|                                                                        |                                                                         | 10 < IP < 20                           |                                |         | A2 |
|                                                                        |                                                                         | 20 < IP < 10                           |                                |         | A3 |
|                                                                        |                                                                         | IP > 50                                |                                |         | A4 |
| Sols sableux et graveleux<br>avec fines<br>B                           | D < 50 mm<br>Tamisât à 80 µm<br>Entre 5 et 35%                          | Tamisât<br>à 80 µm<br>de 5 à 12%       | Refus à 2mm<br>Inférieur à 30% | ES > 35 | B1 |
|                                                                        |                                                                         |                                        |                                | ES < 35 | B2 |
|                                                                        |                                                                         |                                        | Refus à 2mm<br>Supérieur à 30% | ES > 25 | B3 |
|                                                                        |                                                                         |                                        |                                | ES > 25 | B4 |
|                                                                        |                                                                         | Tamisât à<br>80 µm faible              | IP < 10                        |         | B5 |
|                                                                        |                                                                         |                                        | IP > 10                        |         | B6 |
| Sols comportant des fines<br>et des gros éléments<br>C                 | D > 50 mm<br>Tamisât à<br>80 µm > 5%                                    | Tamisât à 80 µm élevé                  |                                |         | C1 |
|                                                                        |                                                                         | Tamisât à 80 µm<br>faible              | D < 250 mm                     |         | C2 |
|                                                                        |                                                                         |                                        | D > 250 mm                     |         | C3 |
| Sols et<br>roches<br>insensibles à<br>l'eau<br>D                       | Tamisât à<br>80 µm > 5%                                                 | D < 50mm                               | Refus à 2mm inférieur à 30%    |         | D1 |
|                                                                        |                                                                         |                                        | Refus à 2mm supérieur à 30%    |         | D2 |
|                                                                        |                                                                         | 50 mm < D < 250 mm                     |                                |         | D3 |
|                                                                        |                                                                         | D > 250 mm                             |                                |         | D4 |
| Roches évolutives<br>E                                                 | Matériaux à structure fine,<br>fragile avec peu ou pas<br>d'argile.     | NON CONSIDERES<br><br>DANS CE DOCUMENT |                                |         | E1 |
|                                                                        | Matériaux à structure<br>grossière, fragile avec peu<br>ou pas d'argile |                                        |                                |         | E2 |
|                                                                        | Matériaux évolutifs<br>argileux                                         |                                        |                                |         | E3 |
| Matériaux putrescibles,<br>combustibles, solubles ou<br>polluants<br>F |                                                                         |                                        |                                |         | F  |

## **ANNEXE B-6-6 : CLASSIFICATION DES ROCHES**

Est présenter ici une classification des roches et des massifs rocheux, en vue de leur réutilisation en remblai ou leur exploitation en carrière.

### **1) Dénomination des roches**

|                          |                                             |                                                                                                       |
|--------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ROCHES<br>ERUPTIVES      | Famille des Granites                        | Granite, granulite, granodiorite.<br>Syénite, microgranite, rhyolite.<br>Rhyodacite, trachyte, tuf... |
|                          | Famille des Diorites                        | Diorité, diorite quatziq, micro-Diorite, andésite, dacite, trachyandésite, lamprophyre...             |
|                          | Famille des Basaltes<br>Et Gabbros          | Gabbro, dolérite, diabase, ophite basalte, trapp, serpentinite, Périodotite...                        |
| ROCHES<br>METAMORPHIQUES | Roches métamor-<br>Phiques massive          | Gneiss, amphibolites, cornéennes quartzites, marbres, calcaires cris-Tallins, leptynites, migmatites  |
|                          | Roches métamor-<br>Phiques schisteuses      | Schistes, micaschistes, phyllades<br>Ardoises, calceschites, schistes cristallins                     |
| ROCHES<br>SEDIMENTAIRES  | Roches sédimentaire<br>Carbonatée           | Calcaires, craies, dolomies, cagneules, travertins                                                    |
|                          | Roches sédimentaire<br>Silicieuses          | Grés, grés quartzitiques molasses, meulière, silex arbores                                            |
|                          | Roches sédimentaire<br>Carbonato-silicatées | Marnes, calcaires marneux, argiles, grau-wacks                                                        |
|                          | Roches solubles                             | Sel gemme, gypse, anhydrite, potasse                                                                  |

### **2) Description du massif rocheux**

#### **2.1 Description de l'état d'altération du massif rocheux**

| Classe | Description                                                                                                                 | Terminologie        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| AM 1   | Pas de signe visible d'altération ou très légères traces d'altération limitées aux surfaces des discontinuités principales. | Sain                |
| AM 2   | Les surfaces des discontinuités principales sont altérées mais la roche n'est que légèrement altérée.                       | Légèrement altéré   |
| AM 3   | L'altération s'étend à toute la masse rocheuse, mais la roche n'est pas friable.                                            | Moyennement altéré  |
| AM 4   | L'altération s'étend à toute la masse rocheuse et la roche est en grande partie friable.                                    | Très altéré         |
| AM 5   | La roche est entièrement décomposée et très friable. Cependant, la texture et la structure de la roche sont conservées.     | Complètement altéré |

**Notes**

(1) Dans le cas de roches altérées contenant un fort pourcentage de minéraux argileux le matériau peut présenter de la plasticité plutôt que de la friabilité.

Lorsque cela est possible, on précisera s'il s'agit d'une altération essentiellement météorique ou d'une altération d'origine profonde, hydrothermale

## 2.2 Etat de discontinuité du massif rocheux

L'état est décrit par deux paramètres :

- Le nombre N de familles principales de discontinuité (joints de stratification, litage, schistosité, diaclase).

| Classe |        | Description                                                                      |
|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------------|
| N 1    |        | Pas de discontinuité ou quelques discontinuités diffuses                         |
| N 2    | a<br>b | Une famille principale                                                           |
|        |        | Une famille principale et des discontinuités diffuses.                           |
| N 3    | a<br>b | Deux familles principales                                                        |
|        |        | Deux familles principales et des discontinuités diffuses.                        |
| N 4    | a<br>b | Trois (et plus) familles principale                                              |
|        |        | Trois (et plus) familles principale et des discontinuités diffuses               |
| N 5    |        | Nombreuses discontinuités sans hiérarchisation si constance dans la répartition. |

- L'emplacement S ou E (cm) entre les discontinuités de chaque famille.

| Classe     |           | (S) ou (E)<br>(cm) | Description                                 |                         |
|------------|-----------|--------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| Espacement | Epaisseur |                    | Espacement des discontinuités d'une famille | Epaisseur des bancs     |
| S 1        | E 1       | 200                | Discontinuités très espacées                | Bancs très épais        |
| S 2        | E 2       | 60 à 200           | Discontinuités Espacées                     | Bancs épais             |
| S 3        | E 3       | 20 à 60            | Discontinuités moyennement espacées         | Bancs moyennement épais |
| S 4        | E 4       | 6 à 20             | Discontinuités Rapprochées                  | Bancs minces            |
| S 5        | E 5       | 6                  | Discontinuités Très rapprochées             | Bancs très minces       |

### 3) Résistance De La roche

Résistance à la compression axiale (préciser l'orientation par rapport à une direction de la roche ou du massif).

| Classe | Résistance $\sigma_c$ (Mpa) | Description            |
|--------|-----------------------------|------------------------|
| R 1    | > 200                       | Résistance très élevée |
| R 2    | 200 à 60                    | Résistance élevée      |
| R 3    | 60 à 20                     | Résistance moyenne     |
| R 4    | 20 à 6                      | Résistance faible      |
| R 4    | < 6                         | Résistance très faible |

### 4) Rippabilité des sols rocheux

Le C.P.C – article 12 prévoit le classement des déblais rocheux en 2 catégories : rocher non compact et rocher compact.

#### ROCHER NON COMPACT

Sont considérés comme déblais en rocher non compact, ceux qui peuvent être extraits au moyen d'un ripper à une dent portée équipant un tracteur de moins de 3 ans d'âge et de 350 chevaux au plus.

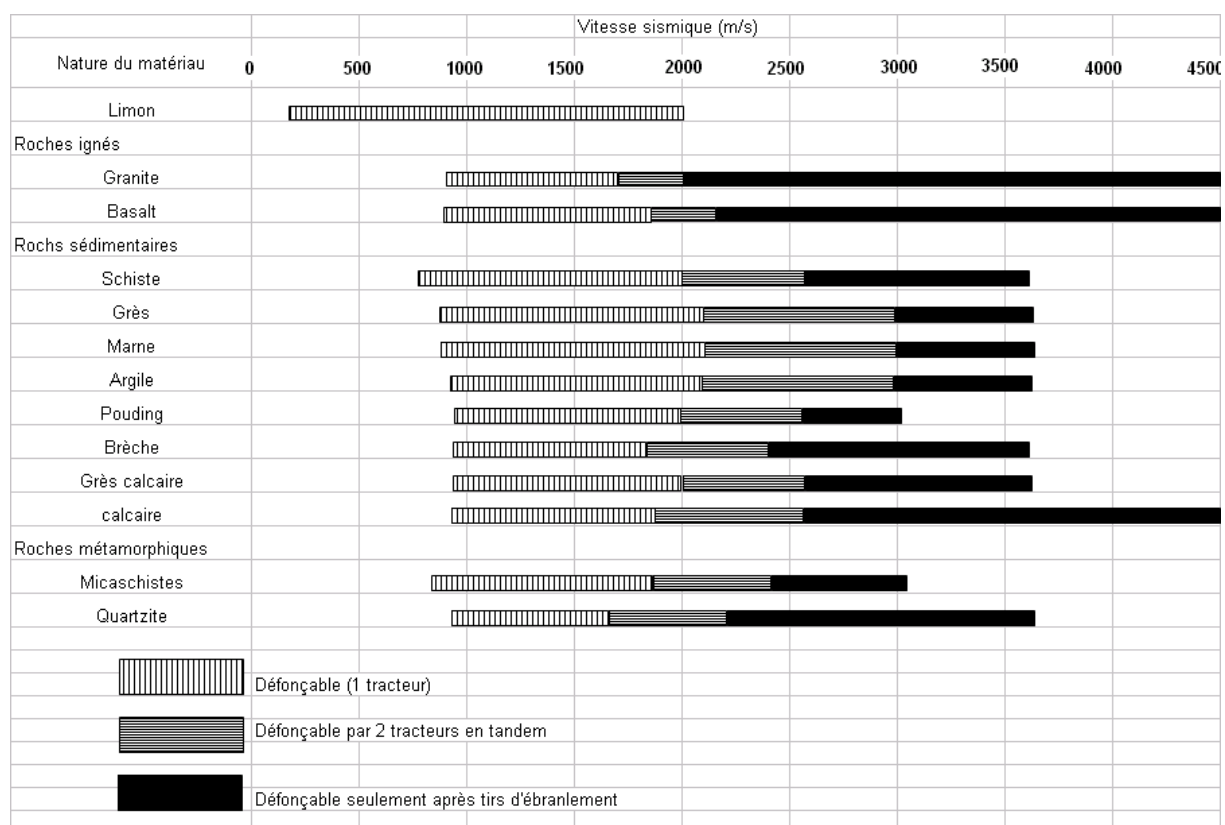
## ROCHER COMPACT

Sont considérés comme déblai en rocher compact, les déblais qui ne peuvent être extraits au ripper défini à l'alinéa précédent.

Les moyens de prévoir dès la reconnaissance cette rippabilité sont divers, mais aussi souvent contradictoires :

a- sismique réfraction avec échelle de rippabilité en fonction de la vitesse du son de la nature du matériau.

### Echelle de Rippabilité CATERPILLAR



b- Microsismique dans les sondages avec échelle reliée à la vitesse du son.

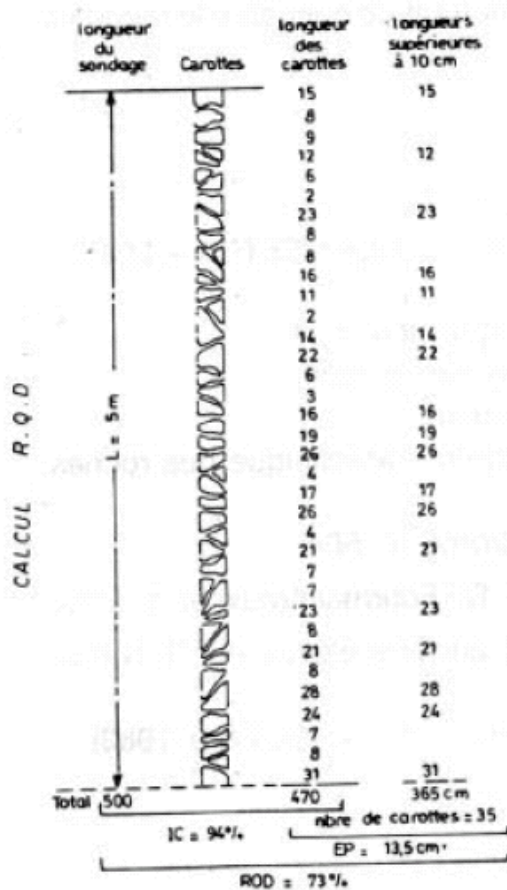
c- Nature, état et caractéristiques mécaniques de la roche.

A titre d'exemple :

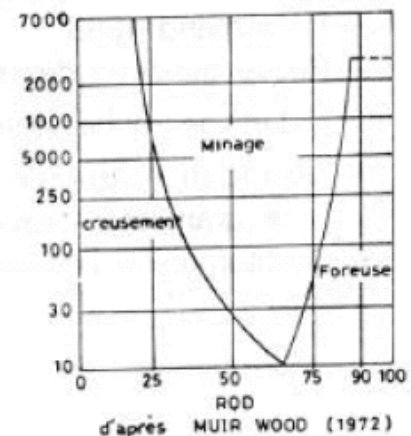
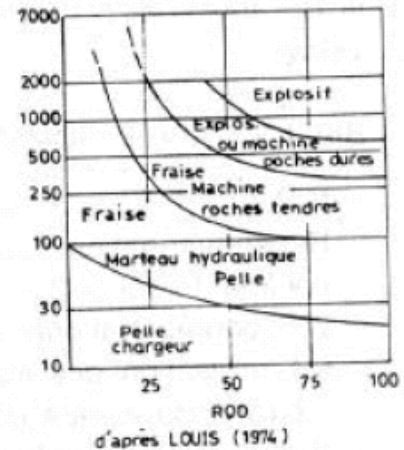
- Définition de R Q D (Rock Quality Désignation).

$$RQD = \frac{\text{Longueur des carottes de longueur} > 10 \text{ cm}}{\text{Longueur de la passe de sondage}} \times 100$$

-  $\sigma_c$  résistance à la compression simple.



$\sigma_c$  Résistance en  $d_a$  N/cm<sup>2</sup>



d- Enfin souvent le problème ne peut être résolu qu'après une tranchée expérimentale à la pelle hydraulique de 300 CV, qui permet de recalibrer toutes les données.

Par ailleurs, même si un sol peut être considéré comme rippable, il peut être plus utile pour sa réutilisation de prévoir un tir de fragmentation en place.



## **ANNEXE B-6-7 :** **STABILITE DES TALUS ET DES VERSANTS**

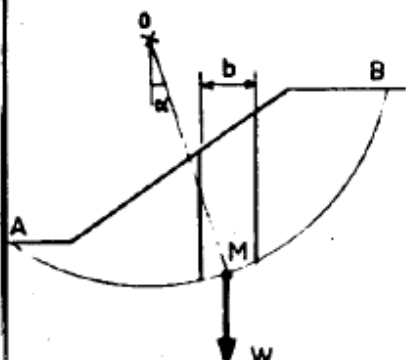
Dans ce chapitre sont rassemblés des documents divers relatifs à la stabilité des talus et des versants.

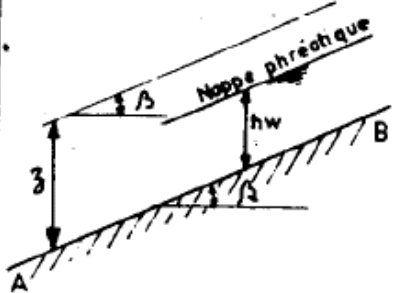


## CLASSIFICATION DES MOUVEMENTS DES TERRES

| SURFACE DE RUPTURE DEFINIE ou NON | RELATION DE LA SURFACE DE RUPTURE AVEC LA GEOLOGIE                                                  | REMANIEMENT INTERNE | FORME DE LA SURFACE DE RUPTURE     | TERRAINS CONCERNES             | EXTENSION des MASSES OU MOUVEMENT | ZONE DE DEPART | CLASSE                                | TYPE                                | SCHEMA |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| SURFACE DE RUPTURE DEFINIE        | SURFACE DE RUPTURE INDEPENDANTE DE LA STRUCTURE GEOLOGIQUE DES TERRAINS OU DANS UN TERRAIN HOMOGENE | FAIBLE              | CIRCULAIRE                         | TOUS SAUF ROCHES DURES         | FAIBLE A MOYENNE                  | EXISTANTE      | GLISSEMENTS DE TERRAIN AU SENS STRICT | GLISSEMENT CIRCULAIRE               |        |
|                                   |                                                                                                     |                     | PLANE                              |                                |                                   |                |                                       | GLISSEMENT PLAN                     |        |
|                                   |                                                                                                     |                     | MIXTE                              |                                |                                   |                |                                       | GLISSEMENT MIXTE                    |        |
|                                   |                                                                                                     | FORT                | QUELCONQUE                         | SOLS MEUBLES                   | FAIBLE A MOYENNE                  | EXISTANTE      | COULEES                               | COULEE DE TERRE                     |        |
|                                   |                                                                                                     |                     |                                    |                                |                                   |                |                                       | COULEE DE BOUE                      |        |
|                                   |                                                                                                     |                     |                                    |                                | FORTE A TRES FORTE                |                |                                       |                                     |        |
| SURFACE DE RUPTURE DEFINIE        | DANS UNE COUCHE ET EN RELATION AVEC LA GEOMETRIE                                                    | ?                   | ?                                  | SOLS MEUBLES                   | FAIBLE                            | INEXISTANTE    | ECROULEMENTS                          | SOLIFLUXION                         |        |
|                                   |                                                                                                     |                     |                                    |                                |                                   |                |                                       |                                     |        |
|                                   |                                                                                                     | FAIBLE              | SELON LA STRUCTURE GEOLOGIQUE      | TOUS SAUF TRES DURS            | FAIBLE A MOYENNE                  | EXISTANTE      | GLISSEMENTS DANS UNE COUCHE           | GLISSEMENT DE BLOC                  |        |
|                                   |                                                                                                     |                     |                                    |                                |                                   |                |                                       | GLISSEMENT DE BLOC ET ECROULEMENT   |        |
|                                   |                                                                                                     | FORT                | SELON LA LIMITE ENTRE LES TERRAINS | TOUS ALTERATIONS SOL SUR ROCHE | FAIBLE A FORTE                    | EXISTANTE      | GLISSEMENTS SUR COUCHE                | GLISSEMENT SELON LA STRATIFICATION  |        |
|                                   |                                                                                                     |                     |                                    |                                |                                   |                |                                       | GLISSEMENT SUPERFICIEL D'ALTERATION |        |
|                                   |                                                                                                     | VARIABLE            | PAS                                | ROCHES                         | FAIBLE                            |                | FAUCHAGE                              |                                     |        |
|                                   |                                                                                                     |                     |                                    |                                |                                   |                |                                       |                                     |        |
|                                   |                                                                                                     | NON DEFINIE         |                                    |                                |                                   |                |                                       |                                     |        |
|                                   |                                                                                                     |                     |                                    |                                |                                   |                |                                       |                                     |        |

## FORMULES ET ABAQUES POUR L'ETUDE DE STABILITE

| TYPES DE RUPTURE ET DEFINITIONS                                                                                                                                                                                                                                                  | CAS                                                                                                                                                        | FORMULES OU ABAQUES                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>RUPTURE CIRCULAIRE</b></p>  <p> <math>T = W \sin \alpha</math><br/> <math>N = W \cos \alpha</math><br/> <math>\varphi</math> et <math>c</math> caractéristiques du sol en M.         </p> | <p><b>FELLENIUS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cas général</li> <li>• Contraintes effectives</li> <li>• Contraintes totales</li> </ul>   | $F_s = \frac{\sum_{i=1}^n c' \frac{b}{\cos \alpha} + (N - \frac{ub}{\cos \alpha}) \tan \varphi'}{\sum_{i=1}^n T} \quad (4) \text{ bis}$                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p><b>MILIEU HOMOGENE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formule générale</li> <li>- Méthode graphique</li> <li>• Sol pulvérulent</li> </ul> | $F_s = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \frac{b}{\cos \alpha} + N \tan \varphi_i}{\sum_{i=1}^n T} \quad (1)$                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                            | $F_s = \frac{c \widehat{AB} + \tan \varphi \sum N}{\sum T} \quad (2)$                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                            | $F_s = \frac{\frac{c}{\gamma} \widehat{AB} + Sb \tan \varphi}{S_c} \quad (3)$                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  | • Sol cohérent                                                                                                                                             | <p>sans écoulement <math>F_s = \frac{\tan \varphi}{\tan \beta} \quad (10)</math></p>                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  | • Talus vertical                                                                                                                                           | <p>écoulement :</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  | (Hauteur critique : $H_c$ pour $F_s = 1$ )                                                                                                                 | <p>- parallèle à la pente <math>\tan \beta = \frac{1}{2} \tan \varphi \quad (11)</math></p>                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                            | <p>- horizontal <math>\beta = \frac{1}{2} \varphi \quad (12)</math></p>                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                            | <p>- Abaque de TAYLOR BIAREZ - Fig. 25</p>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                            | <p>• sans fissure <math>H_c = \frac{3,85 c}{\gamma} \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (15)</math></p>                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>BISHOP simplifiée</b>                                                                                                                                   | <p>• fissures de traction <math>H_c = \frac{2,67 c}{\gamma} \left( \tan \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (15)^{ter}</math></p> $F_s = \frac{1}{\sum_{i=1}^n T} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(W - ub) \tan \varphi' + cb}{\cos \alpha + \sin \alpha \frac{\tan \varphi'}{F_s}} \right] \quad (6)$ |

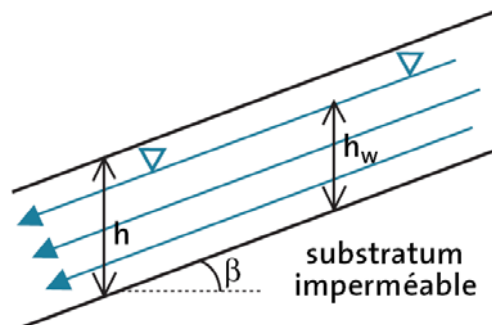
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>RUPTURE PLANE</b></p>  <p><math>\sum \gamma h</math> = poids total des terres au dessus du plan de glissement AB (contraintes totales)</p> <p><math>P_p</math> composante selon AB de la butée aval<br/> <math>P_a</math> composante selon AB de la poussée amont</p> | <p><b>PENTE INFINIE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Avec écoulement // à la pente.</li> <li>Pas de nappe</li> </ul> | $F_s = \frac{c' + (\sum \gamma h - \gamma_w h_w) \cos^2 \beta \tan \varphi'}{\sin \beta \cos \beta \sum \gamma h} \quad (7)$ $F_s = \frac{c + \gamma \sum \cos \beta^2 \tan \varphi'}{\gamma \sin \beta \cos \beta} \quad (8)$ |
| <p><b>BARRAGES EN TERRE</b></p> <p><math>W'</math> : poids déjaugé<br/> <math>W</math> : poids saturé</p>                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>— Surface phréatique</p>                                                                                                        | <p>Parabole de Kozeny (16) à (16) ter</p>                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>— Règle de Lane</p>                                                                                                             | <p>Formule (17)</p>                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Stabilité à court terme</li> </ul>                                                          | <p>avec <math>\varphi_u</math> et <math>c_u</math> § VIII.31</p>                                                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Stabilité à long terme</li> </ul>                                                           | <p>— réseau d'écoulement avec <math>\varphi'</math> et <math>c'</math> § VIII.32</p>                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vidange rapide</li> </ul>                                                                   | $F_s = \frac{\sum c' \ell + \sum W' \cos \alpha \tan \varphi'}{\sum W \sin \alpha} \quad (18)$                                                                                                                                 |

## Remblais sur versants inclinés et grands remblais

L'étude de la stabilité des remblais sur versants est faite suivant les mêmes principes que ceux utilisés pour la stabilité des pentes avec ici surface de glissement dans le massif de fondation.

Des adoucissements de pente ou des banquettes peuvent être prévues pour assurer la stabilité des remblais.

Le versant, de pente constante, est formé de colluvions reposant sur un substratum imperméable (Figure suivante). La nappe est à une hauteur  $h_w$  et l'eau s'écoule parallèlement à la pente dans la couche de sol. Pour un glissement à l'interface sol/substratum, la stabilité est évaluée au moyen du coefficient de sécurité  $F$ , rapport des forces résistantes mobilisables aux forces motrices.



Stabilité d'une pente infinie

Dans ce cas,  $F$  est égal au rapport de la résistance au cisaillement  $\tau_f$  donnée par (\*) à la contrainte de cisaillement sur l'interface, et l'on a :

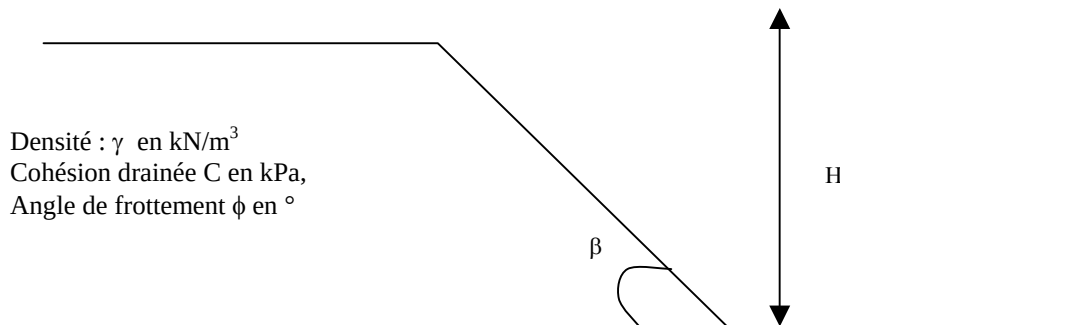
$$F = \frac{c}{\gamma h \sin \beta \cos \beta} + \left(1 - \frac{\gamma_w h_w}{\gamma h}\right) \frac{\tan \varphi}{\tan \beta} \quad (*)$$

$F$  décroît lorsque  $h_w$  augmente et, pour  $h_w = h$  (nappe affleurante), dans le cas courant d'un sol sans cohésion à long terme ( $c = 0$ ), avec  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , on trouve que le coefficient de sécurité est réduit de moitié environ par rapport à l'état sec (\*\*).

$$F \approx \frac{1}{2} \frac{\tan \varphi}{\tan \beta} \quad (**)$$

## Méthode pratique

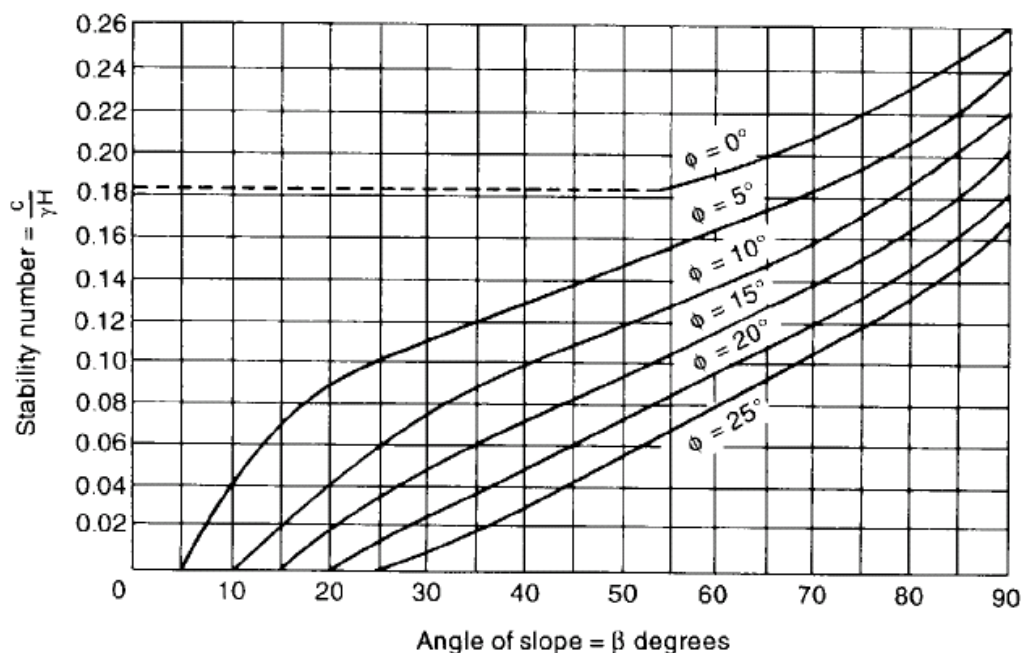
Le graphique suivant illustre les hypothèses du calcul :



Le graphique suivant illustre la méthode de Taylor 1948 pour la détermination du facteur de sécurité d'un talus dans un sol homogène sans prise en compte de l'effet de la nappe.

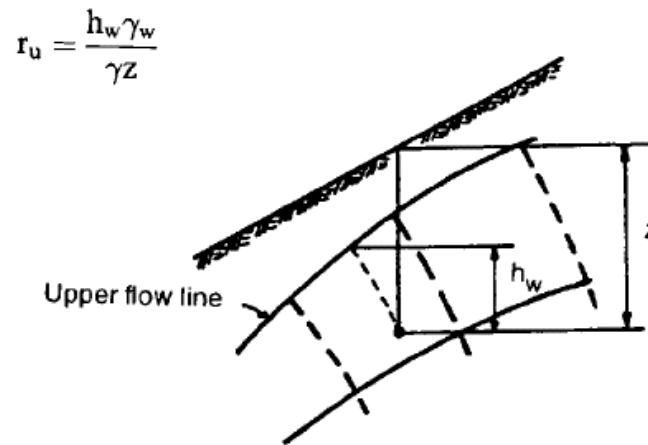
La méthode consiste à déterminer graphiquement, pour un couple  $(\beta, \phi)$  donné, la cohésion minimale  $C_m$  pour avoir un talus stable.

Le facteur de sécurité réel du talus est donné par le rapport  $C/C_m$ .



Détermination du facteur de sécurité par une analyse en contrainte totale (D'après Taylor (1948))

En cas de nappe, on introduit le coefficient  $ru$  qui exprime la pression d'eau à une profondeur donnée dans le massif (Cf. figure ci après pour la définition de  $ru$ ).



Dans la pratique ce facteur varie entre 0.0 et 0.7.

Une des méthodes les plus rapides pour déterminer le facteur de sécurité d'un talus consiste à utiliser les abaques de Bishop et Morgenstern (1960).

Le facteur de sécurité est déterminé par la formule suivante :

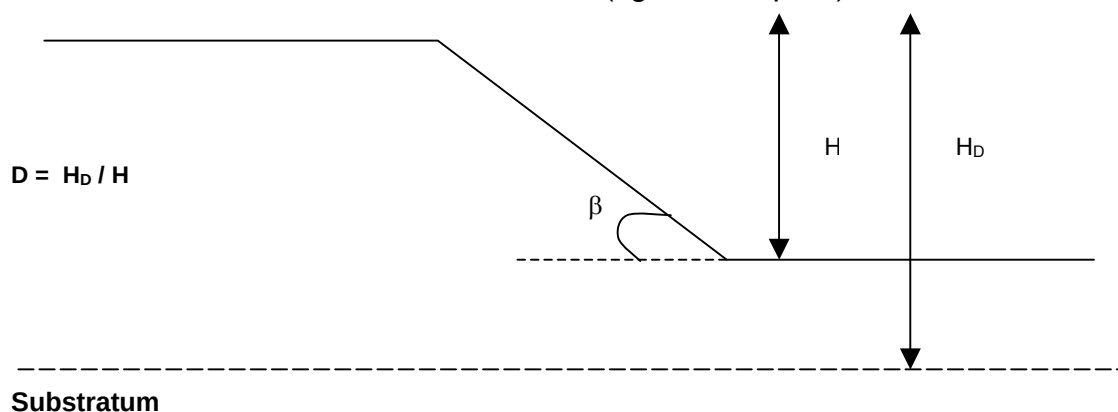
$$F = m - nr_u$$

Où :

F : le facteur de sécurité,

n, m : coefficients déterminés par des abaques, (n : représente l'effet des pressions interstitielles sur le facteur F). Ces coefficients dépendent de :  $C' / (\gamma H)$ , la pente du talus  $\beta$  et de l'angle de frottement  $\phi'$ .

Les abaques font apparaître un facteur de profondeur D, il s'agit du rapport entre la profondeur du substratum et la hauteur du talus (figure ci - après).

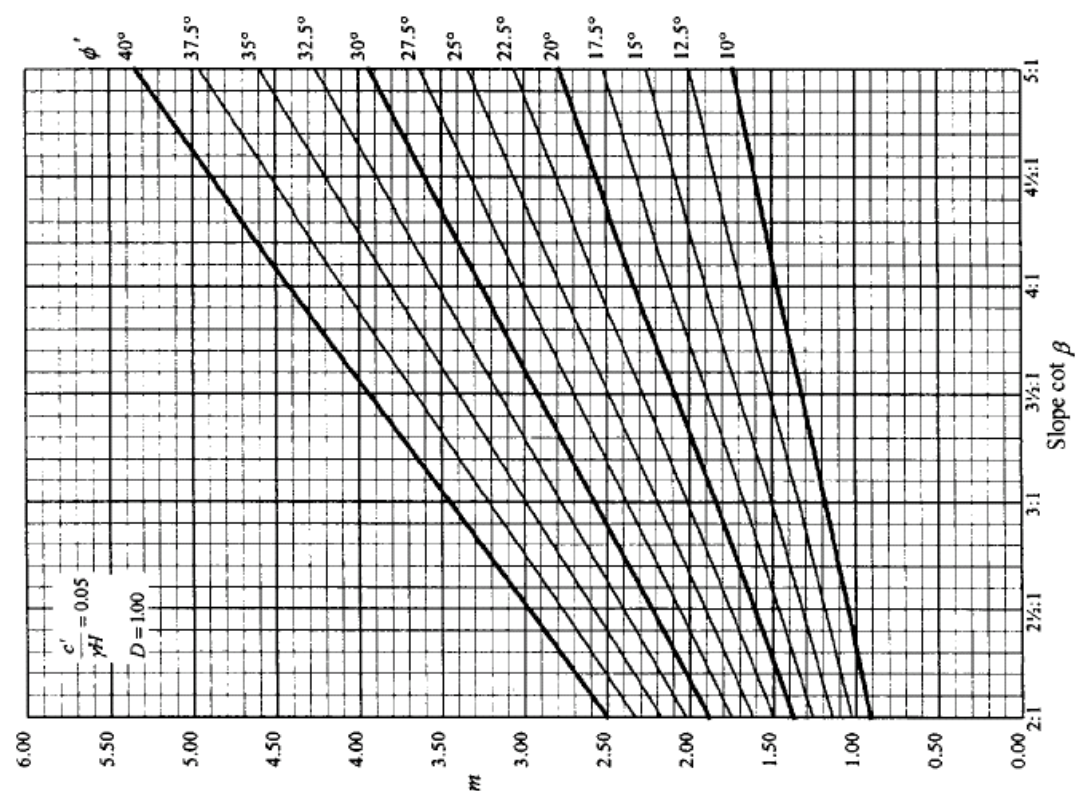
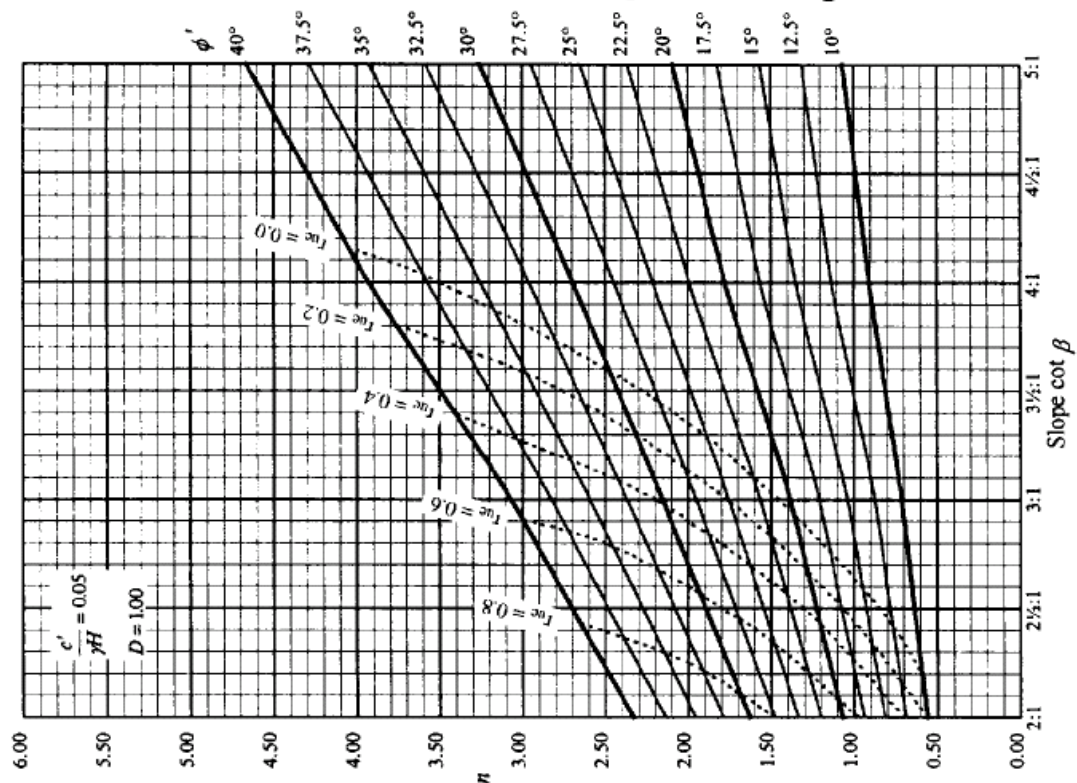


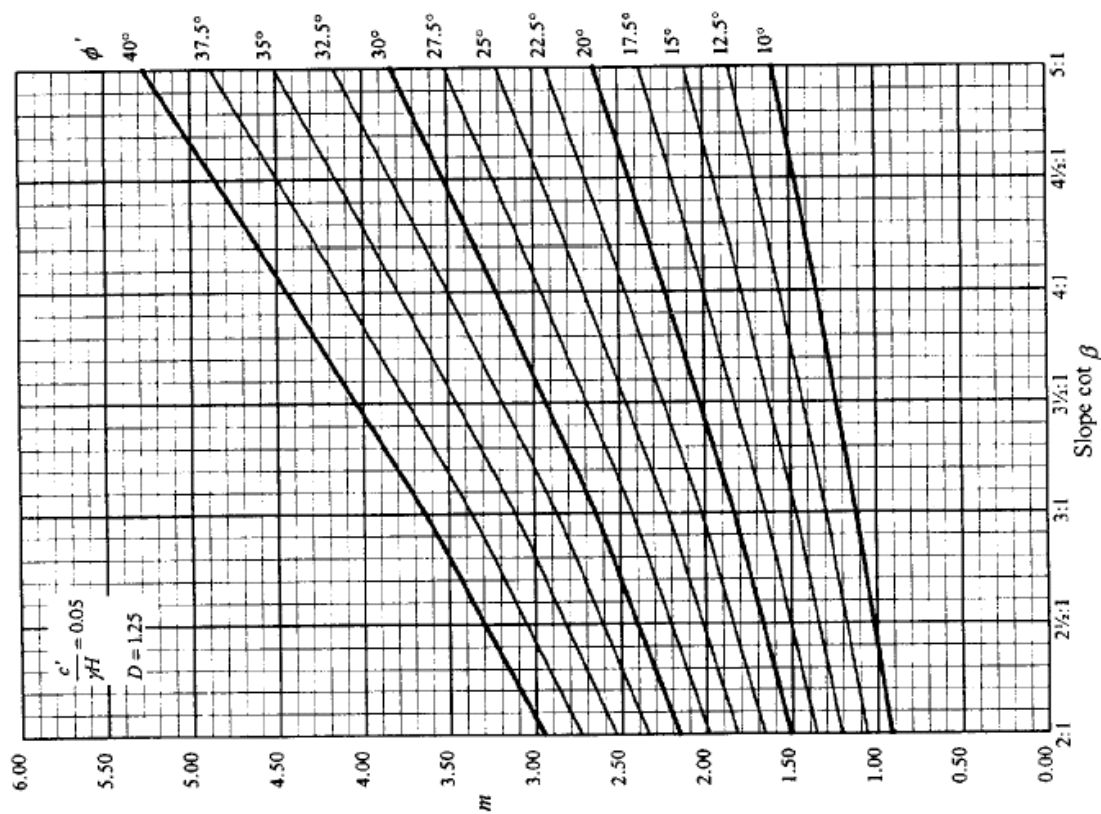
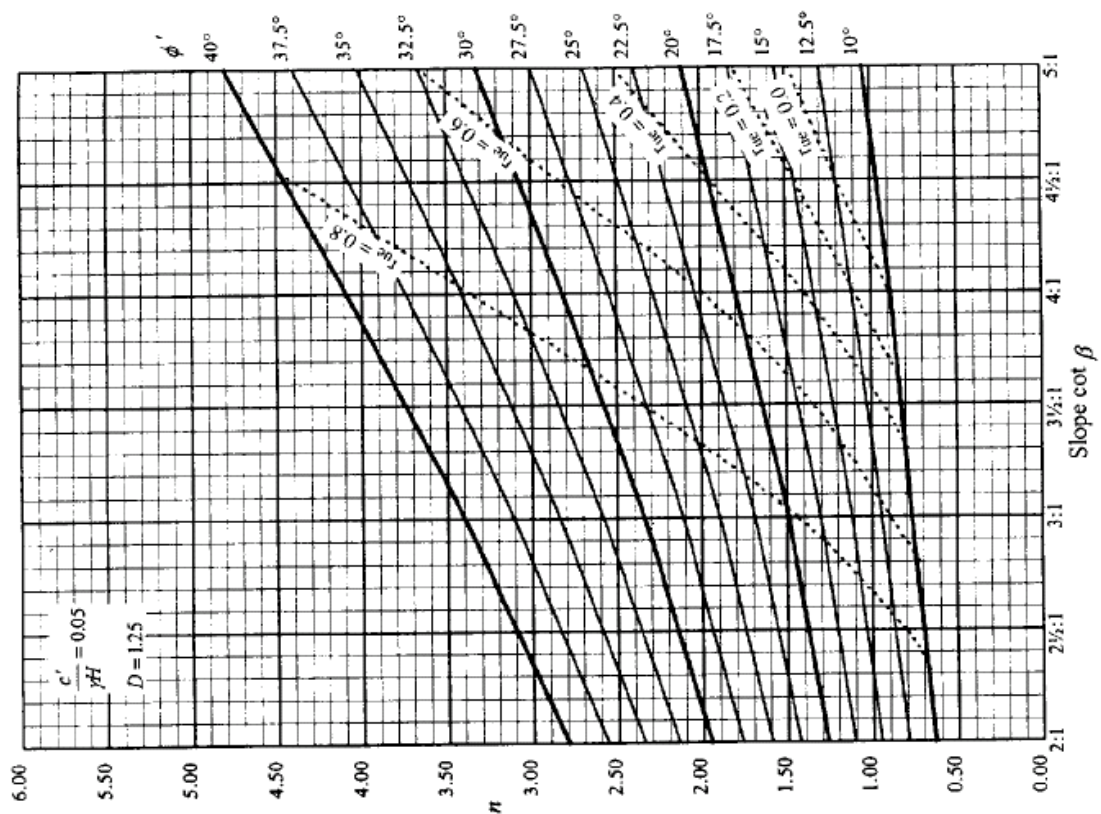
Il est à noter que les cas intermédiaires sont déterminés par interpolation.



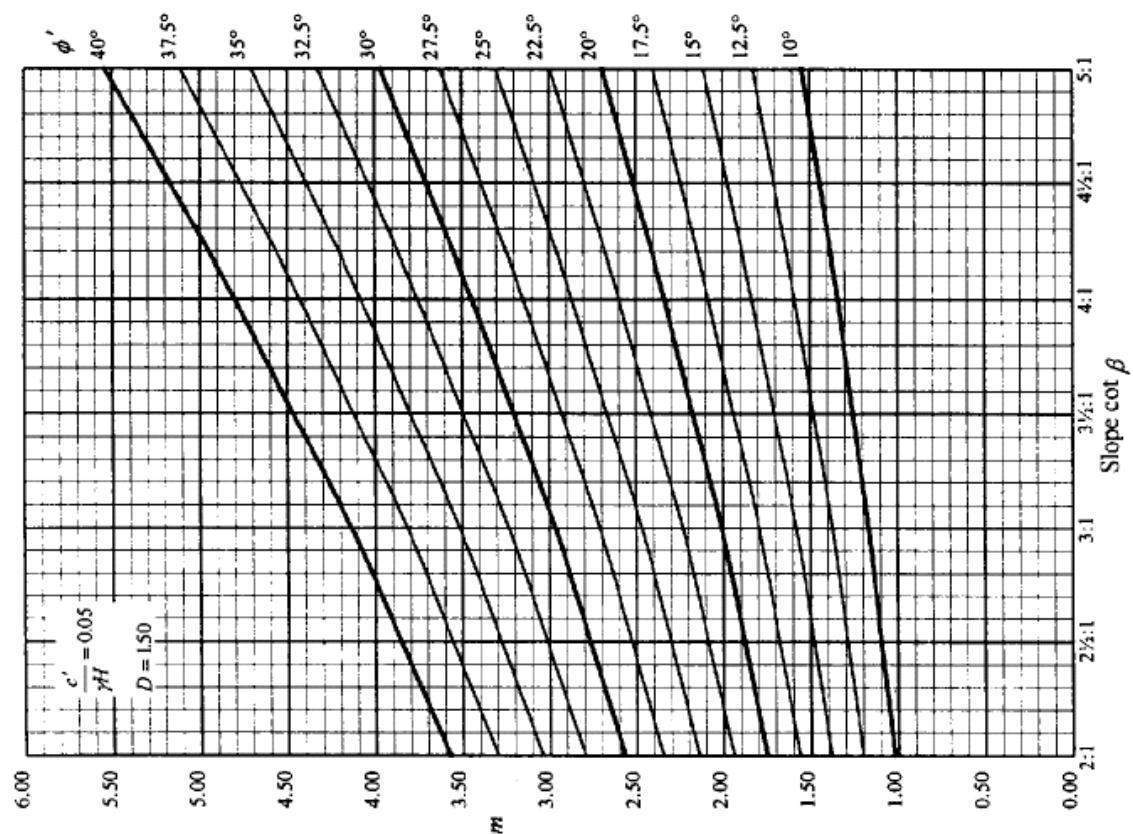
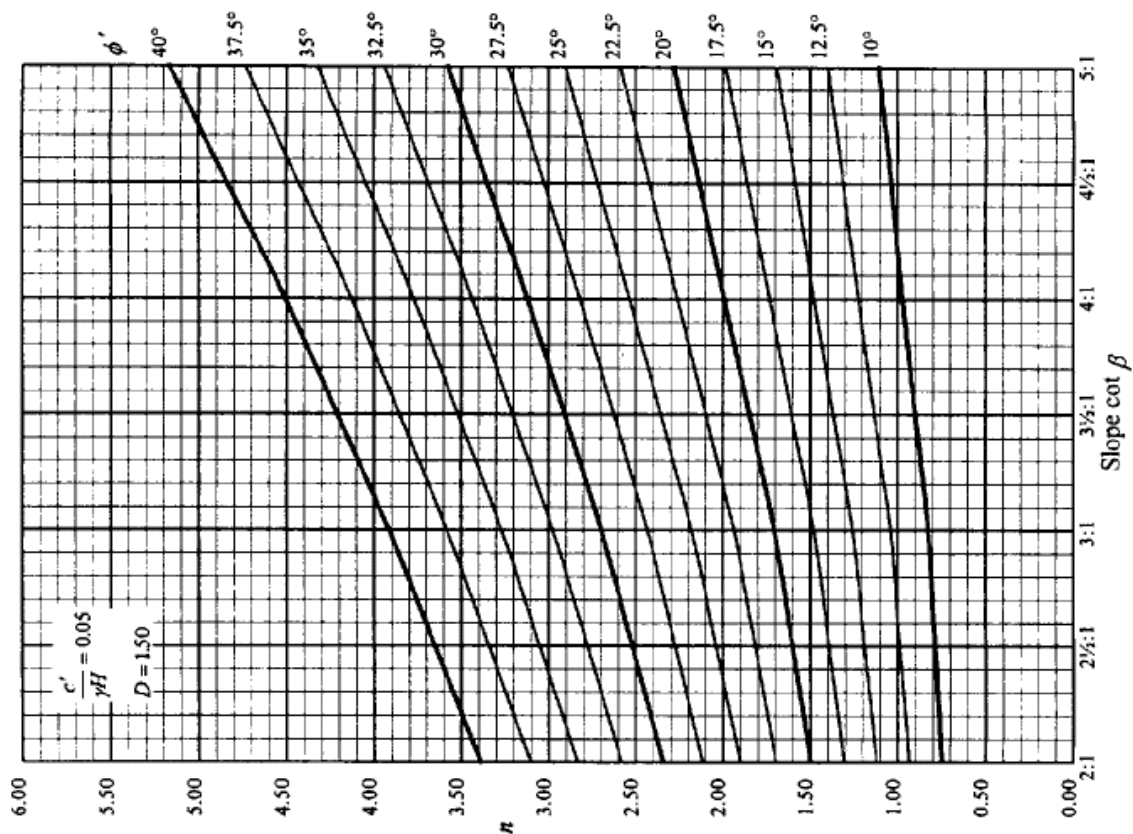
**Stability coefficients for earth slopes**

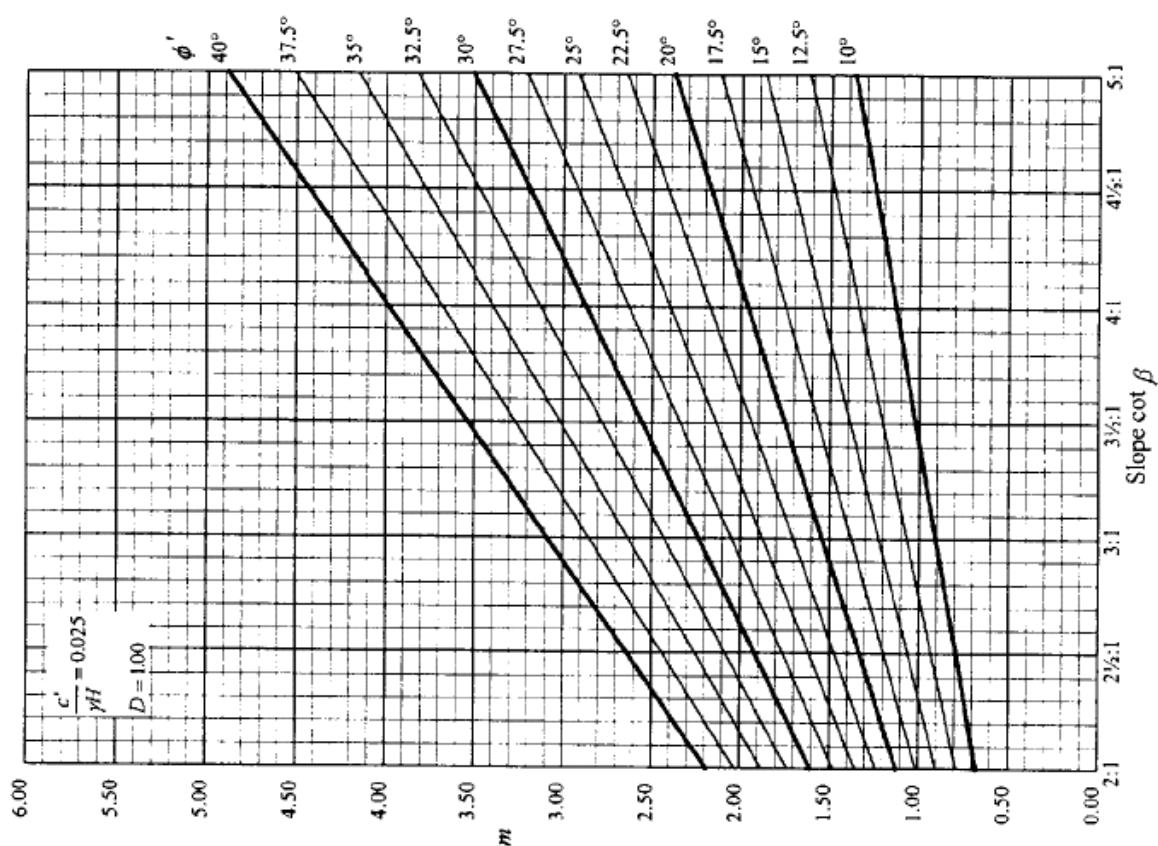
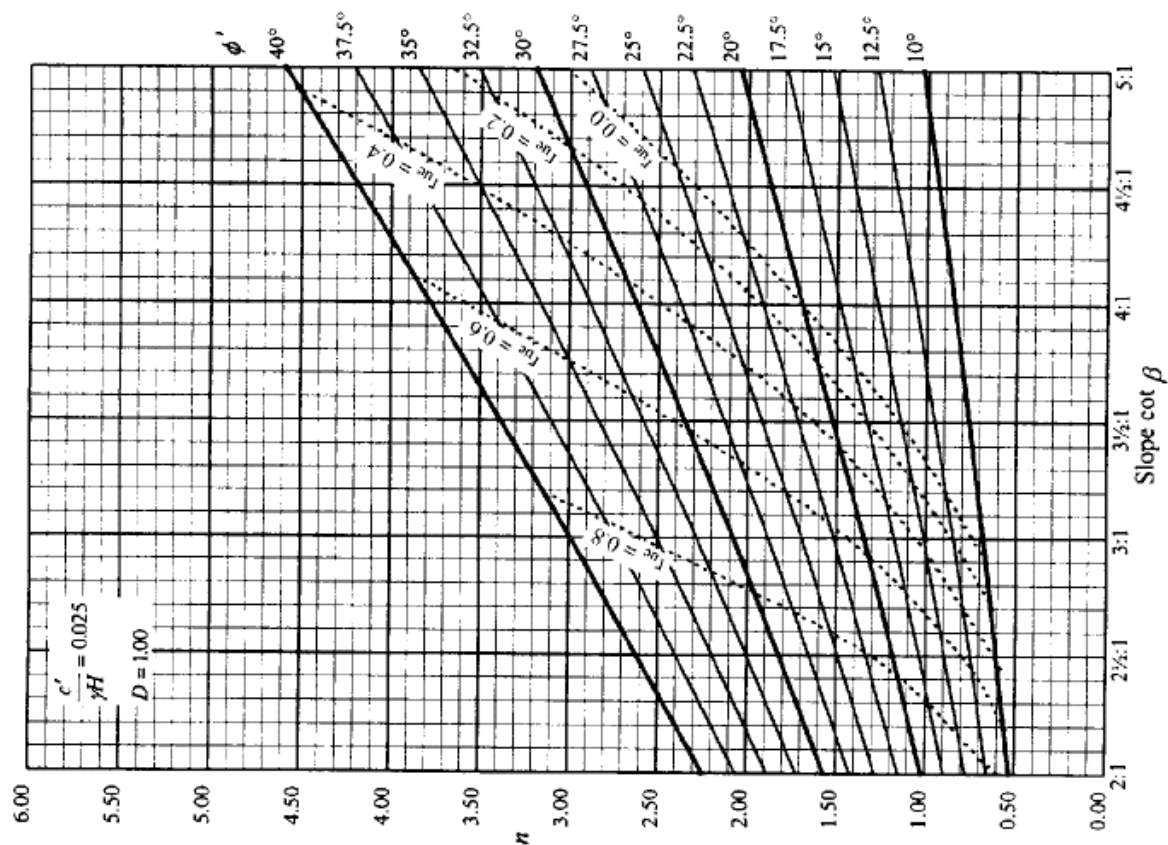
Adapted from originals by A. W. Bishop and N. Morgenstern.

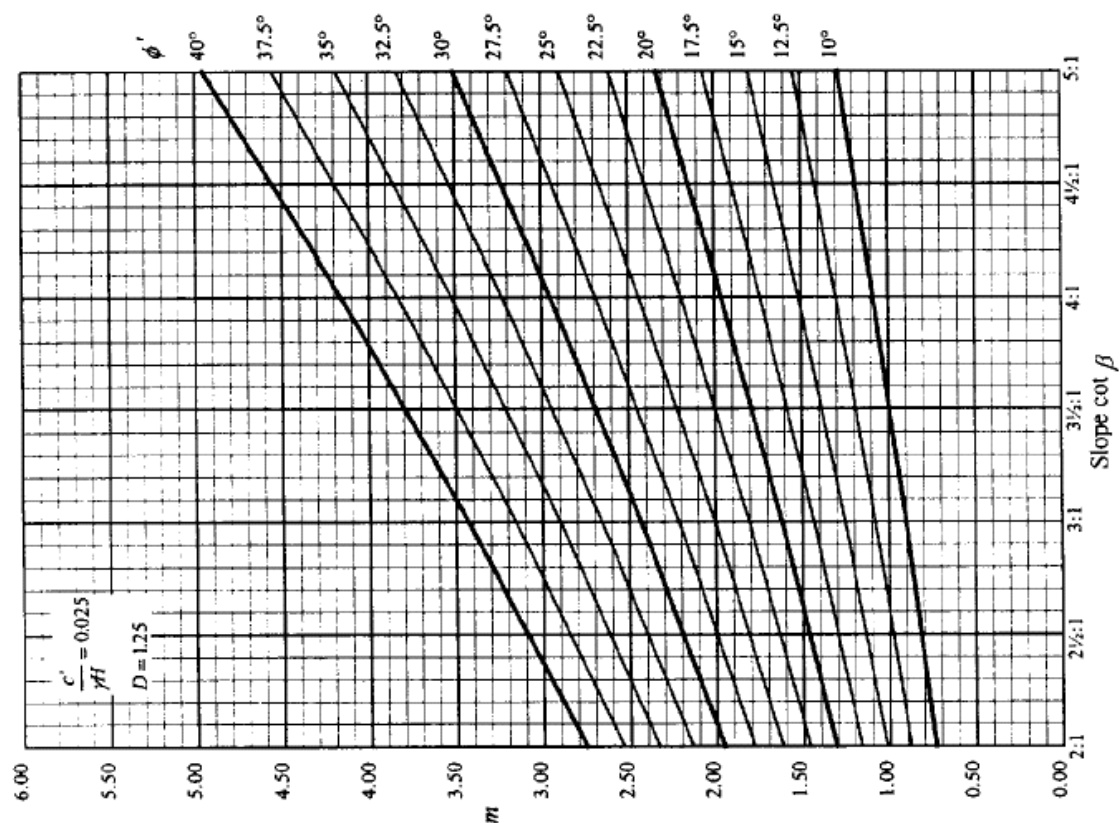
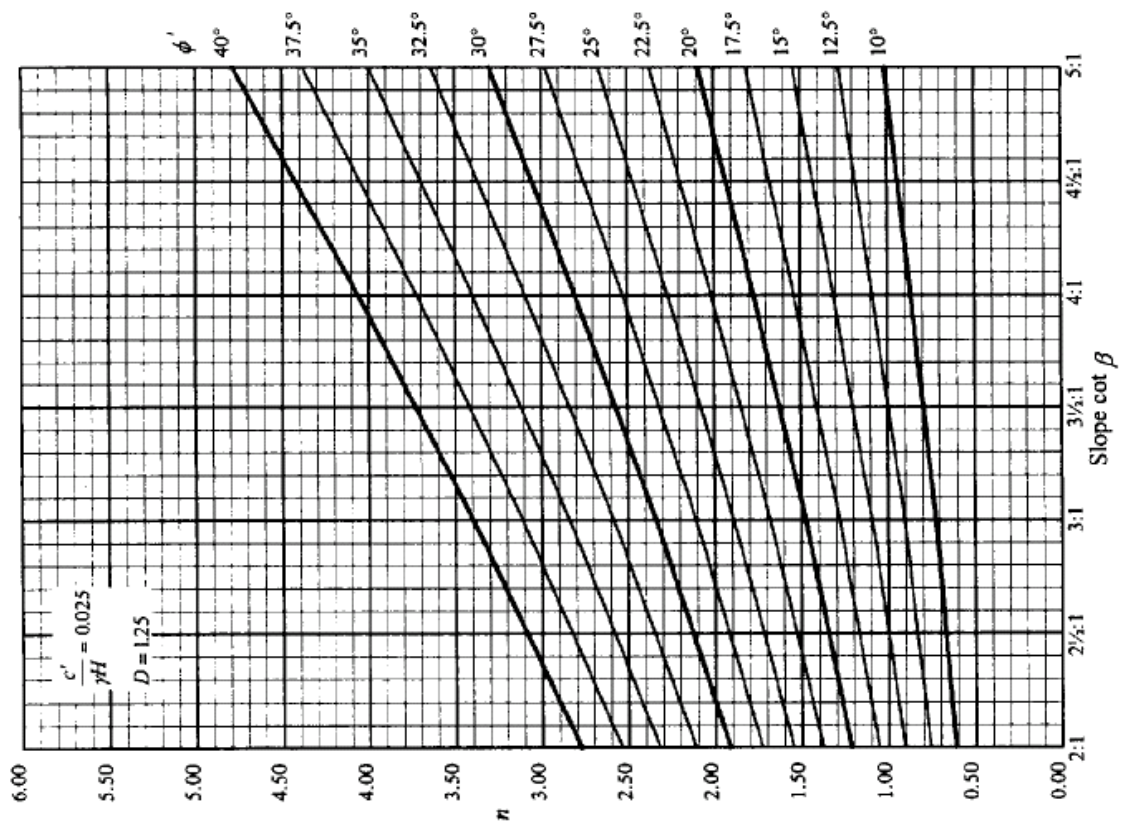
















Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME B

### ANNEXES

## *ANNEXE B7 : HYDROLOGIE & HYDREAULIQUE*

# **ANNEXE B7**

## **Hydrologie & hydraulique**

**ANNEXE B-7-1 : FACTEURS INFLUENÇANT LE CHOIX DES  
OUVRAGES HYDRAULIQUES**

**ANNEXE B-7-2 : IMPLANTATION DES PETITS OUVRAGES  
HYDRAULIQUES**

**ANNEXE B-7-3 : DIMENSIONNEMENT DES ENROCHEMENTS DE  
PROTECTION**

**ANNEXE B-7-4 : TABLEAU DES VITESSES DE REVETEMENT DES  
FOSSES EN FONCTION DES SOLS**

**ANNEXE B-7-5 : ORGANIGRAMME DE DIMENSIONNEMENT DES  
OUVRAGES HYDRAULIQUES**

**ANNEXE B-7-6 : OUVRAGES DE DRAINAGE DE L'EMPRISE DE LA  
CHAUSSEE**

**ANNEXE B-7-7 : CALCUL DES AFFOUILLEMENTS**

## **ANNEXE B-7-1 : FACTEURS INFLUENCANT LE CHOIX DES OUVRAGES HYDRAULIQUES**

### **I- Ouvrages types de franchissement**

Les ouvrages de franchissement routiers peuvent être groupés selon la classification suivante :

- **Buses** : conduites de section en voûte , en général circulaire, entourées par le remblai.
- **Dalots** : ouvrages de section rectangulaire entourés par le remblai.
- **Radiers** : structures avec la ligne rasante près du fond des cours d'eau et qui permettent le passage des eaux au dessus de la route; ils sont employés dans les cours d'eaux dont le lit se maintient sec pendant une longue période de l'année.
- **Ponts** : structures où le remblai est interrompu et où la route continue par un tablier sur des appuis (piles et/ou culées).

### **II- Facteurs influençant le choix hydrauliques**

Les principaux facteurs influençant le choix des ouvrages hydrauliques sont :

- L'importance du débit à évacuer, qui fixe la section d'écoulement et le type de l'ouvrage.
- Les caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage : coefficient de rugosité K, coefficient de perte de charge à l'entrée  $K_e$ , forme de la section d'écoulement (une section d'écoulement rectangulaire permet, dans le cas de faible hauteur d'eau, des débits plus importants qu'une section circulaire).
- La largeur du lit. Un ouvrage unique adapté au débit à évacuer et à la largeur du lit de la rivière est généralement préférable à des ouvrages multiples qui augmentent les pertes de charges et rendent plus difficiles le passage des corps flottants.
- La hauteur disponible entre la cote du projet et le fond du Thalweg. Pour déterminer la hauteur disponible pour l'écoulement des eaux, il faut tenir compte de l'épaisseur minimale des remblais de protection des buses ou de l'épaisseur des tabliers des ponts et ponceaux ainsi que de la revanche jugée nécessaire pour le passage des corps flottants en période de crue.

Dans le cas de remblais importants, il faut tenir compte de l'incidence de la charge du remblai sur le coût de certains ouvrages ; par exemple, la buse circulaire métallique permet une hauteur de remblai plus importante que la buse-arche métallique.

- Les conditions de fondation des ouvrages. Les buses métalliques déformables sont mieux adaptés aux sols susceptibles de tassements différentiels que les ouvrages voûtés massifs.
- La rapidité et la facilité de mise en œuvre. Les buses métalliques approvisionnées en éléments facilement transportables et montées sur place peuvent constituer une solution intéressante pour réduire les déblais d'exécution ainsi que dans le cas où l'accès au chantier est difficile.
- La résistance au choc. Les ouvrages massifs résistent mieux aux chocs provoqués par le charriage de matériaux solides : cas de torrents de montagne par exemple.

L'examen des différents critères peut conduire à établir des comparaisons économiques de solutions différentes qui justifieront le choix retenu.

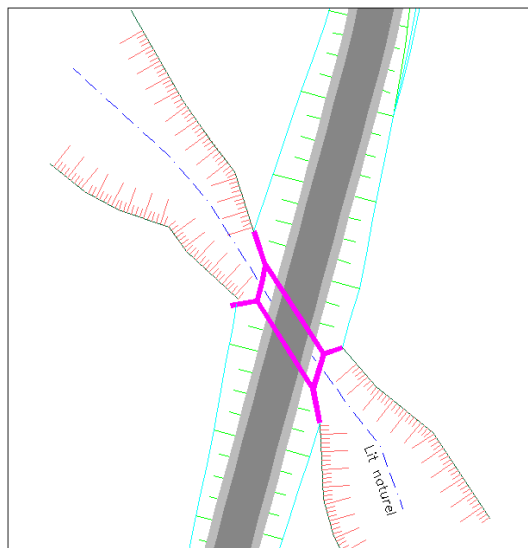
## **ANNEXE B-7-2 : IMPLANTATION DES PETITS OUVRAGES HYDRAULIQUES**

### **I. Implantation des POH**

L'implantation des petits ouvrages hydrauliques est à examiner en plan et en profil en long.

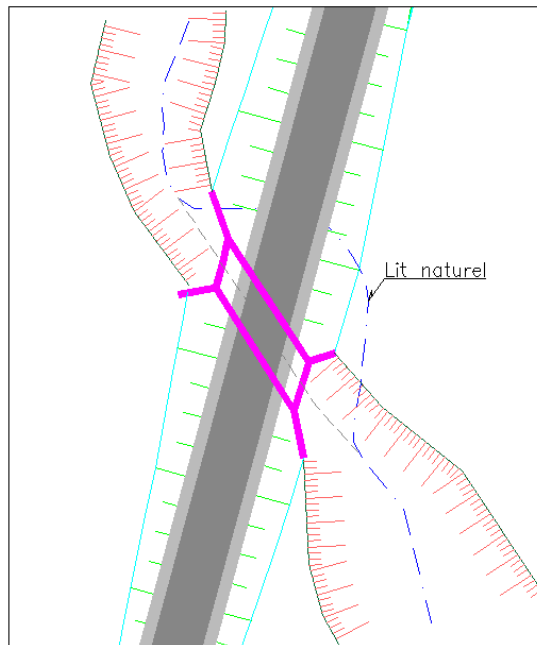
#### **I.1-Trace en plan**

En plan, l'implantation d'un ouvrage hydraulique se fait en principe dans le lit du cours d'eau, en veillant à assurer un bon alignement entre l'OH et le lit naturel de l'oued comme illustré dans la figure ci-après.



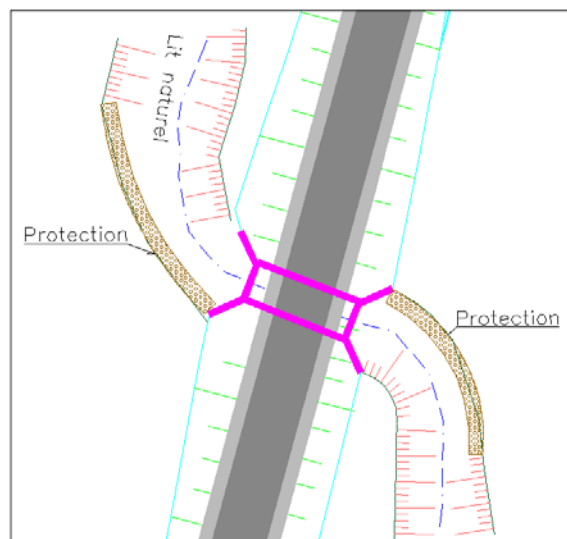
Quant l'écoulement arrive sur la route avec un angle d'incidence aiguë, le respect du principe du maintien du lit naturel de l'écoulement décrit ci-haut induit des longueurs importantes pour les OH à projeter. Il est donc utile d'implanter l'OH de façon droite (biais = 90°) et de canaliser les eaux à l'amont et à l'aval de façon à garantir la continuité de l'écoulement.





Par ailleurs, cette configuration, pour les biais inférieurs à  $70^\circ$ , sort du domaine d'application du logiciel CAD90 pour les dalots. Ce qui induit en plus du surcoût déjà mentionné, une difficulté conceptuelle qui n'est pas à la portée de tout le monde.

On procède ainsi à une rectification du lit de l'écoulement en veillant à signaler les protections du coude du nouveau lit et des zones remblayées de l'ancien lit de l'oued.

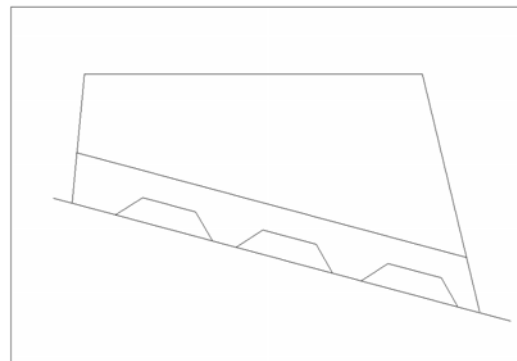
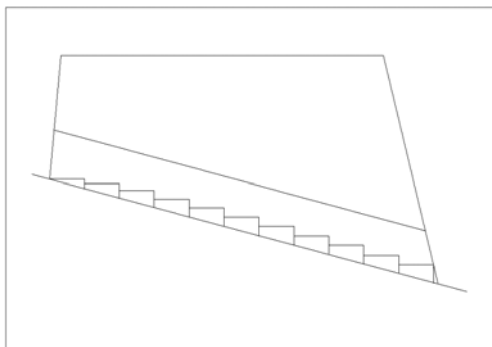


## I.2- Profil en long

Le calage de l'ouvrage peut être plus délicat, il est lié à la pente du lit et aux contraintes éventuelles sur profil en long de la route.

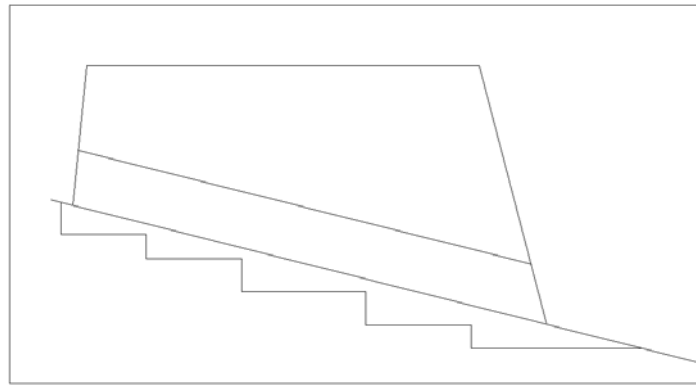
- A- si la pente du lit est normale (0.5 à 6%) et s'il n'y a pas de contraintes sur le profil en long de la route, l'ouvrage sera calé suivant le profil en long du cours d'eau.
- B- si la pente est très élevée, deux types de solutions sont possibles.

⇒ Aménager des dispositifs de ralentissement de l'eau (dissipation de l'énergie) en conservant le profil en long du lit.



Dispositifs dissipateurs d'énergie

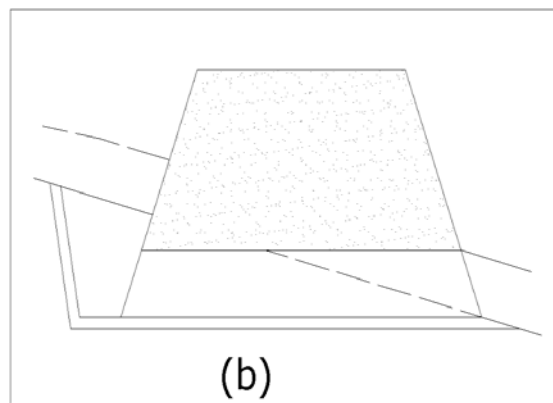
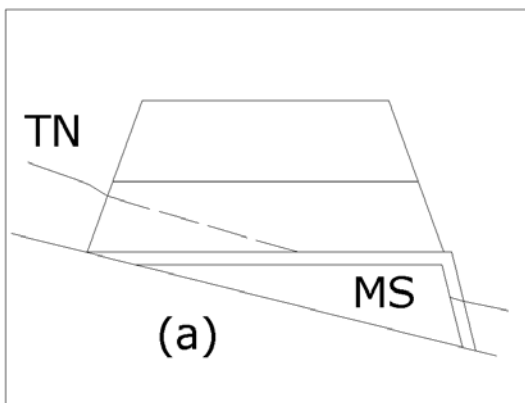
Cette solution est valable seulement dans le cas des dalots cadres, qui nécessitent la réalisation d'ancrage de l'ouvrage contre le glissement.



Ancrage de l'ouvrage

⇒ Caler l'ouvrage avec une pente plus faible que celle du cours d'eau en faisant déboucher l'ouvrage :

- en flan de talus
- en creusant la tête amont par rapport au terrain naturel



Solutions pour diminuer la pente

- C- si la pente est faible ou nulle, l'ouvrage sera implanté avec la pente maximale que permet l'approfondissement du lit par curage.

Pour avoir un écoulement libre en aval, il faut que la pente d'ouvrage soit moins égale à la pente critique d'écoulement dans l'ouvrage.

### **ANNEXE B-7-3 : DIMENSIONNEMENT DES ENROCHEMENTS DE PROTECTION**

Pour éviter l'occurrence des érosions en aval mais aussi en amont des ouvrages hydrauliques, il est prévu de placer un tapis d'enrochement. Les enrochements à placer ont un diamètre moyen  $D_{50}$  qui est fonction de la vitesse à la sortie de l'ouvrage. En ce qui concerne l'épaisseur du tapis d'enrochement, il est considéré  $2,0 \times D_{50}$ .

Sous le tapis d'enrochement, est placé un géotextile non-tissé aiguilleté qui fonctionne comme un filtre.

La largeur du tapis est égale à la largeur totale de la tête aval de l'ouvrage hydraulique. L'extension du tapis d'enrochement est faite en fonction de la section hydraulique de chaque ouvrage.

Le diamètre moyen des enrochements  $D_{50}$  est évalué par la formule de Isbash, soit :

$$D_{50} = (1/2g) \times (P/(P_s-P)) \times (v/m)^2$$

$g$  : accélération de la pesanteur ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$P$  : masse volumique de l'eau ( $1.00 \text{ t/m}^3$ )

$P_s$  : masse spécifique des enrochements ( $2.60 \text{ t/m}^3$ )

$v$  : vitesse moyenne admissible pour la stabilité des enrochements

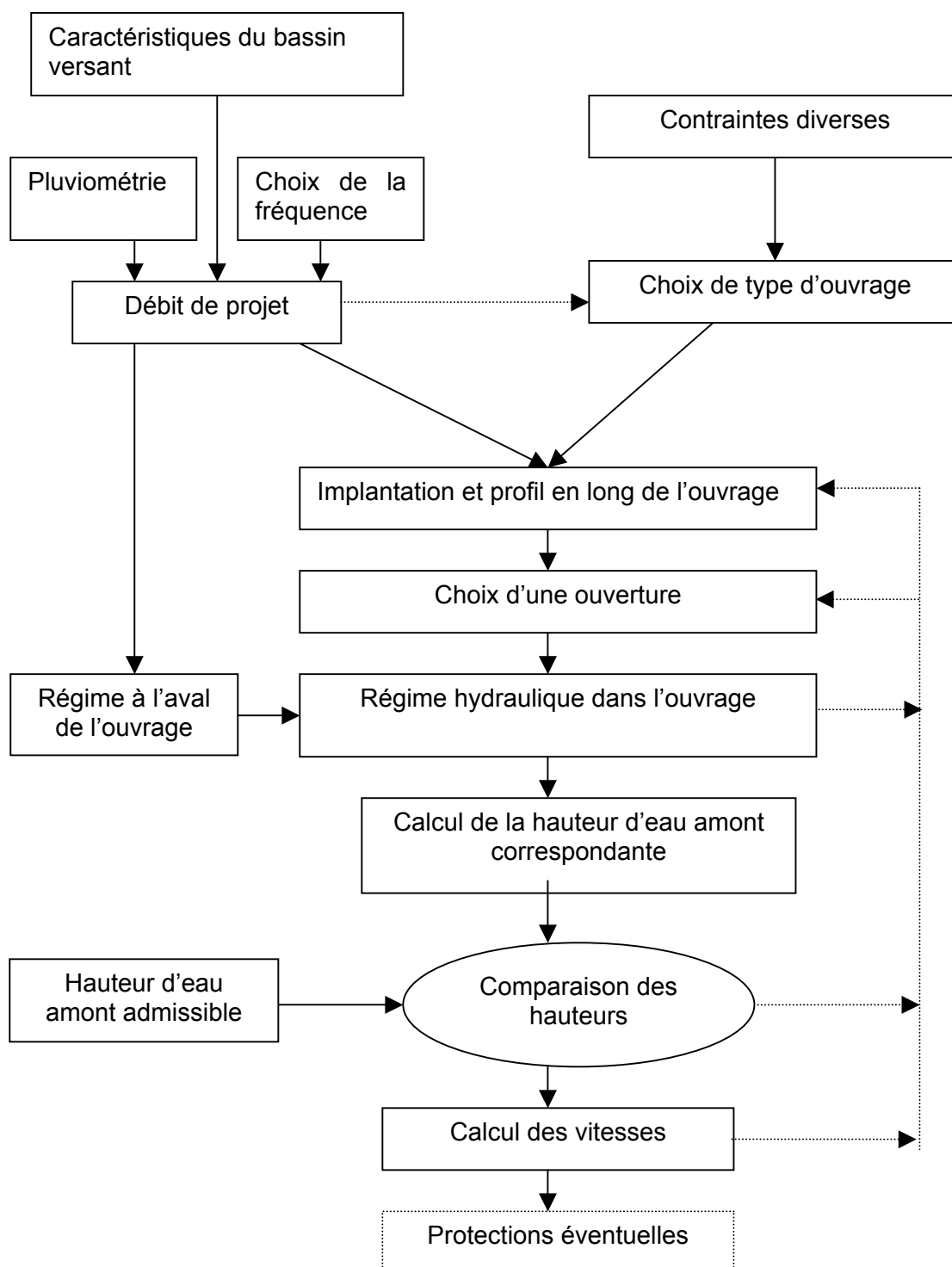
$m$  : coefficient empirique qui dépend du régime d'écoulement et du type d'ouvrage à protéger (1.20).

### **ANNEXE B-7-4 : TABLEAU DES VITESSES DE REVETEMENT DES FOSSES EN FONCTION DES SOLS**

Le tableau suivant donne des indications de vitesse limite admissible de revêtement des fossés en fonction des sols :

| Formation de Surface                   | Seuil de Vitesse      |
|----------------------------------------|-----------------------|
| Mélanges de graviers, sables et limons | 1.50 m/s <sup>2</sup> |
| Argiles compactes                      | 1.10 m/s              |
| Limon Argileux Sableux                 | 0.75 m/s              |
| Limon ou Argile Sableux                | 0.90 m/s              |
| Tuf Calcaire                           | 1.20 m/s              |
| Sable Limoneux                         | 0.75 m/s              |
| Rocailles                              | 1.68 m/s              |

## ANNEXE B-7-5 : ORGANIGRAMME DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES



## **ANNEXE B-7-6 : OUVRAGES DE DRAINAGE DE L'EMPRISE DE LA CHAUSSEE**

Les talus de la plate-forme routière doivent être mis à l'abri des risques d'érosion, en interceptant par des fossés ou bourrelets les eaux de ruissellement qu'ils reçoivent.

Les eaux recueillies sont, selon la disposition des lieux, soit ramenées vers un ouvrage de franchissement, soit conduites vers un exutoire propre.

Par ailleurs, les eaux recueillies par un fossé de crête ou un bourrelet sont canalisées vers les caniveaux de pied de talus par des descentes d'eau.

Le système de drainage de l'emprise de la route est constitué alors des ouvrages (en générale) listés ci-après :

- Bourrelet et descente d'eau ;
- Fossé de crête et de pieds de remblai;
- Caniveau pour berme.

### **BOURRELET ET DESCENTES D'EAU**

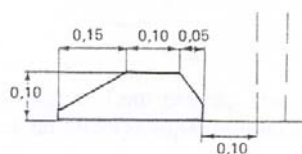
- **Bourrelet :**

Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur. Le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente du talus ; il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence de la végétation.

Le bourrelet est un élément de collecte des eaux de ruissellement placé le long du revêtement. Il doit guider sur de courtes distances (50 à 60m) les eaux superficielles jusqu'à une descente d'eau ou un système d'engouffrement vers un ouvrage enterré. Les bourrelets sont en enrobé ou en béton.

En principe, on prévoit les bourrelets en crête de talus dès que la hauteur de remblai dépasse 4m.

On remarque que ce type d'ouvrage présente l'avantage d'être favorable à l'aspect sécurité, d'entretien facile et évite l'infiltration et l'érosion. Cependant, sa capacité est faible et il nécessite un entretien fréquent (la moindre obturation peut dévier l'écoulement).



Détail du bourrelet

- **Descentes d'eau :**

L'eau collectée en haut des talus et au bord de la chaussée doit rejoindre le système d'assainissement qui borde la route.

Une descente d'eau de talus est un ouvrage préfabriqué mis en place à la surface du talus ou enterré, qui permet l'acheminement des eaux pluviales vers le système d'évacuation.

Quant les eaux sont canalisées en remblais on doit prévoir l'aménagement d'une descente d'eau tous les 40 m environ ; en courbe, cette distance doit être réduite à 30 m du côté intérieur de la courbe.

Les différents espacements entre les descentes d'eau qui figurent dans le tableau ci-après sont données en fonction de la pente longitudinale :

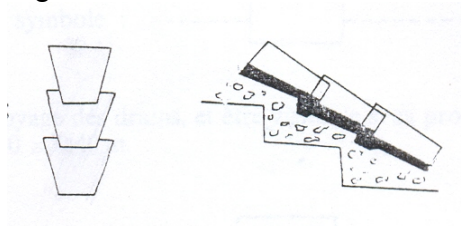
| PENTE (%)          | DISTANCE ENTRE DESCENTE D'EAU |
|--------------------|-------------------------------|
| $I \leq 0.3$       | 30 M                          |
| $0.3 < I \leq 0.5$ | 40 M                          |
| $0.5 < I \leq 0.7$ | 50 M                          |
| $I > 0.7$          | 60 M                          |

Il existe deux types de descentes :

- ✓ Descentes d'eau de surface (les plus utilisées) ;
- ✓ Descentes d'eau enterrées.

**a). Descentes d'eau superficielles :**

- ✓ Talus – tuiles en béton : « petit modèle » 30 à 50 l/s  
« grand modèle » 200 à 250 l/s

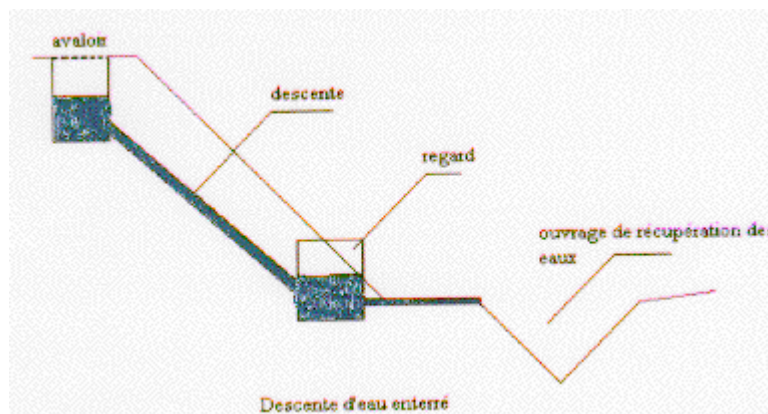


- ✓ Des demis – tuyaux en amiante – ciment, en béton, ou métallique peuvent également être utilisés. Ils sont emboîtés les uns dans les autres et ancrés dans les talus à l'aide de plaques ou de plots en béton ; leur pose est plus rapide que celle des talus – tuile ;

- ✓ Pour des débits plus importants, on peut réaliser des ouvrages coulés en place.



## b). Descentes d'eau enterrées :



Il est également possible d'utiliser des tuyaux (PVC) noyés dans les talus de remblai.

Les quelques éléments suivants peuvent guider le choix entre ces deux types de descentes indépendamment des problèmes de coût.

|                               | Descentes superficielles                                                                                                                                                                                        | Descentes enterrées                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Avantages relatifs</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- les dégradations et érosions sont apparentes</li> <li>- les réparations sont plus aisées</li> </ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- non vues</li> <li>- facilitent l'entretien des talus</li> <li>- moins lourdes (au ml)</li> </ul>                                                 |
| <b>Inconvénients relatifs</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- nécessitent une bonne butée en pied</li> <li>- peuvent gêner l'entretien des talus si elles sont mal encastrées</li> <li>- sont plus fragiles (manutention)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- nécessitent une réalisation très soignée de l'entonnement (étanchéité)</li> <li>- les conséquences d'une obturation sont plus graves.</li> </ul> |

Tableau 1 : Choix de type de descente

## BETONNAGE DES ACCOTEMENTS

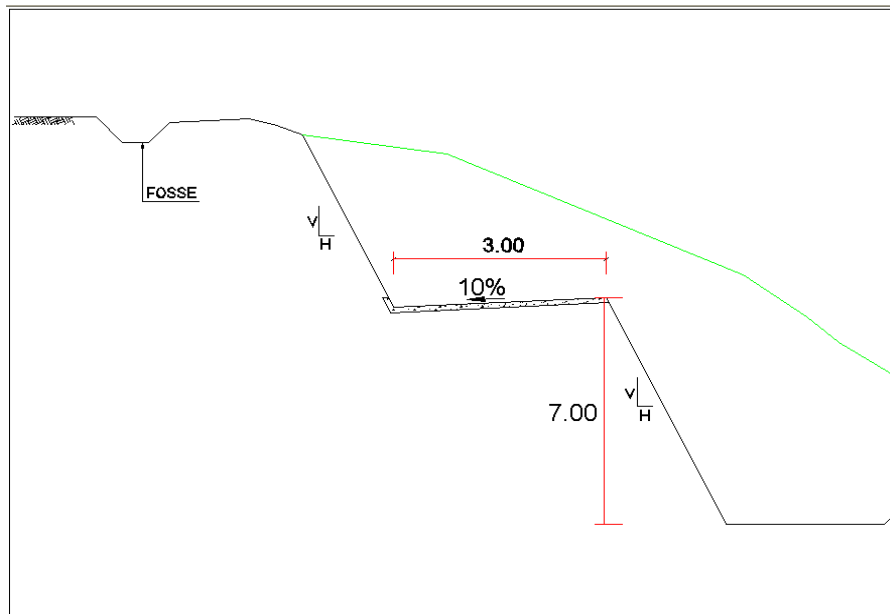
Les accotements font partie intégrante de la plate-forme routière, ils permettent d'assurer une butée aux couches constituant la chaussée, et permettent d'assurer le stationnement des véhicules et le passage occasionnel lors des dépassement. Toutefois, les accotements sont souvent objet aux érosions dues aux ruissellements des eaux de la plate-forme qui entraînent les particules de ce dernier, ce phénomène étant plus accentué au niveau des courbes déversées, où, en plus de l'érosion hydraulique, il y a lieu de tenir en compte l'érosion mécanique due aux véhicules qui peuvent circuler sur les accotements au droit des courbes serrées. Ainsi pour des raisons de sécurité on procède au bétonnage des accotements, si l'on juge qu'il y a un risque d'érosion de celui-ci.

## RISBERMES

Un projet de drainage de talus doit assurer la stabilité de ce dernier en limitant l'érosion, en réduisant les infiltrations, La lutte contre l'érosion passe en premier lieu par assurer un bon talutage.

Pour les talus de grande hauteur (> 10m) , on doit aménager des risbermes ou des banquettes avec une contre pente (en général -10%) afin d'accroître la sécurité vis à vis

d'un glissement, et en vue d'empêcher les matériaux éboulis ou érodés d'atteindre la chaussée. Ce type d'aménagement doit assurer la continuité de l'écoulement vers un exutoire soit directement lorsque la topographie du site le permet sinon, par l'intermédiaire de descente d'eau et/ou d'ouvrages hydrauliques (buses, dalots, puisards).



### FOSES DE CRETE ET DE PIED DE REMBLAI

Un fossé de crête doit être prévu chaque fois qu'un déferlement d'eau venant de l'amont de la crête talus peut atteindre la crête ou qu'une accumulation d'eau peut se produire au sommet du talus.

Ce type de fossé nécessite une attention particulière vue les conséquences qu'il peut avoir s'il n'est pas bien soigné et étanche :

- ✓ - un fossé de crête mal positionné ou mal dimensionné constitue un danger d'infiltration pouvant déstabiliser le talus.
- ✓ - Les vitesses d'écoulement dans le fossé de crête doivent être contrôlées par un choix judicieux de la pente pour éviter l'érosion ;
- ✓ - La partie de terrain située entre la crête et le fossé doit être profitée avec une pente vers le fossé.
- ✓ - Instruire les riverains sur la nécessité du maintien en bon état de fonctionnement du fossé de crête.

Pour le réseau de pied de talus de remblai, il peut avoir les deux fonctions suivantes :

- ✓ canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à un exutoire lorsque les débits sont top importants pour être évacués librement.
- ✓ Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux ruisselant sur le terrain naturel vers le remblai.

Dans les deux cas, et pour des considérations d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus. Pour des remblais de faible hauteur, il est

recommandé d'adoucir le profil du fossé pour améliorer le comportement d'un véhicule qui quitterait la plate-forme.

Lorsqu'un remblai est prévu sur le flanc d'une pente dont la couche superficielle est le siège d'un écoulement, il y a un risque de désordre ultérieurs dans le remblai lui-même ou d'autres inconvénients. Il est donc nécessaire de rétablir cet écoulement et en réalisera pour ce faire la base du remblai en matériau drainant ou encore des tranchées drainantes transversales sous le remblai.

Le critère qui détermine la nécessité de revêtir les ouvrages d'assainissement est basé sur la vitesse d'écoulement :

$$V \text{ (m/s)} = Q(\text{m}^3/\text{s}) / A \text{ (m}^2\text{)}$$

La valeur adoptée pour la vitesse maximale de référence est définie en fonction du type de matériaux des sols existants le long du tracé autoroutier.

**N.B :** Le calcul du débit dont il est question doit être traité dans la partie Hydrologie

a° - Cas des Fossés de pied de remblai

Le tableau suivant donne des indications de vitesse limite admissible en fonction de la nature des sols :

| Formation de Surface                   | Seuil de Vitesse |
|----------------------------------------|------------------|
| Mélanges de graviers, sables et limons | 1.50 m/s         |
| Argiles compactes                      | 1.10 m/s         |
| Limon Argileux Sableux                 | 0.75 m/s         |
| Limon ou Argile Sableux                | 0.90 m/s         |
| Tuf Calcaire / Schistes                | 1.20 m/s         |
| Sable Limoneux                         | 0.75 m/s         |
| Rocailles                              | 1.68 m/s         |

b° - Cas des cunettes en déblai

Hypothèses :

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| Terrain    | : Non résistant         |
| Végétation | : Herbes à brins courts |
| Pente      | : Entre 0 et 12%        |
| Vitesse    | : 1.20 m/s              |

Le tableau suivant indique la pente pour laquelle on bétonne les fossés en fonction de la nature du terrain :

| Formation de Surface                                                   | Coefficient K | Seuil de pente |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|
| Terre très régulière                                                   | 60            | 1,45 %         |
| Terre irrégulière avec végétation, cours d'eau régulier et lit rocheux | 35            | 4,25 %         |
| Sur cailloux                                                           | 30            | 5,8 %          |
| Terre à l'abandon, cours d'eau avec transport solide                   | 20            | 13 %           |

En ce qui concerne les fossés trapézoïdaux de crête, le principe de revêtir tous les fossés est retenu car ils sont situés à environ 1,5 m de la crête du talus et l'effet conjoint d'infiltration et d'érosion de l'écoulement pourrait mettre en danger leur stabilité.

Les fossés trapézoïdaux de pied de talus et les cunettes en déblai seront revêtus si l'une des conditions suivantes est vérifiée :

- ✓ La vitesse d'écoulement est supérieure à la vitesse limite d'entraînement des matériaux des sols traversés (vitesse pour laquelle on considère que l'érosion commence à faire son effet) ;
- ✓ La capacité de l'ouvrage non revêtu est insuffisante ;
- ✓ La pente longitudinale du fossé est inférieure à 0,5%.

Lorsque la vitesse dans un fossé revêtu dépasse 4 m/s, des brises-charge sont prévues pour dissiper l'énergie engendrée par la vitesse de l'écoulement.

## ANNEXE B-7-7 : CALCUL DES AFFOUILLEMENTS

### Affouillement normal

La hauteur d'affouillement normal est déterminée par les formules empiriques communément utilisées dans le domaine des ouvrages d'art.

Les formules à utiliser sont : Kellerhals, LPÉE, Levi et Condolios.

La formule E.D.F est à écarter vu qu'elle donne une profondeur totale tenant compte de l'affouillement localisé autour des piles, alors que les ouvrages type cadre-fermé ne comportent pas de piles.

Les expressions de ces formules sont :

$$\text{KELLERHALS :} \quad D_0 = 0.249 \left( \frac{Q}{Ws} \right)^{0.8} d_{90}^{-0.12}$$

$$\text{L.P.E.E :} \quad D_0 = 0.217 \left( \frac{Q}{Ws} \right)^{\frac{6}{7}} d_{50}^{-\frac{2}{7}}$$

$$\text{LEVI :} \quad D_0 = 0.234 \left( \frac{Q}{Ws} \right)^{\frac{5}{6}} d_{50}^{-\frac{1}{4}}$$

$$\text{CONDOLIOS :} \quad D_0 = 0.177 \left( \frac{Q}{Ws} \right)^{\frac{7}{8}} d_{50}^{-\frac{3}{16}}$$

$D_0$  : profondeur d'affouillement à partir du niveau d'eau,

$Q$  : débit de pointe en  $\text{m}^3/\text{s}$ ,

$Ws$  : débouché linéaire en cas de crue,

$d_{50}$ ,  $d_{90}$  : granulométrie de l'oued.

La hauteur d'affouillement normal est déduite à partir de  $D_0$  par :  $h_N = D_0 - H_e$ .

### Affouillement dû au rétrécissement du lit de l'oued

La hauteur d'affouillement relatif au rétrécissement du lit de l'oued est déterminée par les formules empiriques suivantes :

$$\text{LAURSEN :} \quad h_R = D_0 \left[ \left( \frac{0.027 \cdot V_{moy}^2}{D_0^{1/3}} \frac{d_{50sur}^{1/3}}{d_{50dr}^{1/3}} \right)^{3/7} \left( \frac{Ws1}{Ws2} \right)^{6/7} - 1 \right]$$

$$\text{DUNN :} \quad h_R = D_0 \left[ \left( \frac{Ws1}{Ws2} \right)^{9/14} - 1 \right]$$

- Do : profondeur d'affouillement normal,  
Ws1 : largeur au miroir du lit non rétréci pendant la crue,  
Ws2 : largeur au miroir du lit rétréci pendant la crue,  
 $V_{\text{moy}}$  : vitesse moyenne dans le lit non rétréci,  
 $d_{50\text{sur}}$  : dimensions moyenne du matériau dans la couche de surface,  
 $d_{50\text{dr}}$  : dimensions moyenne du matériau dans la couche en profondeur,

### **Affouillement total**

La hauteur d'affouillement total est la somme de la hauteur d'affouillement normal et de la hauteur d'affouillement dû au rétrécissement du lit de l'oued.



Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME B

### ANNEXES

#### *ANNEXE B8 : ÉQUIPEMENTS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES*

# **ANNEXE B8**

## **VOLET EQUIPEMENTS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES**



## TECHNIQUES DE VEGETALISATION DE TALUS

Schéma 1

1

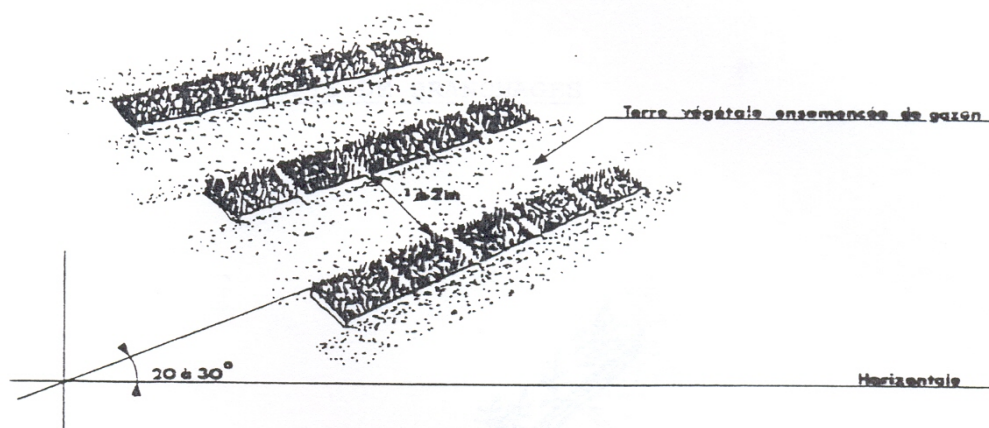


Schéma 2

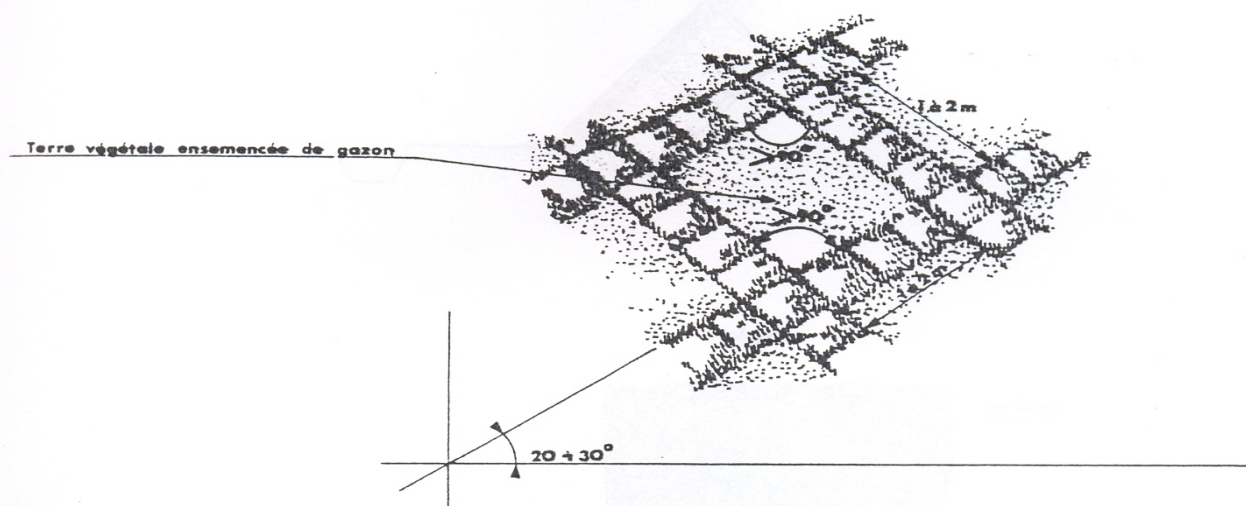
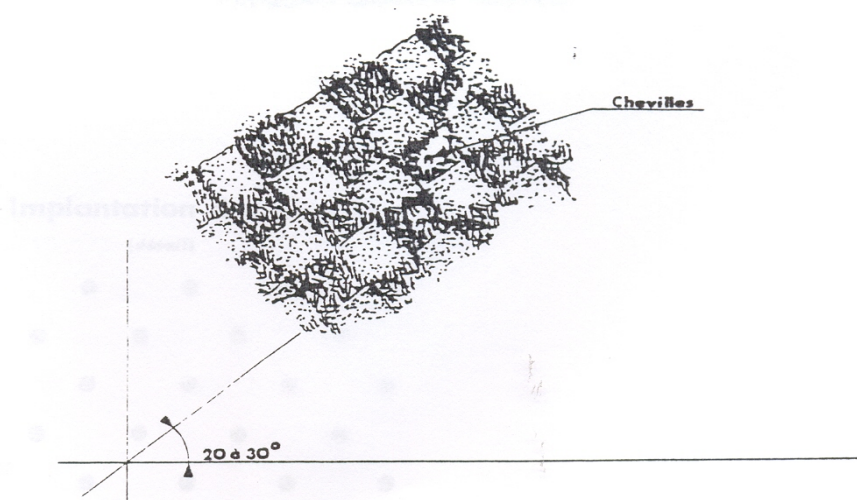


Schéma 3



## TECHNIQUES DE VEGETALISATION DE TALUS

## TAPIS DE BRANCHAGES

Schéma 1

type longitudinal

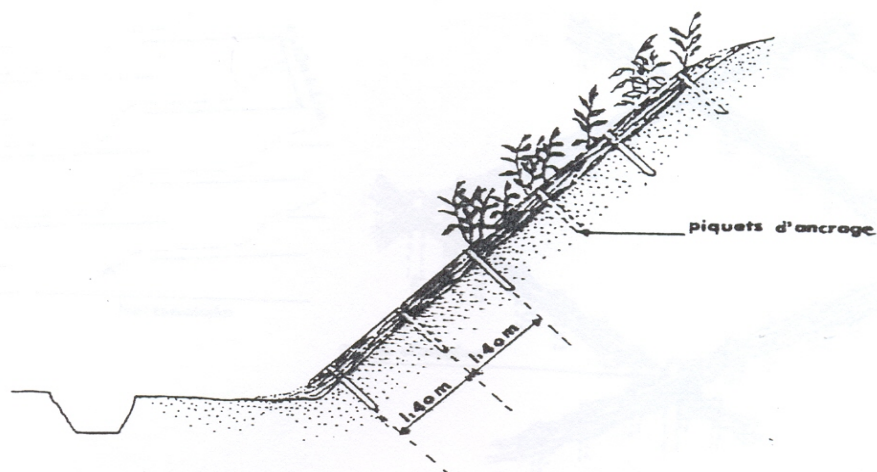


Schéma 2

plan

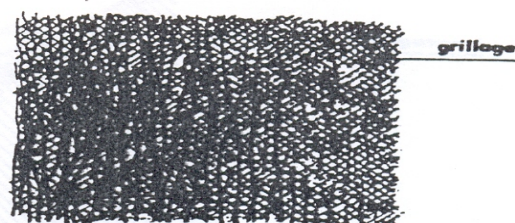
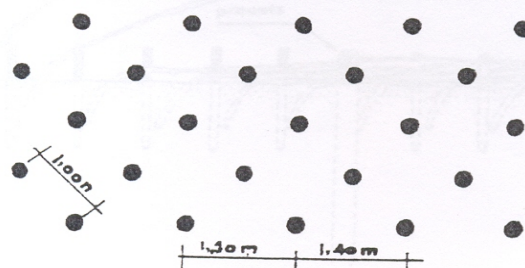


Schéma 3

Implantation des piquets  
(détail)

## TECHNIQUES DE VEGETALISATION DE TALUS

## NATTES DE PLANTES

Schéma 1

type longitudinal

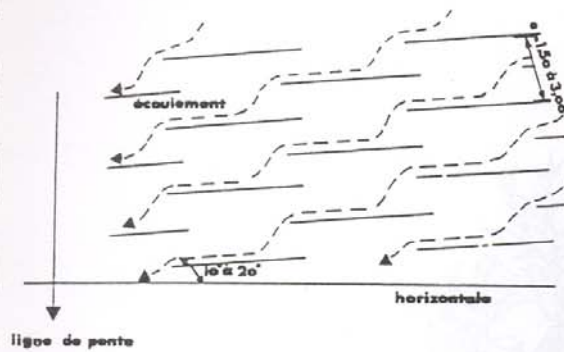


Schéma 2

type losange

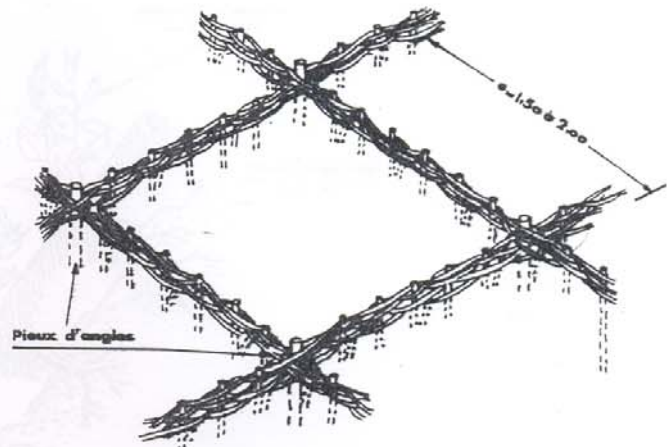


Schéma 3

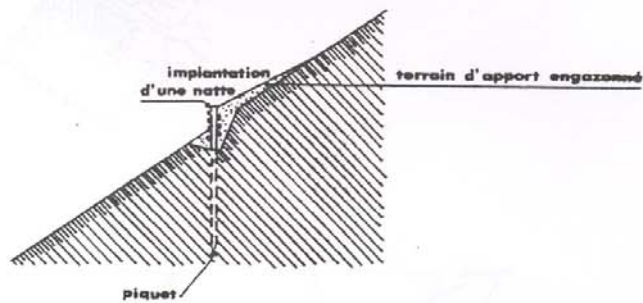
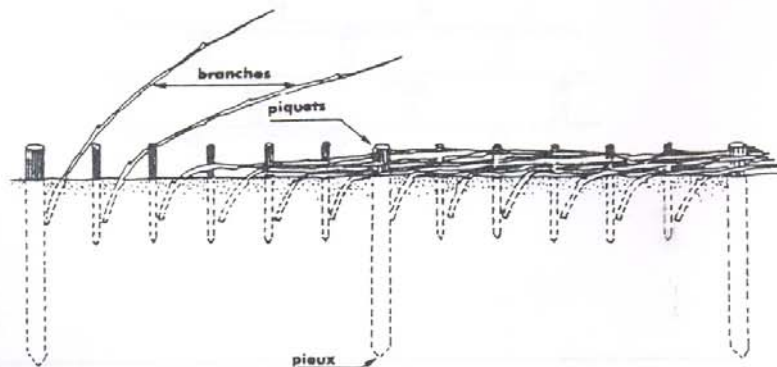
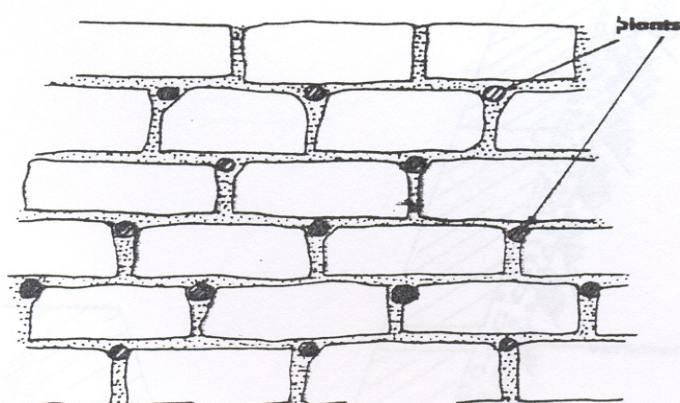
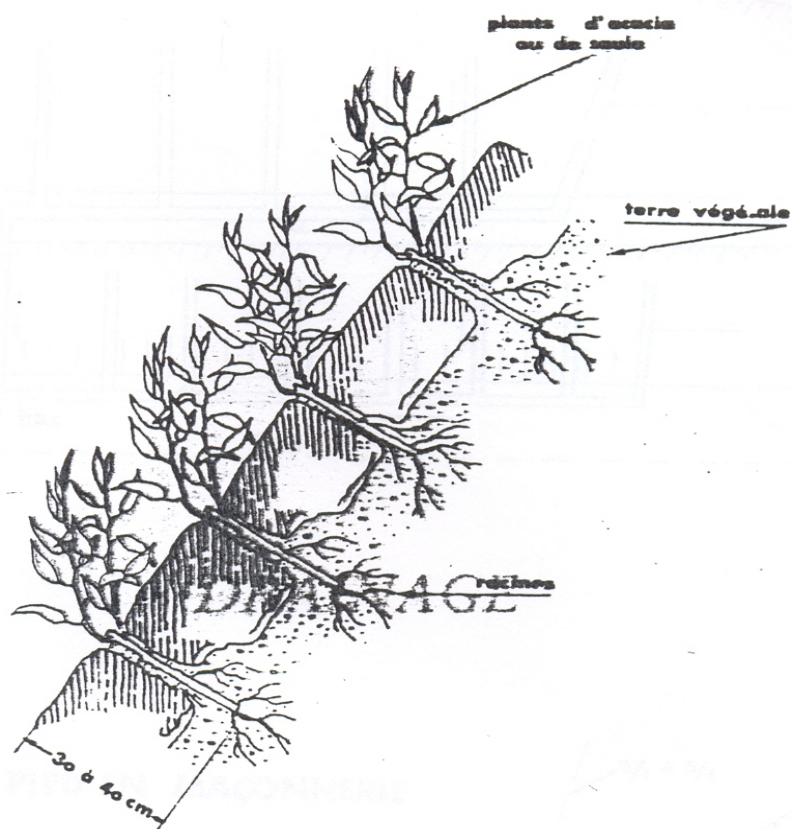


Schéma 4





## TECHNIQUES DE VEGETALISATION DE TALUS

Implants d'arbrisseaux

## FORMULAIRE A1-1 DIMENSIONNEMENT DES ENROCHEMENTS

### a) Cas des sections normales (hors chute)

Le calcul du diamètre de l'enrochement est déterminé par la formule d'Isbash :

$$V = m \sqrt{2g\Delta d}$$

avec :  $V$  : vitesse moyenne du courant (m/s)

$g$  : accélération de la pesanteur

$$\Delta = \frac{P_s - P}{\rho}$$

$P_s$  et  $P$  : masse spécifique des enrochements et de l'eau

$d$  : diamètre moyen ( $d_{50}$ ) des enrochements

Les valeurs proposées de  $m$  sont :

$m = 1,2$  pour les écoulements de faible épaisseur ou uniformisés par une mise en vitesse rapide  $V$  est alors la vitesse quasi-uniforme qui attaque les enrochements.

$m = 0,85$  pour la protection des piles de ponts,  $V$  étant la vitesse d'approche réelle de la pile (comptée en valeur moyenne sur la verticale).

$m = 0,6$  pour la protection des piles des ponts moyennement bien alimentés, ainsi que pour la protection locale de leurs culées,  $V$  étant la vitesse moyenne Q/S sous le pont.

$m = 1,2$  pour les musoirs d'entonnement longs et bien profilés,  $V$  étant la vitesse dans la section contractée du pont.

$m = 1,5$  pour les protections de berges,  $V$  étant la vitesse moyenne future sur la verticale affouillée au pied des protections.

### b) Cas des chutes (épis)

$d_{50} = 0,6$  fois la chute pour les épis d'enrochements massifs.

$d_{50} = 0,8$  fois la chute pour les carapaces d'épis.

Tableau A1.1

## Composition granulométrique des enrochements en poids (kg)

| Désignation de la classe d'enrochements | VALEUR PROBABLE DES POIDS CLASSES |          |          |          |           |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
|                                         | $P_{min}$                         | $P_{15}$ | $P_{50}$ | $P_{85}$ | $P_{max}$ |
| 1600 - 5000 kg                          | 800                               | 1600     | 2830     | 5000     | 10000     |
| 400 - 1600 kg                           | 200                               | 400      | 800      | 1600     | 3200      |
| 100 - 400 kg                            | 50                                | 100      | 200      | 400      | 800       |
| 25 - 100 kg                             | 12,5                              | 25       | 50       | 100      | 200       |
| 5 - 25 kg                               | 2,5                               | 5        | 11,2     | 25       | 50        |
| 1 - 5 kg                                | 0,5                               | 1        | 2,24     | 5        | 10        |

Tableau A1.2

## Composition granulométrique des enrochements en diamètres (mètres)

| Désignation de la classe d'enrochements | VALEUR PROBABLE DES DIAMETRES<br>CLASSES POUR UNE DENSITE MOYENNE<br>DE 2,6 T/m <sup>3</sup> |          |          |          |           |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
|                                         | $d_{min}$                                                                                    | $d_{15}$ | $d_{50}$ | $d_{85}$ | $d_{max}$ |
| 1600 - 5000 kg                          | 0,84                                                                                         | 1,05     | 1,28     | 1,54     | 1,94      |
| 400 - 1600 kg                           | 0,53                                                                                         | 0,66     | 0,84     | 1,05     | 1,33      |
| 100 - 400 kg                            | 0,33                                                                                         | 0,42     | 0,53     | 0,66     | 0,84      |
| 25 - 100 kg                             | 0,21                                                                                         | 0,26     | 0,33     | 0,42     | 0,53      |
| 5 - 25 kg                               | 0,12                                                                                         | 0,15     | 0,20     | 0,26     | 0,33      |
| 1 - 5 kg                                | 0,07                                                                                         | 0,09     | 0,12     | 0,15     | 0,20      |

**Tableau A1.3**  
**Constitution des carapaces d'enrochements**

| Enrochements de surface |               | Sous-couche |               | Filtre                                                                                                                                     |
|-------------------------|---------------|-------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe                  | Epaisseur (m) | Classe      | Epaisseur (m) |                                                                                                                                            |
| 1600 - 5000 kg          | 2,60          | 25 - 100 kg | 1,0           | épaisseur 0,25 m<br>$d_{85} > 50 \text{ mm}$<br>$d_{50} > 25 \text{ mm}$<br>$65 > d_{15} > 13 \text{ mm}$<br>puis géotextile si nécessaire |
| 400 - 1600 kg           | 1,70          | 5 - 25 kg   | 0,60          | Epaisseur 0,15 m<br>$d_{85} > 30 \text{ mm}$<br>$d_{50} > 15 \text{ mm}$<br>$38 > d_{15} > 8 \text{ mm}$<br>puis géotextile si nécessaire  |
| 100 - 400 kg            | 1,10          | 1 - 5 kg    | 0,40          | épaisseur 0,10 m<br>$d_{85} > 18 \text{ mm}$<br>$d_{50} > 9 \text{ mm}$<br>$22 > d_{15} > 5 \text{ mm}$<br>ou géotextile                   |
| 25 - 100 kg             | 0,70          | néant       |               | Epaisseur 0,25 m<br>$d_{85} > 50 \text{ mm}$<br>$d_{50} > 25 \text{ mm}$<br>$65 > d_{15} > 13 \text{ mm}$<br>puis géotextile si nécessaire |
| 5 - 25 kg               | 0,50          | néant       |               | épaisseur 0,15 m<br>$d_{85} > 30 \text{ mm}$<br>$d_{50} > 15 \text{ mm}$<br>$38 > d_{15} > 8 \text{ mm}$<br>puis géotextile si nécessaire  |
| 1 - 5 kg                | 0,30          | néant       |               | épaisseur 0,10 m<br>$d_{85} > 18 \text{ mm}$<br>$d_{50} > 9 \text{ mm}$<br>$22 > d_{15} > 5 \text{ mm}$<br>ou géotextile                   |



Tableau A1.4

**Vitesses caractéristiques des enrochements  
pour une densité moyenne de 2,6 t/m<sup>3</sup>  
d'après la formule d'Isbash**

$$V = m \sqrt{2g \frac{P_s - P}{P} d_{50}}$$

**pour diverses valeurs du coefficient m**

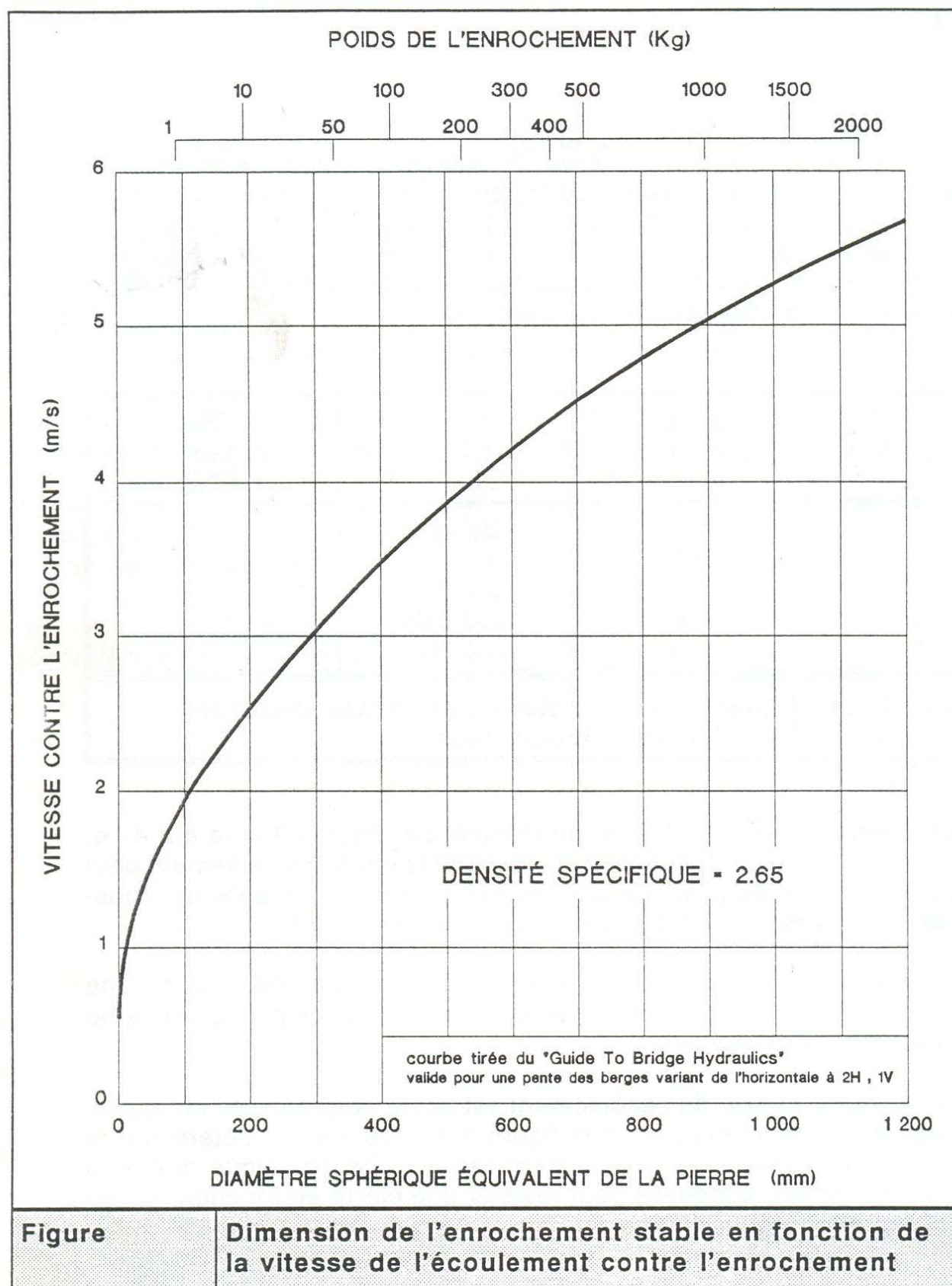
| Désignation de la classe d'enrochements \ Valeur de m admise (d <sub>50</sub> ) |      | 0,6  | 0,85 | 1    | 1,2  | 1,5  |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1600 - 5000 kg                                                                  | 1,28 | 3,80 | 5,38 | 6,34 | 7,60 | 9,50 |
| 400 - 1600 kg                                                                   | 0,84 | 3,08 | 4,36 | 5,13 | 6,16 | 7,70 |
| 100 - 400 kg                                                                    | 0,53 | 2,45 | 3,46 | 4,08 | 4,90 | 6,11 |
| 25 - 100 kg                                                                     | 0,33 | 1,93 | 2,73 | 3,22 | 3,86 | 4,82 |
| 5 - 25 kg                                                                       | 0,20 | 1,50 | 2,13 | 2,50 | 3,00 | 3,76 |
| 1 - 5 kg                                                                        | 0,12 | 1,15 | 1,64 | 1,92 | 2,31 | 2,88 |

V : Vitesse moyenne admissible pour la stabilité des enrochements

g : accélération de la pesanteur (9,81 m/s<sup>2</sup>)g

Ps et P : masse spécifique des enrochements et de l'eau

d<sub>50</sub> : diamètre moyen des enrochements.



— CLASSES-TYPE D'ENROCHEMENTS —  
— DEFINIES PAR LEUR FUSEAU GRANULOMETRIQUE EN POIDS —

FIG: A1-1

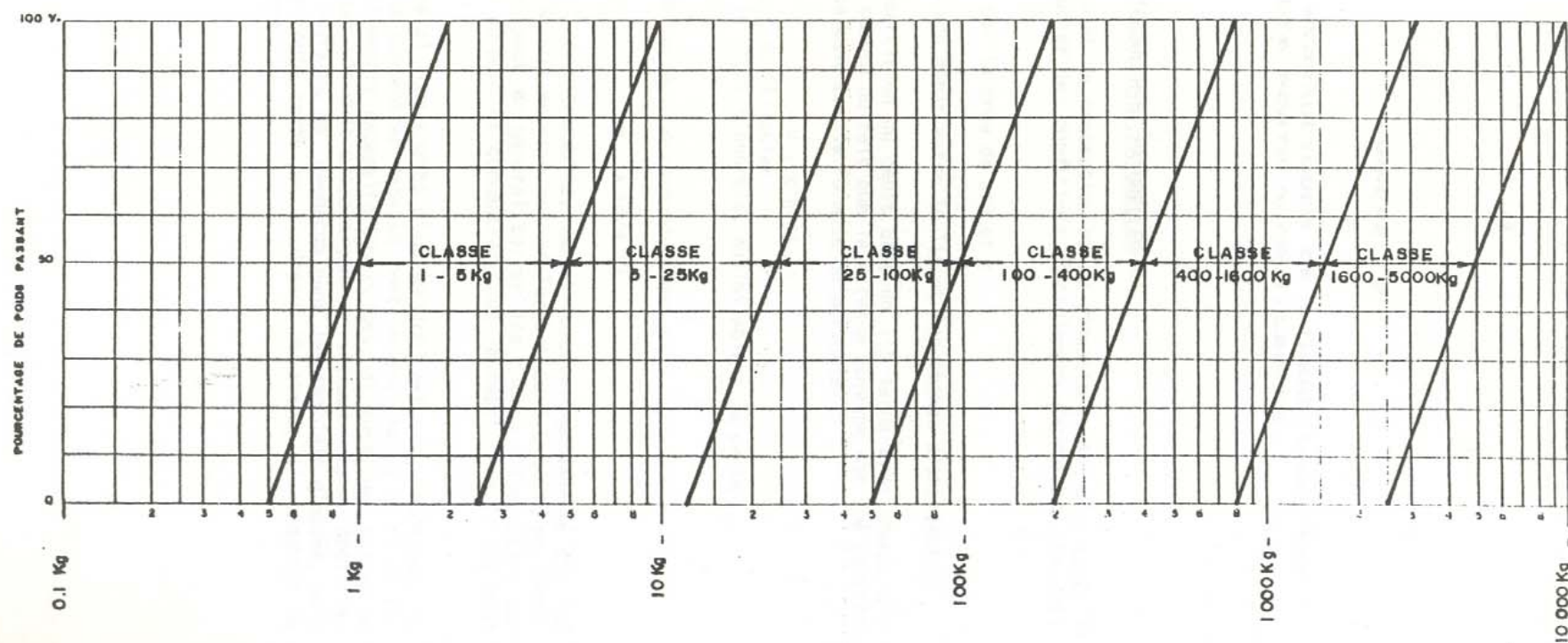


FIG 1 - 2

PROTECTION DE BERGE PAR CARAPACE D'ENROCHEMENT  
AVEC RISBERME EN ENROCHEMENTS ET RESERVE DE PIED  
EN ENROCHEMENTS

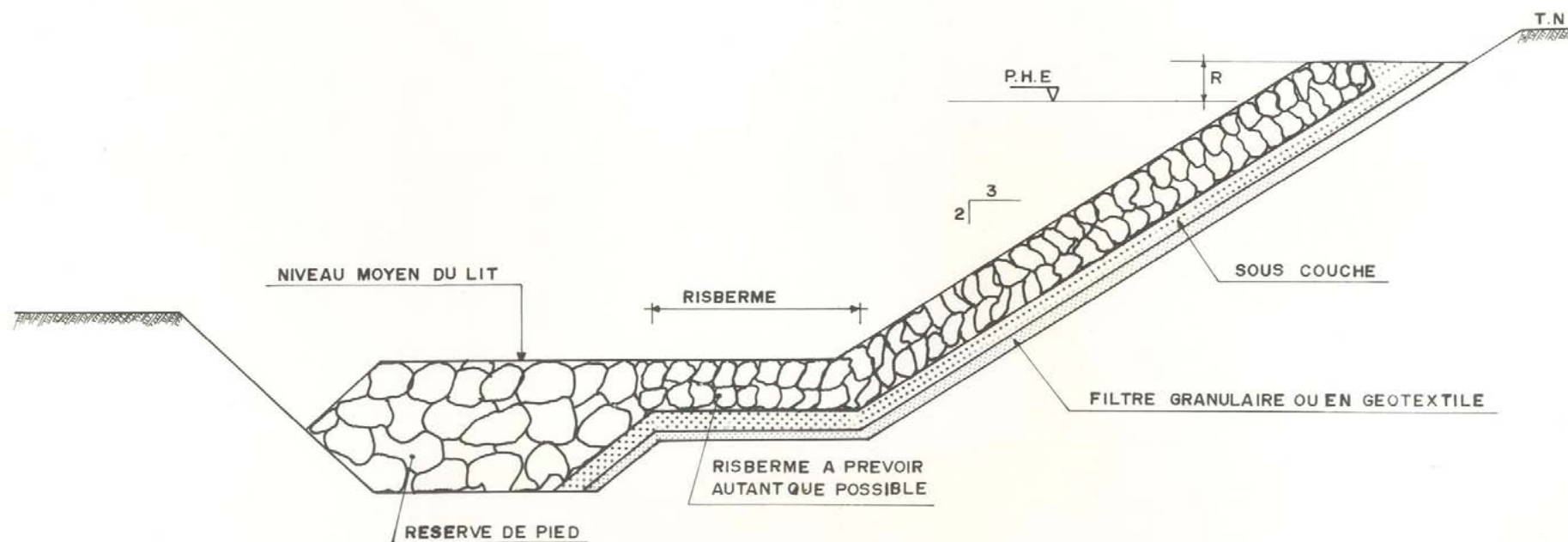


FIG 1-3

PROTECTION DE BERGE PAR REVETEMENT DE GABIONS AVEC RISBERME  
EN GABION ET RESERVE DE PIED EN ENROCHEMENTS

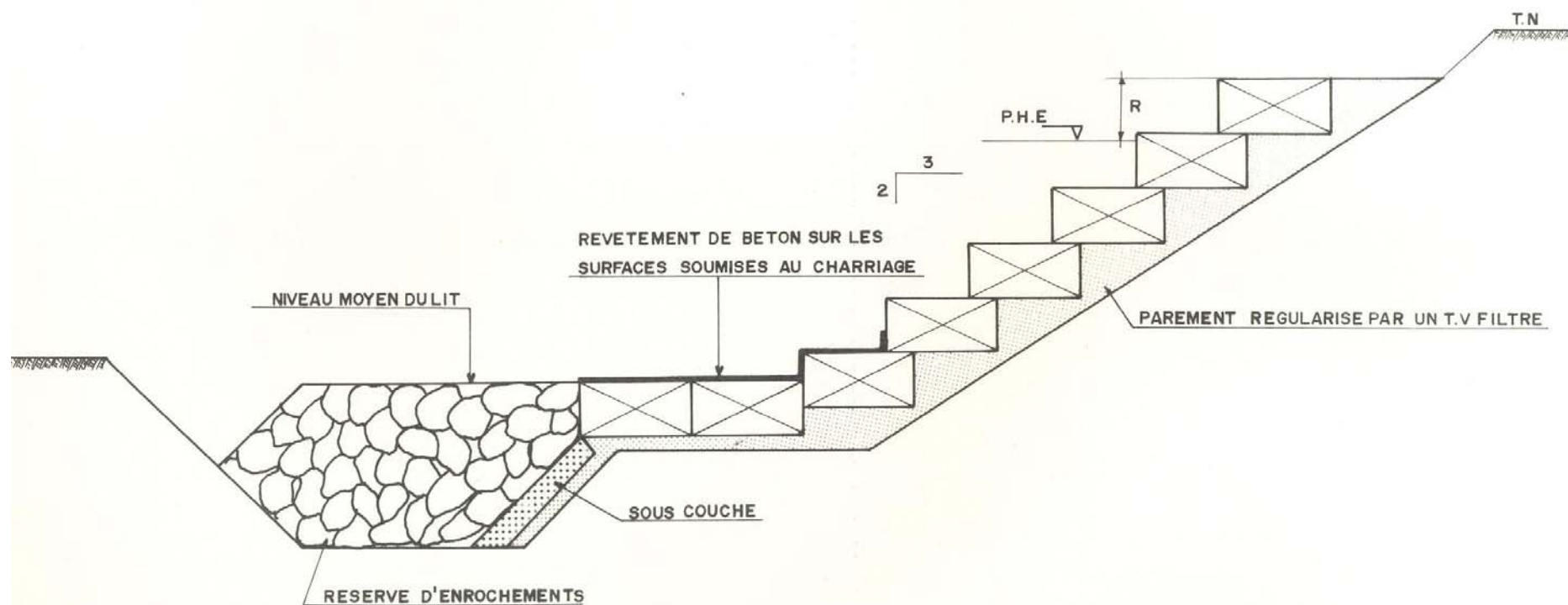




FIG I-4

PROTECTION DE BERGE PAR PERRE MAÇONNE OU BETONNE AVEC  
RISBERME EN BETON ET RESERVE DE PIED EN ENROCHEMENTS

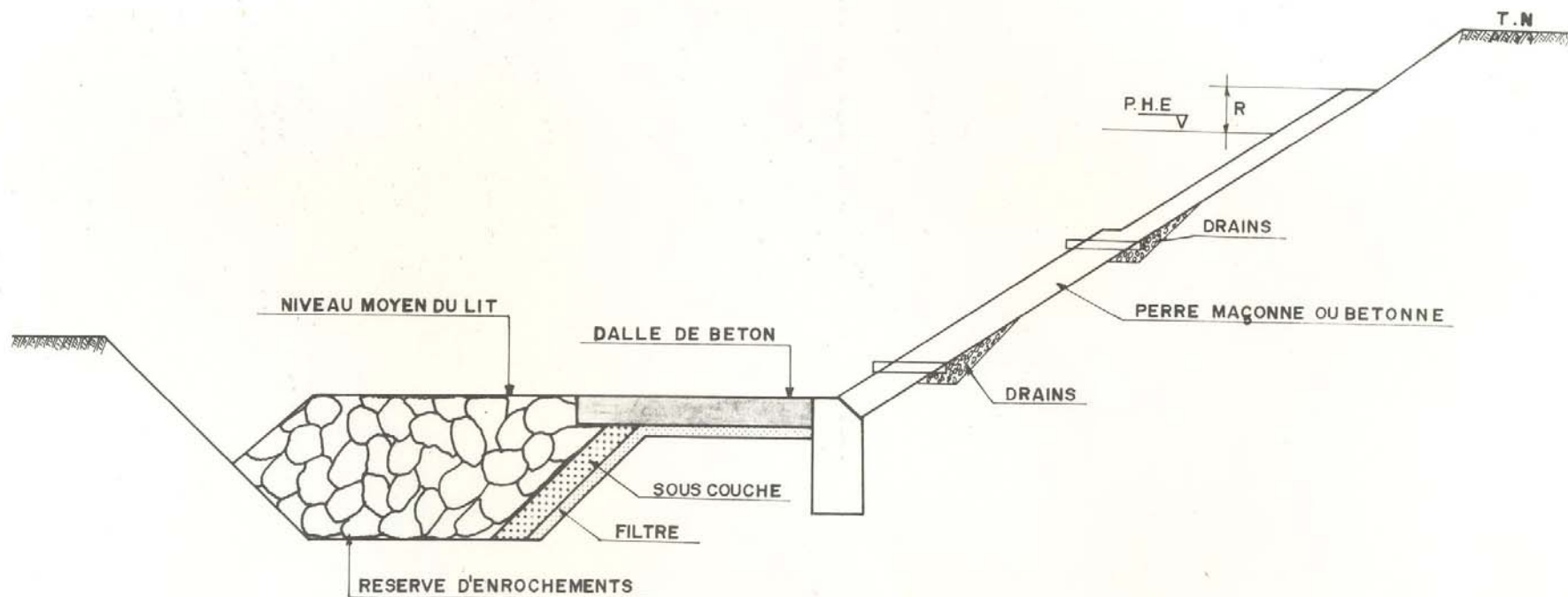
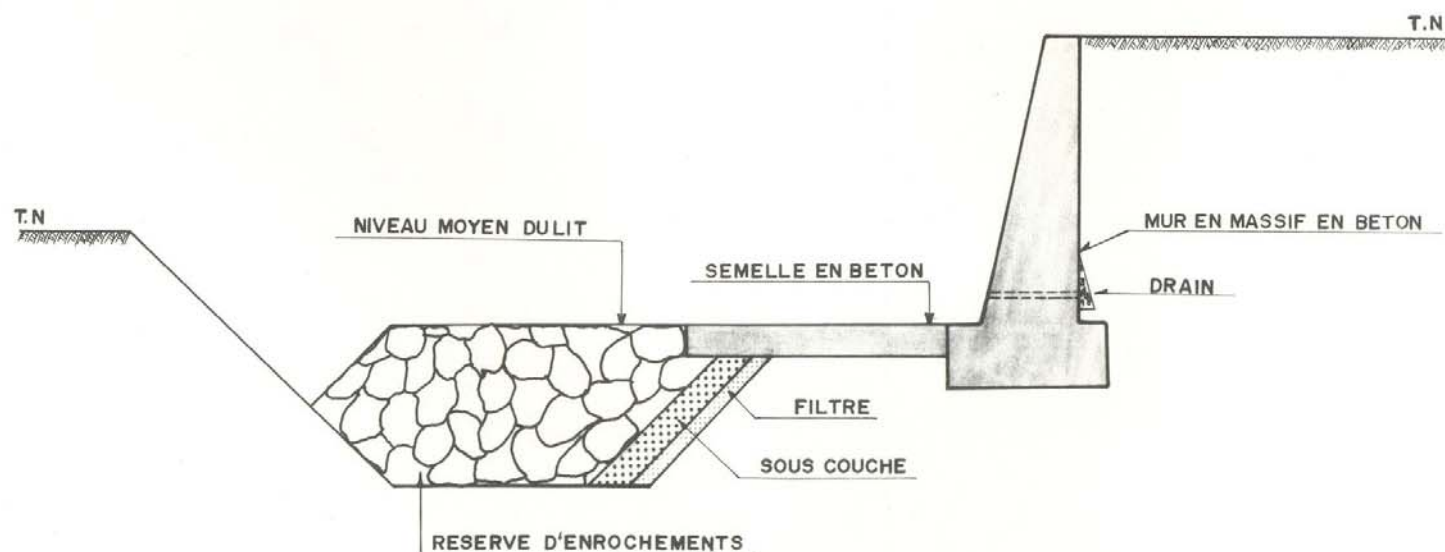


FIG 1-5

PROTECTION D'UN MUR DE BERGE PAR UNE SEMELLE  
EN BETON AVEC RESERVE DE PIED D'ENROCHEMENTS



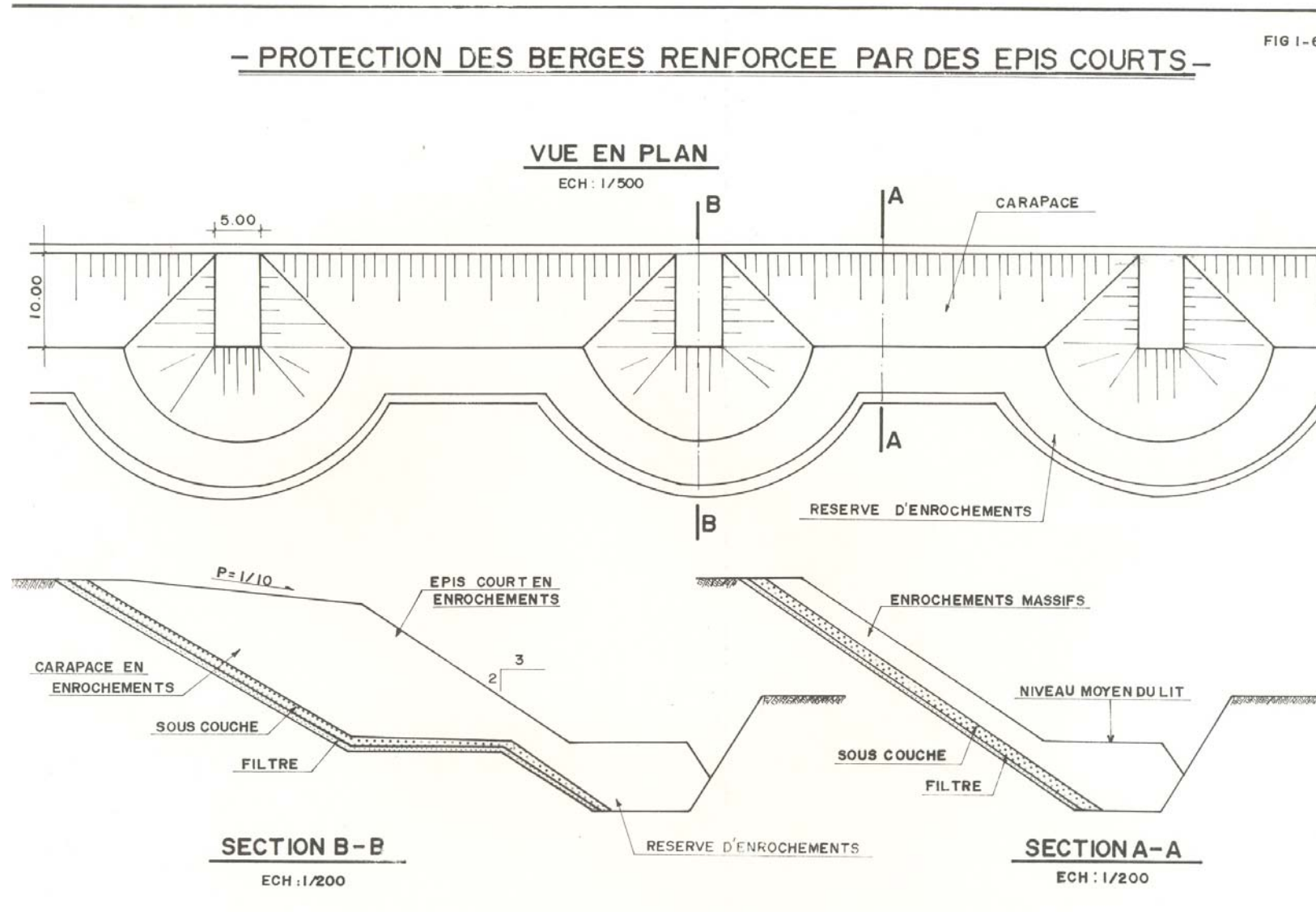




FIG 1-7

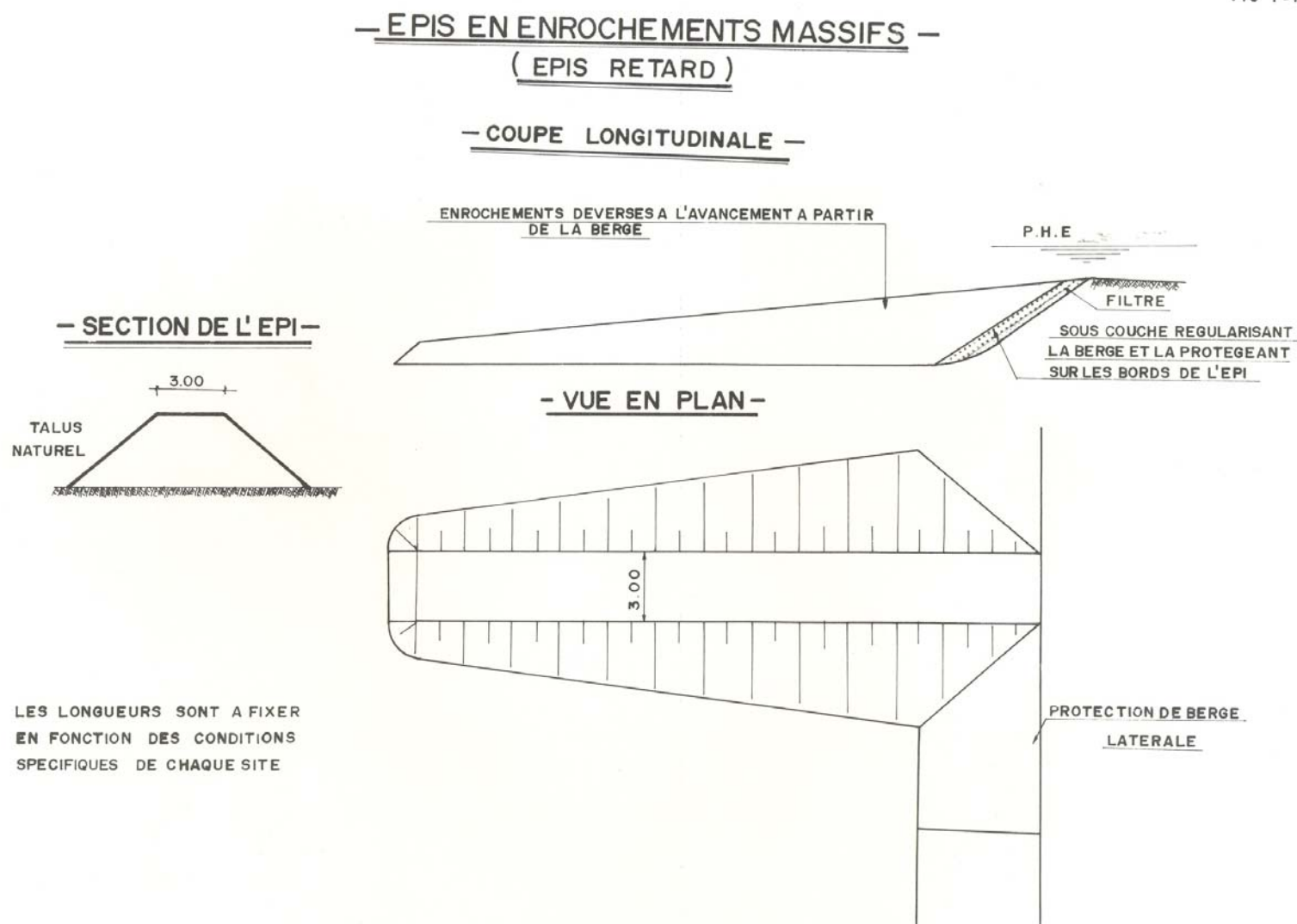
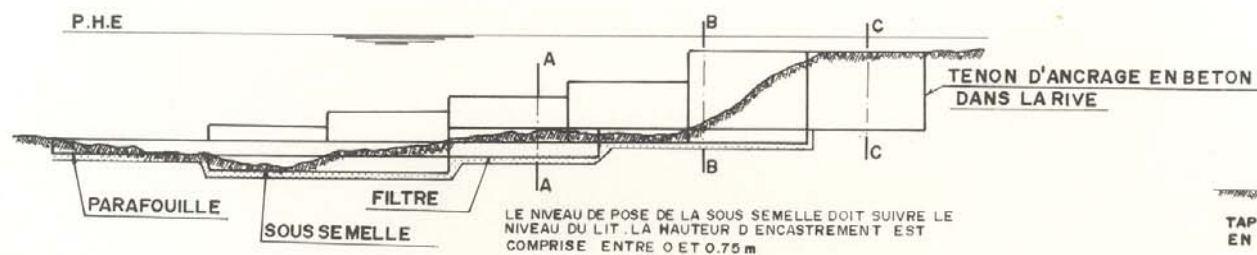


FIG 1-8

# — EPIS EN GABIONS —

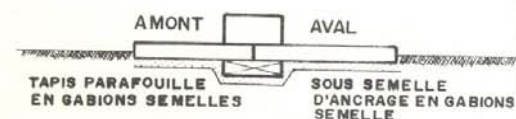
Ech: 1/200

## — COUPE LONGITUDINALE —

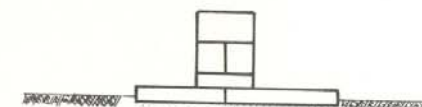


## — COUPES EN TRAVERS TYPE —

### A-A



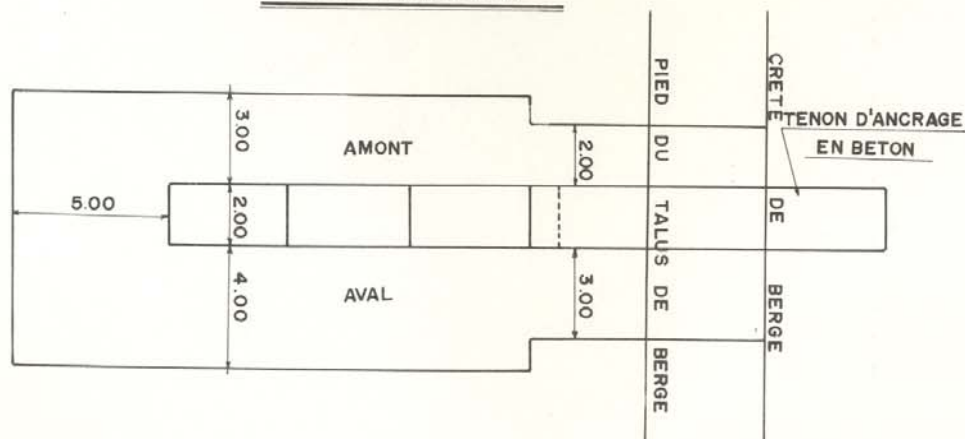
### B-B

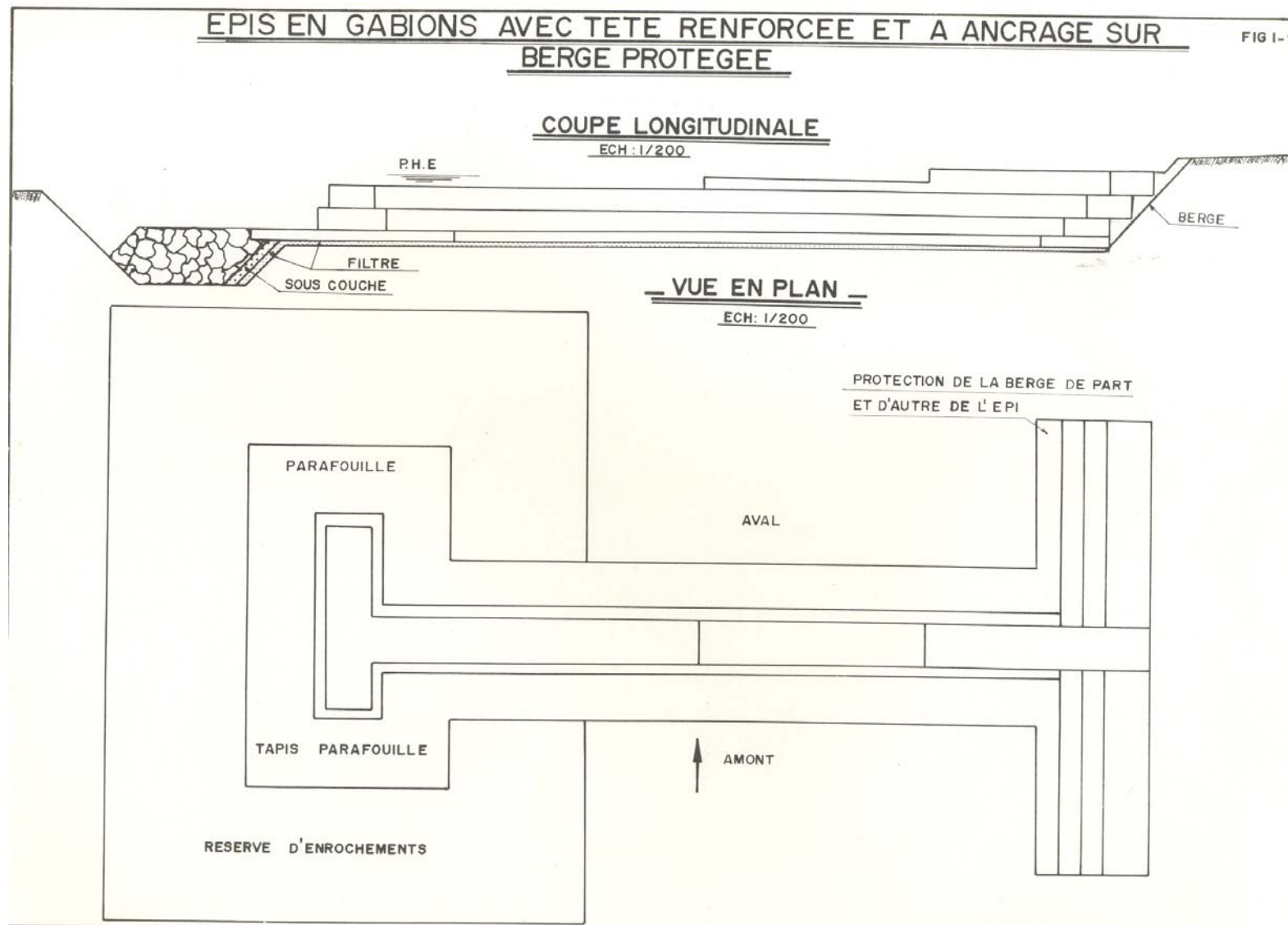


### C-C



## — VUE EN PLAN —





## UUEXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT DU MUR MASSIF EN BETON NON ARME

### 1- DONNEES :

Angle de frottement  $\phi =$   
 Contrainte du sol =  
 Hauteur du mur  $H =$   
 Largeur en tête  $b =$   
 Largeur en pied  $B =$   
 Densité du sol  $\gamma =$   
 Surcharge routière + remblai =

$27^\circ$

$3,6 \text{ t/m}^2$

$6,26 \text{ m}$

$0,50 \text{ m}$

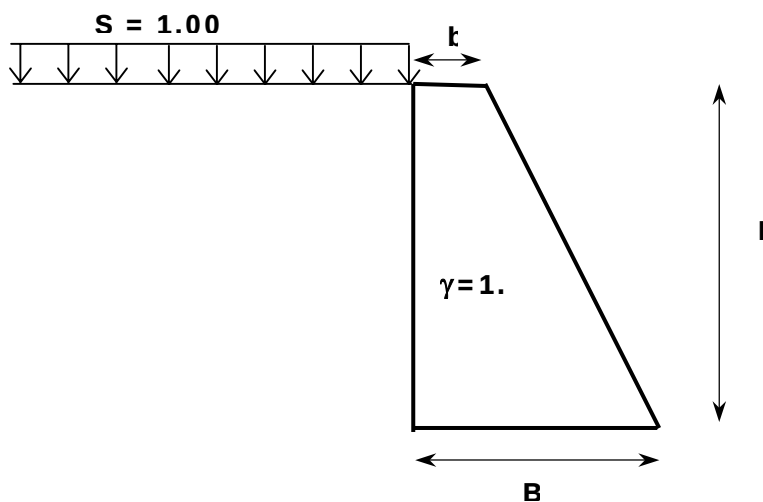
$6,3 \text{ m}$

$1,80 \text{ t/m}^3$

$1,00 \text{ t/m}^2$

Données concernant le mur de soutènement à dimensionner, les caractéristiques du sol support et la charge sur le mur

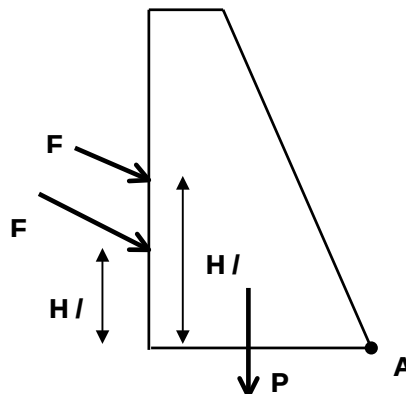
Dimensions du mur de soutènement



### 2- CALCUL DES FORCES :

$K_c =$  0,376  
 Poids propre du mur  $P_p =$  51,0816t  
 Force de poussée  $F_p =$  13,244324t  
 Force de la surcharge  $F_s =$  2,35t

Calcul des forces et moments auxquelles subit le mur de soutènement



**3- CALCUL DES MOMENTS :****- Moments stabilisants par rapport à A:**

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| Moment dû au poids du mur : | 213,92t.m |
| Moment dû à la poussée :    | 25,78t.m  |
| Moment dû à la surcharge :  | 1,31t.m   |

**- Moments renversants par rapport à A :**

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Moment dû à la poussée :   | 26,28t.m |
| Moment dû à la surcharge : | 7,00t.m  |

**4- VERIFICATION DE LA STABILITE :****- Condition de non glissement**

K : Coefficient de sécurité =

$$K = \frac{\sum \text{Forces verticales} \times \tan^2(\pi/2 \times \varphi)}{\sum \text{Forces horizontales}}$$

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Forces verticales =   | 55,90t |
| Forces horizontales = | 14,83t |

$$K = 3,443$$

Justifications vis-à-vis du glissement, renversement et poinçonnement.

**K > 1.5 : Condition satisfaite**

**- Condition de non renversement**

$$K = \frac{\sum \text{Moments stabilisants}}{\sum \text{Moments renversants}}$$

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Moments stabilisants = | 241,01t.m |
| Moments renversants =  | 33,28t.m  |

$$K = 7,24$$

**K > 1.5 : Condition satisfaite**

**- Vérification de la contrainte**

$$\sigma_{\min, \max} = \frac{N}{B} \pm \frac{6M}{B^2}$$

N : Effort normal total

M : Moment au centre du pied du mur

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| Effort normal N = | 55,90t    |
| Moment M =        | -34,91t.m |

$$\sigma_{\max} = 3,60$$

**< 30 t/m<sup>2</sup> : Condition satisfaite**

## CONFORTEMENTS ELEMENTS RESISTANTS

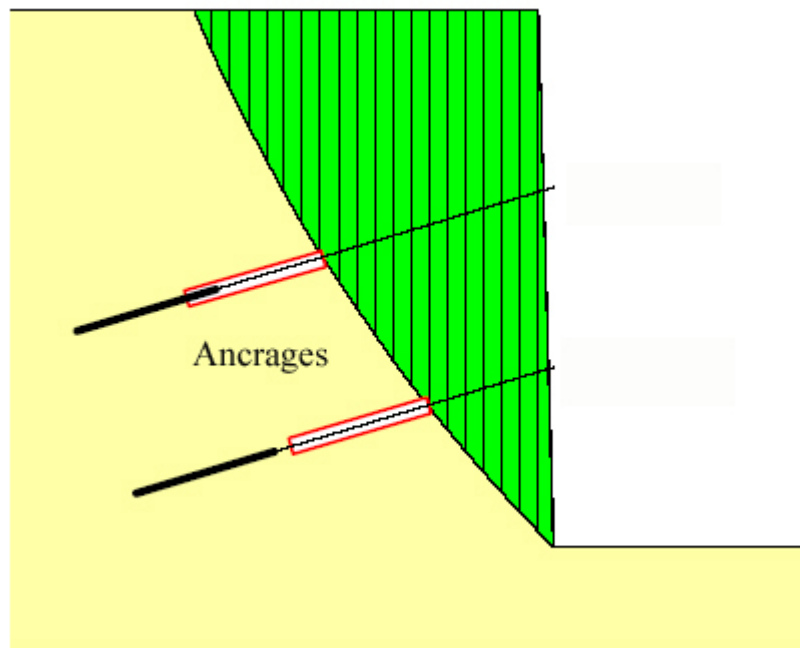
Outres les procédés énumérée dans le volume A chapitre 8 : « Equipement et dispositions constructives », il existe certains dispositifs de confortement qui sont coûteux, et rarement utilisés dans le cadre des routes rurales, Il est toutefois indispensable de traiter de ces procédés :

### a) Tirants d'ancrage

Le principe consiste à réduire les forces actives du glissement et à accroître les contraintes normales effectives sur la surface de rupture. Pour ce faire, on ancre des tirants constitués de câbles d'acier multitorons dans le terrain stable situé sous la surface de rupture, et on applique en tête un effort de traction. Cet effort peut être réparti sur la surface du terrain par l'intermédiaire de plaques ou de petits massifs en béton armé. Dans de nombreux cas, les tirants sont combinés à un mur ou à des longrines.

L'utilisation de tirants précontraints suppose :

- ✓ qu'on ait déterminé la force d'ancrage nécessaire par mètre linéaire de glissement pour assurer une valeur suffisante du coefficient de sécurité ;
- ✓ qu'on justifie le choix et les caractéristiques des tirants



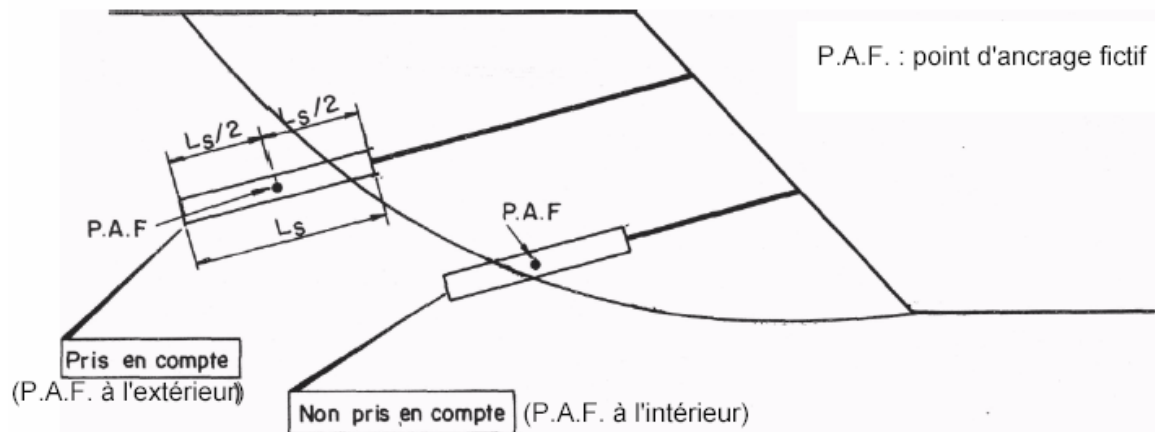
Un tirant précontraint ne travaille qu'en traction pure (y compris avec la méthode du calcul à la rupture). La valeur limite de celle-ci est égale à :

$$T_n = \min(T_{nl}; R_n)$$

où :  $T_{nl}$  résistance à l'arrachement, et  $R_n$  résistance à la traction pure de l'acier, sont données par l'opérateur.

Deux options sont possibles

- ✓  $T_{nl}$  = tout ou rien : dans le même souci de conformité aux recommandations, un tirant n'est pris en considération dans l'équilibre que si son point d'ancrage fictif (PAF), supposé situé au milieu du scellement, est à l'extérieur de la surface de rupture. Cette règle introduit une discontinuité tout à fait artificielle entre deux surfaces de rupture voisines, selon que le PAF est à l'extérieur ou à l'intérieur.

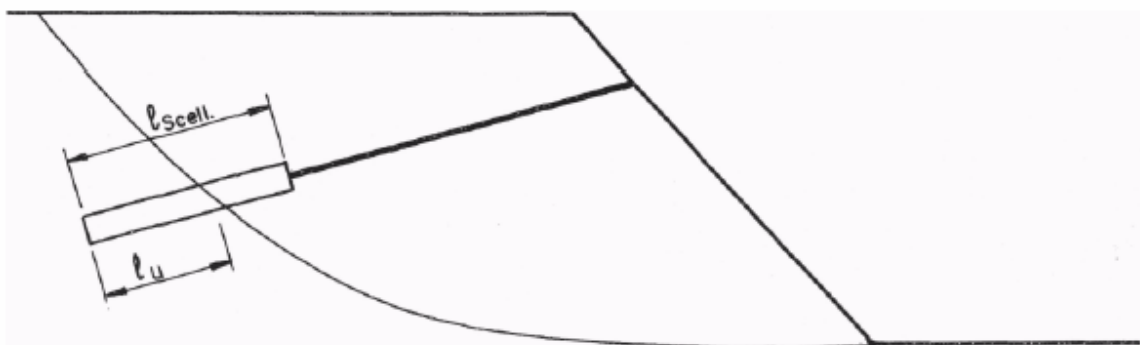


*Situations considérées pour les tirants travaillant en tout ou rien sur le scellement*

- ✓  $T_{nl}$  au prorata de la longueur utile de scellement ( $l_s$ ), avec :

$$T_{nl} = (R_{scel} \cdot l_u) / l_{scel}$$

où  $R_{scel}$  est la résistance à l'arrachement de la totalité du scellement.



*Tirant travaillant au prorata de la longueur utile du scellement*

## b) Le clouage

Le clouage sert à transférer les efforts déstabilisateurs, poids de la masse qui glisse, vers la partie stable du sol par un mécanisme d'accrochage. Une masse solidaire et importante de sol est ainsi créée, dont la stabilité est assurée. La démarche de calcul d'un ouvrage cloué comprend d'abord une évaluation des forces à ajouter pour assurer la stabilité d'une grande masse de sol. Ensuite il faut trouver la meilleure répartition des ouvrages unités, (clou, pieu), en prenant en compte les problèmes d'accessibilité pour la réalisation. Dans la pratique, la démarche proposée par les programmes de calcul, est un peu différente, car les efforts que l'inclusion peut reprendre dépendent de sa géométrie et de sa position dans la pente. Par tâtonnement, l'ingénieur améliore peu à peu son projet, en modifiant position et nombre d'inclusion.

Deux types de clouage existent, le clouage passif où la présence seule du clou assure le transfert des efforts et le clouage actif où le clou est préalablement mis en tension. Dans le premier cas, le frottement mobilisable sera maximum avec un déplacement, alors que dans le second, la mise en tension est censée supprimer tout déplacement lors du creusement.

La mise en place des inclusions est en général préalable au creusement, on renforce d'abord avant de créer le déséquilibre de masse.





Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## VOLUME B

### ANNEXES

#### *ANNEXE B10 : IMPCAT ENVIRONNEMENTAL*

## **ANNEXE B10**

# **IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UN PROJET DE ROUTE RURALE**

**ANNEXE B-10-1- FICHE D'EVALUATION  
ENVIRONNEMENTALE PRELIMINAIRE**

**ANNEXE B-10-2- PRESENTATION D'UN PLAN DE GESTION DE  
L'ENVIRONNEMENT**

## **ANNEXE B-10-1-**

# **FICHE D'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE PRELIMINAIRE**

Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et du Transport  
Direction des Routes et de la Circulation Routière  
*Programme National des Routes Rurales*

## Fiche d'évaluation environnementale préliminaire

Cette fiche a pour but de présenter lors de la phase préliminaire du projet (identification) les principaux impacts probables du projet et d'évaluer l'ampleur de l'évaluation environnementale requise.

| 2. Type de fiche                                                           | Identification du projet                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Originale<br><br><input type="checkbox"/> Révisée | Projet No. : Programme National des Routes Rurales _____<br>Nom du Projet : (Route)<br>Durée du Projet : _____<br>Coût estimatif du Projet : _____ |

### JUSTIFICATION DU PROJET

**a) Indiquez le but et les objectifs du projet, ainsi que les résultats et avantages attendus**

### DESCRIPTION DU PROJET ET COMPOSANTES PRINCIPALES

**b) (longueur, type de travaux : nouveaux tracé, aménagements de piste, construction de route, ...) :**

### LOCALISATION DU PROJET

|                                                                                                                                                                                                                                                |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Région                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| Province                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| Liaison                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| N° de route/N°piste inventoriée<br>Début du projet (localisation ou PK)<br>Fin du projet (localisation ou PK)                                                                                                                                  |  |
| Description sommaire de la zone du projet de part et d'autres du tracé (géographie, activités humaines, agricole, industrielle, ...)                                                                                                           |  |
| Présences de ressources en eau dans la zone du projet (irrigation, eau potable, énergie, ...) Usage de la ressource en eau (énergie, irrigation),<br>Types d'accès à l'eau potable (réseau d'adduction d'eau potable, forages, puits, matfias) |  |

|                                                                                                                                                                         |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Nombre d'habitants ou de douars concernés<br>...) dans la zone du projet,<br>Type d'habitat (dense, dispersé)                                                           |  |
| Autres caractéristiques de la zone du projet <ul style="list-style-type: none"> <li>- aires protégées,</li> <li>- zones boisées,</li> <li>- présence d'oueds</li> </ul> |  |

**PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU PROJET**

|                                                                            |  |
|----------------------------------------------------------------------------|--|
| Longueur totale du projet                                                  |  |
| Longueur en zone plate                                                     |  |
| Longueur en zone vallonnée                                                 |  |
| Longueur en zone plat à vallonnée                                          |  |
| Largeur de la plate-forme<br>projetée (corps de chaussée et<br>accotement) |  |

**ALTERNATIVES ENVISAGEABLES DU PROJET**

Description (utilisation de carte ci-jointe) les principales alternatives envisageables (si elles existent) et indiquez les raisons du choix du tracé du projet

**Passage en revue des différents aspects du projet**

## (1) A – Principaux problèmes liés au projet

1. Le projet implique-t-il l'expropriation de terrain ou la démolition d'infrastructures existantes (habitations, infrastructures communautaires ou socio-économiques ...) ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A  
Si oui, surface ou nombre et type d'infrastructure touchée
2. Le projet nécessite-t-il que les populations soient relogées ou indemnisées ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A  
Si oui, nombre de population affectée
3. Le projet implique-t-il l'empiètement de parcelles, d'habitations, ou de terrain à usage public (parking, plate-forme d'accès à des sources, puits ou forages) ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir ☐  
Si oui précisez :
4. Des habitations sont-elles en bordure ou contiguës à la nouvelle plate-forme de chaussée ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A  
Si oui précisez :
5. Le projet empiète-il sur des zones susceptibles d'être aménagées, mise en culture (bours, zones irriguées) ou vouées à l'industrie ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A  
Si oui précisez :
6. Le projet provoque-t-il des perturbations de grandes envergures au niveau des sites (terrassement, abatage d'arbres, déforestation ...) ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A  
Si oui précisez :
7. Le projet aboutira-t-il à la destruction de la végétation ou des sols sur le tracé, au niveau des sites d'emprunt de matériaux, des carrières, des sites de dépôts, des installations de chantier... ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
8. Le projet implique-t-il l'utilisation d'explosifs ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A

9. Le projet est-il susceptible de provoquer une pollution des sols ou des eaux (superficielles ou souterraines) ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
10. Le projet provoquera-t-il à une augmentation des matières en suspension, à une diminution de la qualité des eaux ou à une sédimentation dans les oueds liés à l'érosion des zones du projet ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
11. Le projet provoque-t-il l'augmentation d'émission atmosphérique dangereuse permanentes ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
12. Le projet induit-il une augmentation du niveau sonore ambiant ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
13. Le projet provoque-t-il des perturbations ou modification (Coupure temporaire, déviation) au niveau du réseau de drainage ou des eaux de surface (Oueds, Dayas, ...) en phase de construction ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
14. Le projet provoque-t-il des perturbations ou modification (Coupure temporaire, déviation) au niveau du réseau de drainage ou des eaux de surface (Oueds, Dayas, ...) en phase d'exploitation, entretien ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
15. Le projet provoque-t-il des perturbations (tarissement des sources) ou des modifications au niveau des eaux souterraines (Puits, Sources, ) ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
16. Le projet sera-t-il profitable d'une façon égale à l'ensemble des bénéficiaires de la région ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A
17. Les bénéficiaires de la région auront-ils accès de façon égale au projet ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A

(2)

**B. Problèmes liés à l'implantation du tracé du projet**

18. Est-ce que le projet est localisé dans une zone avec des aires protégées ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir
19. Le projet est-il implanté dans une aire où il y a des espèces (faune-flore) ou des écosystèmes de valeur écologique ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir
20. Le projet est-il situé dans une zone où des espèces (faune-flore) sont en voie d'extinction ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir
21. Le projet est-il situé proche de puits, de sources, d'étendues aquatiques, d'oueds, de zones humides ou de dayas (source aménagée) ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir
22. Le projet est-il implanté près de zones d'intérêt archéologique, historique, culturel ou religieux ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir  
Si oui de quel type ?
23. La zone du projet est-elle située dans des zones de sols pollués ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir
24. Le projet traverse-t-il une zone dont le paysage est de grand intérêt ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir
25. Le projet est-il implanté dans une zone sujette à des glissements de terrain ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir  
Si oui : le risque est-il élevé, moyen ou faible ?
26. Le projet est-il implanté dans une zone sujette à érosion (ravinement) ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir  
Si oui : le risque est-il élevé, moyen ou faible ? moyen
27. Le projet est-il implanté dans une zone sujette à risque sismique ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir  
Si oui : le risque est-il élevé, moyen ou faible ?
28. Le projet traverse-t-il une zone inondable ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir

(3)

29. Le projet traverse-t-il une zone sensible aux risques d'incendie ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir
30. Le projet traverse-t-il des zones densément peuplées ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir
31. Le projet traverse-t-il une zone à intérêt agricole ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir  
Si oui élevé, moyen ou faible : intérêt moyen
32. Le projet traverse-t-il une zone d'intérêt touristique ? ☐ Oui ☐ Non ☐ A approfondir



Dressé par \_\_\_\_\_

(Chef de projet -Entité)  
Directeur de la DPE**CLASSIFICATION DU PROJET**

Sur la base de l'évaluation préliminaire, le projet est classé dans la catégorie suivante :

- ☐ I Le projet peut provoquer des impacts négatifs sur l'environnement  
Il nécessite une Evaluation Environnementale (EE) incluant un Plan de Gestion de l'Environnement spécifique (PGES)
- ☐ II Les impacts négatifs prévisibles du projet sont de courte durée et sont aisément atténuables tant en phase travaux qu'en phase entretien-opérationnelle  
Le projet nécessite une étude environnementale limitée par la rédaction d'un Plan de Gestion de l'Environnement spécifique (PGES)

Visé par \_\_\_\_\_ (Superviseur)  
DRCR

## **ANNEXE B-10-2-**

# **PRESENTATION D'UN PLAN DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT**

## Présentation d'un plan de gestion de l'environnement spécifique

### Impacts potentiels à prendre en compte lors de la phase conception-études :

| Impacts potentiels                                                                               | Mesure d'atténuations génériques                                                                                                                                                                                                     | Période de mise en oeuvre | Responsabilité pour la supervision | Responsabilité pour la supervision | Indicateurs de suivi                                   | Type et fréquence du suivi et des comptes rendus         | Budget en US                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Eboulement affaissement et glissement                                                            | Eviter les zones géologiquement instables                                                                                                                                                                                            | Conception études         | DRE/BE                             | DRCR/DRE                           | Check-list suivi environnement<br>Au niveau des études | Pendant la conception des PE et lors de leur approbation | Inclus dans les coûts d'études |
| Augmentation des écoulement d'eau des surfaces des routes ,risques accrus d'inondation localisée | Dimensionnement suffisant des ouvrages d'assainissement latéraux (fossés) et choisir de façon judicieuse l'emplacement des exutoires, Identification et dimensionnement des ouvrages de franchissement (seuils, radiers submersibles | Conception études         | DRE/BE                             | DRCR/DRE                           | Check-list suivi environnement<br>Au niveau des études | Pendant la conception des PE et lors de leur approbation | Inclus dans les coûts d'études |
| Paysagistique et pertes de terre agricoles                                                       | Conception des travaux de terrassement                                                                                                                                                                                               | Conception études         | DRE/BE                             | DRCR/DRE                           | Check-list suivi environnement<br>Au niveau des études | Pendant la conception des PE et lors de leur approbation | Inclus dans les coûts d'études |
| Pollution de l'air et des sols                                                                   | Spécifications concernant le concasseur ou le matériel de répand age et de stockage des produits bitumineux à inclure dans le DAO entreprise                                                                                         | Conception études         | DRE/BE                             | DRCR/DR                            | Check-list suivi environnement<br>Au niveau des études | Pendant la conception des PE et lors de leur approbation | Inclus dans les coûts d'études |

**Impacts potentiels à prendre en compte lors de la phase de construction :**

| Impacts potentiels                     | Mesure d'atténuations génériques                                                                                                                                            | Période de mise en oeuvre | Responsabilité pour la supervision | Responsabilité pour la supervision | Indicateurs de suivi                                                | Type et fréquence du suivi et des comptes rendus                                                                                | Budget en US                                            |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Des terres arables                     | Mouvement des terres la surface des sites d'emprunt de matériaux et limite l'exposition Du sol à la saison sèche -équilibrer déblai/remblai                                 | Construction              | Contrôleur de travaux              | Environnement DRCR / DRE           | En cohésion avec le plan d'exploitation délivrée par l'entrepreneur | Chantier régulière(visite de chantier hebdomadaire par le contrôleur ,trimestriel par l'ingénieur environnement)                | Inclus dans les coûts de construction et de supervision |
| Paysagistique                          | Remise en état des sites d'installation de chantier ,des sites de stockage puis aménagements des zones d'emprunt de matériaux après utilisation.                            | Construction              | Contrôleur de travaux              | Ingénieur environnement DRCR/DRE   | Remise en état effectives des sites                                 | Inspection lors du repli de chantier ,vérification lors de la réception provisoire                                              | Inclus dans les coûts de construction et de supervision |
| Pollution des eaux e des sols          | Stocker dans un endroit autorisé les déchets de construction utiliser les méthodes opportunes pour le stockage des déchets Acheminer les déchets vers des sites appropriés. | Construction              | Contrôleur de travaux              | Ingénieur environnement DRCR/DRE   | Gestion des déchets au sein de l'organisation du chantier           | Inspection de chantier régulière (visite de chantier hebdomadaire par le contrôleur , trimestriel par l'Ingénieur environnement | Inclus dans les coûts de construction et de supervision |
| Sécurité du public Et sécurité du site | Fournir des barrières de sécurité et mettre en place une signalétique adéquate avec déviations éventuelles                                                                  | Construction              | Contrôleur de travaux              | Ingénieur environnement DRCR/DRE   | Accès réglementé                                                    | Inspection de chantier régulière (visite de chantier hebdomadaire par le contrôleur , trimestriel par l'Ingénieur environnement | Inclus dans les coûts de construction et de supervision |
| Augmentation du niveau du bruit        | Limitier le travail aux heures normales de travail ,utiliser les équipements silencieux , faire fonctionner les équipements uniquement si besoin.                           | Construction              | Contrôleur de travaux              | Ingénieur environnement DRCR/DRE   | Bruit atténué et plages horaires de travail limités dans le temps.  | Inspection de chantier régulière(visite de chantier hebdomadaire par le contrôleur)                                             | Inclus dans les coûts de construction et de supervision |

| Impacts potentiels                                                       | Mesures d'atténuations                                                                                                                                                                     | Période de mise en oeuvre | Responsabilité pour la mise en oeuvre | Responsabilité pour la supervision | Indicateurs de suivi                                                                                                             | Type et fréquence du suivi et des comptes rendus                                                                              | Budget en UIS                                           |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Détérioration de la qualité de l'air (poussière durant la construction ) | Mettre en place des mesures de suppression de poussière (arrosage et bâchage des camions)ne pas brûler les déchets sur le site ,effectuer une maintenance de routières sur les équipements | construction              | Contrôleur de travaux                 | Ingénieur environnement DRCR/DRE   | Emission réduite des poussière (bâchage effectif ,arrosage des pistes et des sites de stockage de matériaux près des habitations | Inspection de chantier régulière(visite de chantier hebdomadaire par le contrôleur trimestriel par l'ingénieur environnement) | Inclus dans les coûts de construction et de supervision |

**Impacts potentiels à prendre en compte lors de la phase de mise en service et de maintenance :**

| Impacts potentiels                         | Mesure d'atténuations                                                                                      | Période de mise en oeuvre | Responsabilité pour mise en oeuvre | Responsabilité pour la supervision  | Indicateurs de suivi                                                              | Type et fréquence du suivi et des comptes rendus                                               | Budget en US                                     |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Blocage des caniveaux de drainage naturels | Garantir une maintenance opportune et continue pour contrôler l'érosion et le drainage le long de la route | maintenance               | DRE                                | Ingénieur environnement<br>DRCR/DRE | Écoulement à maintenir libre , longueurs de fossés à nettoyer et ouvrages à curer | Visite de maintenance par l'ingénieur environnement ou le chargé de la maintenance dans la DRE | Inclus dans les coûts de maintenance et de suivi |
| Paysage ,pollution des sols et des eaux    | Evacuation des déchets ou autres matériaux impropres sur la chaussée et les accotements                    | maintenance               | DRE                                | Ingénieur environnement<br>DRCR/DRE | Sites propres de tout déchet                                                      | Visite de maintenance par l'ingénieur environnement ou le chargé de la maintenance des DPE     | Inclus dans les coûts de maintenance et de suivi |

Dressé par :

Vérifié par :

Approuvé par :

**Bibliographie**

- ✓ **Recommandation pour l'assainissement routier (SETRA)**
- ✓ **Guide de drainage routier (DRCR)**
- ✓ **Manuel d'exécution des petits ouvrages routiers en Afrique (BCEOM)**
- ✓ **Assainissement routier – données hydrologiques et hydrauliques pour dimensionnement des ouvrages d'art (Mijuskovic Branislav)**
- ✓ **Etude d'hydraulique fluviale (CID – SOGREAH)**
- ✓ **Les ouvrages de soutènement (SETRA)**
- ✓ **Manuel de TALREN – Notice technique**
- ✓ **Etude d'assainissement des routes et des autoroutes – Mémoire du travail de fin d'étude (CID – EHTP)**
- ✓ **Autres.**



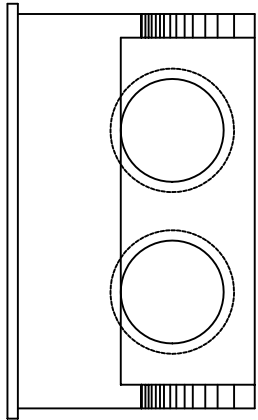
Royaume du Maroc  
Ministère de l'Équipement et des Transports  
Direction des Routes

# GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

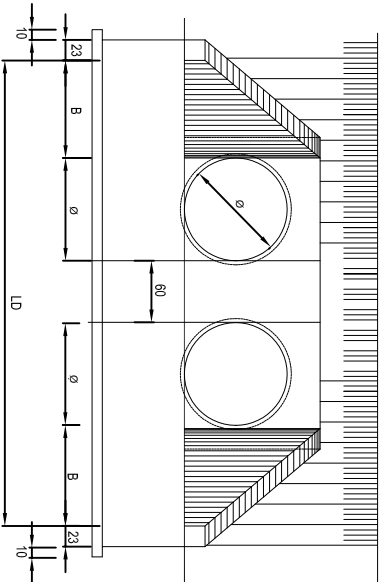


VOLUME C

PLANS TYPES

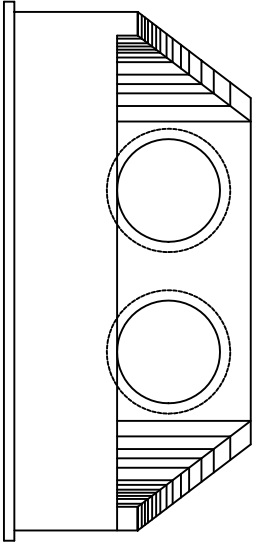


ELEVATION  
TETE AVAL

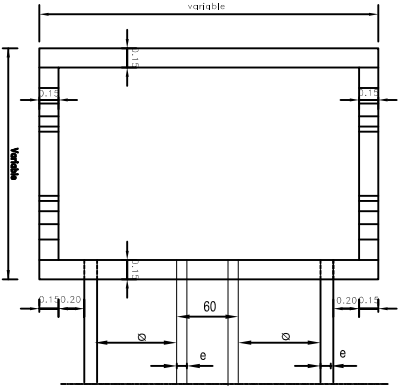


ELEVATION B - B  
TETE AMONT

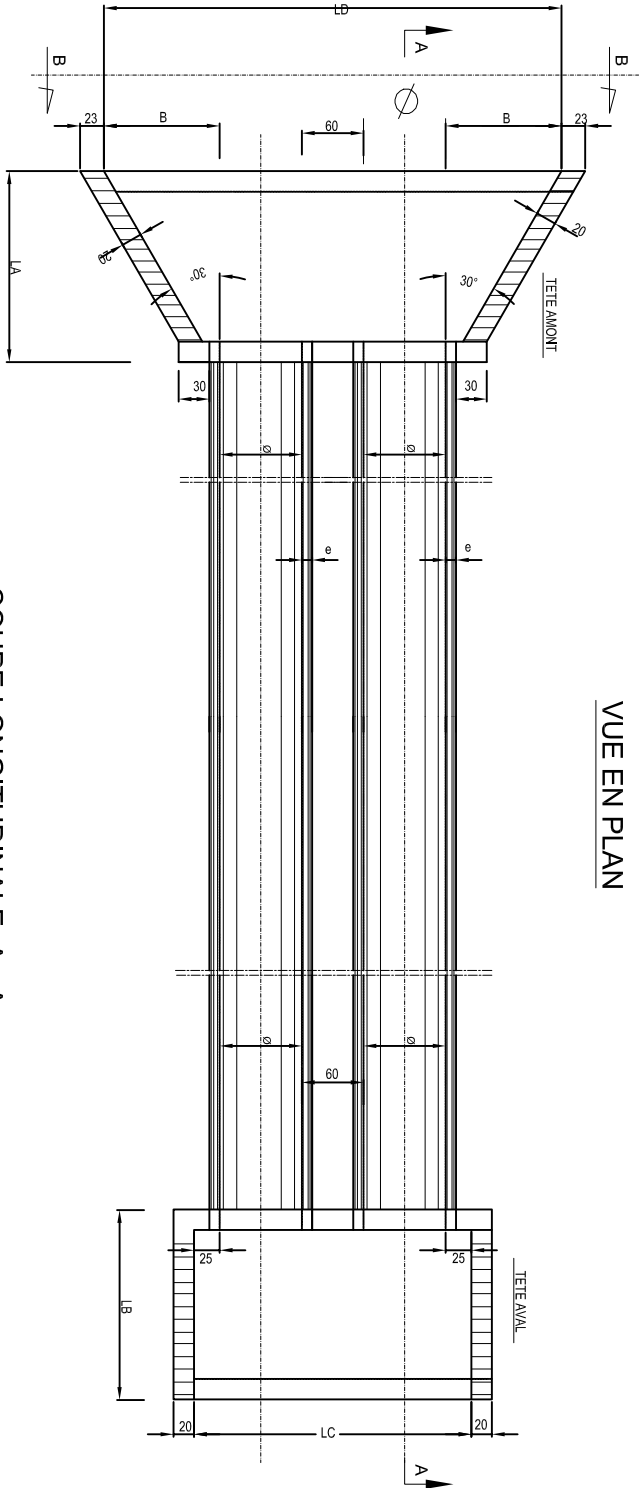
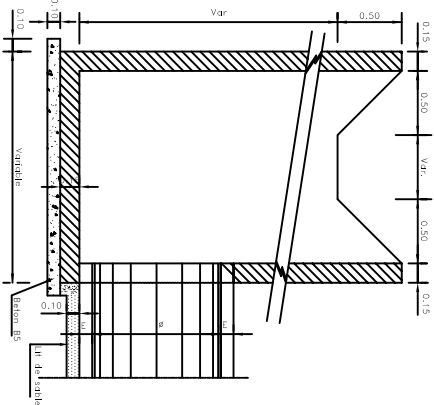
ELEVATION  
TETE AMONT



VUE EN PLAN  
PUISARD AMONT

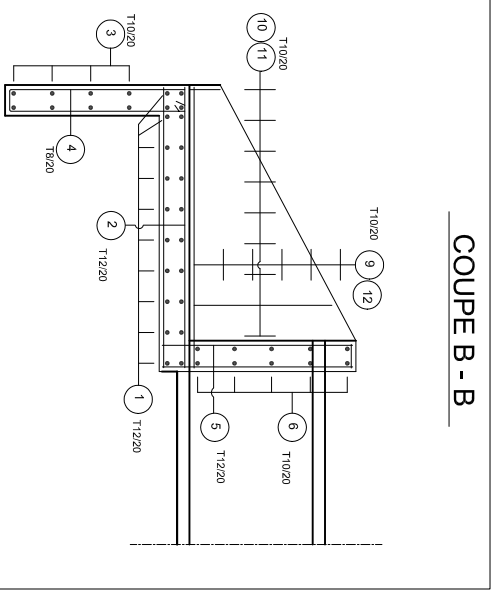


COUPE LONGITUDINALE  
PUISARD AMONT

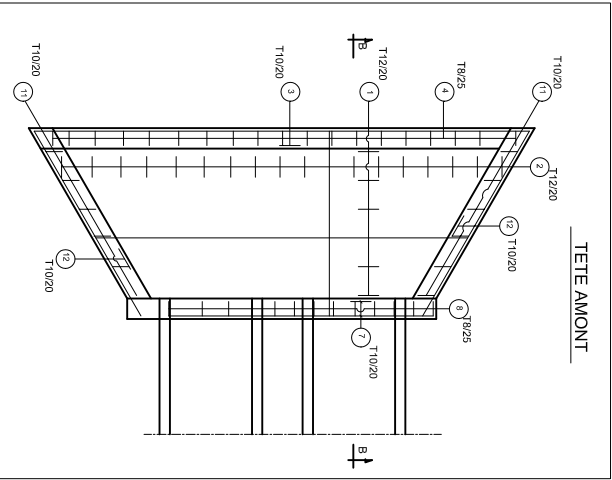


VUE EN PLAN

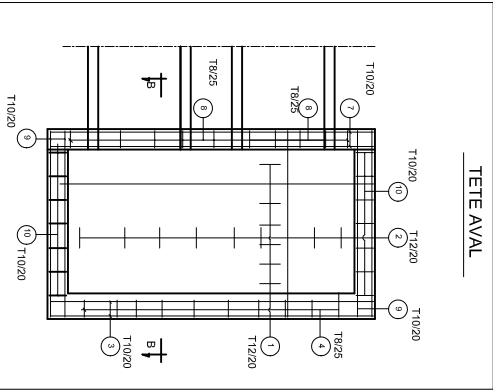
COUPE B - B



TETE AMONT



TETE AVAL



| BUSE     | Ø int. | Ø ext. | LA   | LB   | B    | UC   | LD   | UE   | Poids<br>en kg/m |
|----------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| 2 Ø 800  | 0,8    | 0,08   | 1,55 | 1,75 | 0,93 | 2,70 | 4,06 | 2,60 | 3/2              |
| 2 Ø 1000 | 1,00   | 0,10   | 2,15 | 2,35 | 1,30 | 3,10 | 5,20 | 3,60 | 2/1              |
| 2 Ø 1200 | 1,2    | 0,12   | 2,64 | 2,64 | 1,92 | 4,08 | 6,84 | 3,44 | 3/2              |

| BUSE Ø   | TETE AMONT      |           |           |            | TETE AVAL       |           |           |            |
|----------|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------------|-----------|-----------|------------|
|          | BETON DE PROJET | ARM. (kg) | COTE (mm) | AUTRE (kg) | BETON DE PROJET | ARM. (kg) | COTE (mm) | AUTRE (kg) |
| 2 Ø 800  | 6,50            | 2,63      | 17,20     | 211,00     | 6,40            | 2,40      | 16,00     | 192,00     |
| 2 Ø 1000 | 10,40           | 3,96      | 25,00     | 317,00     | 8,90            | 3,30      | 21,00     | 264,00     |
| 2 Ø 1200 | 16,52           | 5,57      | 35,68     | 446        | 13,17           | 4,63      | 36,53     | 371        |

Note : La classe des buses à adopter est 135A

Volume C  
Plans types

ROYAUME DU MAROC  
MINISTRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT  
DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE

المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
مديرية الطرق والسبر على الطرق

CID  
CONSEIL - INGENIERIE ET DEVELOPPEMENT  
استشارة هندسية وتشييدية

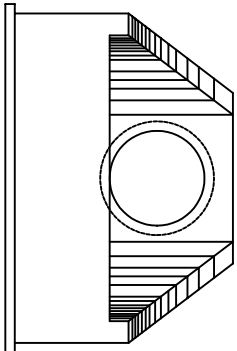
REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION  
D'UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNR2

BUSE DOUBLE

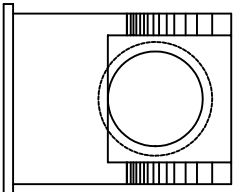
PLAN :  
ECHELLE:  
DATE : Dec. 2007



ELEVATION  
TETE AMONT

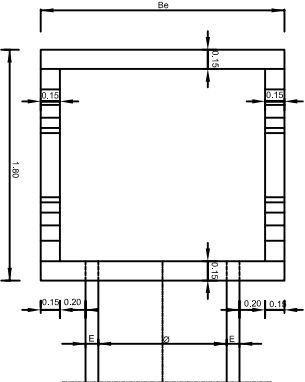


ELEVATION  
TETE AVAL

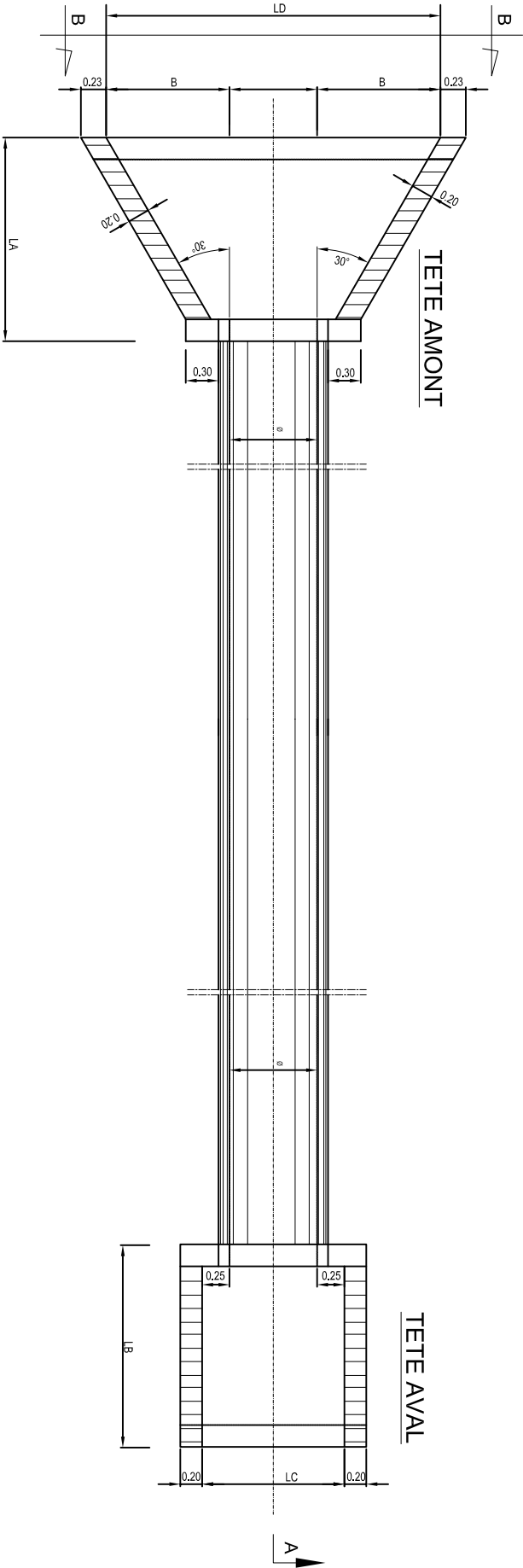


PUISARD AMONT

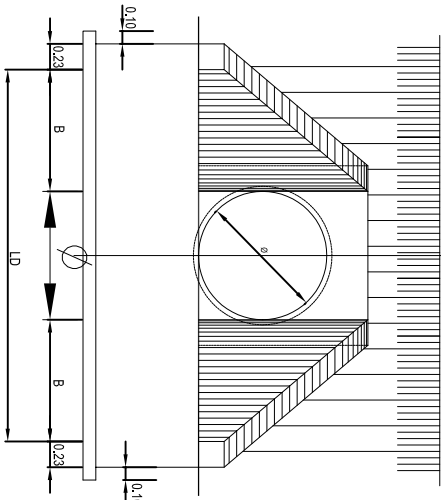
VUE EN PLAN



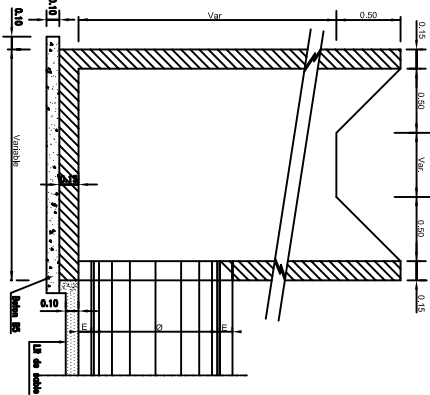
TETE AMONT



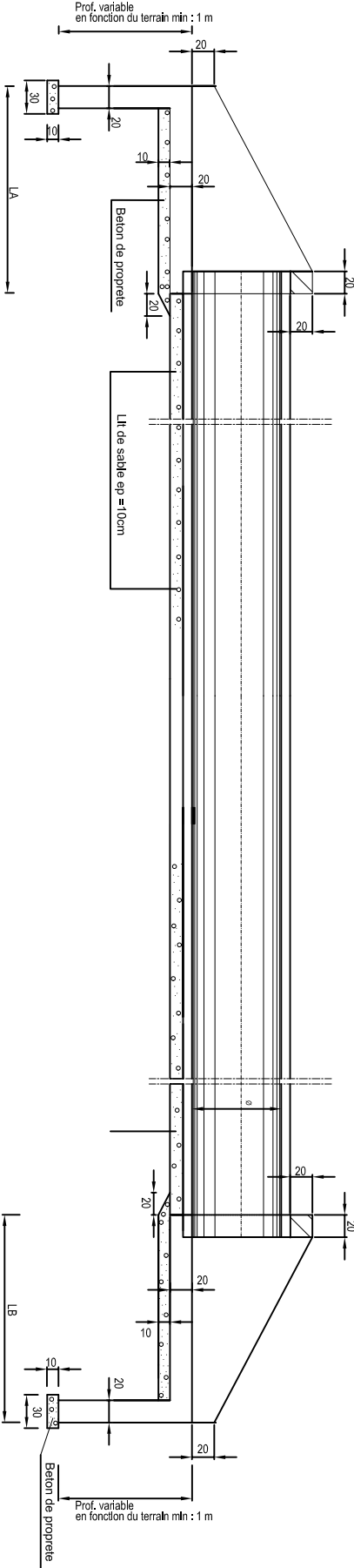
TETE AMONT\_ ELEVATION B - B



PUISARD AMONT  
COUPE LONGITUDINALE



ELEVATION



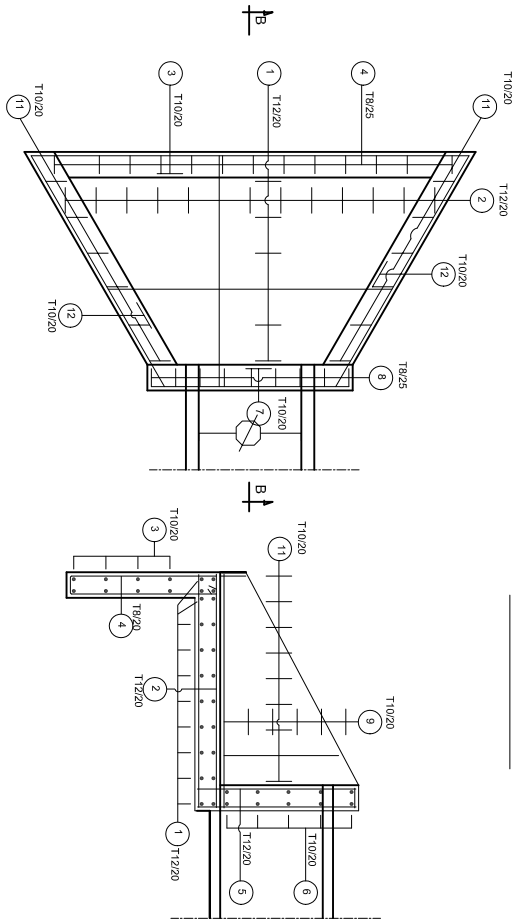
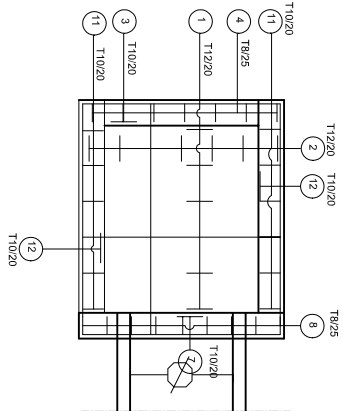
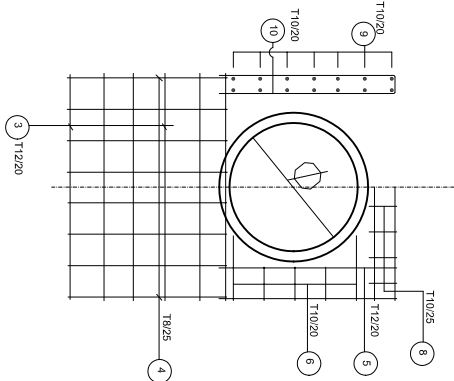
TETE AVAL

TETE AMONT

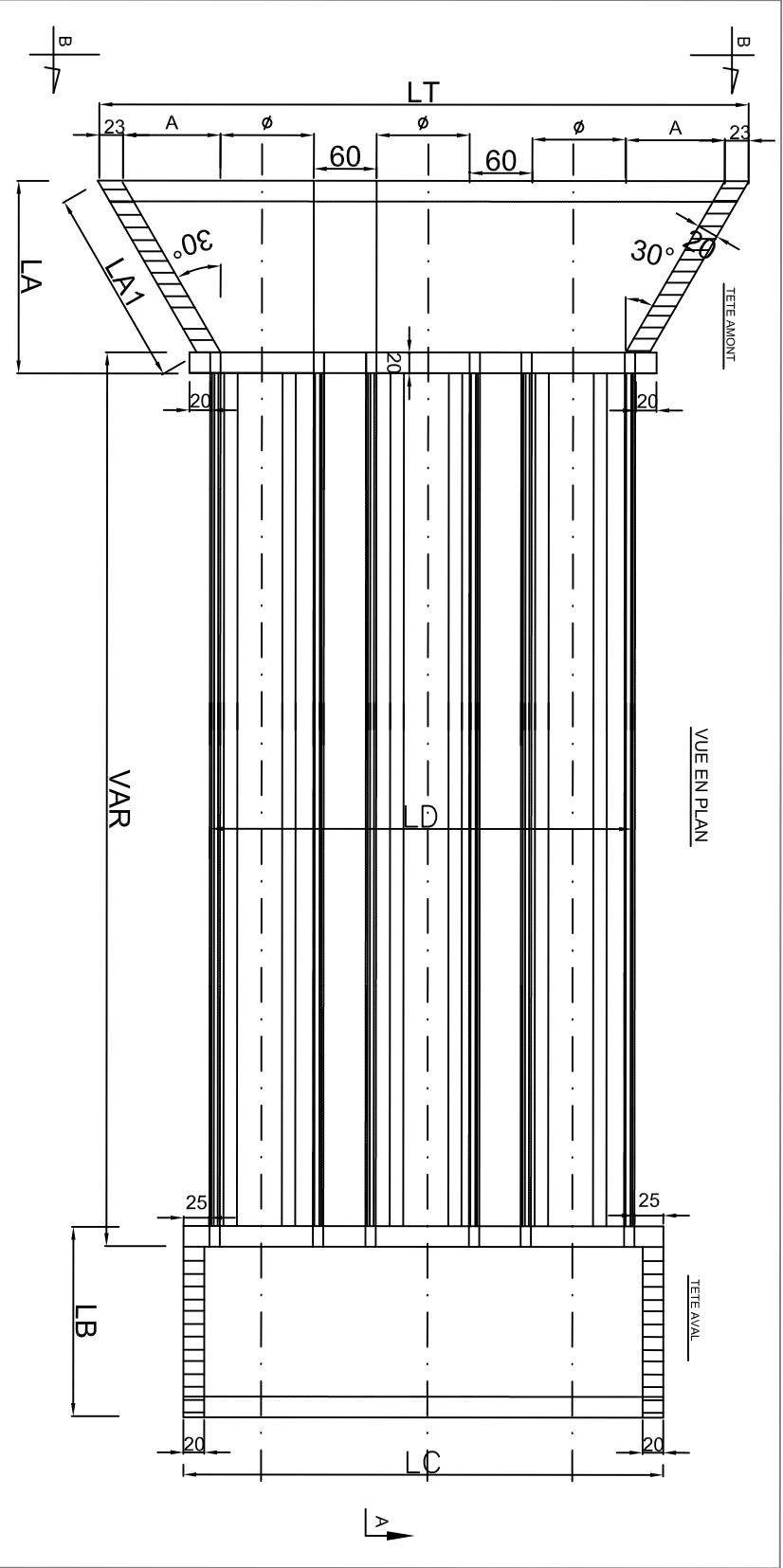
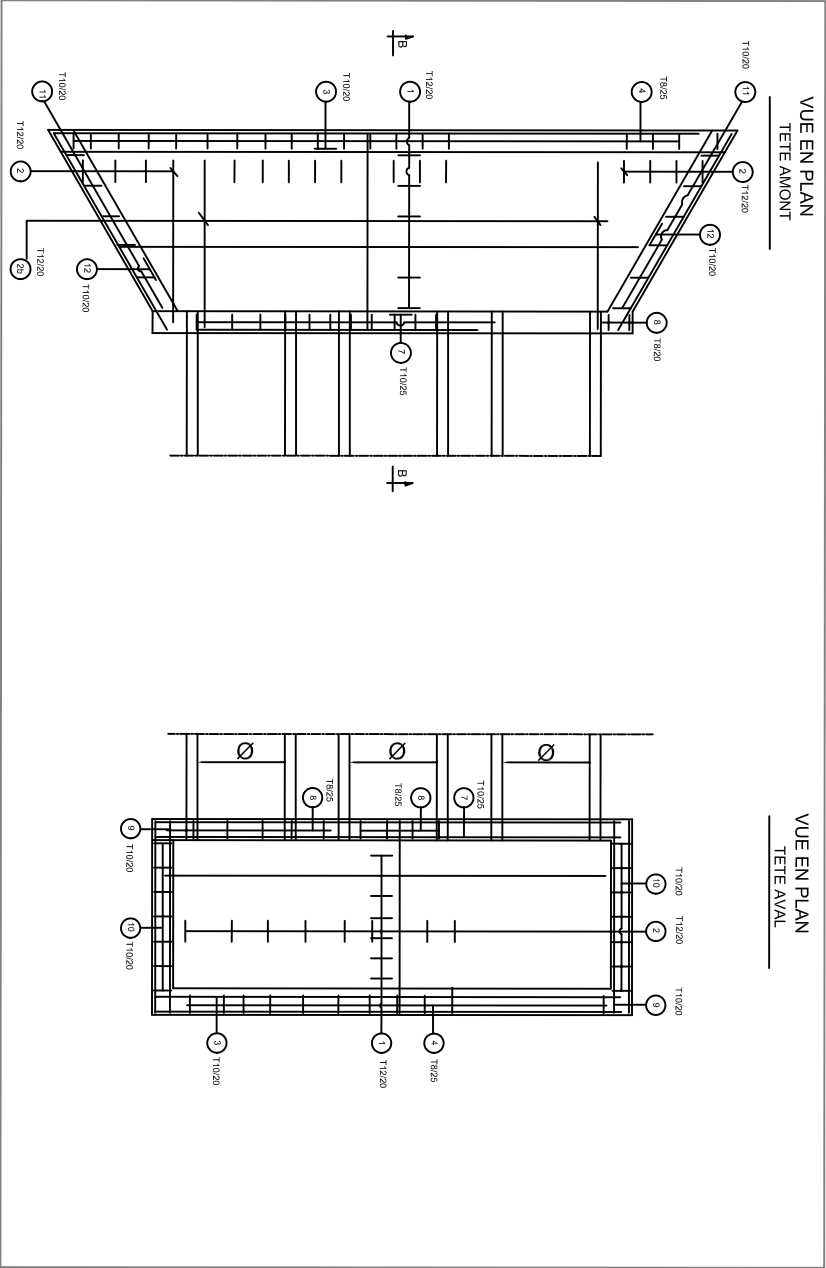
COUPE B - B

| BUSE Ø | Ø (m) | E(m) | LA   | LB   | B    | LC   | LD   | LE   | Pente du talus |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|
| Ø 600  | 0,60  | 0,06 | 1,52 | 1,72 | 0,89 | 1,1  | 2,38 | 1,00 | 2/1            |
| Ø 600  | 0,60  | 0,08 | 1,65 | 1,75 | 0,93 | 1,30 | 2,66 | 1,20 | 3/2            |
| Ø 1000 | 1,00  | 0,10 | 2,15 | 2,35 | 1,30 | 1,50 | 3,6  | 1,40 | 2/1            |
| Ø 1200 | 1,20  | 0,12 | 2,64 | 2,84 | 2,14 | 1,64 | 4,40 | 1,64 | 3/2            |

Note : La classe des buses à adopter est 135A

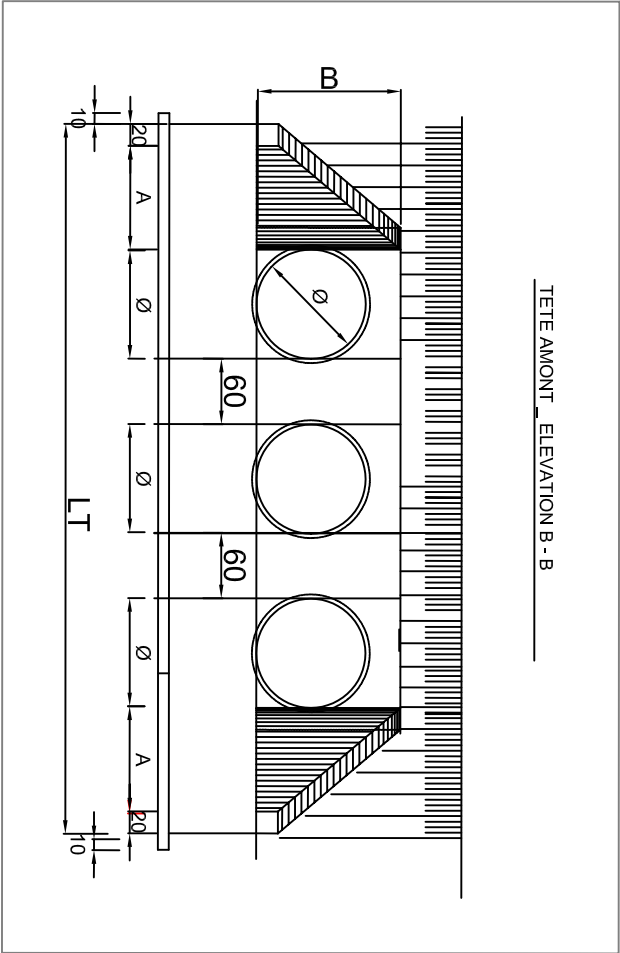
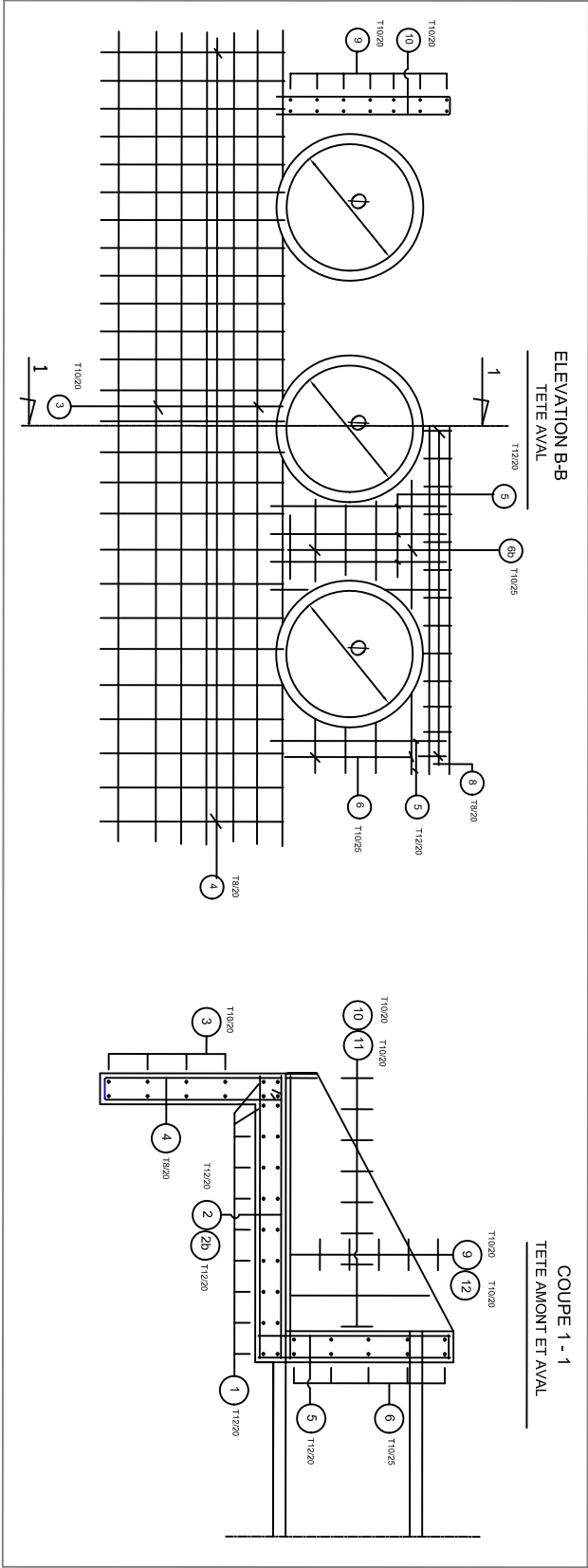
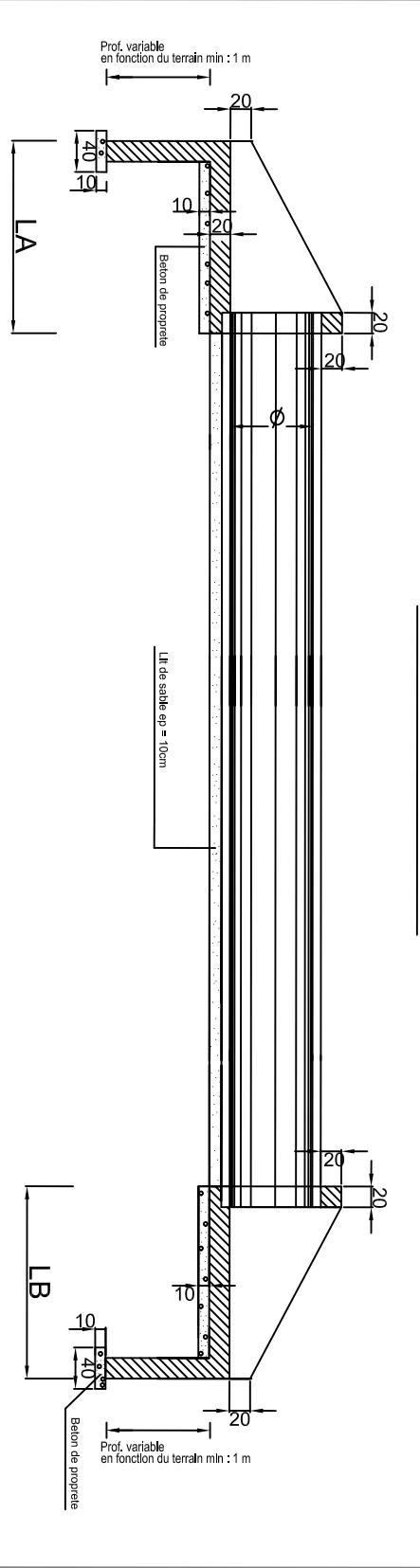


Volume C  
Plans types

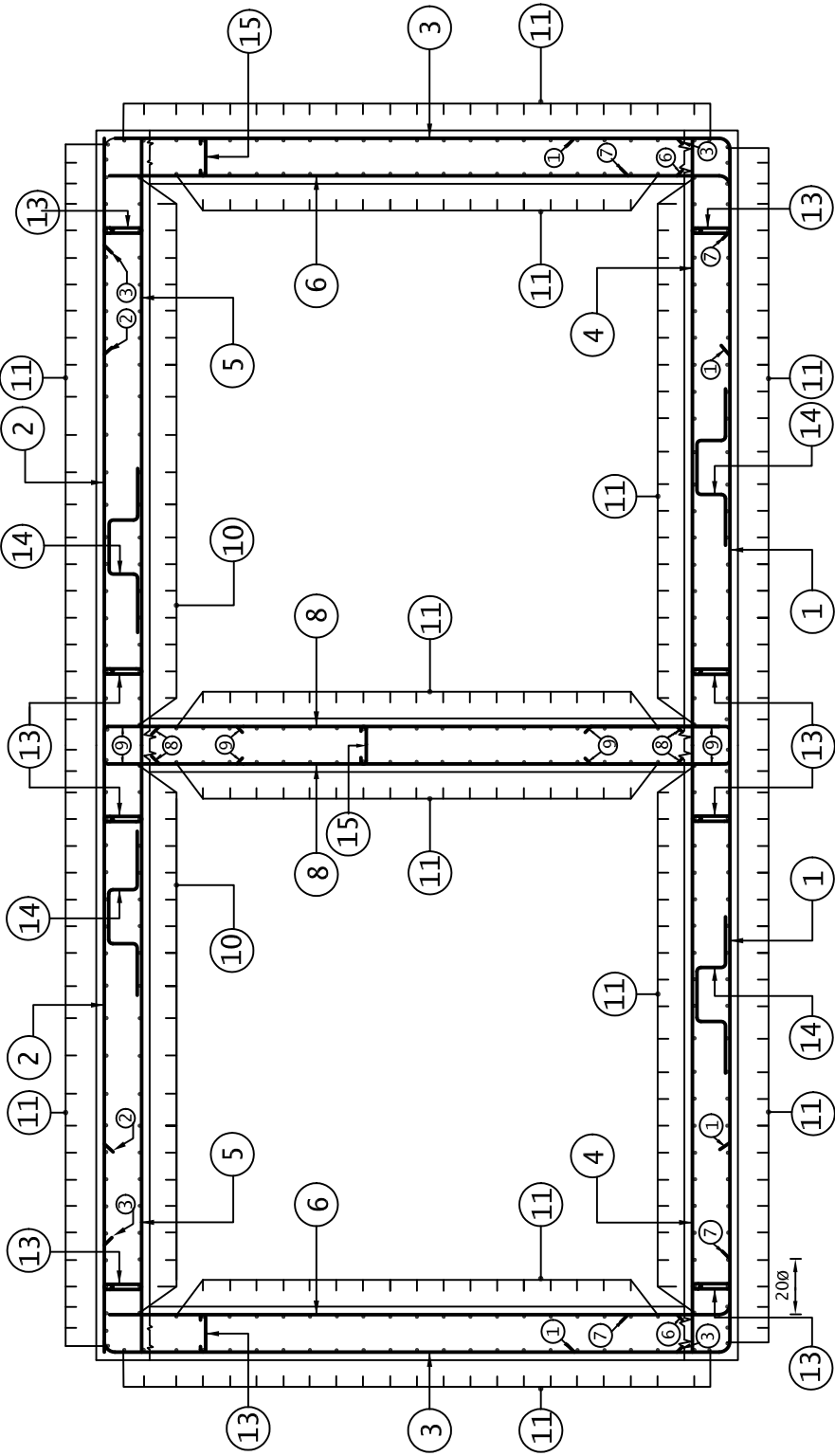


| TABLEAU DES DIMENSIONS |      |      |      |      |      |      |      |                   |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|
| BUSE                   | LA   | LB   | LC   | LD   | LT   | A    | LA1  | Pente<br>du talus |
| 3Ø 1000                | 2,15 | 2,35 | 4,90 | 4,40 | 7,14 | 1,24 | 2,25 | 2/1               |

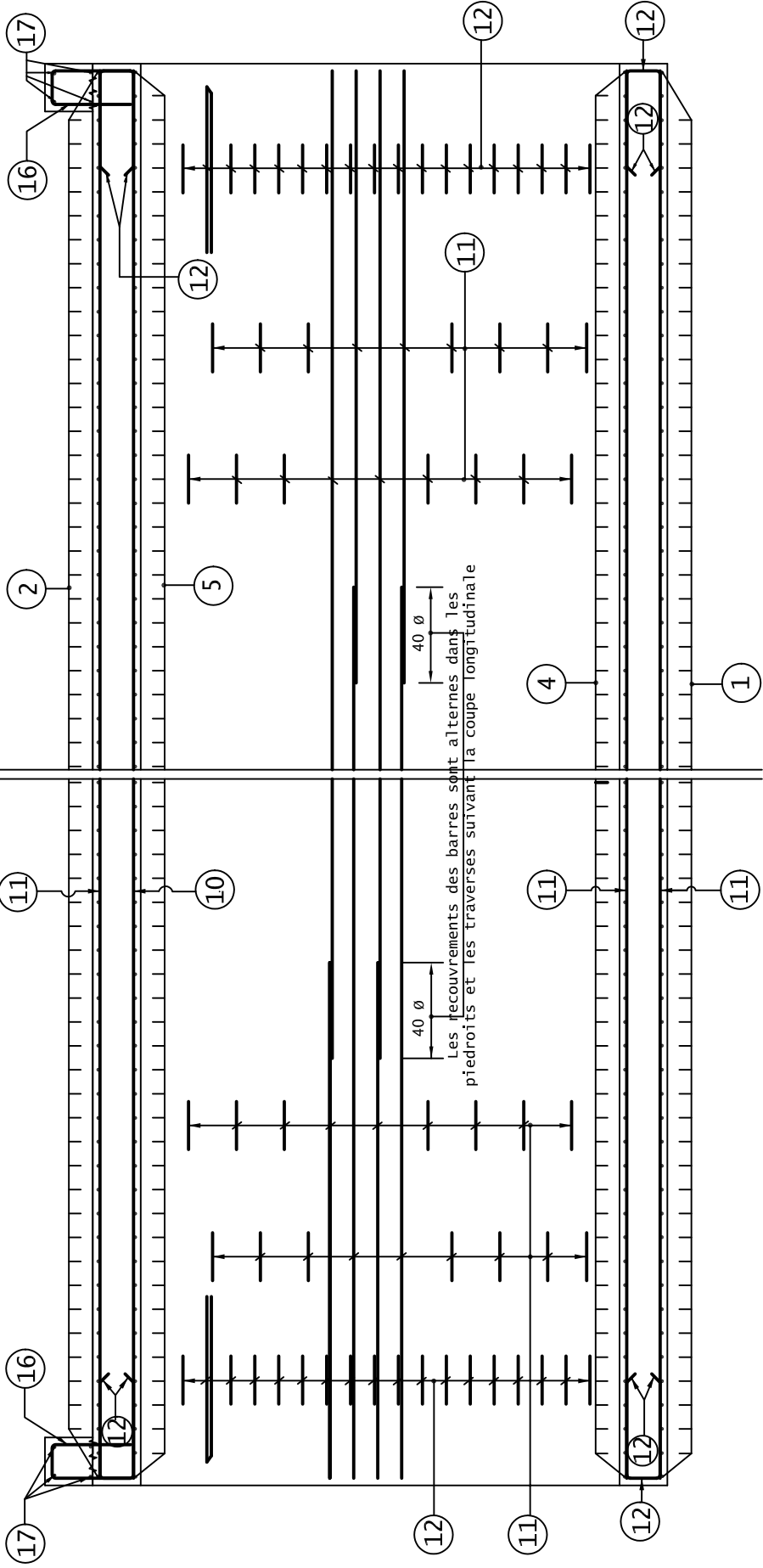
| TABLEAU DES METRES |                          |             |                 |            |                          |             |                 |            |  |
|--------------------|--------------------------|-------------|-----------------|------------|--------------------------|-------------|-----------------|------------|--|
| TETE AMONT         |                          |             |                 |            | TETE AVAL                |             |                 |            |  |
| Buse Ø             | RESEAU<br>PROPRETE<br>m² | BETON<br>m³ | COTREMENT<br>m² | ACIER (KG) | RESEAU<br>PROPRETE<br>m² | BETON<br>m³ | COTREMENT<br>m² | ACIER (KG) |  |
| 3 Ø 1000           | 14,0                     | 5,30        | 34,50           | 318,0      | 12,50                    | 4,65        | 30,0            | 279,0      |  |



COUPE TRANSVERSALE

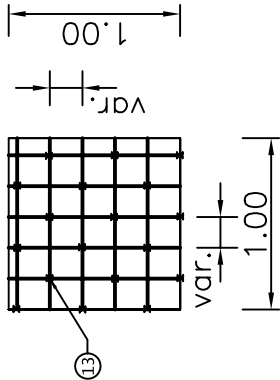


COUPE LONGITUDINALE

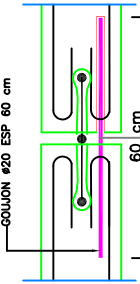


DISPOSITION DES EPINGLES  
AU NIVEAU DES PIEDROITS ET DE LA TRAVÉE INFÉRIEURE

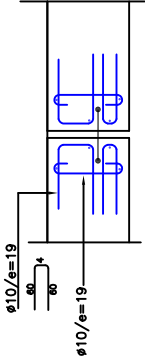
Echelle : 1/25



DETAIL DU JOINT WATER - STOP



FERRAILLAGE DU JOINT WATER - STOP



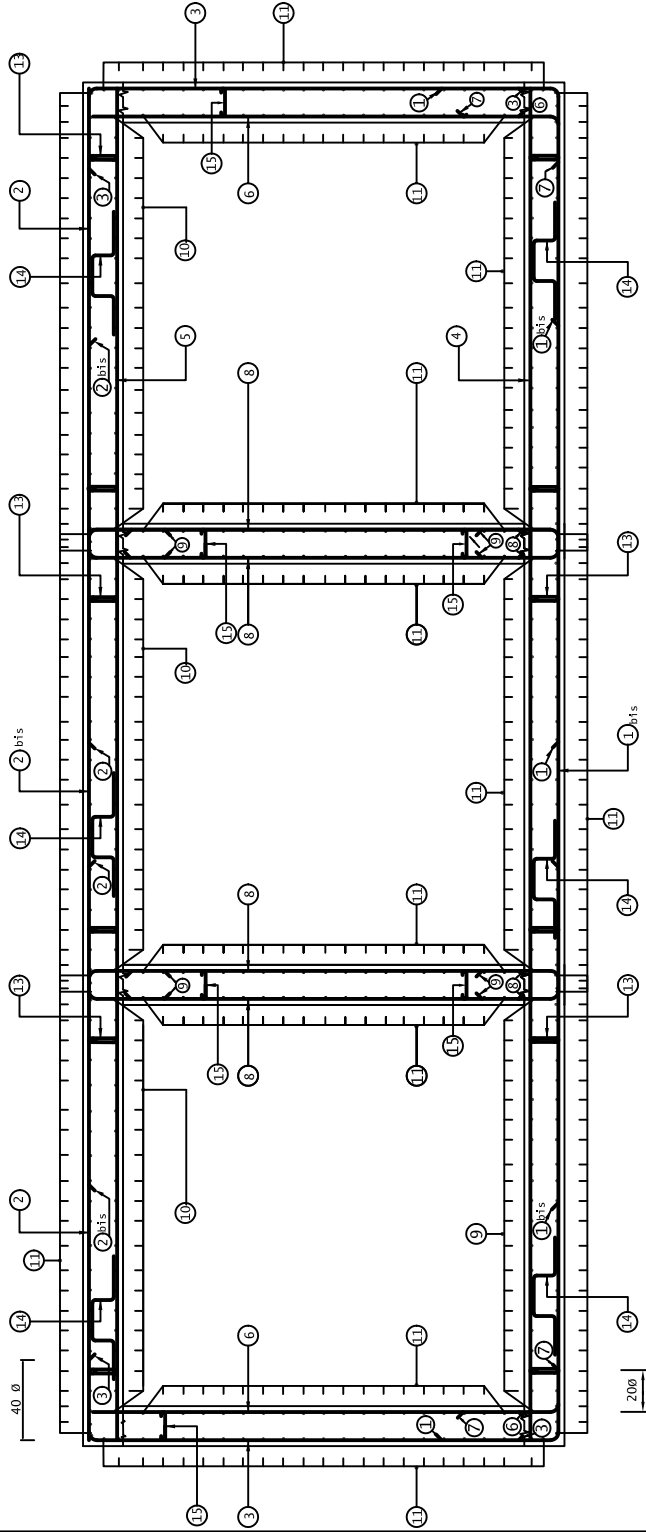
| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DU CORPS |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PROJET                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ON N°                                        | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° |
| PK                                           | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    |
| Ouvrature                                    | A     | H     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Gabarit                                      | A     | H     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Nbre d'ouvrature                             | 2     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Nbre de corps                                | 2     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Epi. de corps                                | Ec    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Epi. des murs                                | Er    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Enrobage                                     | Er    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| N°                                           | N.A.  | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     |
| 1                                            | T12   | b     | a     | b     | a     | b     | a     | b     | a     |
| 2                                            | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 3                                            | T12   | b     | a     | b     | a     | b     | a     | b     | a     |
| 4                                            | T12   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 5                                            | T12   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 6                                            | T12   | b     | a     | b     | a     | b     | a     | b     | a     |
| 7                                            | T12   | b     | a     | b     | a     | b     | a     | b     | a     |
| 8                                            | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 9                                            | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |

| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DU CORPS |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PROJET                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ON N°                                        | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° |
| PK                                           | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    |
| Ouvrature                                    | A     | H     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Gabarit                                      | A     | H     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Nbre d'ouvrature                             | 2     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Nbre de corps                                | 2     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Epi. de corps                                | Ec    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Epi. des murs                                | Er    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Enrobage                                     | Er    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| N°                                           | N.A.  | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     |
| 10                                           | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 11                                           | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 12                                           | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 13                                           | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 14                                           | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |
| 15                                           | T10   | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     |

| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DU CORPS |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PROJET                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ON N°                                        | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° | ON N° |
| PK                                           | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    | PK    |
| Ouvrature                                    | A     | H     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Gabarit                                      | A     | H     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Nbre d'ouvrature                             | 2     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Nbre de corps                                | 2     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Epi. de corps                                | Ec    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Epi. des murs                                | Er    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| Enrobage                                     | Er    | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     | m     |
| N°                                           | N.A.  | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     | Ø     |
| T 6                                          | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 8                                          | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 10                                         | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 12                                         | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 14                                         | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 16                                         | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 20                                         | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 25                                         | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 32                                         | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| T 40                                         | 0,222 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| POIDS TOTAL GENERAL :                        |       |       |       |       |       |       |       |       | kg    |



COUPE TRANSVERSALE



| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DU CORPS |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
|----------------------------------------------|-------|--------------|---|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|--|--|--|
| PROJET                                       |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| ON N°                                        | ON N° |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| PK                                           | PK    | 3x * 30x2x2x |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| Ouverture                                    |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| Gabarit                                      |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| Nbre d'ouverture                             |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| Ep. de corps                                 |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| Ep. des murs                                 |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| Enrobage                                     |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| N°                                           | N°    | H.A          | D | Esp  | Nbre                                                                                | Long |  |  |  |
|                                              |       |              |   | (cm) | (m)                                                                                 | (m)  |  |  |  |
|                                              |       |              |   |      |                                                                                     |      |  |  |  |
| 1                                            | T12   |              |   |      |  |      |  |  |  |
| 2                                            | T10   |              |   |      |  |      |  |  |  |
| 3                                            | T12   |              |   |      |  |      |  |  |  |
| 4                                            | T12   |              |   |      |  |      |  |  |  |
| 5                                            | T12   |              |   |      |  |      |  |  |  |
| 6                                            | T12   |              |   |      |  |      |  |  |  |
| 7                                            | T12   |              |   |      |  |      |  |  |  |
| 8                                            | T10   |              |   |      |  |      |  |  |  |
| 9                                            | T10   |              |   |      |  |      |  |  |  |

| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DU CORPS |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
|----------------------------------------------|-------|-------------|------|---------|--|--|------|------|--|--|
| PROJET                                       |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
| ON N°                                        | ON N° | ON N°       |      |         |  |  |      |      |  |  |
| PK                                           | PK    | 3x * 30x2x2 |      |         |  |  |      |      |  |  |
| Ouverture                                    |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
| Gabarit                                      |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
| Nbre d'ouverture                             |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
| Ep. de corps                                 |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
| Ep. des murs                                 |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
| Liv                                          |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
| Encoche                                      |       |             |      |         |  |  |      |      |  |  |
| N°                                           | N°    | H.A         | Bord | Esp     |  |  | Nbre | Long |  |  |
|                                              |       | Ø           | Ø    | (cm)    |  |  | (m)  | (m)  |  |  |
| 10                                           | T10   |             |      | schémas |  |  |      |      |  |  |
|                                              |       |             |      | a       |  |  |      |      |  |  |
|                                              |       |             |      | c       |  |  |      |      |  |  |
| 11                                           | T10   |             |      | a       |  |  |      |      |  |  |
|                                              |       |             |      | h       |  |  |      |      |  |  |
|                                              |       |             |      | c       |  |  |      |      |  |  |
| 12                                           | T10   |             |      | a       |  |  |      |      |  |  |
|                                              |       |             |      | b       |  |  |      |      |  |  |
| 13                                           | T10   |             |      | b       |  |  |      |      |  |  |
|                                              |       |             |      | a       |  |  |      |      |  |  |
| 14                                           | T10   |             |      | a       |  |  |      |      |  |  |
|                                              |       |             |      | b       |  |  |      |      |  |  |
| 15                                           | T10   |             |      | a       |  |  |      |      |  |  |
|                                              |       |             |      | a       |  |  |      |      |  |  |

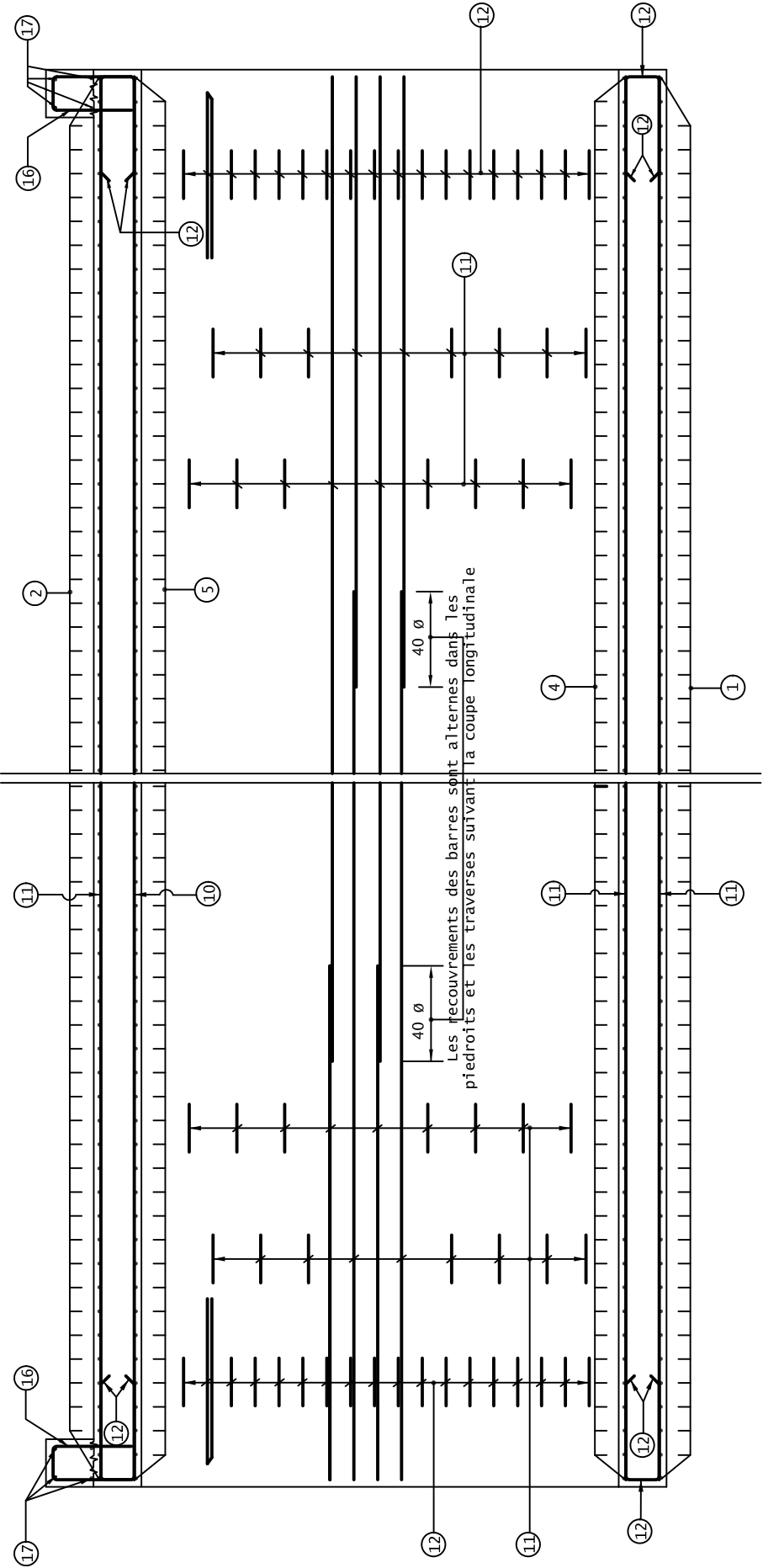
FERRAILLAGE DES CORNICHES VALABLE POUR CE PLOT

| N°                    | Poids par mètre (kg/m) | Longueur par mètre (m) | Nombre d'éléments | Poids total (kg) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| T 6                   | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 8                   | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 10                  | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 12                  | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 14                  | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 16                  | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 20                  | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 25                  | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 32                  | 0,222                  |                        |                   |                  |
| T 40                  | 0,222                  |                        |                   |                  |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                        |                        |                   | kg               |

| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DU CORPS |       |              |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------|-------|--------------|--|--|--|--|--|--|--|
| PROJET                                       |       |              |  |  |  |  |  |  |  |
| ON N°                                        | ON N° |              |  |  |  |  |  |  |  |
| PK                                           | PK    | 3x * 30x2x2x |  |  |  |  |  |  |  |

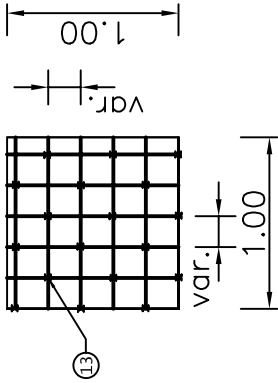
REGATILATIF DES AGERS - PLOTS DE 10 m

COUPE LONGITUDINALE

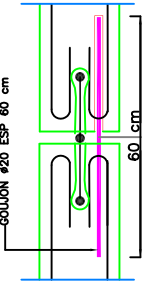


DISPOSITION DES EPINGLES  
AU NIVEAU DES PIEDROITS ET DE LA TRAVEE INFERIEURE

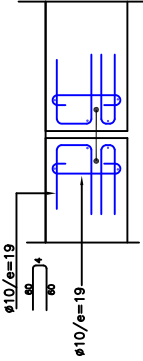
Echelle : 1/25



DETAIL DU JOINT WATER - STOP



FERRAILLAGE DU JOINT WATER - STOP



المملكة المغربية

ROYAUME DU MAROC

وزارة التجهيز والنقل

MINISTRE DE L' EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

مدينة الطرق والسبر على الطرق

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE



CONSEIL - INGENIERIE - ET DEVELOPPEMENT

استشارة، هندسة وتعميم

REALISATION DE PRESTATIONS D' ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION

D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES

INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

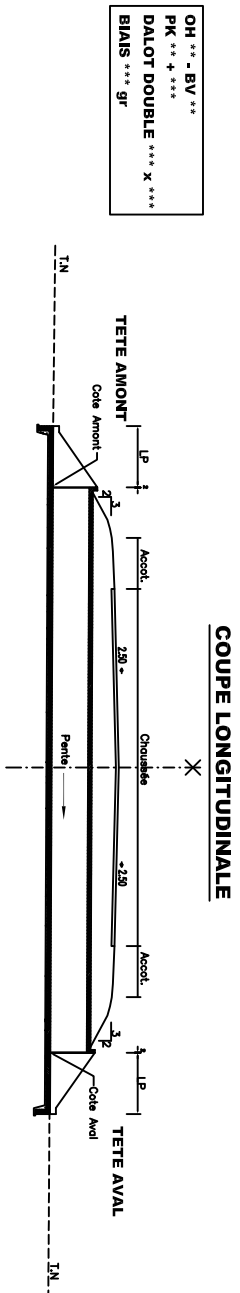
PLAN DE FERRAILLAGE TYPE DES DALOTS TRIPLES

PLAN :

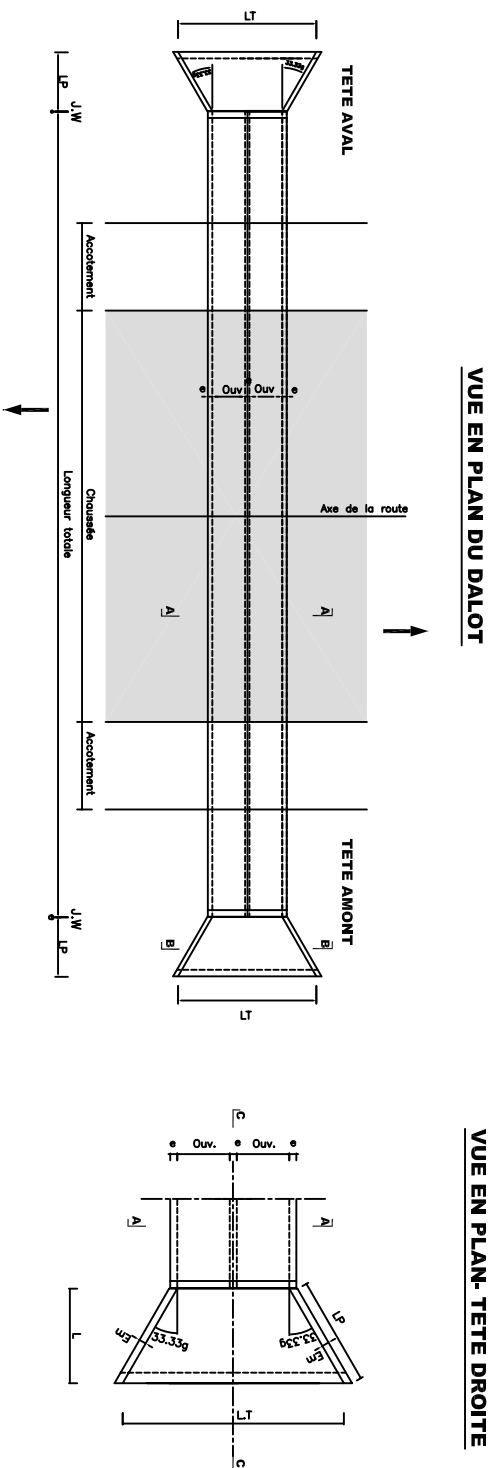
ECHELLE:

DATE : Déc. 2007

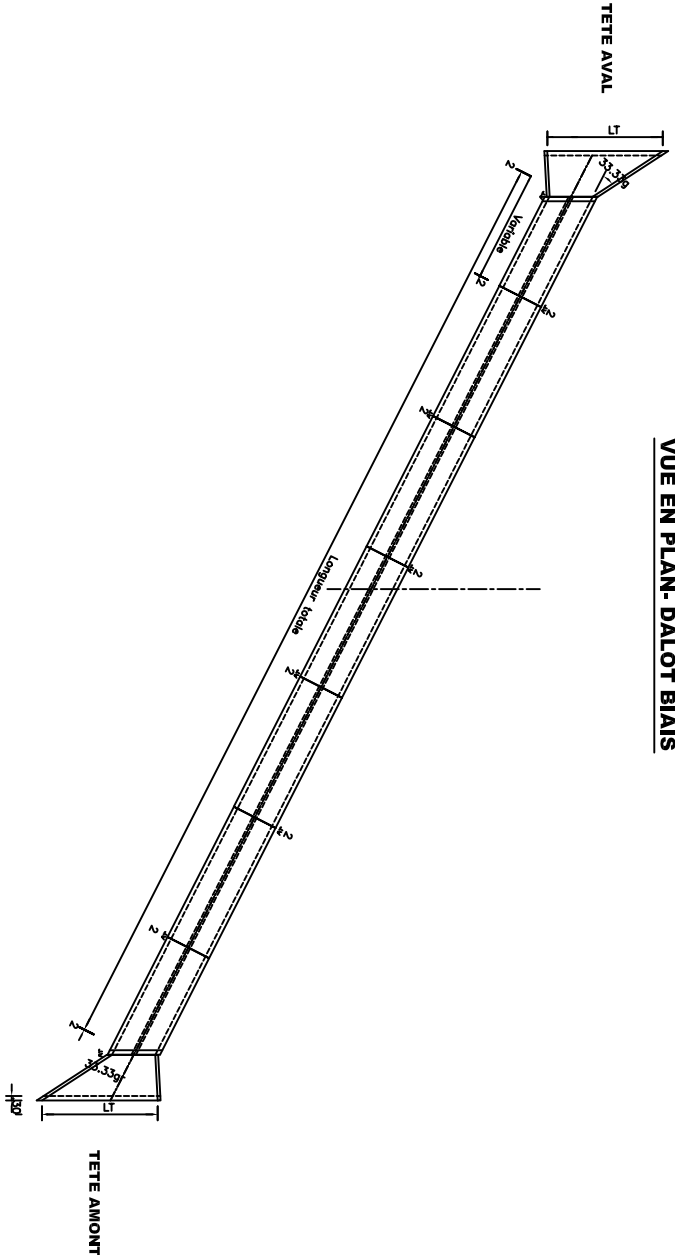




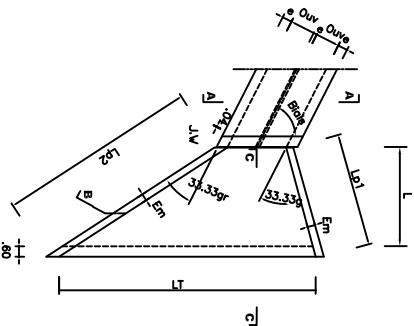
## COUPE LONGITUDINALE



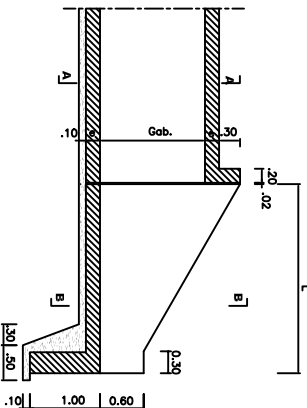
## VUE EN PLAN-TETE DROITE



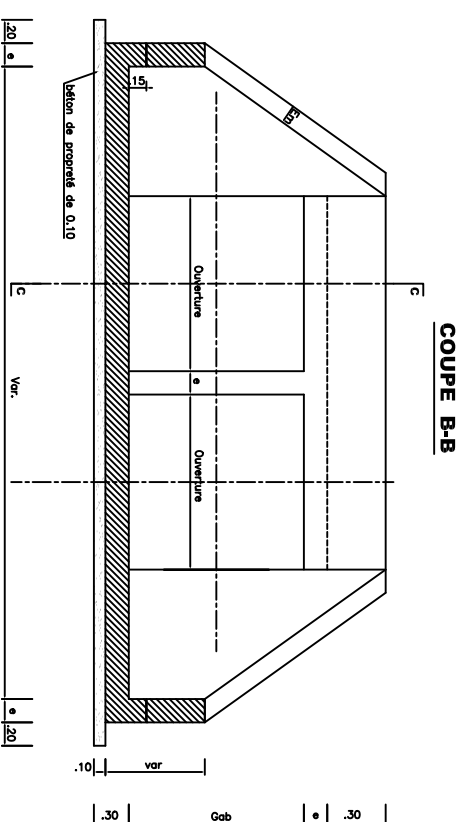
## VUE EN PLAN- DALOT BIAIS



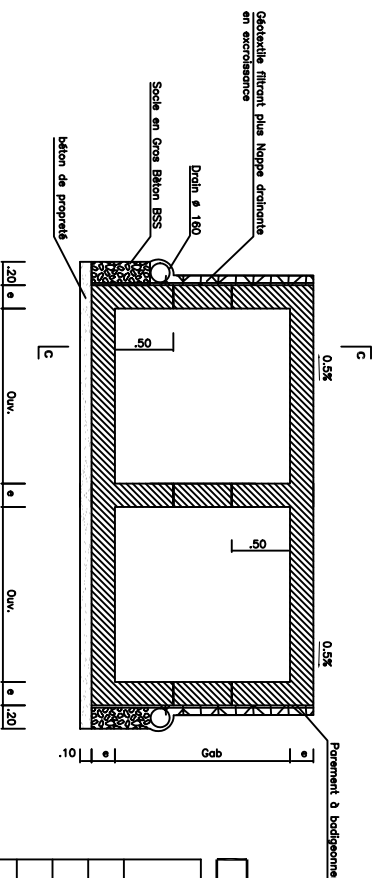
## VUE EN PLAN - TETES BIAISEES



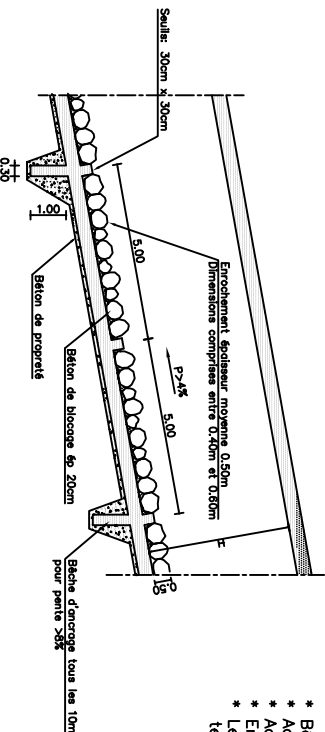
## COUPE C-C



## COUPE B-B



## **COUPE A-A**



## DETAIL POUR LES CAS DE FORTE PENTE

**NOTA =**

- \* Béton de classe B25
- \* Aciers HA de classe Fe E50
- \* Aciers Doux de classe Fe E24
- \* Enrobage mini des armatures 3,5cm
- \* Le dalot est à construire par plot
- \* tel que indiqué sur la coupe longitudinale

[illegible]

(\*): En cas de dalot droit,  $lp1 = lp2$

# Volume C

## Plans types

ROYAL DU MAROC

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل

## مديرية المظفرى و السيف و على المظفرى

**CONSEIL , INGENIERIE ET DEVELOPEMENT**  
**استشارة، هندسة و تنمية**

## REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION

## D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES

**INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2**

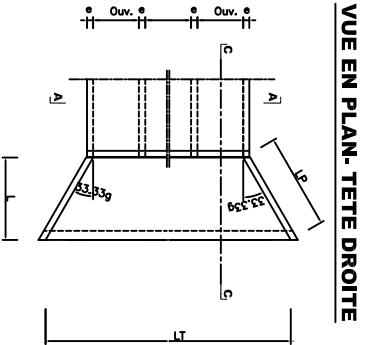
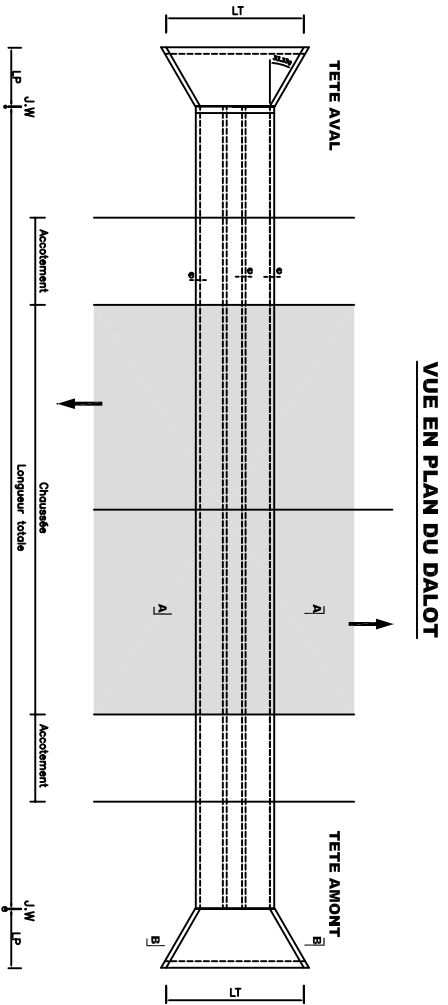
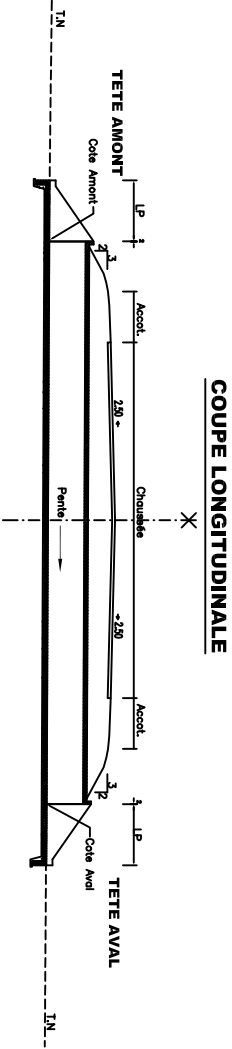
### PLAN DE COFFRAGE TYPE DES DALOTS DOUBLES

## PLAN

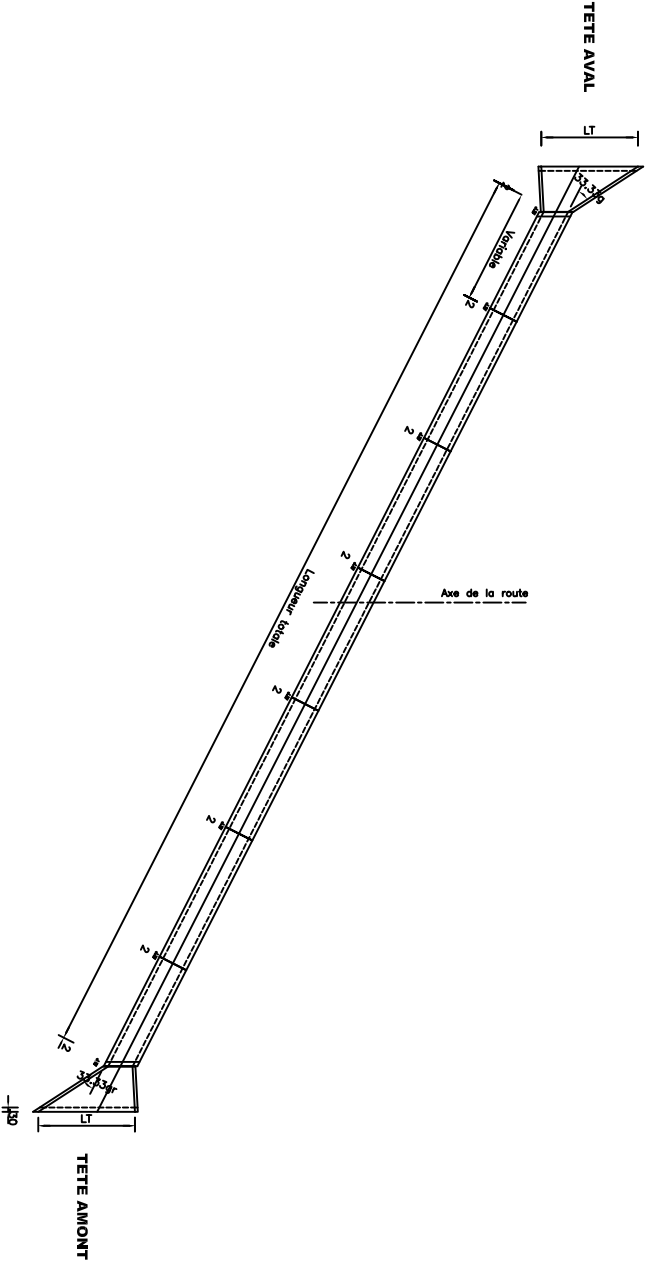
## ECHSELLE

**DATE : Déc. 2007**

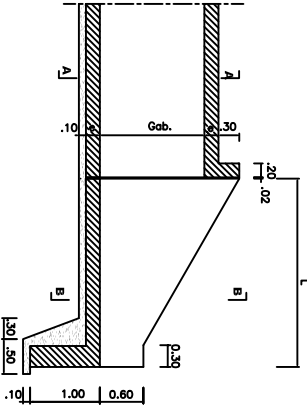
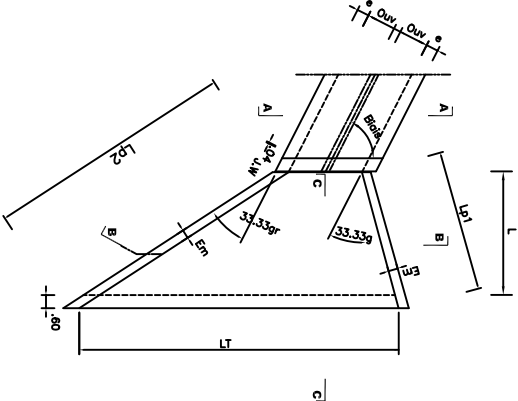
OH \*\*\* - BV \*\*  
PK \*\*\* + \*\*\*  
DALOT MULTIPLE \*\*\* X \*\*\*  
BIAIS \*\*\* gr



VUE EN PLAN- DALOT BIAIS

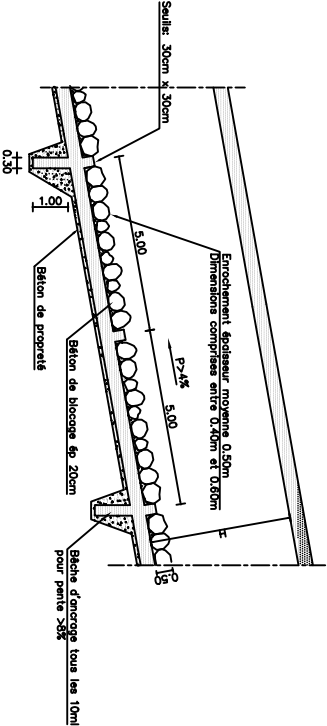


VUE EN PLAN- TETES BIAISES

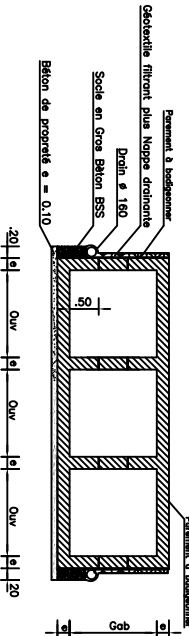


- NOTA :**
- \* Béton de classe B25
  - \* Aciers HA de classe Fe E50
  - \* Aciers Doux de classe Fe E24
  - \* Enrobage mini des armatures 3.5cm
  - \* Le dalot est à construire par plot
  - tel que indiqué sur la coupe longitudinale

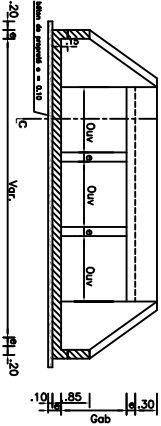
DETAIL POUR LES CAS DE FORTE PENTE



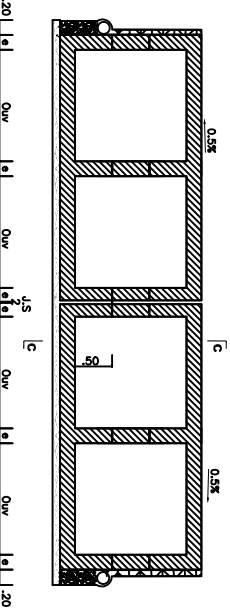
COUPE A-A



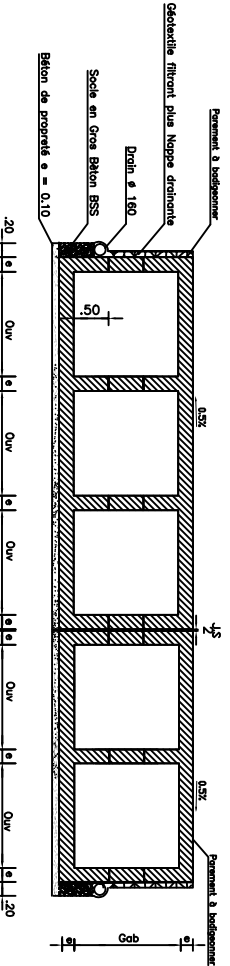
CAS DES DALOTS TRIPLES



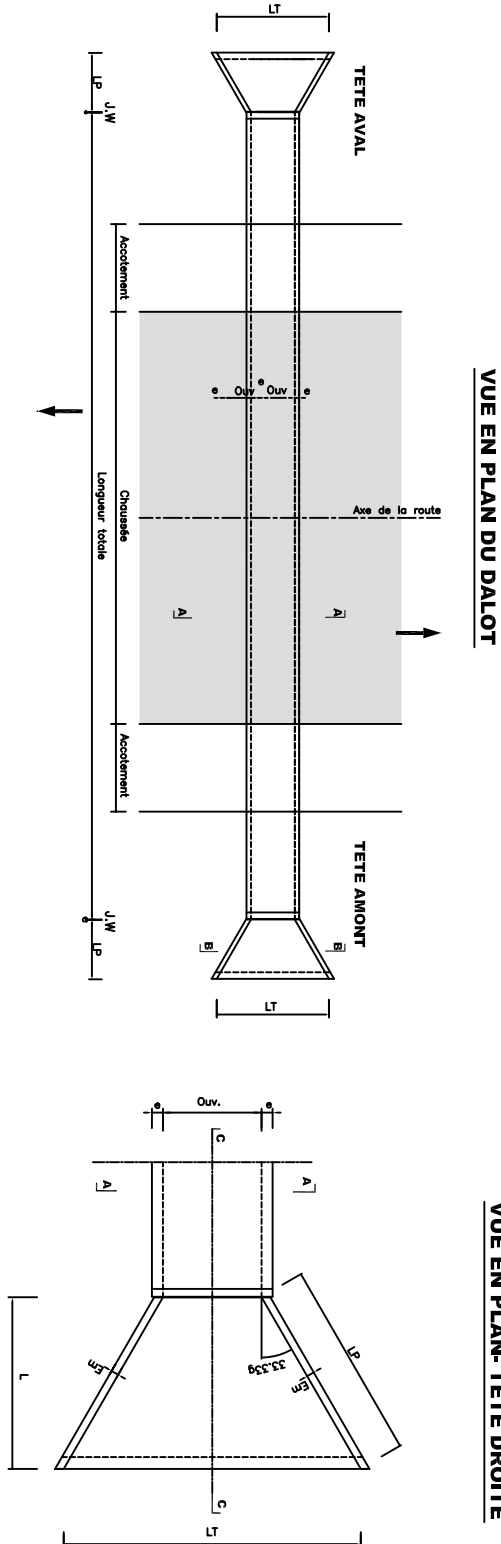
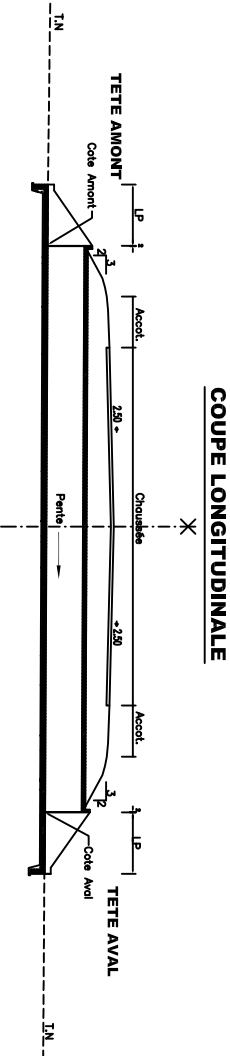
CAS DES DALOTS QUADRUPLES



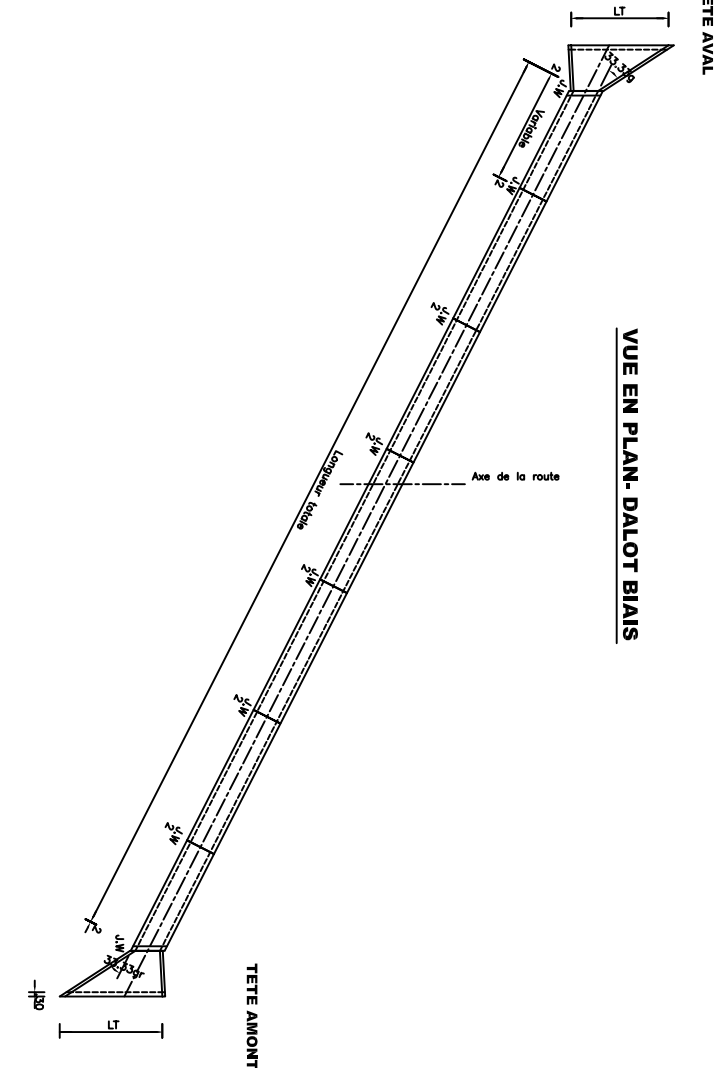
CAS DES DALOTS QUINTUPLES



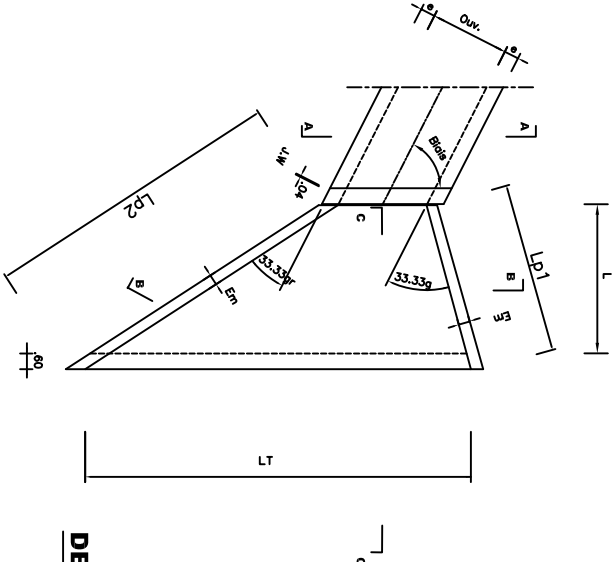
OH \*\*\* - BV \*\*\*  
PK \*\*\* + \*\*\*  
DALOT SIMPLE \*\*\*\* X \*\*\*  
BIAIS \*\*\* gr



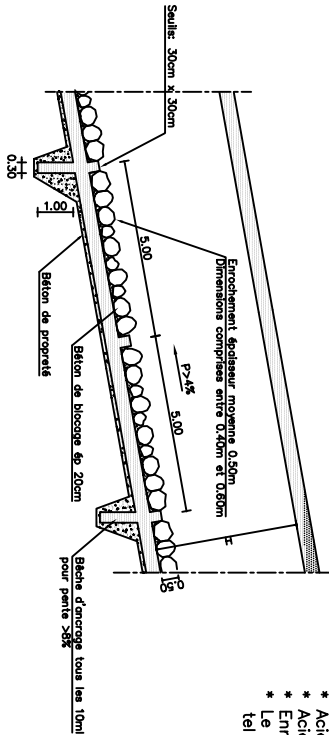
VUE EN PLAN- DALOT BIAIS



VUE EN PLAN - TETES BIAISES

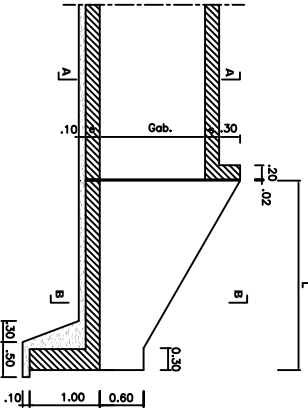


DETAIL POUR LES CAS DE FORTE PENTE

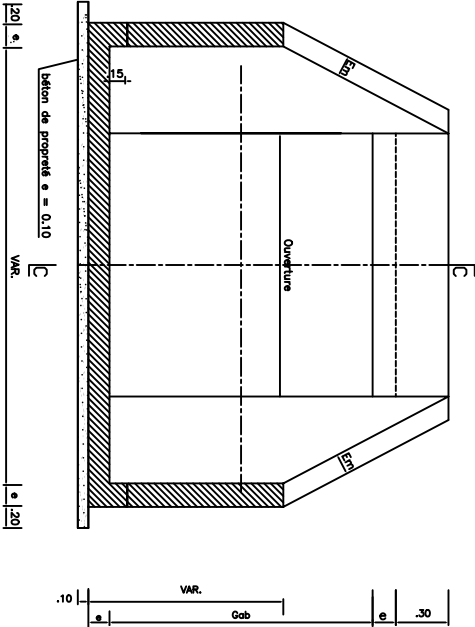


- NOTA :**
- \* Béton de classe B25
  - \* Aciers HA de classe Fe E50
  - \* Aciers Doux de classe Fe E24
  - \* Enrobé mini des armatures 3.5cm
  - \* Le dalot est à construire par plot tel que indiqué sur la coupe longitudinale

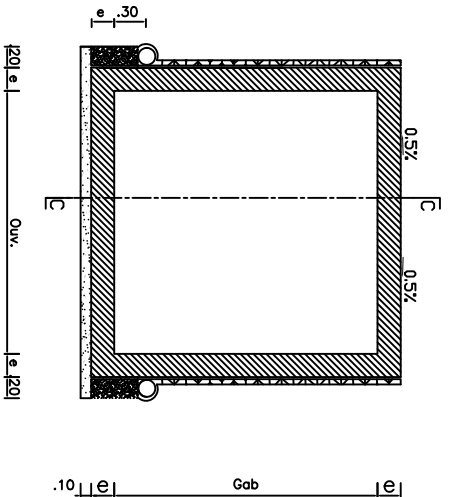
COUPE C-C



COUPE B-B



COUPE A-A



|             |                            |  |
|-------------|----------------------------|--|
| Volume C    | Modification - mise à jour |  |
|             |                            |  |
|             |                            |  |
|             |                            |  |
|             |                            |  |
| Plans types |                            |  |
|             |                            |  |
|             |                            |  |
|             |                            |  |
|             |                            |  |

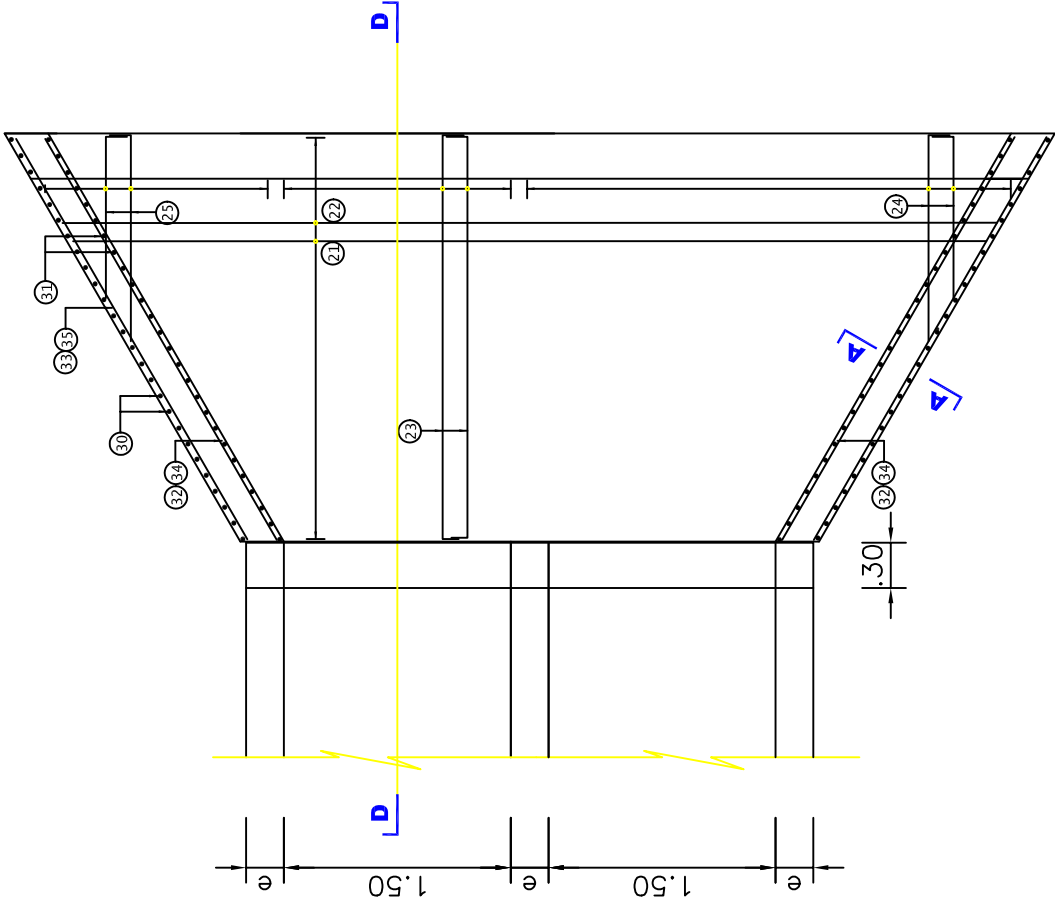
|                                                                                   |  |                                                                                                                                                                               |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| ROYAUME DU MAROC                                                                  |  | <br>المملكة المغربية<br>وزارة التجهيز والنقل<br>مديرية الطرق والسبيل<br>مديرية الطرق الوطنية |  |
| MINISTRE DE L' EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT                                         |  |                                                                                                                                                                               |  |
|  |  |                                                                                                                                                                               |  |
|                                                                                   |  |                                                                                                                                                                               |  |
|                                                                                   |  |                                                                                                                                                                               |  |

|                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <br>CID<br>CONSEIL, INGENIERIE ET DEVELOPPEMENT<br>استشارة، هندسة وتنمية |  | REALISATION DE PRESTATIONS D' ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION<br>D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES<br>A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES<br>INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2<br>PLAN DE COFFRAGE TYPE DES DALOTS SIMPLES |  |
|                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                           |  |

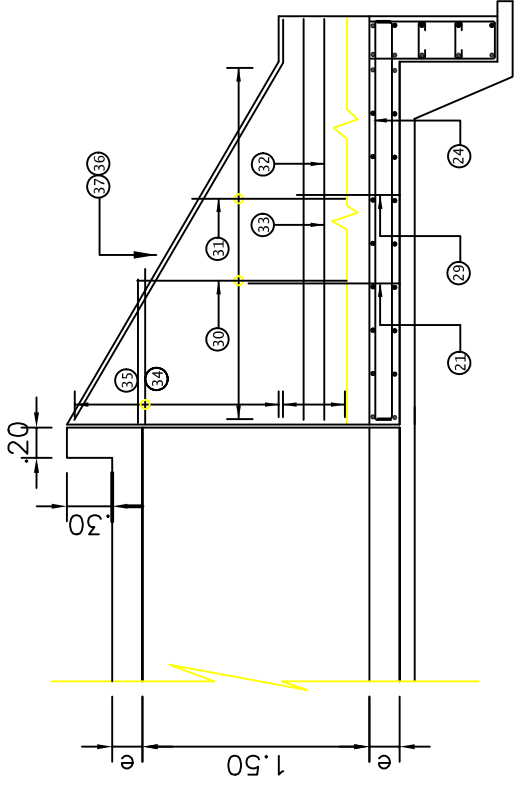
|           |  |        |
|-----------|--|--------|
| PLAN :    |  | PLAN : |
| ECHELLE:  |  |        |
| DATE :    |  |        |
| Dec. 2007 |  |        |
|           |  |        |



VUE EN PLAN  
Echelle : 1/50



COUPE D – D  
Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |       |
|------------------|-------|
| OH N°            | OH N° |
| PK               | PK    |
| Ouverture        |       |
| Gabarit          |       |
| Nbre d'ouverture |       |
| Nbre de corps    |       |
| Ep. des murs     |       |
| Enrobage         |       |

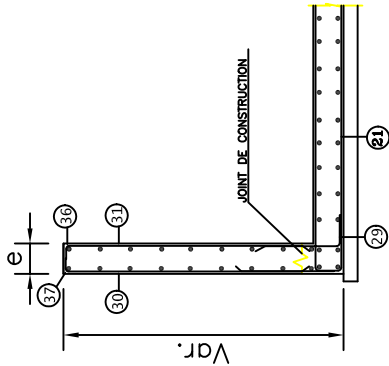
| N° | N.A  | Donc        | Schemas     | Esp. Nbre | Longueur | Longueur totale |
|----|------|-------------|-------------|-----------|----------|-----------------|
| 21 | T 25 | 1,57        | 1,84 à 7,12 | 20 16     | 7,62     | 125             |
| 22 | T 20 | 0,14        | 1,84 à 7,12 | 20 16     | 7,76     | 76              |
| 23 | T 12 | 0,14        | 3,04        | 20 16     | 3,32     | 54              |
| 24 | T 12 | 0,14        | 0,40 à 3,04 | 20 17     | 2,00     | 34              |
| 25 | T 12 | 0,14        | 0,40 à 3,04 | 20 17     | 2,00     | 34              |
| 26 | T 20 | 0,24        | 8,72        | - 4       | 9,20     | 37              |
| 27 | T 10 | 0,24        | 8,72        | - 8       | 9,320    | 74              |
| 28 | T 12 | 0,24        | 0,94        | 20 89     | 1,42     | 126             |
| 29 | T 12 | 0,02        | 0,14        | 20 36     | 1,06     | 39              |
| 30 | T 25 | 0,39 à 1,79 | 0,14        | 20 36     | 2,08     | 76              |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |       |
|------------------|-------|
| OH N°            | OH N° |
| PK               | PK    |
| Ouverture        |       |
| Gabarit          |       |
| Nbre d'ouverture |       |
| Nbre de corps    |       |
| Ep. des murs     |       |
| Enrobage         |       |

| N°   | N.A  | Donc        | Schemas | Esp. Nbre | Longueur | Longueur totale |
|------|------|-------------|---------|-----------|----------|-----------------|
| 31   | T 12 | 0,39 à 1,79 | 0,14    | 20 36     | 2,08     | 76              |
| 32   | T 12 | 3,54        | 0,14    | 18 5      | 3,54     | 19              |
| 33   | T 12 | 3,54        | 0,14    | 18 5      | 3,54     | 19              |
| 34   | T 12 | 0,40 à 2,74 | 0,14    | 20 31     | 1,71     | 54              |
| 35   | T 12 | 0,40 à 2,74 | 0,14    | 20 31     | 1,71     | 54              |
| 36   | T 12 | 3,54        | 0,14    | - 2       | 3,68     | 7               |
| 37   | T 12 | 3,54        | 0,14    | - 2       | 3,68     | 7               |
| 38   | T 10 | 0,24        | 0,94    | 20 4      | 1,68     | 6               |
| 39   | T 10 | 0,24        | 0,74    | 20 4      | 1,75     | 6               |
| 40   | T 12 | 0,60        | 0,77    | 20 4      | 1,74     | 5               |
| 41   | T 12 | 0,24        | 0,54    | 20 12     | 0,78     | 9               |
| T 10 |      | 0,10        | 0,14    | 7 / m2    | 23       | 0,48            |
|      |      |             |         |           |          | 76              |

COUPE A – A  
Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET |       |
|--------|-------|
| OH N°  | OH N° |
| PK     | PK    |

RECAPITULATIF DES ACIERS - TETES DES DALOTS

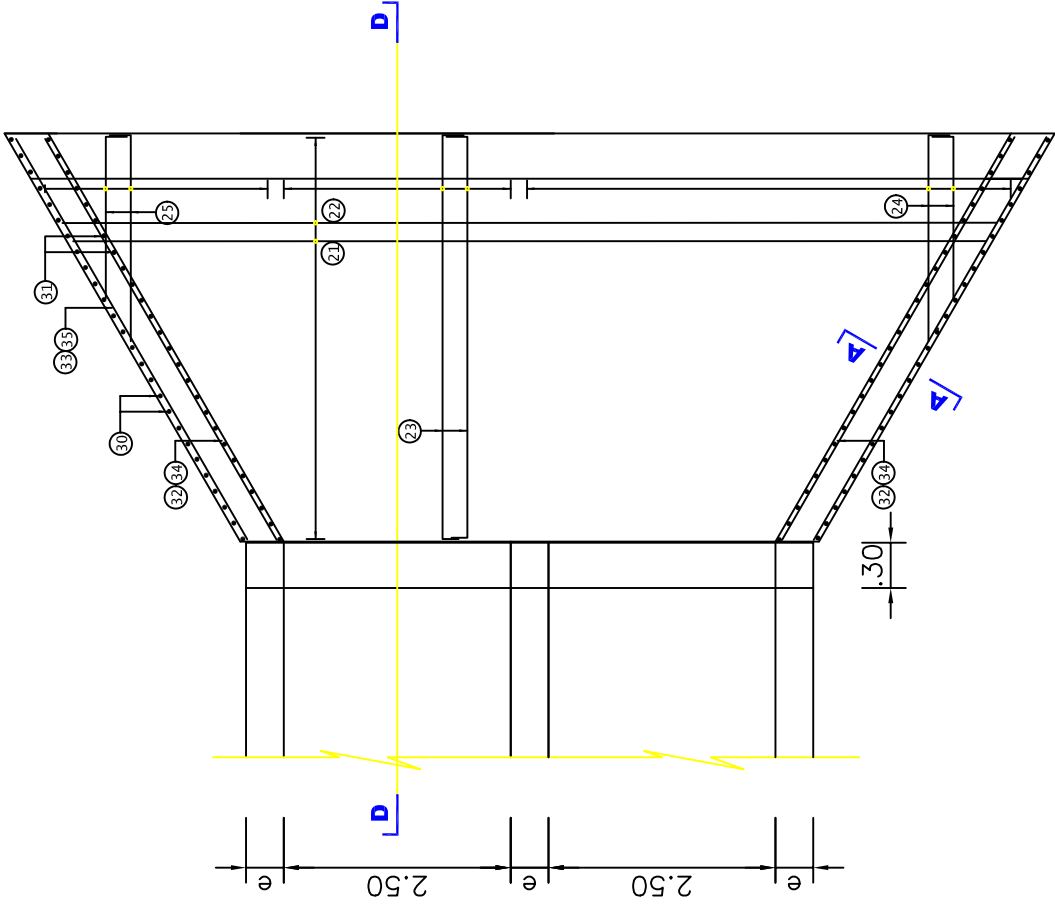
|                       | Poids<br>acier<br>(kg/ml) | Longueur<br>piéces<br>(m) | Nombre<br>d'éléments | Poids total<br>(kg) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|
| T 6                   | 0,222                     | -                         | 1,00                 | -                   |
| T 8                   | 0,395                     | -                         | 1,00                 | -                   |
| T 10                  | 0,617                     | 162,45                    | 1,00                 | 100,23              |
| T 12                  | 0,888                     | 537,10                    | 1,00                 | 476,95              |
| T 14                  | 1,208                     | -                         | 1,00                 | -                   |
| T 16                  | 1,578                     | -                         | 1,00                 | -                   |
| T 20                  | 2,466                     | 114,62                    | 1,00                 | 282,65              |
| T 25                  | 3,853                     | 200,30                    | 1,00                 | 771,74              |
| T 32                  | 6,313                     | -                         | 1,00                 | -                   |
| T 40                  | 9,864                     | -                         | 1,00                 | -                   |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                           |                           |                      | 1631,57 Kg          |





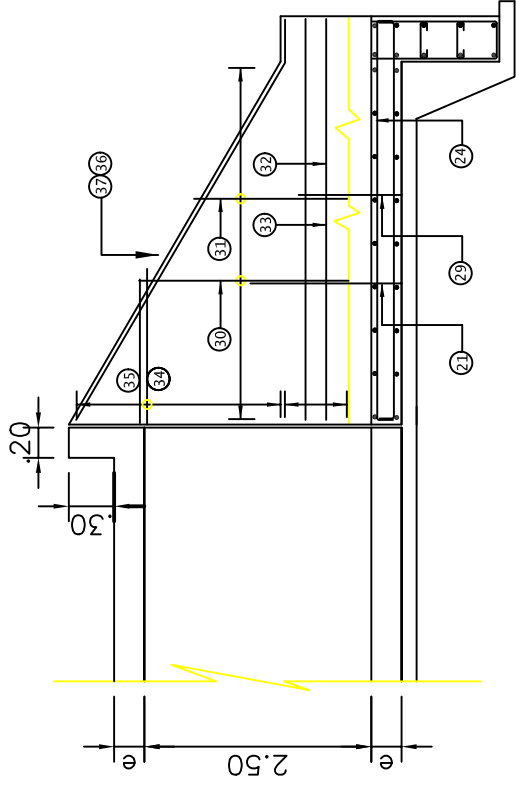
## VUE EN PLAN

Echelle : 1/50



COUPE D - D

Echelle : 1/50



## FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TÊTES

| PROJET | OH N°         | OH N°  |
|--------|---------------|--------|
|        | PK            | PK     |
|        | PK 1          | PK 2   |
|        | Quantité      | 2,00 m |
|        | Exp. du corps | 2,00 m |
|        | Exp. des murs | 0,20 m |
|        | Enrobage      | 0,03 m |

| Nº | H.A. | Bound | Schemas                    | Exp. | Nive | Longueur<br>(m.) | Longueur<br>totale |
|----|------|-------|----------------------------|------|------|------------------|--------------------|
| 21 | T 25 |       | 1,57 [ 2,64 à 11,43 ] 1,57 | 20   | 26   | 10,27            | 271                |
| 22 | T 20 |       | 0,14 [ 2,64 à 11,43 ] 0,14 | 20   | 26   | 7,41             | 195                |
| 23 | T 12 |       | 0,14 [ 5,04 ] 0,14         | 20   | 26   | 5,32             | 140                |
| 24 | T 12 |       | 0,14 [ 0,40 à 5,04 ] 0,14  | 20   | 27   | 3,00             | 81                 |
| 25 | T 12 |       | 0,14 [ 0,40 à 5,04 ] 0,14  | 20   | 27   | 3,00             | 81                 |
| 26 | T 20 |       | 0,24 [ 13,03 ] 0,24        | -    | 4    | 13,51            | 54                 |
| 27 | T 10 |       | 0,24 [ 13,03 ] 0,24        | -    | 8    | 13,51            | 108                |
| 28 | T 12 |       | 0,24 [ 0,94 ] 0,24         | 20   | 132  | 1,42             | 187                |
| 29 | T 12 |       | 0,92 [ 0,14 ] 0,14         | 20   | 59   | 1,06             | 63                 |
| 30 | T 25 |       | 0,14 [ 0,39 à 5,49 ] 0,14  | 20   | 59   | 3,06             | 183                |

**FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES**

|  |                   |             |
|--|-------------------|-------------|
|  | PROJET            |             |
|  | OFI N°            | OH N°       |
|  | PK                | XZ + XXXXXK |
|  | Durée             | 2,00 m      |
|  | Eqs. du corps     | 2,00 m      |
|  | Nive. d'ouverture | 2 m         |
|  | Eqs. du corps     | 0,20 m      |
|  | Eqs. des murs     | 0,20 m      |
|  | Enrobage          | 0,03 m      |

| №  | №.А.В. | Round | Schemes | Exp.  |     | Nile | Longueur<br>(m) | Longueur<br>totale |
|----|--------|-------|---------|-------|-----|------|-----------------|--------------------|
|    |        |       |         | (m)   | (m) |      |                 |                    |
| 31 | T 12   |       |         | 20    | 59  | 3.08 | 183             |                    |
| 32 | T 12   |       |         | 18    | 5   | 5.84 | 31              |                    |
| 33 | T 12   |       |         | 18    | 5   | 5.84 | 31              |                    |
| 34 | T 12   |       |         | 20    | 51  | 2.71 | 139             |                    |
| 35 | T 12   |       |         | 20    | 51  | 2.71 | 139             |                    |
| 36 | T 12   |       |         | -     | 2   | 5.98 | 12              |                    |
| 37 | T 12   |       |         | -     | 2   | 5.98 | 12              |                    |
| 38 | T 10   |       |         | 20    | 4   | 1.68 | 6               |                    |
| 39 | T 10   |       |         | 20    | 4   | 1.75 | 6               |                    |
| 40 | T 12   |       |         | 20    | 4   | 1.46 | 5               |                    |
| 41 | T 12   |       |         | 20    | 12  | 0.76 | 9               |                    |
| 42 | T 10   |       |         | 71 mm | 50  | 0.46 | 109             |                    |

## FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TÊTES

|        |  |
|--------|--|
| PROJET |  |
|--------|--|

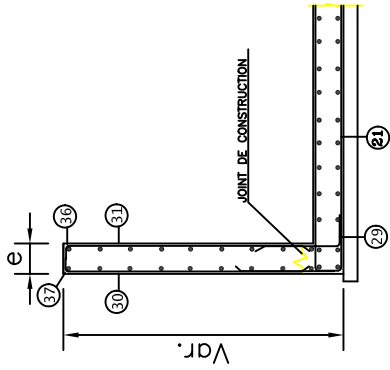
|       |             |
|-------|-------------|
| OH N° | OH N°       |
| PK    | XX + XXX.XX |

## RECAPITULATIF DES ACIERS - TETES DES DALOTS

|                              | Poids<br>partiel<br>(kg) | Longueur<br>partielle<br>(mm) | Nombre<br>d'éléments | Poids total<br>(kg) |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| <b>T 6</b>                   | 0,222                    | -                             | 1,00                 | -                   |
| <b>T8</b>                    | 0,395                    | -                             | 1,00                 | -                   |
| <b>T 10</b>                  | 0,617                    | 319,80                        | 1,00                 | 197,32              |
| <b>T 12</b>                  | 0,888                    | 1114,65                       | 1,00                 | 989,61              |
| <b>T 14</b>                  | 1,208                    | -                             | 1,00                 | -                   |
| <b>T 16</b>                  | 1,578                    | -                             | 1,00                 | -                   |
| <b>T 20</b>                  | 2,468                    | 249,41                        | 1,00                 | 615,04              |
| <b>T 25</b>                  | 3,853                    | 453,68                        | 1,00                 | 1748,05             |
| <b>T 32</b>                  | 6,313                    | -                             | 1,00                 | -                   |
| <b>T 40</b>                  | 9,964                    | -                             | 1,00                 | -                   |
| <b>POIDS TOTAL GENERAL :</b> |                          |                               |                      | <b>3550,21 Kg</b>   |

COUPE A - A

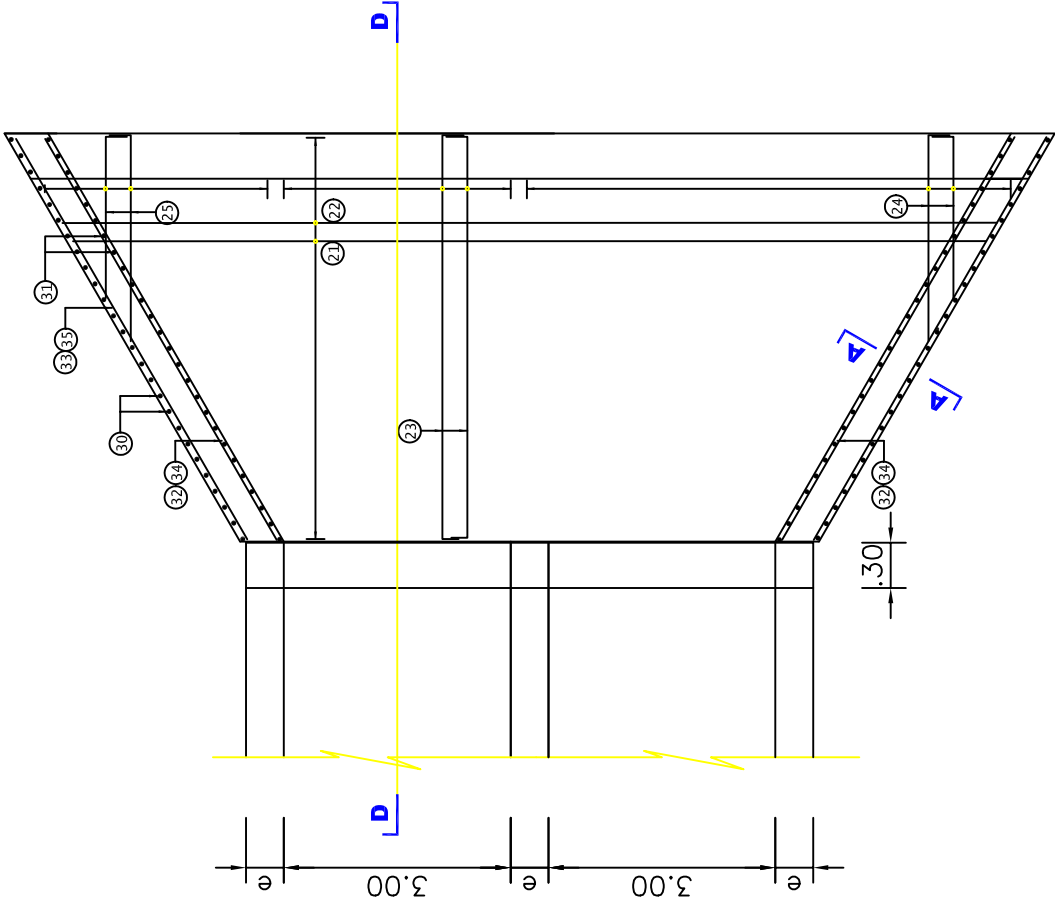
Echelle : 1/50



|                            |                            |  |                                                                                                                  |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                        |
|----------------------------|----------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                            | Modification - mise à jour |  | ROYAUME DU MAROC<br>☆<br><b>المملكة المغربية</b><br><b>وزارة التجهيز والنقل</b><br>مديرية الطرق والسبر على الطرق | CID<br>CONSEIL INGÉNIERIE ET DÉVELOPPEMENT<br>استشارة هندسة وتخطيط | REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION<br>D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES<br>A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES<br>INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2<br>PLAN DE FERRAILLAGE DES TÊTES - DALOT DOUBLE 2.50 x 2.50 | PLAN :<br>ECHELLE:<br>DATE : Déc. 2007 |
| <b>V o l u m e C</b>       |                            |  |                                                                                                                  |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                        |
| <b>P l a n s t y p e s</b> |                            |  |                                                                                                                  |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                        |

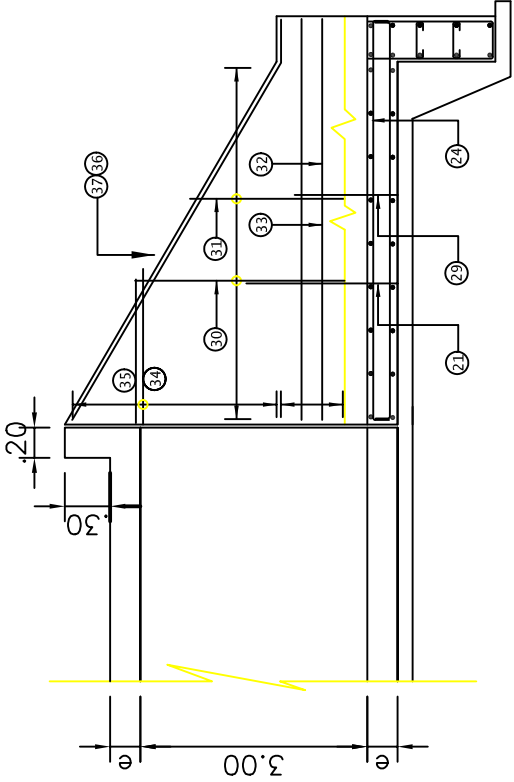
VUE EN PLAN

Echelle : 1/50



COUPE D – D

Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |        |
|------------------|--------|
| ON W             | ON W   |
| PK               | PK     |
| Ouverture        | 3.00 m |
| Gabarit          | 3.00 m |
| Nbre d'ouverture | 2      |
| Ep. du corps     | 0.20 m |
| Ep. des murs     | 0.20 m |
| Enrobage         | 0.03 m |

| N° | N.A  | Donc | Schemas      | Esp. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|--------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 21 | T 25 | 1.62 | 3.44 à 13.68 | 1.62      | 20   | 31           | 11.80 370       |
| 22 | T 20 | 0.19 | 3.44 à 13.68 | 0.19      | 20   | 31           | 6.94 260        |
| 23 | T 12 | 0.19 | 6.04         | 0.19      | 20   | 31           | 6.42 202        |
| 24 | T 12 | 0.19 | 0.40 à 6.04  | 0.19      | 20   | 32           | 3.60 115        |
| 25 | T 12 | 0.19 | 0.40 à 6.04  | 0.19      | 20   | 32           | 3.60 115        |
| 26 | T 20 | 0.24 | 15.18        | 0.24      | -    | 4            | 15.66 63        |
| 27 | T 10 | 0.24 | 15.18        | 0.24      | -    | 8            | 15.66 125       |
| 28 | T 12 | 0.24 | 0.94         | 0.24      | 20   | 153          | 1.42 218        |
| 29 | T 12 | 0.97 | 0.19         | 0.97      | 20   | 70           | 1.16 82         |
| 30 | T 25 | 0.19 | 0.39 à 6.49  | 0.19      | 20   | 70           | 3.63 256        |

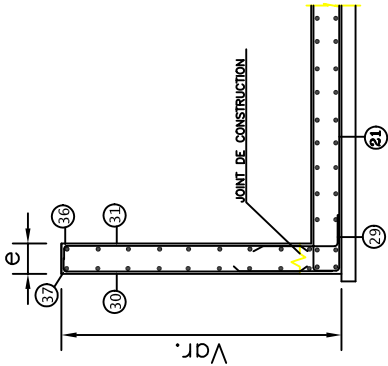
FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |        |
|------------------|--------|
| ON W             | ON W   |
| PK               | PK     |
| Ouverture        | 3.00 m |
| Gabarit          | 3.00 m |
| Nbre d'ouverture | 2      |
| Ep. du corps     | 0.20 m |
| Ep. des murs     | 0.20 m |
| Enrobage         | 0.03 m |

| N° | N.A  | Donc        | Schemas     | Esp. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|-------------|-------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 31 | T 12 | 0.19        | 0.39 à 6.49 | 0.19      | 20   | 70           | 3.63 256        |
| 32 | T 12 | 6.94        | 6.94        | 18        | 5    | 6.94         | 37              |
| 33 | T 12 | 6.94        | 6.94        | 18        | 5    | 6.94         | 37              |
| 34 | T 12 | 0.40 à 5.74 | 0.19        | 20        | 61   | 3.26         | 200             |
| 35 | T 12 | 0.40 à 5.74 | 0.19        | 20        | 61   | 3.26         | 200             |
| 36 | T 12 | 6.94        | 0.19        | -         | 2    | 7.13         | 14              |
| 37 | T 12 | 6.94        | 0.19        | -         | 2    | 7.13         | 14              |
| 38 | T 10 | 0.24        | 0.94        | 20        | 4    | 1.68         | 6               |
| 39 | T 10 | 0.24        | 0.74        | 20        | 4    | 1.70         | 6               |
| 40 | T 12 | 0.60        | 0.87        | 20        | 4    | 1.47         | 5               |
| 41 | T 12 | 0.24        | 0.54        | 20        | 12   | 0.78         | 9               |
| 42 | T 10 | 0.10        | 0.14        | 71 ms     | 84   | 0.48         | 282             |

COUPE A – A

Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET |      |
|--------|------|
| ON W   | ON W |
| PK     | PK   |

RECAPITULATIF DES AGRÉS - TETES DES DALOTS

|                       | Poids linéaire (kg/m) | Longueur par diamètre (m) | Nombre d'éléments | Poids total (kg) |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|------------------|
| T 6                   | 0.222                 | -                         | 1,00              | -                |
| T 8                   | 0.395                 | -                         | 1,00              | -                |
| T 10                  | 0.617                 | 419,39                    | 1,00              | 259,77           |
| T 12                  | 0.868                 | 1504,04                   | 1,00              | 1335,59          |
| T 14                  | 1.208                 | -                         | 1,00              | -                |
| T 16                  | 1.578                 | -                         | 1,00              | -                |
| T 20                  | 2.466                 | 342,98                    | 1,00              | 485,79           |
| T 25                  | 3.853                 | 625,54                    | 1,00              | 2410,20          |
| T 32                  | 6.313                 | -                         | 1,00              | -                |
| T 40                  | 9.964                 | -                         | 1,00              | -                |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                       |                           |                   | 4850,35 Kg       |

المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
سبينة الطرق والسبر على الطرق



ROYAUME DU MAROC

MINISTRE DE L' EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

Modification - mise à jour

Volume C

Plans types

REALISATION DE PRESTATIONS D' ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION  
D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

PLAN DE FERRAILLAGE DES TETES - DALOT DOUBLE 3,00 x 3,00

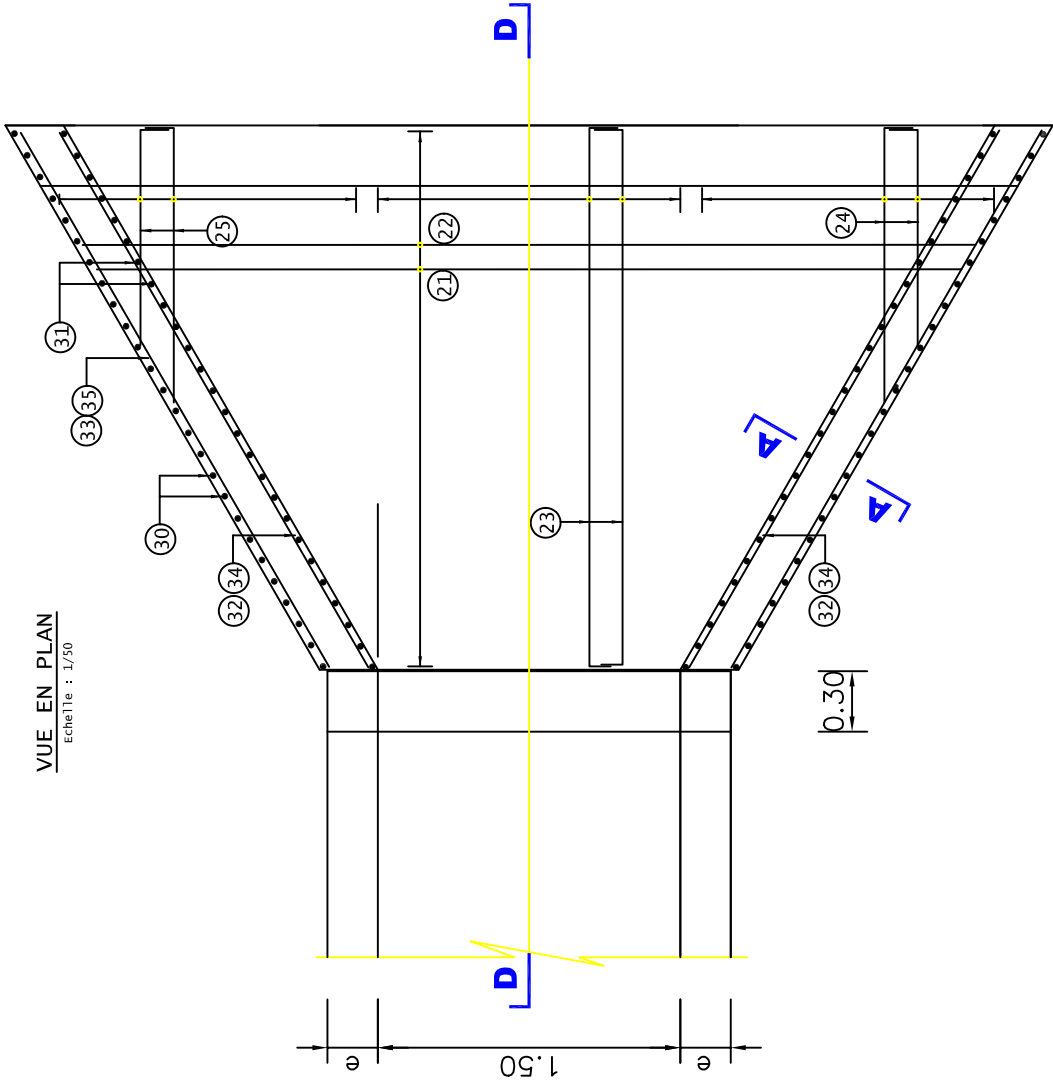
PLAN :

ECHELLE :

DATE : Déc. 2007

VUE EN PLAN

Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

PROJET :

|       |            |
|-------|------------|
| DM N° | DM N°      |
| PK    | PK + 0.000 |

|                  |        |
|------------------|--------|
| Ouverture        | 1.50 m |
| Gabarit          | 1.50 m |
| Nbre d'ouverture | 1      |
| Ep. du corps     | 0.20 m |
| Ep. des murs     | 0.20 m |
| Enrobage         | 0.03 m |

| N° | N.A. | Doux | Schemas             | Esp. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|---------------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 21 | T 25 |      | 1.57<br>1.84 à 5.42 | 1.57      | 20   | 16           | 6.77            |
| 22 | T 20 |      | 0.14<br>1.84 à 5.42 | 0.14      | 20   | 16           | 3.91            |
| 23 | T 12 |      | 0.14<br>3.04        | 0.14      | 20   | 16           | 3.32            |
| 24 | T 12 |      | 0.14<br>0.40 à 3.04 | 0.14      | 20   | 17           | 2.00            |
| 25 | T 12 |      | 0.14<br>0.40 à 3.04 | 0.14      | 20   | 17           | 2.00            |
| 26 | T 20 |      | 0.24<br>7.02        | 0.24      | -    | 4            | 7.50            |
| 27 | T 10 |      | 0.24<br>7.02        | 0.24      | -    | 8            | 7.50            |
| 28 | T 12 |      | 0.24<br>0.94        | 0.24      | 20   | 72           | 1.42            |
| 29 | T 12 |      | 0.32<br>0.14        | 0.32      | 20   | 36           | 1.06            |
| 30 | T 25 |      | 0.39 à 1.79         | 0.14      | 20   | 36           | 1.23            |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

PROJET :

|       |            |
|-------|------------|
| DM N° | DM N°      |
| PK    | PK + 0.000 |

|                  |        |
|------------------|--------|
| Ouverture        | 1.50 m |
| Gabarit          | 1.50 m |
| Nbre d'ouverture | 1      |
| Ep. du corps     | 0.20 m |
| Ep. des murs     | 0.20 m |
| Enrobage         | 0.03 m |

| N° | N.A. | Doux | Schemas             | Esp. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|---------------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 31 | T 12 |      | 0.14<br>0.39 à 1.79 | 0.14      | 20   | 36           | 1.23            |
| 32 | T 12 |      | 3.54                |           | 18   | 5            | 3.54            |
| 33 | T 12 |      | 3.54                |           | 18   | 5            | 3.54            |
| 34 | T 12 |      | 0.40 à 2.74<br>0.14 | 0.14      | 20   | 14           | 1.71            |
| 35 | T 12 |      | 0.40 à 2.74<br>0.14 | 0.14      | 20   | 14           | 1.71            |
| 36 | T 12 |      | 3.54<br>0.14        | 0.14      | -    | 2            | 3.68            |
| 37 | T 12 |      | 3.54<br>0.14        | 0.14      | -    | 2            | 3.68            |
| 38 | T 10 |      | 0.94<br>0.24        | 0.50      | 20   | 4            | 1.68            |
| 39 | T 10 |      | 0.24<br>0.74        | 0.77      | 20   | 4            | 1.75            |
| 40 | T 12 |      | 0.60<br>0.77        |           | 20   | 4            | 1.74            |
| 41 | T 12 |      | 0.24<br>0.54        |           | 20   | 12           | 0.76            |
| 42 | T 10 |      | 0.10<br>0.14        | 71 mm     | 17   | 0.48         | 58              |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

PROJET :

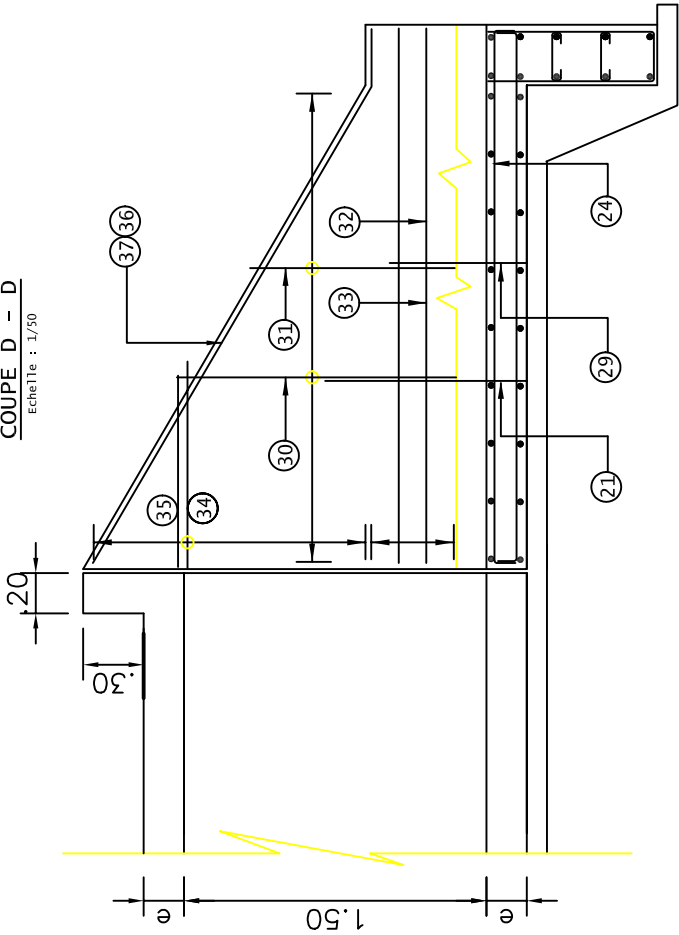
|       |            |
|-------|------------|
| DM N° | DM N°      |
| PK    | PK + 0.000 |

RECAPITULATIF DES AGERS - TETES DES DALOTS

|                       | Poids linéaire (kg/m) | Longueur par diamètre (kg/m) | Nombre d'éléments | Poids total (kg) |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|------------------|
| T 6                   | 0.222                 | -                            | 1.00              | -                |
| T 8                   | 0.385                 | -                            | 1.00              | -                |
| T 10                  | 0.617                 | 131.15                       | 1.00              | 80.92            |
| T 12                  | 0.888                 | 423.68                       | 1.00              | 376.41           |
| T 14                  | 1.208                 | -                            | 1.00              | -                |
| T 16                  | 1.578                 | -                            | 1.00              | -                |
| T 20                  | 2.466                 | 93.92                        | 1.00              | 231.61           |
| T 25                  | 3.653                 | 155.46                       | 1.00              | 598.98           |
| T 32                  | 6.313                 | -                            | 1.00              | -                |
| T 40                  | 9.864                 | -                            | 1.00              | -                |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                       |                              |                   | 1287.92 Kg       |

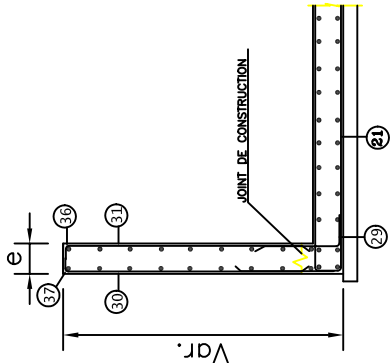
COUPE D - D

Echelle : 1/50



COUPE A - A

Echelle : 1/50



Volume C

Plans types

Modification - mise à jour

ROYAUME DU MAROC

MINISTRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
سبينة الطرق والسبر على الطرق



REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION  
D'UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

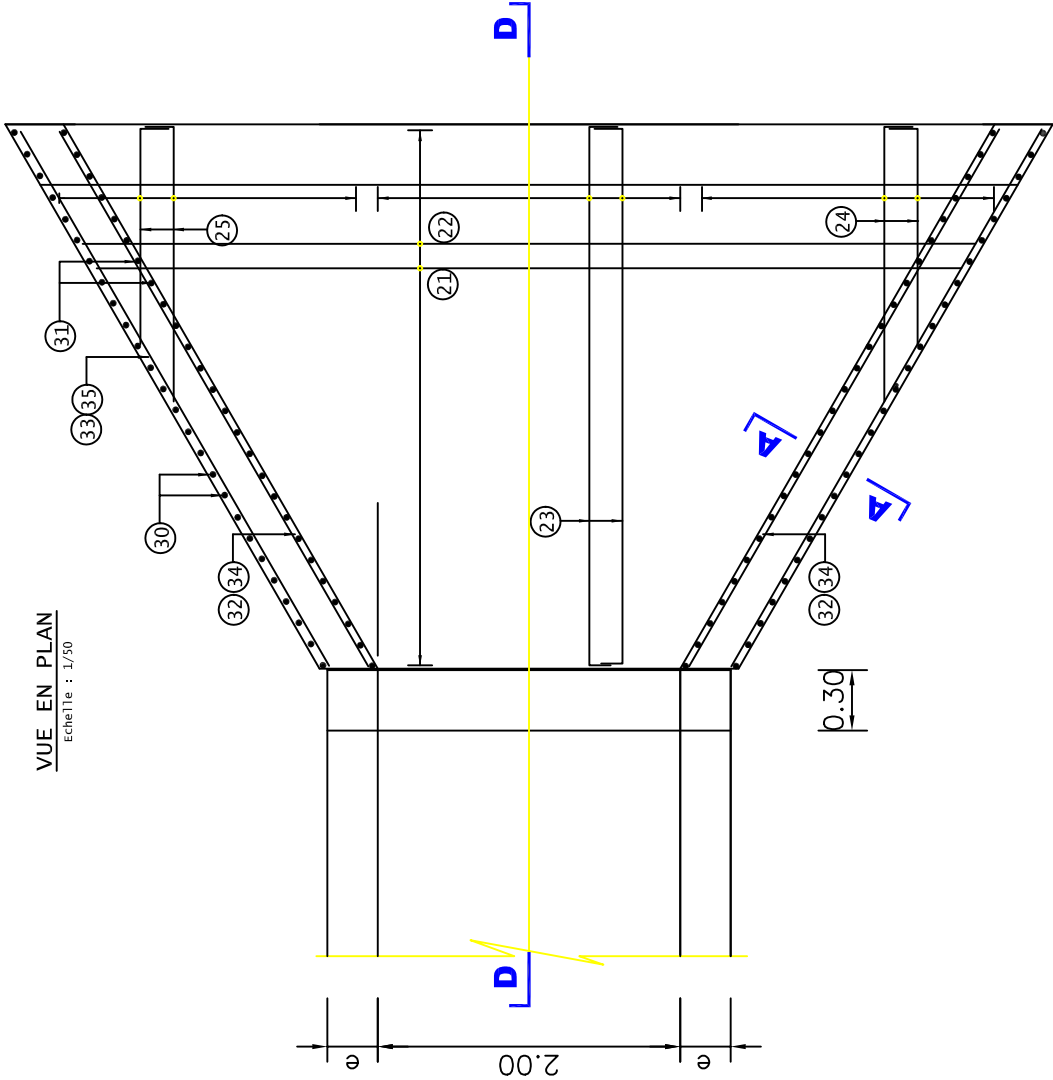
PLAN DE FERRAILLAGE DES TETES - DALOT SIMPLE 1.50 x 1.50

PLAN :

ECHELLE:

DATE : Déc. 2007

VUE EN PLAN  
Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

|                  |            |
|------------------|------------|
| PROJET :         |            |
| DIR N°           | DIR N°     |
| PK               | PK + xxxxx |
| Ouverture        |            |
| Gabarit          | 2,00 m     |
| Nbre d'ouverture | 1          |
| Ep. du corps     | 0,20 m     |
| Ep. des murs     | 0,20 m     |
| Enrobage         | 0,03 m     |

| N° | H.A  | Donc | Schémas     | Esp. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|-------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 21 | T 25 | 1,57 | 2,34 à 7,07 | 1,57      | 20   | 21           | 7,85            |
| 22 | T 20 | 0,14 | 2,34 à 7,07 | 0,14      | 20   | 21           | 4,99            |
| 23 | T 12 | 0,14 | 4,04        | 0,14      | 20   | 21           | 4,32            |
| 24 | T 12 | 0,14 | 0,40 à 4,04 | 0,14      | 20   | 22           | 2,50            |
| 25 | T 12 | 0,14 | 0,40 à 4,04 | 0,14      | 20   | 22           | 2,50            |
| 26 | T 20 | 0,24 | 8,67        | 0,24      | -    | 4            | 9,15            |
| 27 | T 10 | 0,24 | 8,67        | 0,24      | -    | 4            | 9,15            |
| 28 | T 12 | 0,24 | 0,84        | 0,24      | 20   | 88           | 1,42            |
| 29 | T 12 | 0,32 | 0,14        | 0,32      | 20   | 47           | 1,06            |
| 30 | T 25 | 0,14 | 0,39 à 2,28 | 0,14      | 20   | 47           | 1,48            |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

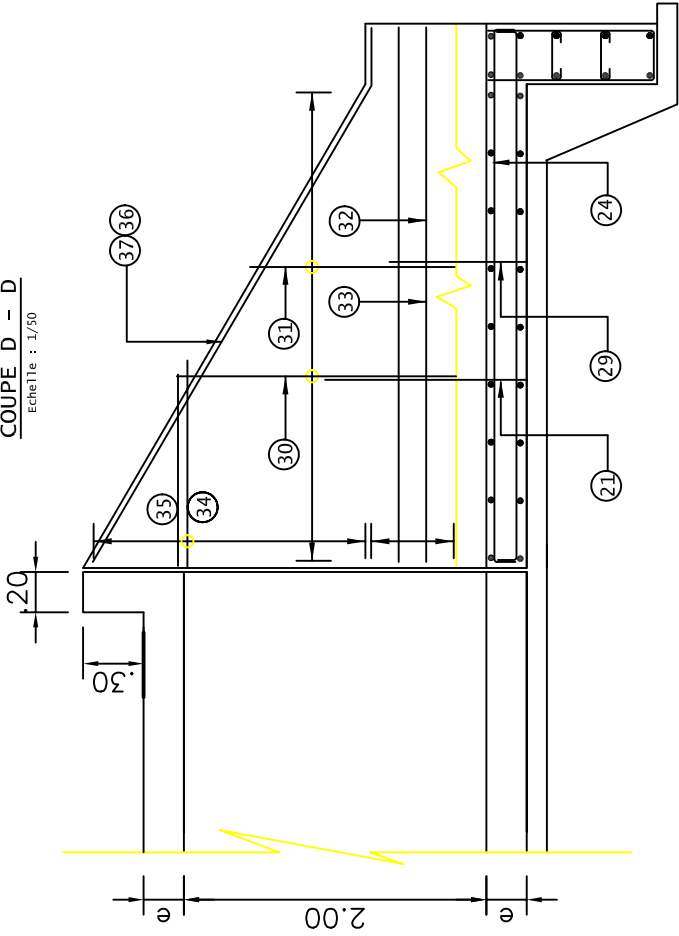
|                  |            |
|------------------|------------|
| PROJET :         |            |
| DIR N°           | DIR N°     |
| PK               | PK + xxxxx |
| Ouverture        |            |
| Gabarit          | 2,00 m     |
| Nbre d'ouverture | 1          |
| Ep. du corps     | 0,20 m     |
| Ep. des murs     | 0,20 m     |
| Enrobage         | 0,03 m     |

| N° | H.A  | Donc        | Schémas     | Esp. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|-------------|-------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 31 | T 12 | 0,14        | 0,39 à 2,29 | 0,14      | 20   | 47           | 1,48            |
| 32 | T 12 | 4,64        |             |           | 18   | 5            | 4,64            |
| 33 | T 12 | 4,64        |             |           | 18   | 5            | 4,64            |
| 34 | T 12 | 0,40 à 3,74 | 0,14        |           | 20   | 19           | 2,21            |
| 35 | T 12 | 0,40 à 3,74 | 0,14        |           | 20   | 19           | 2,21            |
| 36 | T 12 | 4,64        | 0,14        |           | -    | 2            | 4,78            |
| 37 | T 12 | 4,64        | 0,14        |           | -    | 2            | 4,78            |
| 38 | T 10 | 0,24        | 0,84        | 0,80      | 20   | 4            | 1,68            |
| 39 | T 10 | 0,24        | 0,74        | 0,77      | 20   | 4            | 1,75            |
| 40 | T 12 | 0,60        | 0,87        |           | 20   | 4            | 1,47            |
| 41 | T 12 | 0,24        | 0,54        |           | 20   | 12           | 0,78            |
| 42 | T 10 | 0,10        | 0,14        | 77 mm     | 30   | 0,48         | 100             |

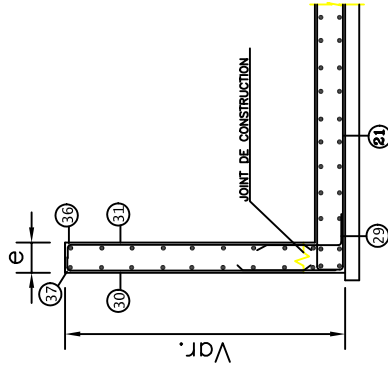
RECAPITULATIF DES ACIERS - TETES DES DALOTS

|                       | Poids linéaire (kg/ml) | Longueur par diamètre (kg/ml) | Nombre d'éléments | Poids total (kg) |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|
| T 6                   | 0,222                  | -                             | 1,00              | -                |
| T 8                   | 0,395                  | -                             | 1,00              | -                |
| T 10                  | 0,617                  | 165,27                        | 1,00              | 114,49           |
| T 12                  | 0,888                  | 616,95                        | 1,00              | 547,85           |
| T 14                  | 1,208                  | -                             | 1,00              | -                |
| T 16                  | 1,578                  | -                             | 1,00              | -                |
| T 20                  | 2,466                  | 143,08                        | 1,00              | 352,87           |
| T 25                  | 3,853                  | 237,28                        | 1,00              | 915,31           |
| T 32                  | 6,313                  | -                             | 1,00              | -                |
| T 40                  | 9,954                  | -                             | 1,00              | -                |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                        |                               |                   | 1931,02 kg       |

COUPE D - D  
Echelle : 1/50



COUPE A - A  
Echelle : 1/50



Volume C

Plans types

Modification - mise à jour

ROYAUME DU MAROC

MINISTRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE



المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
مديرية الطرق والسبر على الطرق



REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION  
D'UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

PLAN DE FERRAILLAGE DES TETES - DALOT SIMPLE 2.00 x 2.00

PLAN :

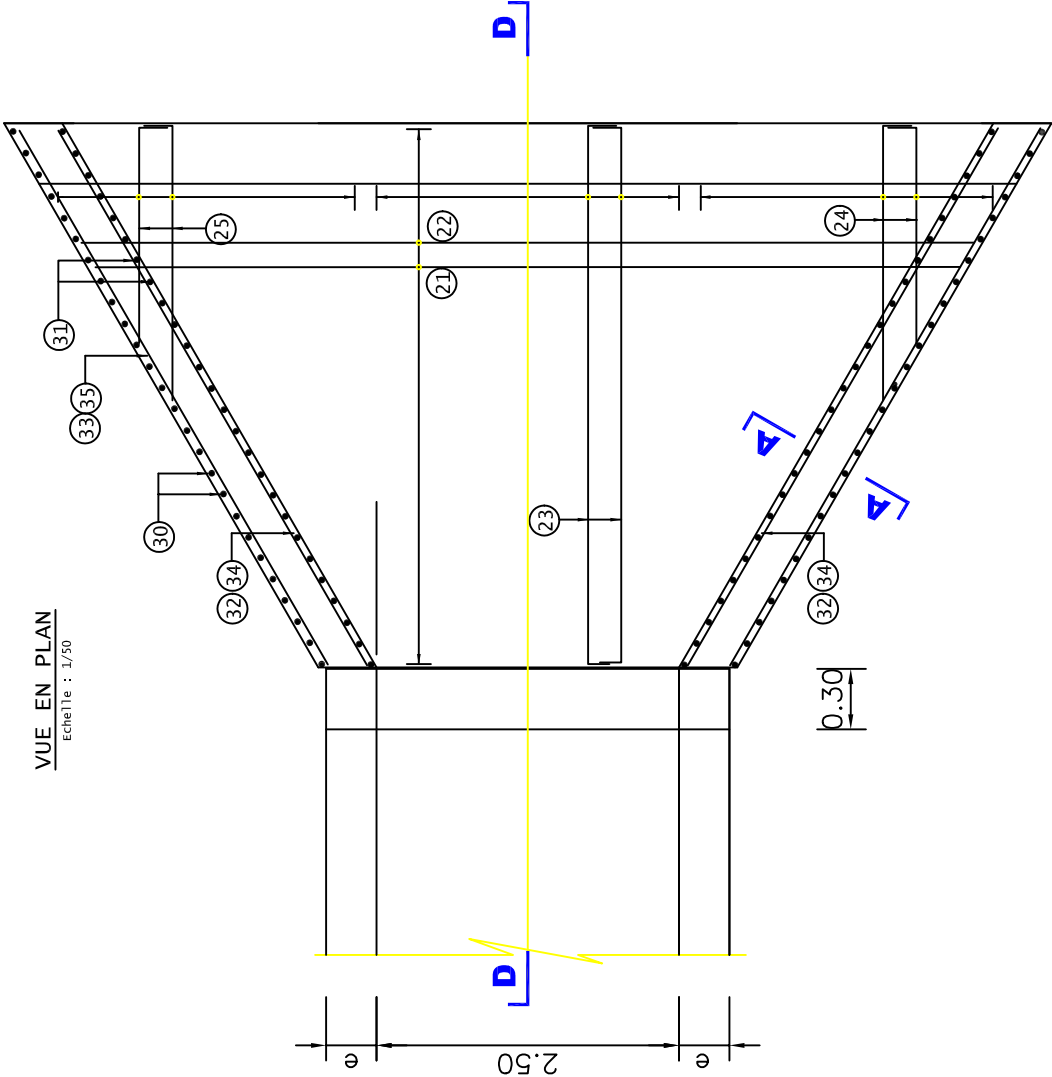
ECHELLE:

DATE : Déc. 2007



VUE EN PLAN

Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |             |
|------------------|-------------|
| OH N°            | OH N°       |
| PK               | xx + xxx,xx |
| Ouverture        |             |
| Gabarit          | 2,50 m      |
| Nbre d'ouverture | 1           |
| Epr. du corps    | 0,20 m      |
| Epr. des murs    | 0,20 m      |
| Enrobage         | 0,03 m      |

| N° | H.A. | Donc | Schemas             | Epr. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|---------------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 21 | T 25 |      | 1,57<br>2,84 à 8,73 | 1,57      | 20   | 26           | 8,92            |
| 22 | T 20 |      | 0,14<br>2,84 à 8,73 | 0,14      | 20   | 26           | 6,06            |
| 23 | T 12 |      | 0,14<br>5,04        | 0,14      | 20   | 26           | 5,32            |
| 24 | T 12 |      | 0,14<br>0,40 à 5,04 | 0,14      | 20   | 27           | 3,00            |
| 25 | T 12 |      | 0,14<br>0,40 à 5,04 | 0,14      | 20   | 27           | 3,00            |
| 26 | T 20 |      | 0,24<br>10,33       | 0,24      | -    | 4            | 10,81           |
| 27 | T 10 |      | 0,24<br>10,33       | 0,24      | -    | 8            | 10,81           |
| 28 | T 12 |      | 0,24<br>0,94        | 0,24      | 20   | 105          | 1,42            |
| 29 | T 12 |      | 0,92<br>0,14        | 0,92      | 20   | 59           | 1,06            |
| 30 | T 25 |      | 0,39 à 2,79         | 0,14      | 20   | 59           | 1,73            |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |             |
|------------------|-------------|
| OH N°            | OH N°       |
| PK               | xx + xxx,xx |
| Ouverture        |             |
| Gabarit          | 2,50 m      |
| Nbre d'ouverture | 1           |
| Epr. du corps    | -           |
| Epr. des murs    | -           |
| Enrobage         | 0,03 m      |

| N° | H.A. | Donc | Schemas             | Epr. (cm) | Nbre  | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|---------------------|-----------|-------|--------------|-----------------|
| 31 | T 12 |      | 0,14<br>0,39 à 2,79 | 0,14      | 20    | 59           | 1,73            |
| 32 | T 12 |      | 5,84                |           | 18    | 5            | 5,84            |
| 33 | T 12 |      | 5,84                |           | 18    | 5            | 5,84            |
| 34 | T 12 |      | 0,40 à 4,74<br>0,14 | 0,14      | 20    | 24           | 2,71            |
| 35 | T 12 |      | 0,40 à 4,74<br>0,14 | 0,14      | 20    | 24           | 2,71            |
| 36 | T 12 |      | 5,84<br>0,14        |           | -     | 2            | 5,88            |
| 37 | T 12 |      | 5,84<br>0,14        |           | -     | 2            | 5,88            |
| 38 | T 10 |      | 0,94<br>0,24        | 0,94      | 20    | 4            | 1,88            |
| 39 | T 10 |      | 0,94<br>0,24        | 0,77      | 20    | 4            | 1,75            |
| 40 | T 12 |      | 0,60<br>0,87        |           | 20    | 4            | 1,47            |
| 41 | T 12 |      | 0,24<br>0,54        |           | 20    | 12           | 0,78            |
| 42 | T 10 |      | 0,10<br>0,14        |           | 7 / m | 45           | 0,48            |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

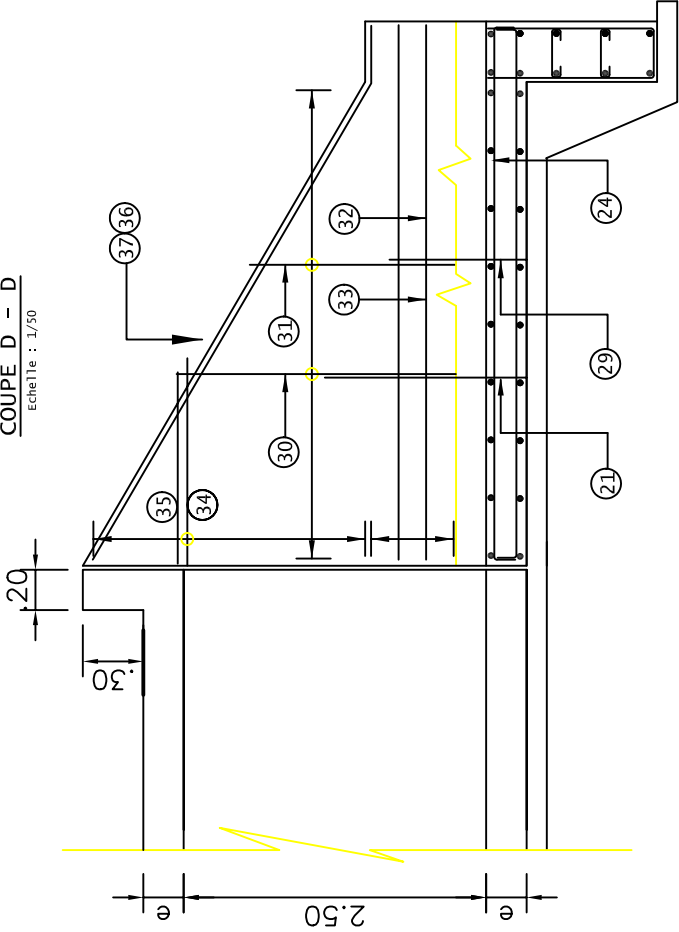
| PROJET |             |
|--------|-------------|
| OH N°  | OH N°       |
| PK     | xx + xxx,xx |

RECAPITULATIF DES AGIERS - TETES DES DALOTS

|                       | Poids<br>linéaire<br>(kg / ml) | Longueur<br>par<br>diamètre<br>(kg / ml) | Nombre<br>d'éléments | Poids total<br>(kg) |
|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------------|----------------------|---------------------|
| T 6                   | 0,222                          | -                                        | 1,00                 | -                   |
| T 8                   | 0,385                          | -                                        | 1,00                 | -                   |
| T 10                  | 0,617                          | 251,93                                   | 1,00                 | 156,44              |
| T 12                  | 0,888                          | 646,78                                   | 1,00                 | 754,80              |
| T 14                  | 1,208                          | -                                        | 1,00                 | -                   |
| T 16                  | 1,578                          | -                                        | 1,00                 | -                   |
| T 20                  | 2,466                          | 203,04                                   | 1,00                 | 500,88              |
| T 25                  | 3,653                          | 337,52                                   | 1,00                 | 1302,01             |
| T 32                  | 6,313                          | -                                        | 1,00                 | -                   |
| T 40                  | 9,984                          | -                                        | 1,00                 | -                   |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                                |                                          |                      | 2712,74 Kg          |

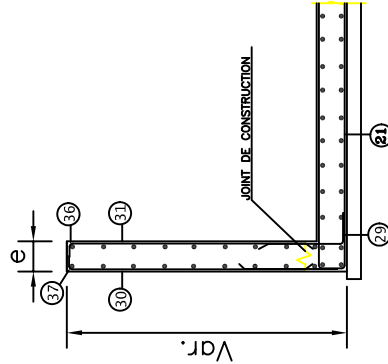
COUPE D - D

Echelle : 1/50



COUPE A - A

Echelle : 1/50



Volume C

Plans types

Modification - mise à jour

ROYAUME DU MAROC

MINISTERE DE L' EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE



المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
مديرية الطرق والسبر على الطرق



REALISATION DE PRESTATIONS D' ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION  
D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

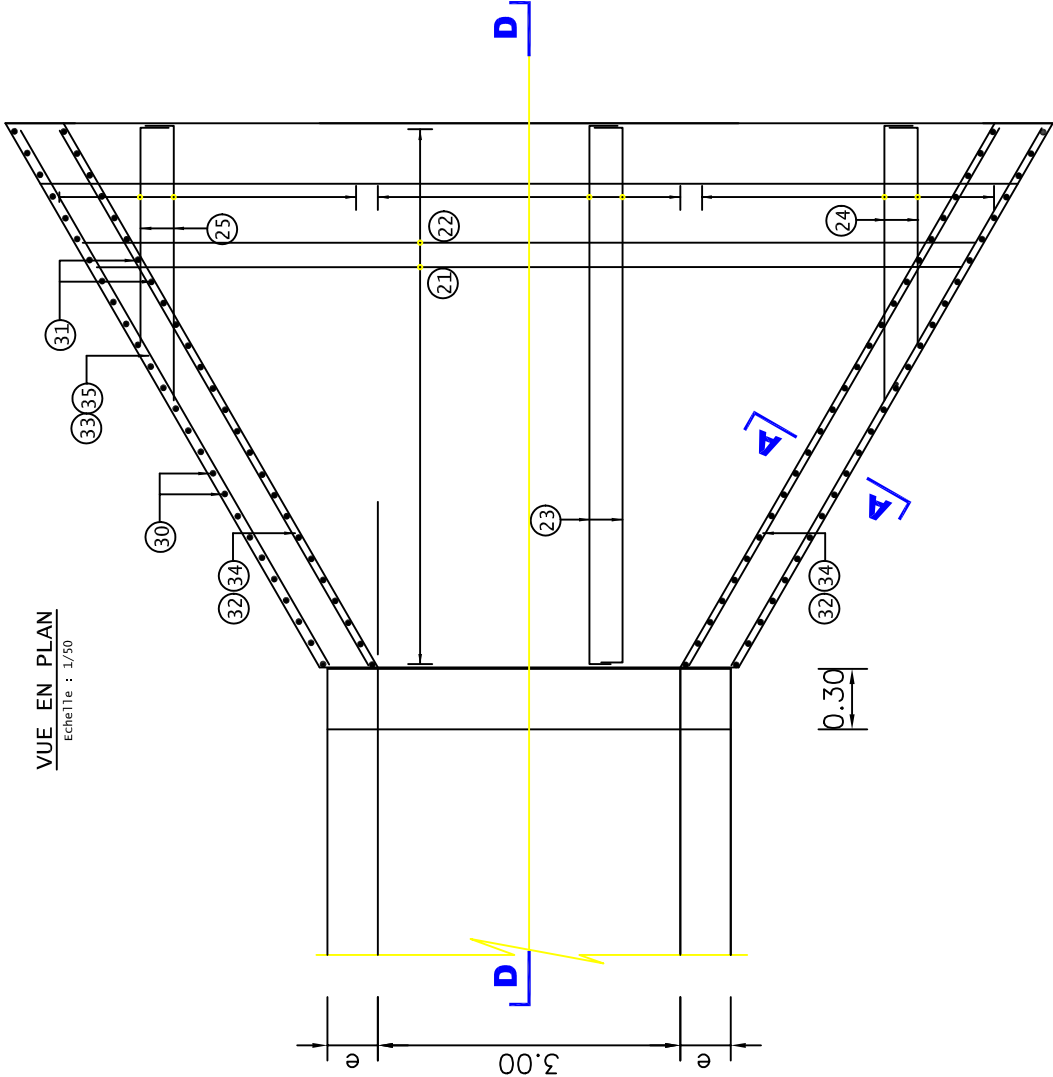
PLAN :

ECHELLE:

DATE : Déc. 2007



VUE EN PLAN  
Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET              |       |
|---------------------|-------|
| DM N°               | DM N° |
| PK                  | PK    |
| Ouverture 3,00 m    |       |
| Gabarit 3,00 m      |       |
| Nbre d'ouverture 1  |       |
| Ep. du corps 0,20 m |       |
| Ep. des murs 0,20 m |       |
| Enrobage 0,03 m     |       |

| N° | N.A  | Donc | Schemas                    | Exp. | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|----------------------------|------|------|--------------|-----------------|
| 21 | T 25 |      | 1,62 [ 3,44 à 10,46 ] 1,62 | 20   | 31   | 10,20        | 320             |
| 22 | T 20 |      | 0,19 [ 3,44 à 10,46 ] 0,19 | 20   | 31   | 7,34         | 230             |
| 23 | T 12 |      | 0,19 [ 6,04 ] 0,19         | 20   | 31   | 6,42         | 202             |
| 24 | T 12 |      | 0,19 [ 0,40 à 6,04 ] 0,19  | 20   | 32   | 3,60         | 115             |
| 25 | T 12 |      | 0,19 [ 0,40 à 6,04 ] 0,19  | 20   | 32   | 3,60         | 115             |
| 26 | T 20 |      | 0,24 [ 11,98 ] 0,24        | -    | 4    | 12,46        | 50              |
| 27 | T 10 |      | 0,24 [ 11,98 ] 0,24        | -    | 8    | 12,46        | 100             |
| 28 | T 12 |      | 0,24 [ 0,94 ] 0,24         | 20   | 121  | 1,42         | 172             |
| 29 | T 12 |      | 0,37 [ 0,19 ] 0,19         | 20   | 70   | 1,16         | 82              |
| 30 | T 25 |      | 0,38 [ 3,29 ] 0,38         | 20   | 70   | 2,03         | 143             |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET              |       |
|---------------------|-------|
| DM N°               | DM N° |
| PK                  | PK    |
| Ouverture 3,00 m    |       |
| Gabarit 3,00 m      |       |
| Nbre d'ouverture 1  |       |
| Ep. du corps 0,20 m |       |
| Ep. des murs 0,20 m |       |
| Enrobage 0,03 m     |       |

| N° | N.A  | Donc | Schemas                   | Exp.   | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|---------------------------|--------|------|--------------|-----------------|
| 31 | T 12 |      | 0,19 [ 0,38 à 3,29 ] 0,19 | 20     | 70   | 2,03         | 143             |
| 32 | T 12 |      | 6,94                      | 18     | 5    | 6,94         | 37              |
| 33 | T 12 |      | 6,94                      | 18     | 5    | 6,94         | 37              |
| 34 | T 12 |      | 0,40 [ 5,74 ] 0,19        | 20     | 29   | 3,26         | 96              |
| 35 | T 12 |      | 0,40 [ 5,74 ] 0,19        | 20     | 29   | 3,26         | 96              |
| 36 | T 12 |      | 6,94 [ 0,19 ] 6,94        | -      | 2    | 7,13         | 14              |
| 37 | T 12 |      | 6,94 [ 0,19 ] 6,94        | -      | 2    | 7,13         | 14              |
| 38 | T 10 |      | 0,24 [ 0,94 ] 0,50        | 20     | 4    | 1,68         | 6               |
| 39 | T 10 |      | 0,24 [ 0,89 ] 0,77        | 20     | 4    | 1,70         | 6               |
| 40 | T 12 |      | 0,60 [ 0,87 ] 0,60        | 20     | 4    | 1,47         | 5               |
| 41 | T 12 |      | 0,24 [ 0,54 ] 0,24        | 20     | 12   | 0,78         | 9               |
| 42 | T 10 |      | 0,10 [ 0,14 ] 0,10        | 7 / m8 | 17   | 0,48         | 58              |

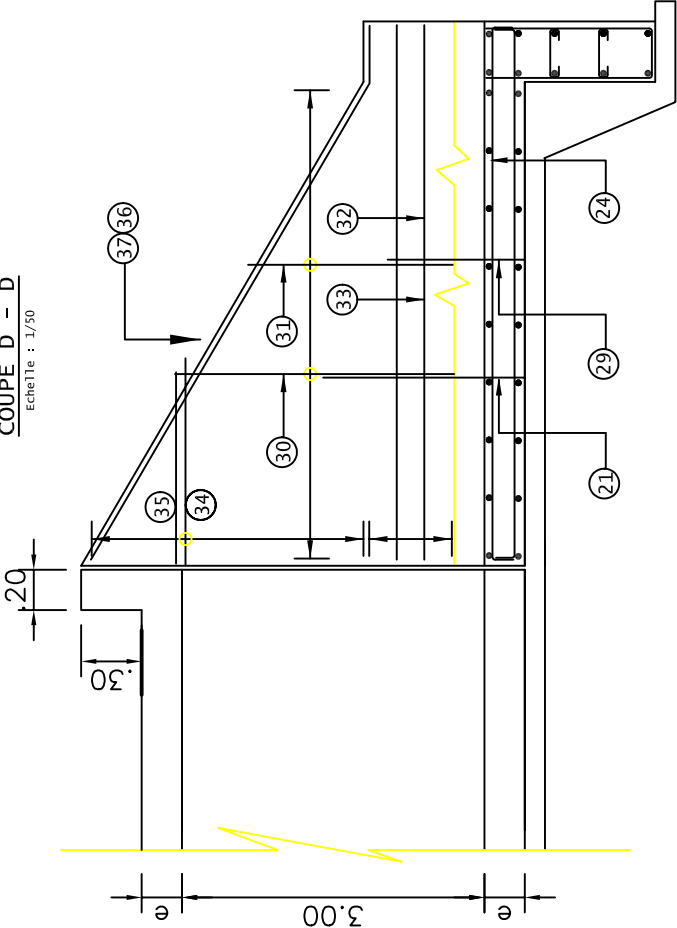
FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET              |       |
|---------------------|-------|
| DM N°               | DM N° |
| PK                  | PK    |
| Ouverture 3,00 m    |       |
| Gabarit 3,00 m      |       |
| Nbre d'ouverture 1  |       |
| Ep. du corps 0,20 m |       |
| Ep. des murs 0,20 m |       |
| Enrobage 0,03 m     |       |

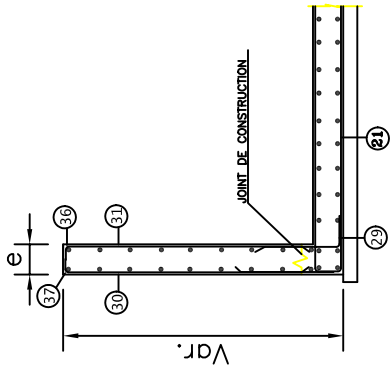
RECAPITULATIF DES ACIERS - TETES DES DALOTS

|                       | Poids linéaire (kg/m) | Longueur par élément (kg/m) | Nombre d'éléments | Poids total (kg) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| T 6                   | 0,222                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 8                   | 0,385                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 10                  | 0,617                 | 328,21                      | 1,00              | 202,50           |
| T 12                  | 0,888                 | 1137,32                     | 1,00              | 1009,94          |
| T 14                  | 1,208                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 16                  | 1,578                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 20                  | 2,486                 | 280,02                      | 1,00              | 690,53           |
| T 25                  | 3,853                 | 482,74                      | 1,00              | 1782,94          |
| T 32                  | 6,313                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 40                  | 9,984                 | -                           | 1,00              | -                |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                       |                             |                   | 3685,91 kg       |

COUPE D - D  
Echelle : 1/50



COUPE A - A  
Echelle : 1/50



Volume C

Plans types

Modification - mise à jour

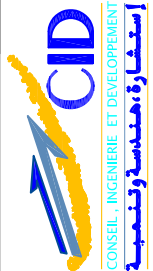
ROYAUME DU MAROC

MINISTRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE



المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
مديرية الطرق والسبر على الطرق



REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION  
D'UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

PLAN DE FERRAILLAGE DES TETES - DALOT SIMPLE 3,00 x 3,00

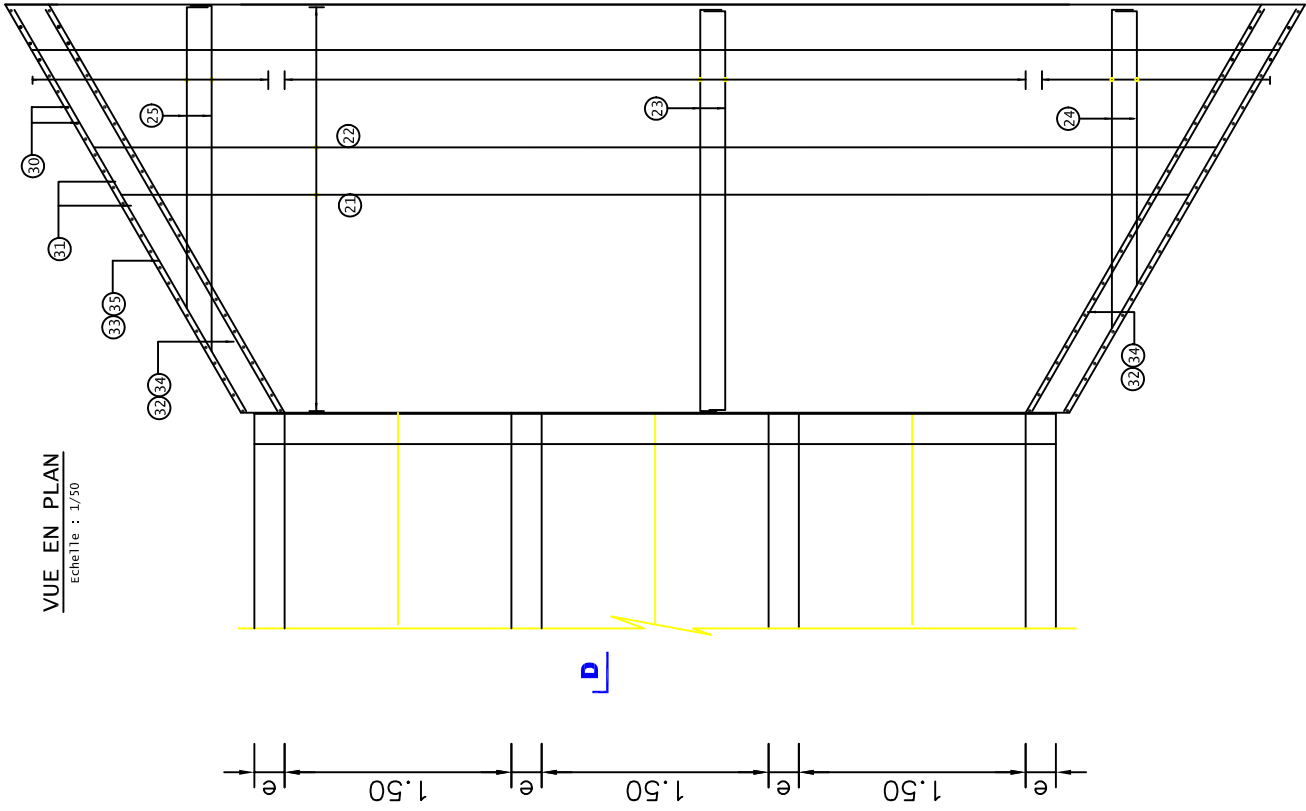
PLAN :

ECHELLE:

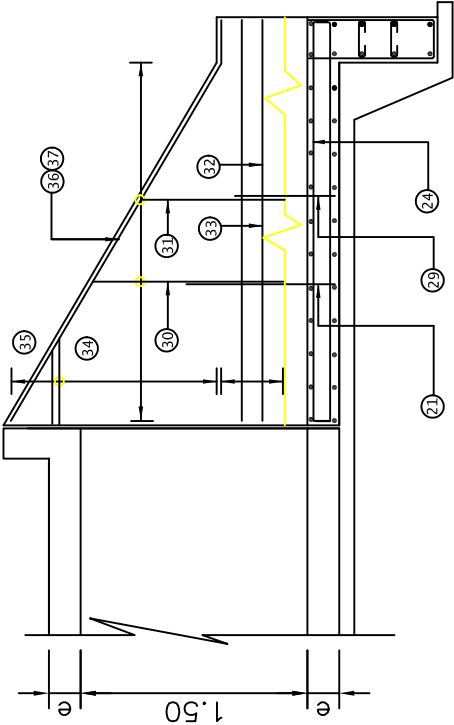
DATE : Déc. 2007



VUE EN PLAN  
Echelle : 1/50



COUPE D – D  
Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |             |
|------------------|-------------|
| OSN W            | OSN W       |
| PK               | PK + 300.00 |
| Ouverture        |             |
| Gabarit          |             |
| Nbre d'ouverture |             |
| Epr. du corps    |             |
| Epr. des murs    |             |
| Enrobage         |             |

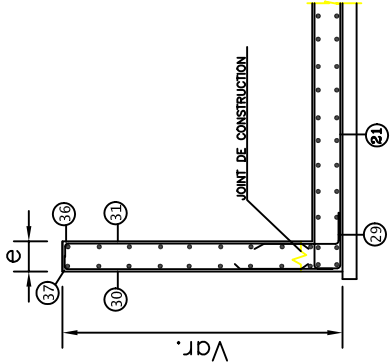
| N° | N.A  | Donc | Schemas     | Exp. | Nbre | Longueur | Longueur |
|----|------|------|-------------|------|------|----------|----------|
| 21 | T 25 | 1.57 | 1.84 à 8.82 | 1.57 | 20   | 16       | 8.47     |
| 22 | T 20 | 0.14 | 1.84 à 8.82 | 0.14 | 20   | 16       | 5.61     |
| 23 | T 12 | 0.14 | 3.04        | 0.14 | 20   | 16       | 3.32     |
| 24 | T 12 | 0.14 | 0.40 à 3.04 | 0.14 | 20   | 17       | 2.00     |
| 25 | T 12 | 0.14 | 0.40 à 3.04 | 0.14 | 20   | 17       | 2.00     |
| 26 | T 20 | 0.24 | 10.42       | 0.24 | -    | 4        | 10.90    |
| 27 | T 10 | 0.24 | 10.42       | 0.24 | -    | 8        | 10.90    |
| 28 | T 12 | 0.24 | 0.94        | 0.24 | 20   | 106      | 1.42     |
| 29 | T 12 | 0.37 | 0.14        | 0.37 | 20   | 36       | 1.06     |
| 30 | T 25 | 0.14 | 0.39 à 5.19 | 0.14 | 20   | 36       | 2.93     |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |             |
|------------------|-------------|
| OSN W            | OSN W       |
| PK               | PK + 300.00 |
| Ouverture        |             |
| Gabarit          |             |
| Nbre d'ouverture |             |
| Epr. du corps    |             |
| Epr. des murs    |             |
| Enrobage         |             |

| N° | N.A  | Donc        | Schemas     | Exp.        | Nbre | Longueur | Longueur |
|----|------|-------------|-------------|-------------|------|----------|----------|
| 31 | T 12 | 0.14        | 0.39 à 5.19 | 0.14        | 20   | 36       | 2.93     |
| 32 | T 12 | 3.54        | 3.54        | 3.54        | 18   | 5        | 3.54     |
| 33 | T 12 | 3.54        | 3.54        | 3.54        | 18   | 5        | 3.54     |
| 34 | T 12 | 0.40 à 2.74 | 0.14        | 0.40 à 2.74 | 20   | 48       | 1.71     |
| 35 | T 12 | 0.40 à 2.74 | 0.14        | 0.40 à 2.74 | 20   | 48       | 1.71     |
| 36 | T 12 | 3.54        | 0.14        | 3.54        | -    | 2        | 3.68     |
| 37 | T 12 | 3.54        | 0.14        | 3.54        | -    | 2        | 3.68     |
| 38 | T 10 | 0.24        | 0.94        | 0.50        | 20   | 4        | 1.68     |
| 39 | T 10 | 0.24        | 0.74        | 0.77        | 20   | 4        | 1.75     |
| 40 | T 12 | 0.60        | 0.87        | 0.60        | 20   | 4        | 1.47     |
| 41 | T 12 | 0.24        | 0.54        | 0.54        | 20   | 12       | 0.76     |
| 42 | T 10 | 0.10        | 0.14        | 7 / m       | 28   | 0.48     | 94       |

COUPE A – A  
Echelle : 1/50



RECAPITULATIF DES ACIERS - TETES DES DALOTS

|                       | Poids<br>linéaire<br>(kg/m) | Longueur<br>par diamètre<br>(m) | Nombre<br>d'éléments | Poids total<br>(kg) |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|
| T 6                   | 0.222                       | -                               | 1.00                 | -                   |
| T 8                   | 0.395                       | -                               | 1.00                 | -                   |
| T 10                  | 0.617                       | 193.76                          | 1.00                 | 119.55              |
| T 12                  | 0.888                       | 650.32                          | 1.00                 | 577.48              |
| T 14                  | 1.208                       | -                               | 1.00                 | -                   |
| T 16                  | 1.578                       | -                               | 1.00                 | -                   |
| T 20                  | 2.486                       | 135.32                          | 1.00                 | 333.69              |
| T 25                  | 3.853                       | 245.13                          | 1.00                 | 944.50              |
| T 32                  | 6.313                       | -                               | 1.00                 | -                   |
| T 40                  | 9.964                       | -                               | 1.00                 | -                   |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                             |                                 |                      | 1975.23 Kg          |

المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
مديرية الطرق والسبر على الطرق



ROYAUME DU MAROC  
MINISTRE DE L' EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT  
DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

Modification - mise à jour

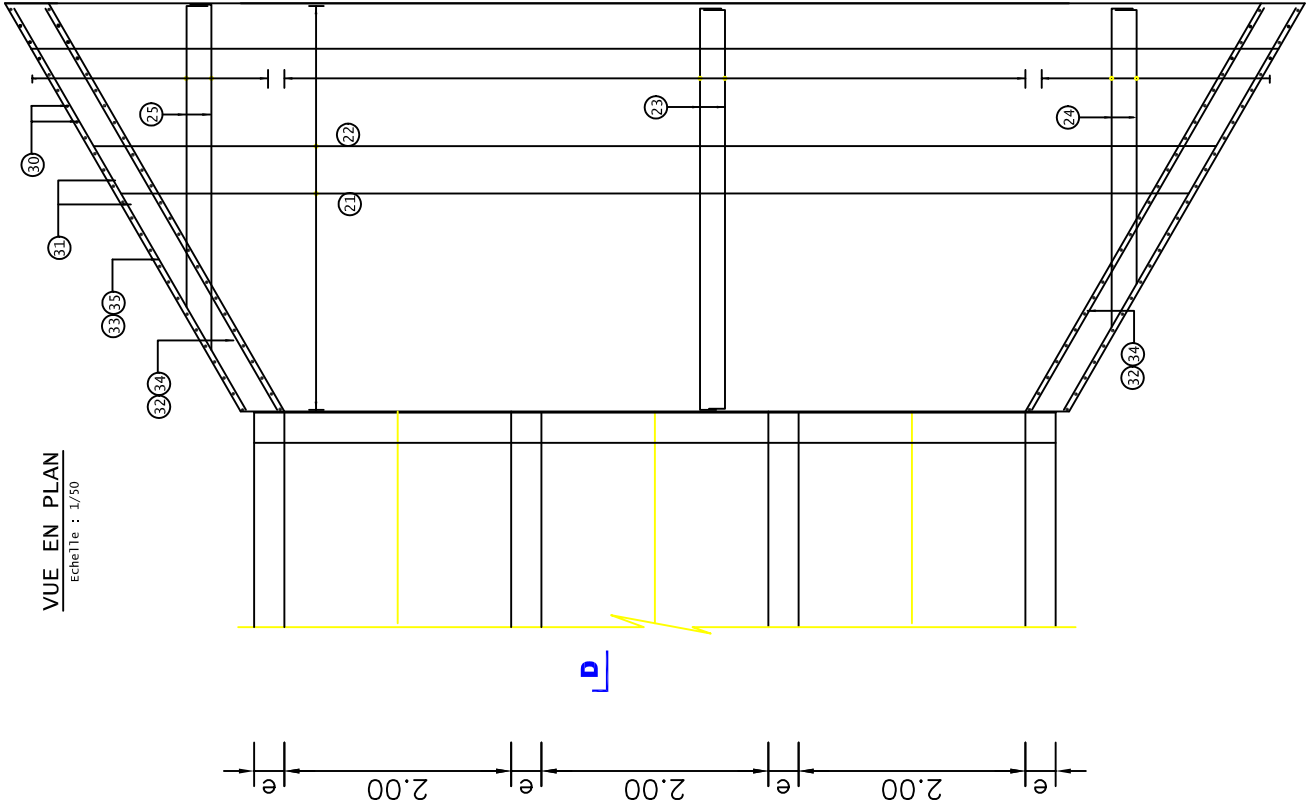
Volume C  
Plans types

REALISATION DE PRESTATIONS D' ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION  
D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2  
PLAN DE FERRAILLAGE DES TETES - DALOT TRIPLE 1.50 x 1.50



PLAN :  
ECHELLE:  
DATE : Déc. 2007

VUE EN PLAN  
Echelle : 1/50



D

D

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |        |
|------------------|--------|
| DM N°            | DM N°  |
| PK               | PK     |
| Ouverture        |        |
| Gabarit          | 2,00 m |
| Nbre d'ouverture | 3      |
| Ep. du corps     | 0,20 m |
| Ep. des murs     | 0,20 m |
| Enrobage         | 0,03 m |

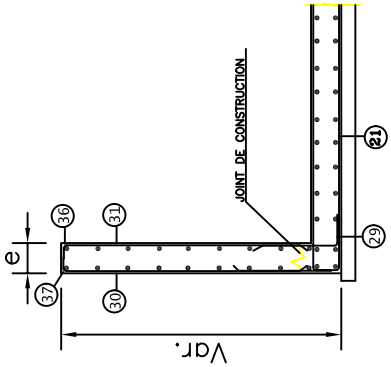
| N° | N.A  | Doux | Ep.          | Nbre | Longueur | Longueur | Longueur |
|----|------|------|--------------|------|----------|----------|----------|
|    |      |      |              |      |          |          | totale   |
| 21 | T 25 | 1,57 | 2,24 à 11,47 | 1,57 | 20       | 21       | 10,05    |
| 22 | T 20 | 0,14 | 2,24 à 11,47 | 0,14 | 20       | 21       | 7,19     |
| 23 | T 12 | 0,14 | 4,04         | 0,14 | 20       | 21       | 4,32     |
| 24 | T 12 | 0,14 | 0,40 à 4,04  | 0,14 | 20       | 22       | 2,50     |
| 25 | T 12 | 0,14 | 0,40 à 4,04  | 0,14 | 20       | 22       | 2,50     |
| 26 | T 20 | 0,24 | 13,07        | 0,24 | -        | 4        | 13,55    |
| 27 | T 10 | 0,24 | 13,07        | 0,24 | -        | 8        | 13,55    |
| 28 | T 12 | 0,24 | 0,94         | 0,24 | 20       | 132      | 1,42     |
| 29 | T 12 | 0,32 | 0,14         | 0,32 | 20       | 47       | 1,06     |
| 30 | T 25 | 0,19 | 0,39 à 6,69  | 0,19 | 20       | 47       | 3,68     |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

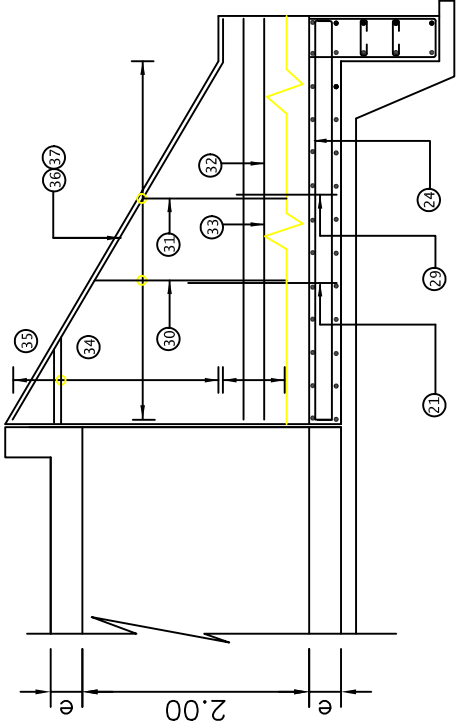
| PROJET           |        |
|------------------|--------|
| DM N°            | DM N°  |
| PK               | PK     |
| Ouverture        |        |
| Gabarit          | 2,00 m |
| Nbre d'ouverture | 3      |
| Ep. du corps     | 0,20 m |
| Ep. des murs     | 0,20 m |
| Enrobage         | 0,03 m |

| N° | N.A  | Doux        | Ep.         | Nbre   | Longueur | Longueur | Longueur |
|----|------|-------------|-------------|--------|----------|----------|----------|
|    |      |             |             |        |          |          | totale   |
| 31 | T 12 | 0,19        | 0,39 à 6,69 | 0,19   | 20       | 47       | 3,68     |
| 32 | T 12 | 4,64        | 4,64        | 18     | 5        | 4,64     | 25       |
| 33 | T 12 | 4,64        | 4,64        | 18     | 5        | 4,64     | 25       |
| 34 | T 12 | 0,40 à 3,74 | 0,14        | 20     | 63       | 2,21     | 140      |
| 35 | T 12 | 0,40 à 3,74 | 0,14        | 20     | 63       | 2,21     | 140      |
| 36 | T 12 | 4,64        | 0,14        | -      | 2        | 7,13     | 14       |
| 37 | T 12 | 4,64        | 0,14        | -      | 2        | 4,78     | 10       |
| 38 | T 10 | 0,24        | 0,94        | 20     | 4        | 1,88     | 6        |
| 39 | T 10 | 0,24        | 0,74        | 20     | 4        | 1,75     | 6        |
| 40 | T 12 | 0,60        | 0,87        | 20     | 4        | 1,47     | 5        |
| 41 | T 12 | 0,24        | 0,54        | 20     | 12       | 0,78     | 9        |
| 42 | T 10 | 0,10        | 0,14        | 7 / m8 | 48       | 0,48     | 160      |

COUPE A - A  
Echelle : 1/50



COUPE D - D  
Echelle : 1/50



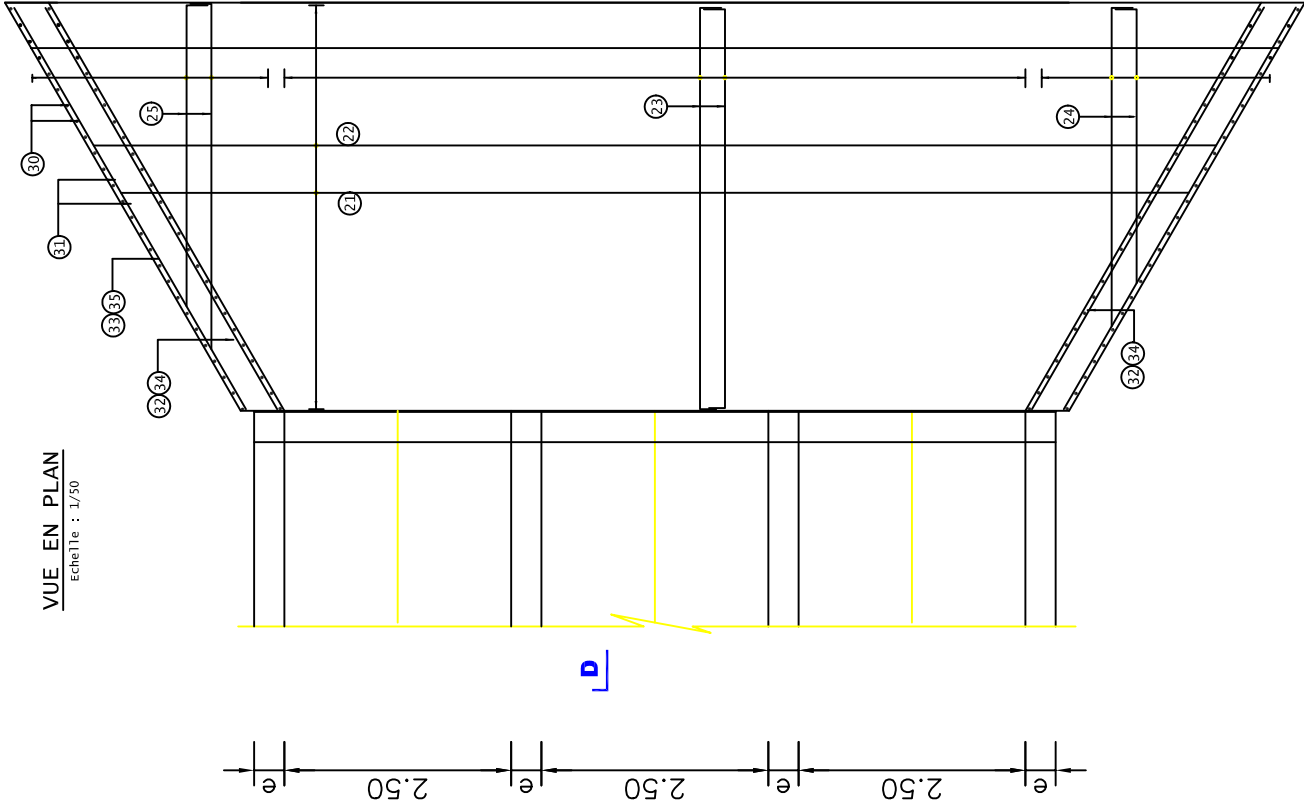
FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |        |
|------------------|--------|
| DM N°            | DM N°  |
| PK               | PK     |
| Ouverture        |        |
| Gabarit          | 2,00 m |
| Nbre d'ouverture | 3      |
| Ep. du corps     | 0,20 m |
| Ep. des murs     | 0,20 m |
| Enrobage         | 0,03 m |

RECAPITULATIF DES ACIERS - TETES DES DALOTS

|                       | Poids linéaire (Kg/m) | Longueur par élément (Kg/m) | Nombre d'éléments | Poids total (Kg) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| T 6                   | 0,222                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 8                   | 0,385                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 10                  | 0,617                 | 218,38                      | 1,00              | 17,561           |
| T 12                  | 0,888                 | 976,19                      | 1,00              | 868,03           |
| T 14                  | 1,208                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 16                  | 1,578                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 20                  | 2,486                 | 207,66                      | 1,00              | 512,10           |
| T 25                  | 3,653                 | 386,94                      | 1,00              | 1486,58          |
| T 32                  | 6,313                 | -                           | 1,00              | -                |
| T 40                  | 9,964                 | -                           | 1,00              | -                |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                       |                             |                   | 3052,92 Kg       |

VUE EN PLAN  
Echelle : 1/50



D

D

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET           |            |
|------------------|------------|
| DM N°            | DM N°      |
| PK               | PK + 0.000 |
| Ouverture        | 2.50 m     |
| Gabarit          | 2.50 m     |
| Nbre d'ouverture | 3          |
| Ep. du corps     | 0.20 m     |
| Ep. des murs     | 0.20 m     |
| Enrobage         | 0.03 m     |

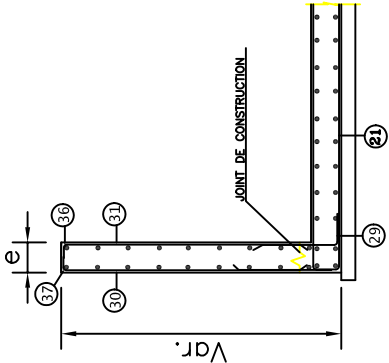
| N° | N.A. | Doux | Schemas                | Esp. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|------------------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 21 | T 25 |      | 1.57 2.84 à 14.13 1.57 | 20        | 26   | 11.62        | 306             |
| 22 | T 20 |      | 0.14 2.84 à 14.13 0.14 | 20        | 26   | 6.76         | 231             |
| 23 | T 12 |      | 0.14 5.04 0.14         | 20        | 26   | 5.32         | 140             |
| 24 | T 12 |      | 0.14 0.40 à 5.04 0.14  | 20        | 27   | 3.00         | 81              |
| 25 | T 12 |      | 0.14 0.40 à 5.04 0.14  | 20        | 27   | 3.00         | 81              |
| 26 | T 20 |      | 0.24 15.73 0.24        | -         | 4    | 16.21        | 65              |
| 27 | T 10 |      | 0.24 15.73 0.24        | -         | 8    | 16.21        | 130             |
| 28 | T 12 |      | 0.24 0.94 0.24         | 20        | 159  | 1.42         | 226             |
| 29 | T 12 |      | 0.02 0.14 0.39 à 8.19  | 20        | 59   | 1.06         | 63              |
| 30 | T 25 |      |                        | 20        | 59   | 4.43         | 263             |

FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

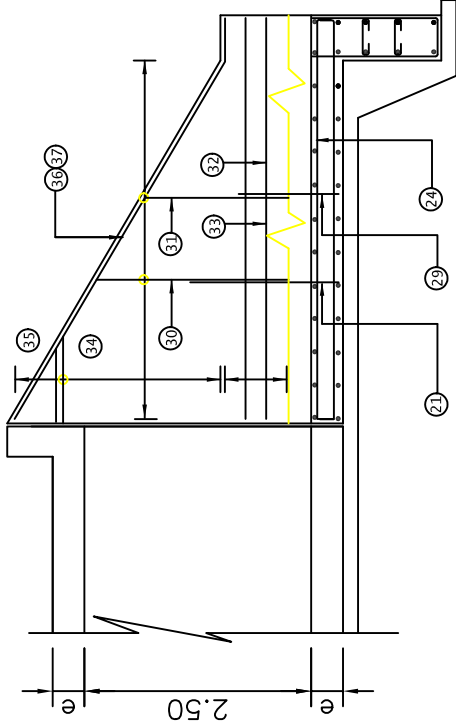
| PROJET           |            |
|------------------|------------|
| DM N°            | DM N°      |
| PK               | PK + 0.000 |
| Ouverture        | 2.50 m     |
| Gabarit          | 2.50 m     |
| Nbre d'ouverture | 3          |
| Ep. du corps     | 0.20 m     |
| Ep. des murs     | 0.20 m     |
| Enrobage         | 0.03 m     |

| N° | N.A. | Doux | Schemas             | Esp. (cm) | Nbre | Longueur (m) | Longueur totale |
|----|------|------|---------------------|-----------|------|--------------|-----------------|
| 31 | T 12 |      | 0.14 0.39 à 8.16    | 20        | 59   | 4.43         | 263             |
| 32 | T 12 |      | 5.84                | 18        | 5    | 5.84         | 31              |
| 33 | T 12 |      | 5.84                | 18        | 5    | 5.84         | 31              |
| 34 | T 12 |      | 0.40 à 4.74 0.14    | 20        | 76   | 2.71         | 212             |
| 35 | T 12 |      | 0.40 à 4.74 0.14    | 20        | 76   | 2.71         | 212             |
| 36 | T 12 |      | 5.84 0.14           | -         | 2    | 5.98         | 12              |
| 37 | T 12 |      | 5.84 0.14           | -         | 2    | 5.98         | 12              |
| 38 | T 10 |      | 0.24 0.94 0.50 0.24 | 20        | 4    | 1.68         | 6               |
| 39 | T 10 |      | 0.24 0.74 0.77 0.24 | 20        | 4    | 1.75         | 6               |
| 40 | T 12 |      | 0.60 0.87           | 20        | 4    | 1.47         | 5               |
| 41 | T 12 |      | 0.24 0.54           | 20        | 12   | 0.76         | 9               |
| 42 | T 10 |      | 0.10 0.14 71 m      | 73        | 0.48 | 245          |                 |

COUPE A – A  
Echelle : 1/50



COUPE D – D  
Echelle : 1/50



FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES

| PROJET |            |
|--------|------------|
| DM N°  | DM N°      |
| PK     | PK + 0.000 |

RECAPITULATIF DES AGERS - TETES DES DALOTS

|                       | Poids linéaire (kg/ml) | Longueur par diamètre (kg/ml) | Nombre d'éléments | Poids total (kg) |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|
| T 6                   | 0.222                  | -                             | 1.00              | -                |
| T 8                   | 0.395                  | -                             | 1.00              | -                |
| T 10                  | 0.617                  | 387.67                        | 1.00              | 238.19           |
| T 12                  | 0.888                  | 1379.52                       | 1.00              | 1225.01          |
| T 14                  | 1.208                  | -                             | 1.00              | -                |
| T 16                  | 1.578                  | -                             | 1.00              | -                |
| T 20                  | 2.469                  | 295.78                        | 1.00              | 729.39           |
| T 25                  | 3.653                  | 565.45                        | 1.00              | 2194.06          |
| T 32                  | 8.313                  | -                             | 1.00              | -                |
| T 40                  | 9.984                  | -                             | 1.00              | -                |
| POIDS TOTAL GENERAL : |                        |                               |                   | 4337.68 Kg       |

المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
سبينة الطرق والسبر على الطرق



ROYAUME DU MAROC  
MINISTRE DE L' EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT  
DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

Modification - mise à jour

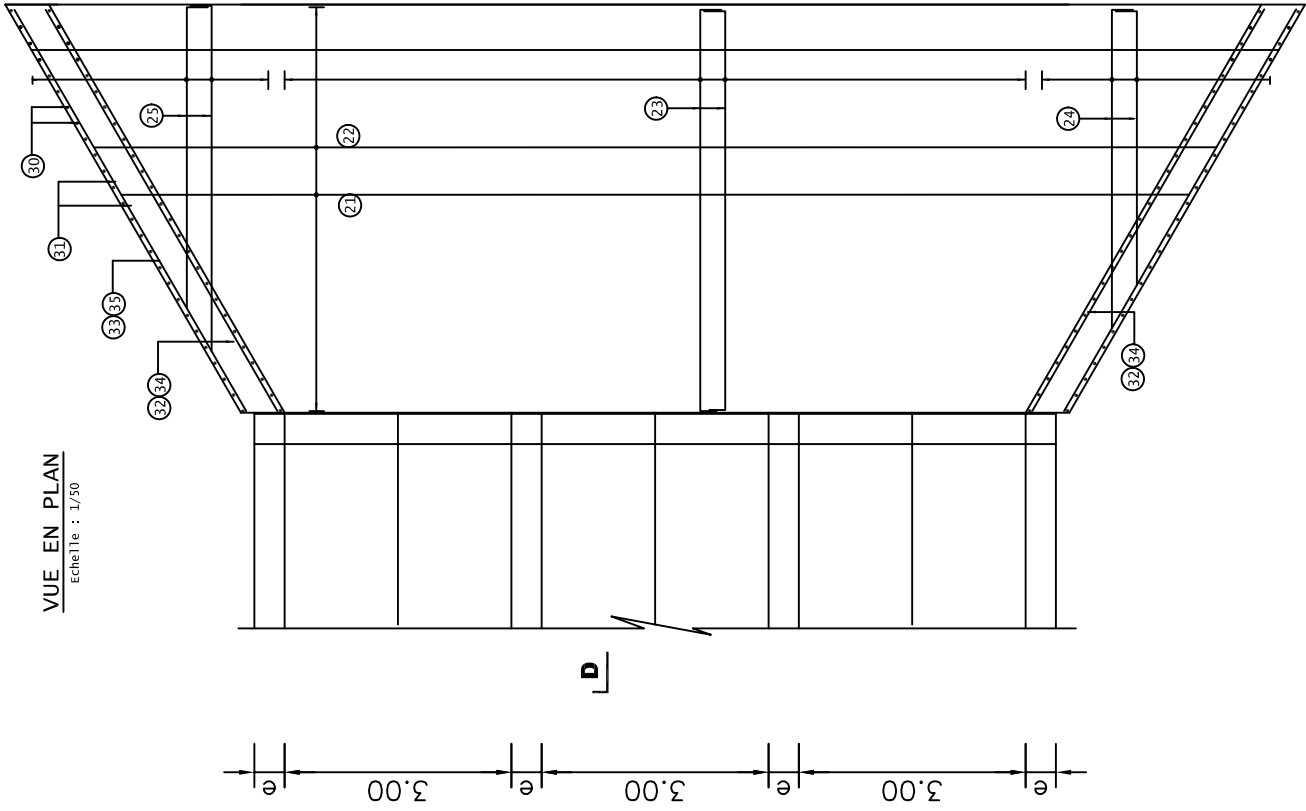
Volume C  
Plans types

REALISATION DE PRESTATIONS D' ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION  
D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2  
PLAN DE FERRAILLAGE DES TETES - DALOT TRIPLE 2.50 x 2.50

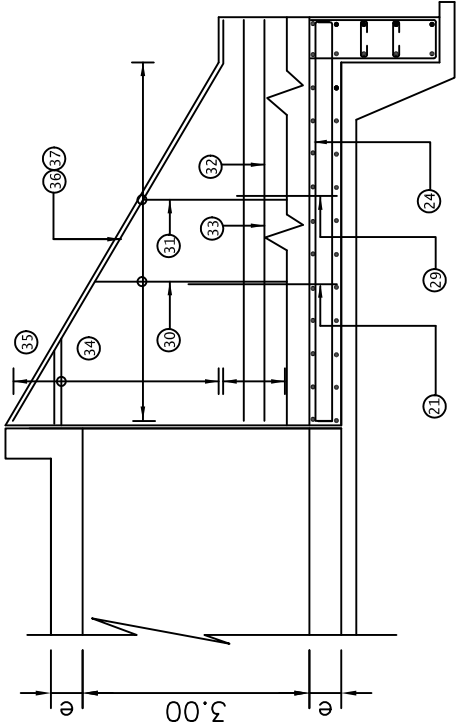


PLAN :  
ECHELLE:  
DATE : Déc. 2007

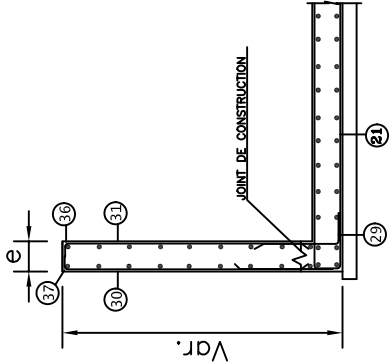
VUE EN PLAN  
Echelle : 1/50



COUPE D – D  
Echelle : 1/50



COUPE A – A  
Echelle : 1/50



| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES |        |              |              |             |          |          |       |     |  |
|-----------------------------------------------|--------|--------------|--------------|-------------|----------|----------|-------|-----|--|
| PROJET                                        |        |              |              |             |          |          |       |     |  |
| OSI N°                                        | OSI N° |              |              |             |          |          |       |     |  |
| PK                                            | PK     | PK + 300.00x |              |             |          |          |       |     |  |
| Ouverture                                     |        | 3.00         | m            |             |          |          |       |     |  |
| Gabarit                                       |        | 3.00         | m            |             |          |          |       |     |  |
| Nbre d'ouverture                              |        | 3            | m            |             |          |          |       |     |  |
| Epr. du corps                                 |        | 0.20         | m            |             |          |          |       |     |  |
| Epr. des murs                                 |        | 0.20         | m            |             |          |          |       |     |  |
| Enrobage                                      |        | 0.03         | m            |             |          |          |       |     |  |
| N°                                            | N.A    | Donc         | Exp.         | Nbre        | Longueur | Longueur |       |     |  |
|                                               |        |              | (m)          |             | (m)      | totale   |       |     |  |
| 21                                            | T 25   | 1.62         | 3.44 à 16.88 | 1.62        | 20       | 31       | 13.40 | 420 |  |
| 22                                            | T 20   | 0.19         | 3.44 à 16.88 | 0.19        | 20       | 31       | 10.54 | 330 |  |
| 23                                            | T 12   | 0.19         | 6.04         | 0.19        | 20       | 31       | 6.42  | 202 |  |
| 24                                            | T 12   | 0.19         | 0.40 à 6.04  | 0.19        | 20       | 32       | 3.60  | 115 |  |
| 25                                            | T 12   | 0.19         | 0.40 à 6.04  | 0.19        | 20       | 32       | 3.60  | 115 |  |
| 26                                            | T 20   | 0.24         | 16.38        | 0.24        | -        | 4        | 16.86 | 75  |  |
| 27                                            | T 10   | 0.24         | 16.38        | 0.24        | -        | 8        | 16.86 | 151 |  |
| 28                                            | T 12   | 0.24         | 0.94         | 0.24        | 20       | 185      | 1.42  | 263 |  |
| 29                                            | T 12   |              | 0.97         | 0.19        | 20       | 70       | 1.16  | 82  |  |
| 30                                            | T 25   |              | 0.19         | 0.39 à 9.69 | 20       | 70       | 5.23  | 366 |  |

| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES |        |              |             |       |          |          |     |  |  |
|-----------------------------------------------|--------|--------------|-------------|-------|----------|----------|-----|--|--|
| PROJET                                        |        |              |             |       |          |          |     |  |  |
| OSI N°                                        | OSI N° |              |             |       |          |          |     |  |  |
| PK                                            | PK     | PK + 300.00x |             |       |          |          |     |  |  |
| Ouverture                                     |        | 3.00         | m           |       |          |          |     |  |  |
| Gabarit                                       |        | 3.00         | m           |       |          |          |     |  |  |
| Nbre d'ouverture                              |        | 3            | m           |       |          |          |     |  |  |
| Epr. du corps                                 |        | 0.20         | m           |       |          |          |     |  |  |
| Epr. des murs                                 |        | 0.20         | m           |       |          |          |     |  |  |
| Enrobage                                      |        | 0.03         | m           |       |          |          |     |  |  |
| N°                                            | N.A    | Donc         | Exp.        | Nbre  | Longueur | Longueur |     |  |  |
|                                               |        |              | (m)         |       | (m)      | totale   |     |  |  |
| 31                                            | T 12   |              | 0.39        | 20    | 70       | 5.23     | 366 |  |  |
| 32                                            | T 12   |              | 6.94        | 18    | 5        | 6.94     | 37  |  |  |
| 33                                            | T 12   |              | 6.94        | 18    | 5        | 6.94     | 37  |  |  |
| 34                                            | T 12   |              | 0.40 à 5.74 | 20    | 93       | 3.26     | 304 |  |  |
| 35                                            | T 12   |              | 0.40 à 5.74 | 20    | 93       | 3.26     | 304 |  |  |
| 36                                            | T 12   |              | 6.94        | -     | 2        | 7.13     | 14  |  |  |
| 37                                            | T 12   |              | 6.94        | -     | 2        | 7.13     | 14  |  |  |
| 38                                            | T 10   | 0.24         | 0.94        | 20    | 4        | 1.68     | 6   |  |  |
| 39                                            | T 10   | 0.24         | 0.74        | 20    | 4        | 1.70     | 6   |  |  |
| 40                                            | T 12   |              | 0.60        | 20    | 4        | 1.47     | 5   |  |  |
| 41                                            | T 12   | 0.24         | 0.94        | 20    | 12       | 0.76     | 9   |  |  |
| 42                                            | T 10   |              | 0.10        | 77 mm | 103      | 0.48     | 347 |  |  |

| FICHE DE NOMENCLATURE DES ARMATURES DES TETES |                       |                          |                   |                  |
|-----------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|------------------|
| PROJET                                        |                       | OSI N°                   | PK + 300.00x      |                  |
| OSI N°                                        | PK                    |                          |                   |                  |
| RECAPITULATIF DES ACIERS - TETES DES DALOTS   |                       |                          |                   |                  |
|                                               | Poids linéaire (kg/m) | Longueur par élément (m) | Nombre d'éléments | Poids total (kg) |
| T 6                                           | 0.222                 | -                        | 1.00              | -                |
| T 8                                           | 0.395                 | -                        | 1.00              | -                |
| T 10                                          | 0.617                 | 510.58                   | 1.00              | 315.03           |
| T 12                                          | 0.988                 | 1870.76                  | 1.00              | 1661.23          |
| T 14                                          | 1.208                 | -                        | 1.00              | -                |
| T 16                                          | 1.578                 | -                        | 1.00              | -                |
| T 20                                          | 2.486                 | 405.94                   | 1.00              | 1001.05          |
| T 25                                          | 3.853                 | 786.34                   | 1.00              | 3037.47          |
| T 32                                          | 6.313                 | -                        | 1.00              | -                |
| T 40                                          | 9.964                 | -                        | 1.00              | -                |
| POIDS TOTAL GENERAL :                         |                       |                          |                   | 6014.79 Kg       |

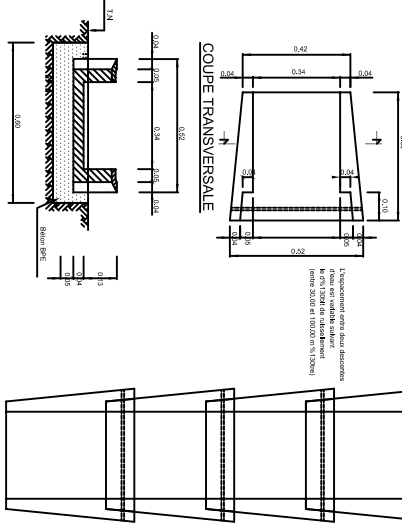
ELEMENT DE DESCENTE D'EAU

VUE PLAN

TYPE 1

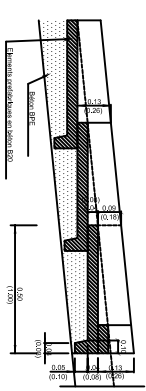
Echelle : 1 / 20

VUE PLAN



COUPE TRANSVERSALE

COUPE LONGITUDINALE



Notes :

Les soldes sont parcellaires

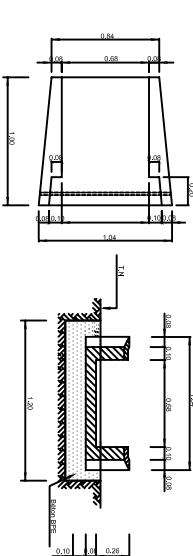
correspondant au type 2

TYPE 2

échelle: 1/20

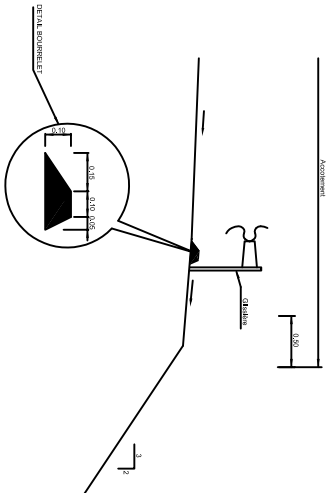
VUE PLAN

COUPE TRANSVERSALE



RACCORDEMENT D'UN BOUJRELET AVEC UNE DESCENTE D'EAU

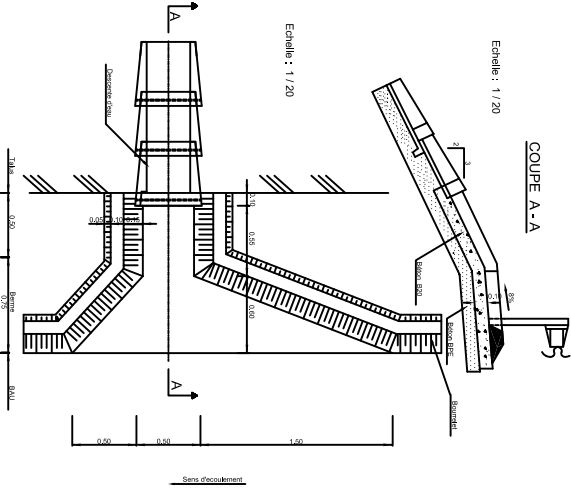
Echelle : 1 / 25



COUPE A-A

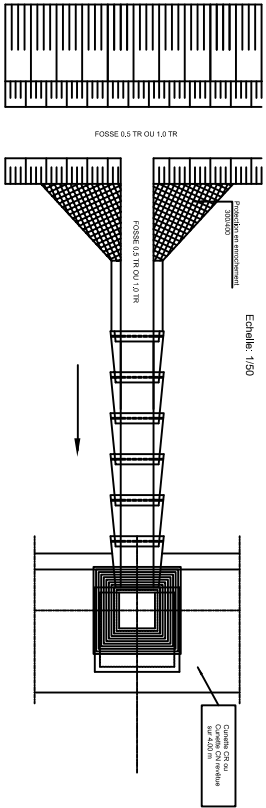
Echelle : 1 / 20

Echelle : 1 / 20



OUVRAGE DE RACCORDEMENT - DESCENTE D'EAU - FOSSE TR EN DEBLAI

Echelle: 1/50



FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

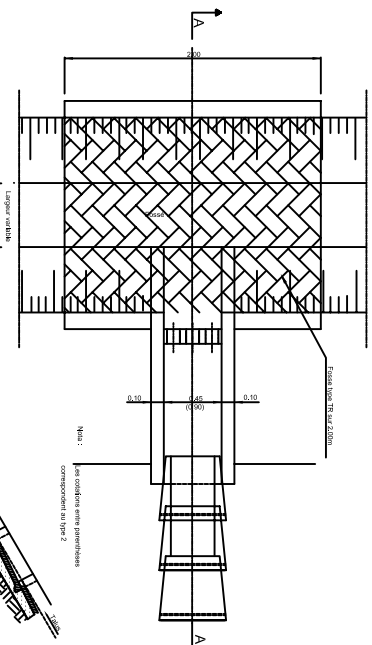
FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

FOSSE 6,5 TR OU 1,0 TR

OUVRAGE DE RACCORDEMENT - DESCENTE D'EAU - FOSSE IN PIED DE REMBLAI

Echelle : 1 / 20

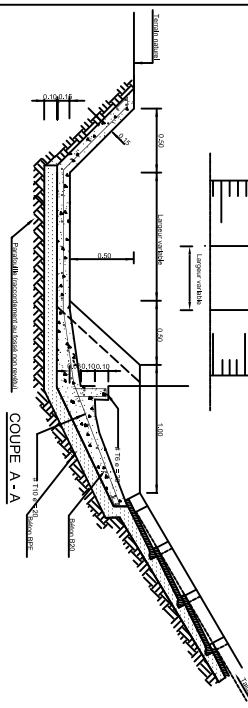
VUE EN PLAN



Notes :

Les soldes sont parcellaires

correspondant au type 2

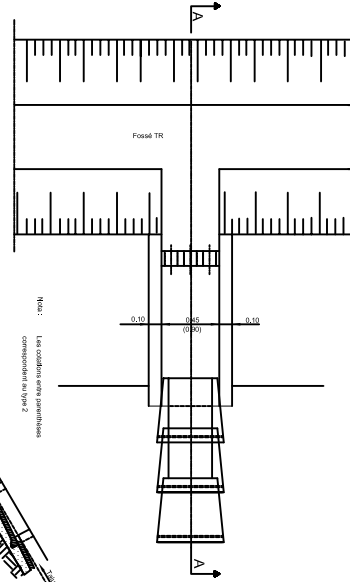


COUPE A-A

OUVRAGE DE RACCORDEMENT - DESCENTE D'EAU - FOSSE TR PIED DE REMBLAI

Echelle : 1 / 20

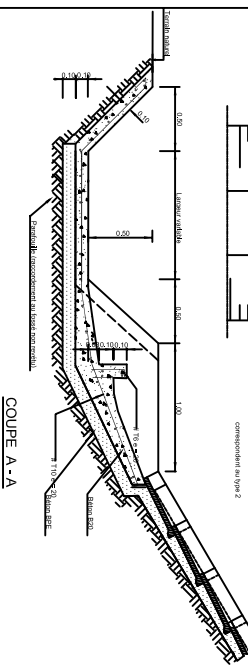
VUE EN PLAN



Notes :

Les soldes sont parcellaires

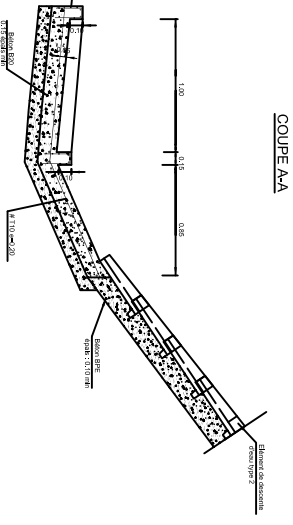
correspondant au type 2



COUPE A-A

ARRIVEE DUNE DESCENTE D'EAU TYPE2 SUR RISERIE

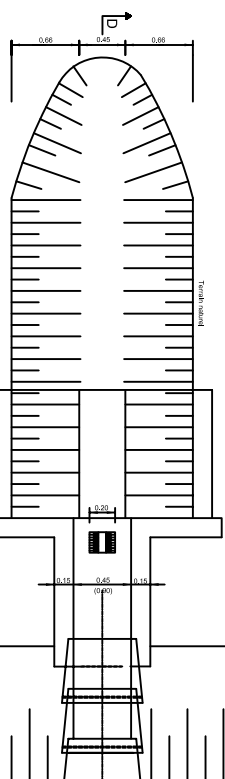
Echelle:1/20



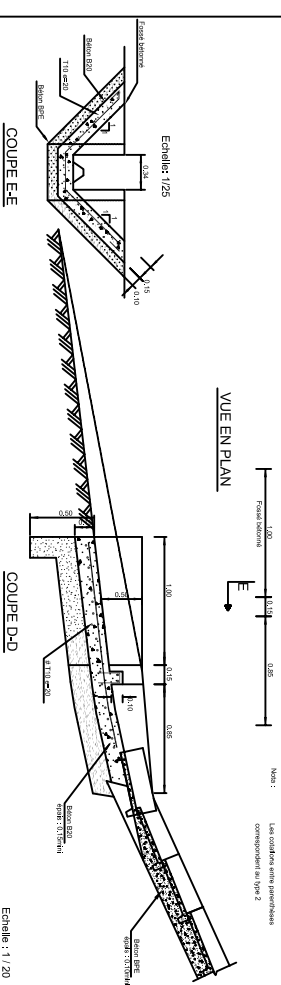
COUPE A-A

ARRIVEE DUNE DESCENTE D'EAU SUR TERRAIN NATUREL

Echelle: 1/20



VUE EN PLAN



Echelle : 1 / 20

## Volume C

## Plans types

Modification - mise à jour

ROYAUME DU MAROC

MINISTRE DE L' EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل



سبينة الطرق والسبر على الطرق

CID  
CONSEIL , INGENIERIE ET DEVELOPEMENT  
استشارة هندسة وتطويع

REALISATION DE PRESTATIONS D' ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION

D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES

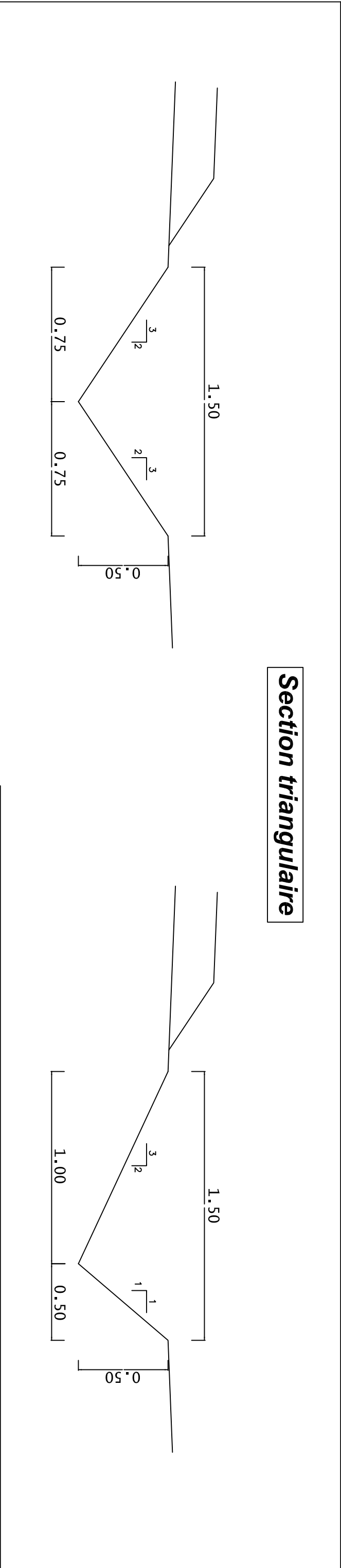
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

DESCENTE D' EAU

PLAN :

ECHELLE:

DATE : Déc. 2007

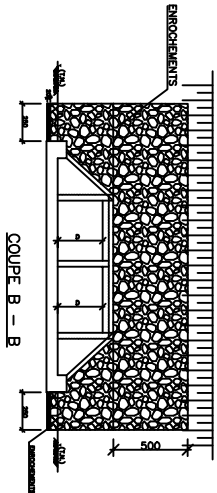
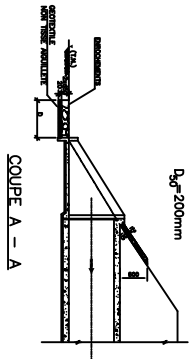
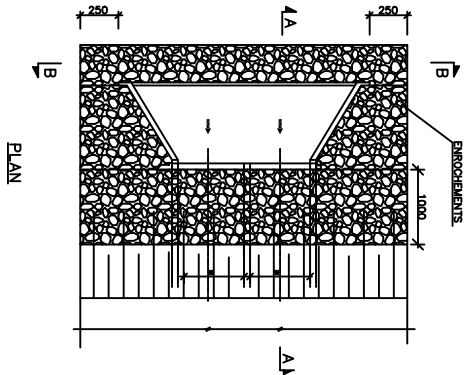


|                                                                                                                                                                                     |  |                                      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Volume C                                                                                                                                                                            |  | Modification • mise à jour           |  |
| Plans types                                                                                                                                                                         |  |                                      |  |
| ROYAUME DU MAROC                                                                                                                                                                    |  | ☆                                    |  |
| MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT                                                                                                                                           |  | ☑                                    |  |
| DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE                                                                                                                                  |  |                                      |  |
| المملكة المغربية                                                                                                                                                                    |  | ☆                                    |  |
| وزارة التجهيز والنقل                                                                                                                                                                |  | ☑                                    |  |
| مديرية الطرق والسير على الطرق                                                                                                                                                       |  |                                      |  |
| CID                                                                                                                                                                                 |  | CONSEIL, INGÉNIERIE ET DÉVELOPPEMENT |  |
| استشارة هندسة وتشييد                                                                                                                                                                |  |                                      |  |
| REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2 |  | PLAN TYPE DES CANTIVEAUX - FOSSES    |  |
| PLAN :                                                                                                                                                                              |  | PLAN :                               |  |
| ECHELLE:                                                                                                                                                                            |  | ECHELLE:                             |  |
| DATE :                                                                                                                                                                              |  | DATE :                               |  |

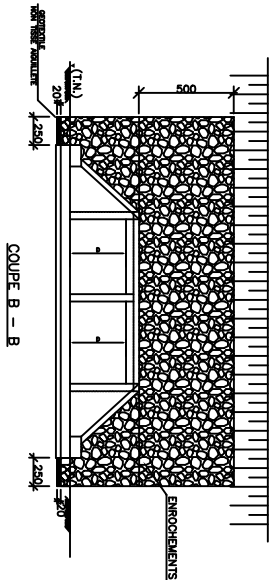
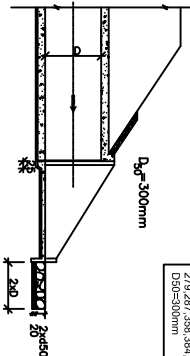
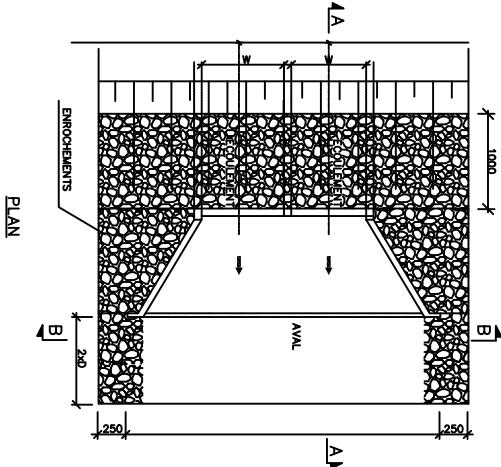




PROTECTIONS AMONT TYPE J  
ATISSEMENT A L'AMONT DE L'OH

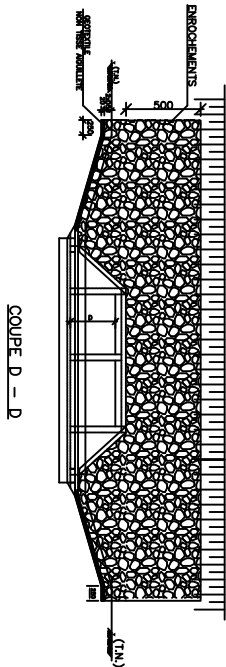
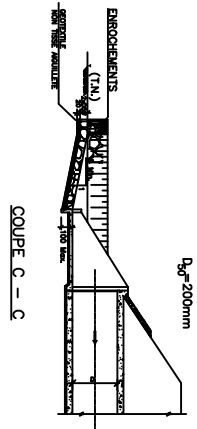
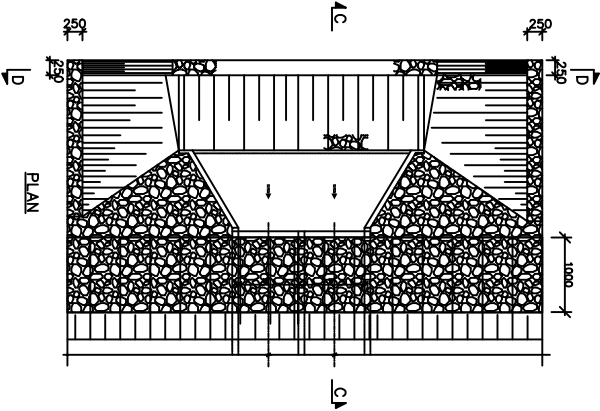


PROTECTIONS AVAL TYPE J

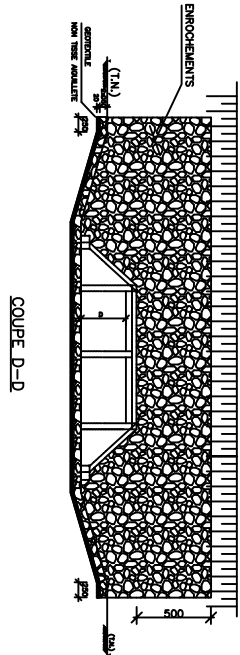
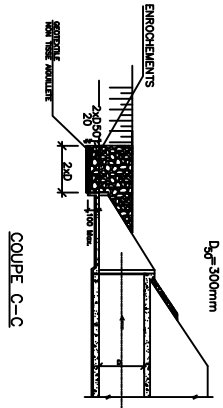
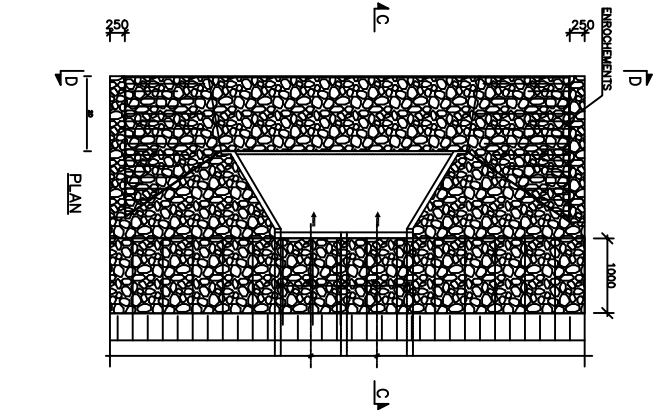


NOTA:  
PROTECTIONS AVAL D60-500mm  
SAUF POUR LES OH  
D50-500mm

PROTECTIONS AMONT TYPE II  
EXCAVATION A L'AMONT DE L'OH

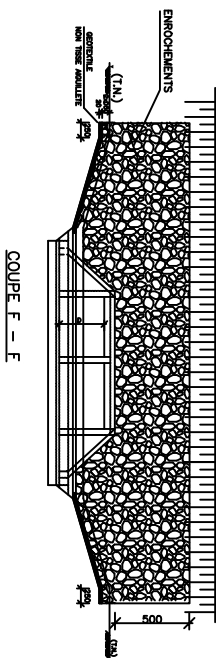
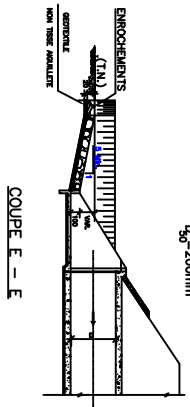
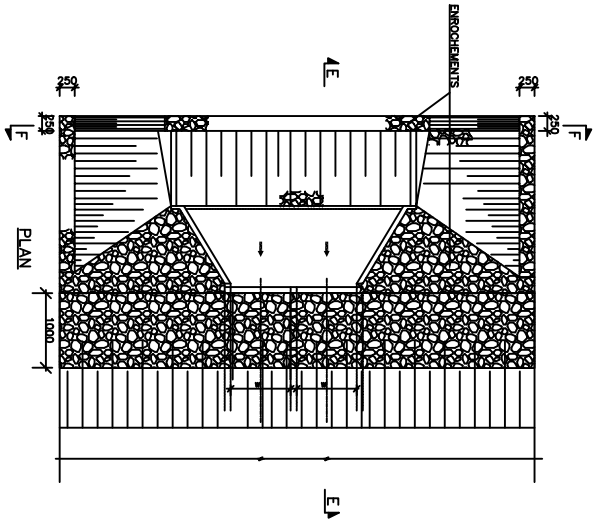


PROTECTIONS AVAL TYPE I  
EXCAVATION A L'AVAL DE L'OH

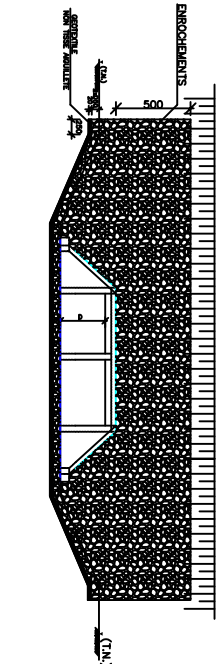
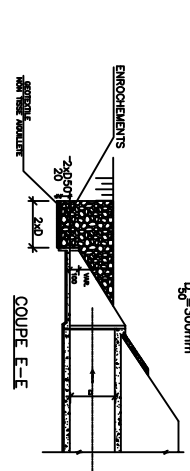
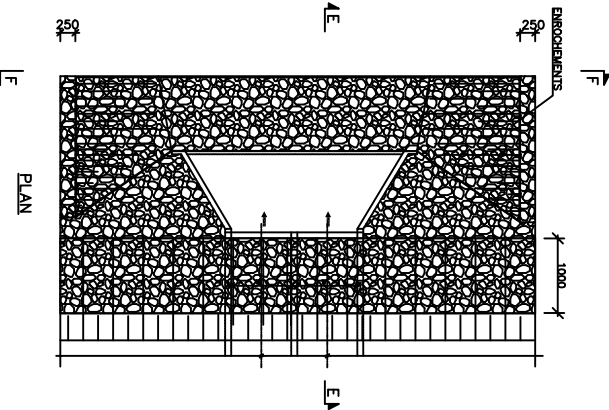


NOTA:  
PROTECTIONS AVAL D60-500mm  
SAUF POUR LES OH  
D50-500mm

PROTECTIONS AMONT TYPE III  
EXCAVATION ET CRUIRE  
A L'AMONT DE L'OH



PROTECTIONS AVAL TYPE III  
EXCAVATION ET CALBRAGE  
A L'AVAL DE L'OH



NOTA:  
PROTECTIONS AVAL D60-500mm  
SAUF POUR LES OH  
D50-500mm

|             |                            |
|-------------|----------------------------|
| Plans types | Modification - mise à jour |
|             |                            |
|             |                            |
|             |                            |

ROYAUME DU MAROC

MINISTRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE

المملكة المغربية

وزارة التجهيز والنقل

مديرية الطرق والسير على الطرق



CID

CONSEIL, INGÉNIEUR ET DÉVELOPPEMENT

استشارة هندسة وتنمية

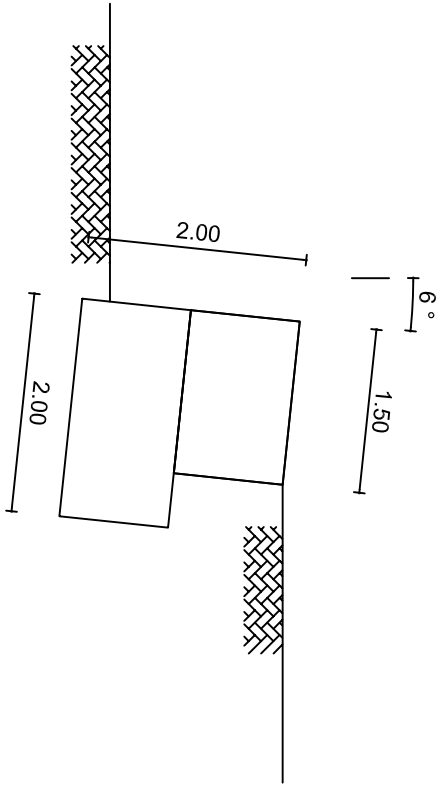
REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION  
D'UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

PLAN TYPE DE PROTECTIONS

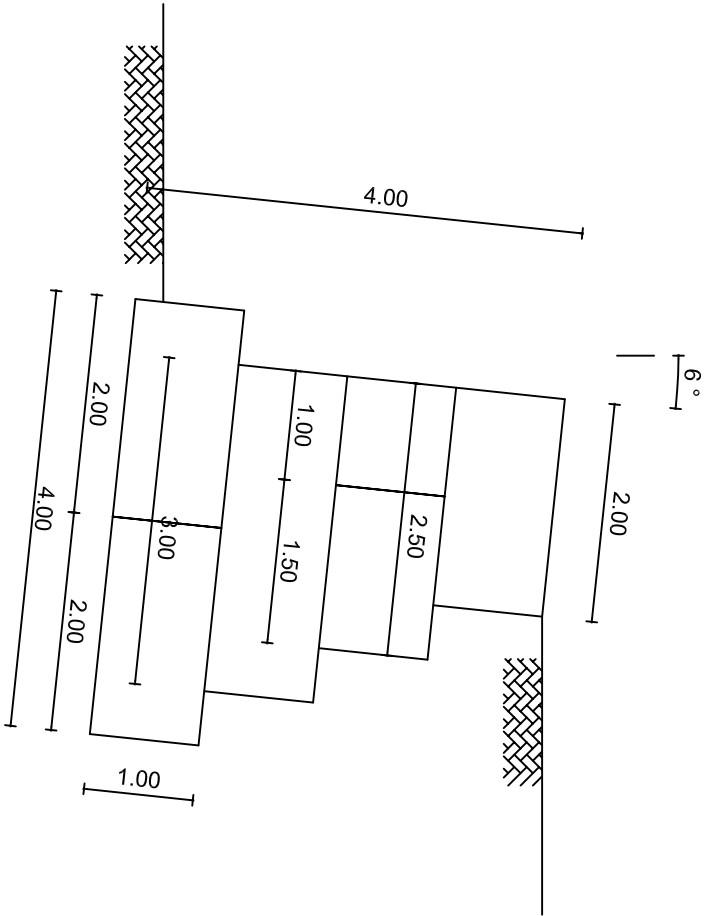
|          |           |
|----------|-----------|
| PLAN :   |           |
| ECHELLE: |           |
| DATE :   | Déc. 2007 |



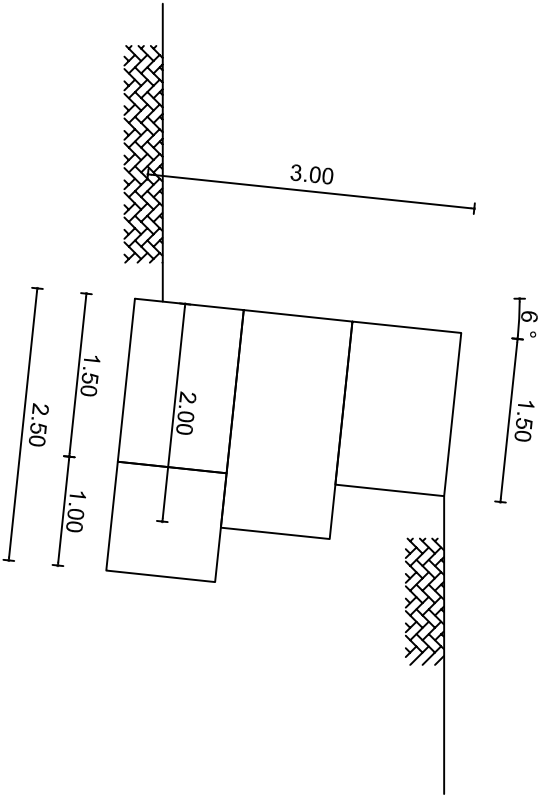
COUPE TRANSVERSALE H=2m



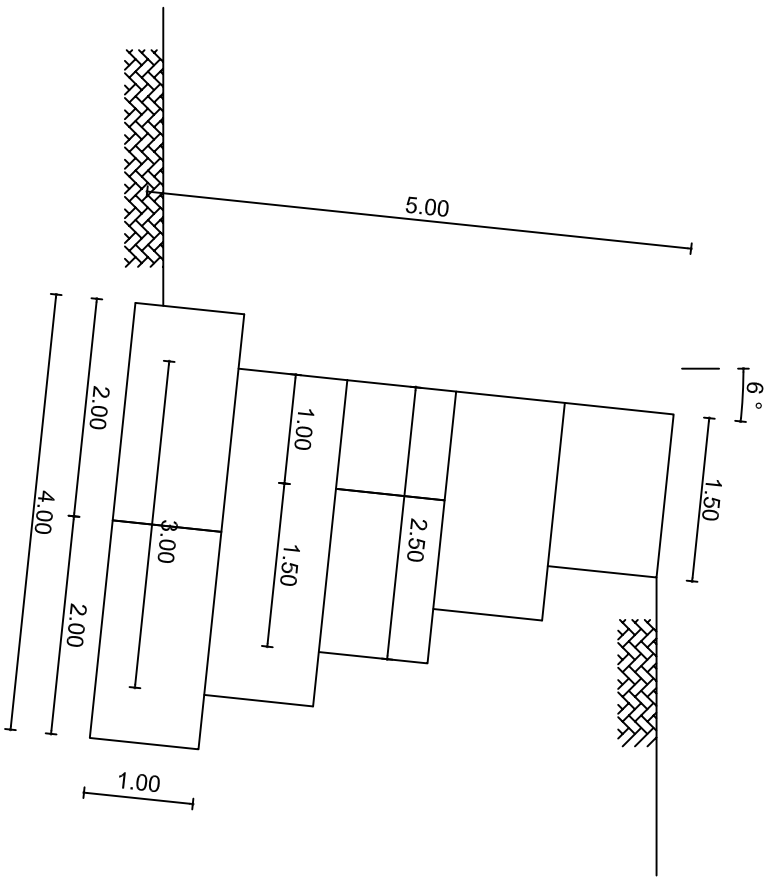
COUPE TRANSVERSALE H=4m



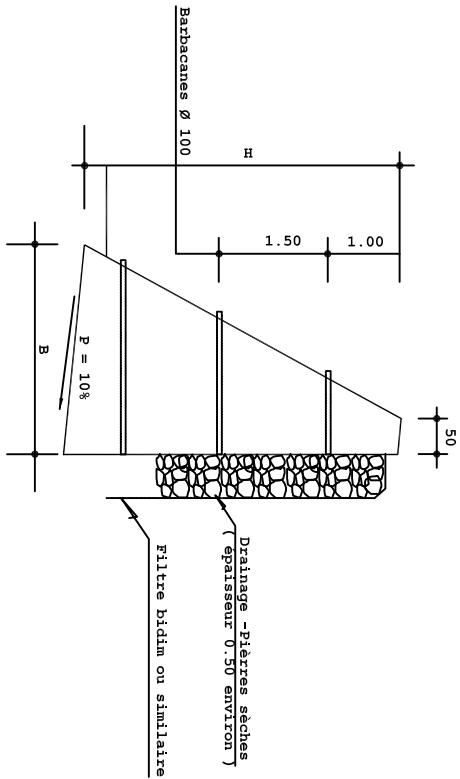
COUPE TRANSVERSALE H=3m



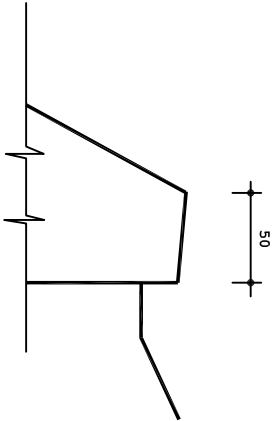
COUPE TRANSVERSALE H=5m



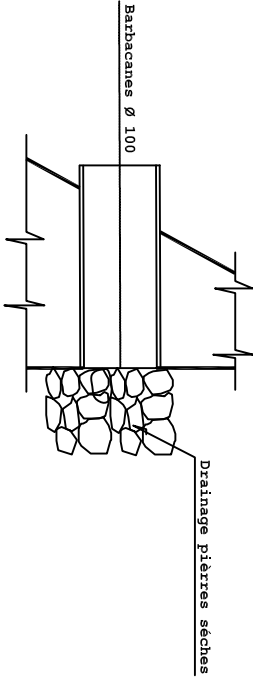
MUR MASSIF EN BETON B3  
( Coupe transversale )



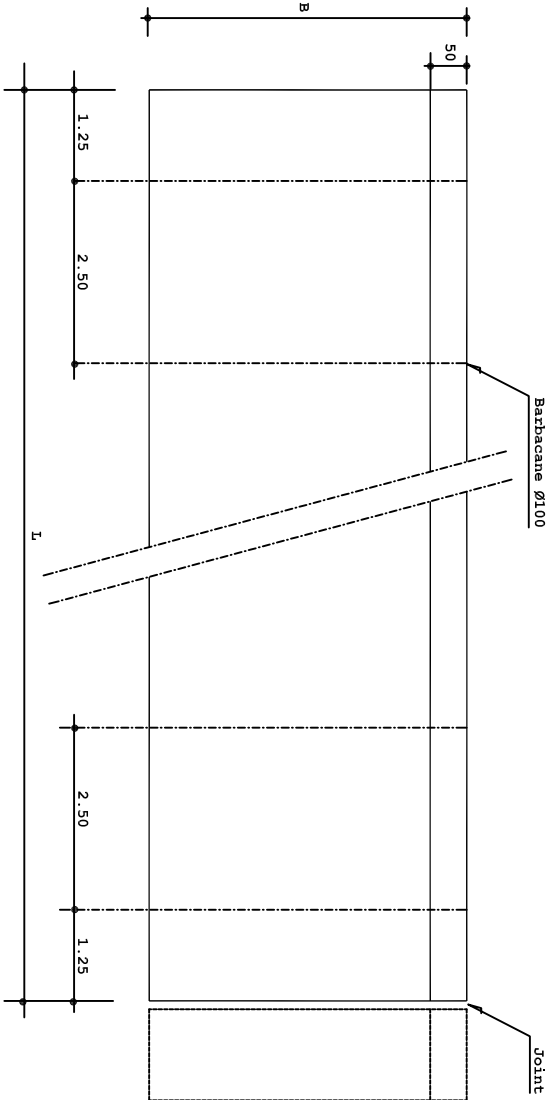
TETE DE MUR - DETAIL



BARBACANES - DETAIL



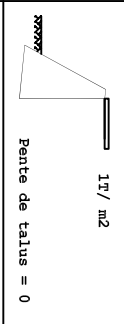
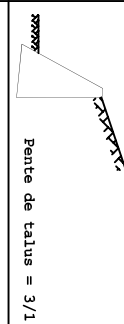
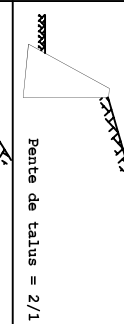
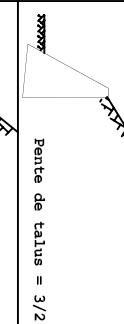
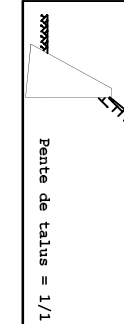
VUE EN PLAN



| LONGUEURS CONSEILLÉES |        |          |  |
|-----------------------|--------|----------|--|
| H                     | h<=4 m | 4m<h<=8m |  |
| L                     | 5 m    | 10 m     |  |

DOMAINE NORMAL D'UTILISATION

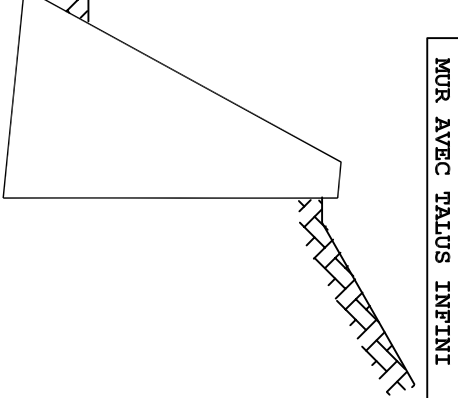
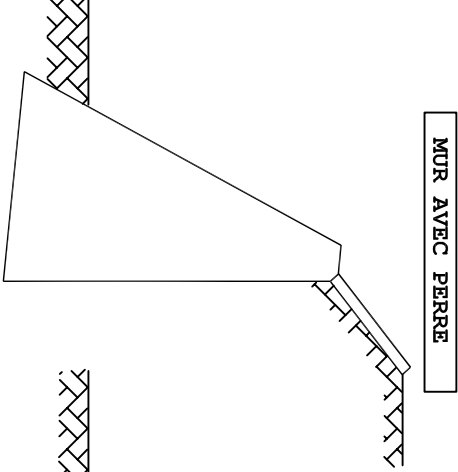
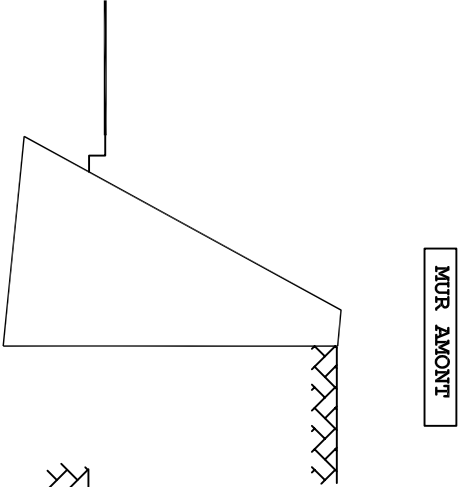
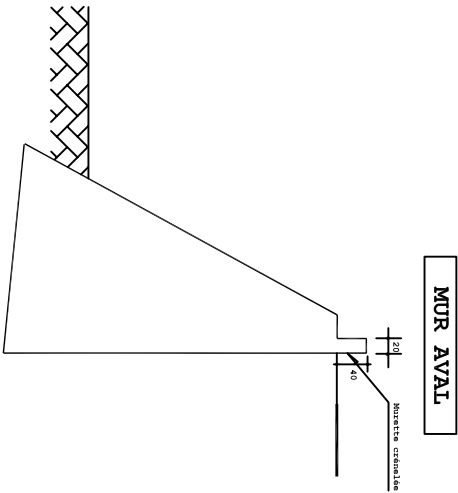
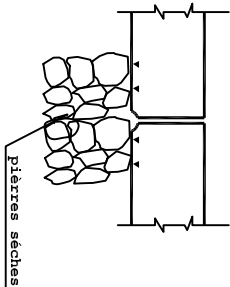
- Murs de faible hauteur
- Sol de fondation de bonne qualité
- Pente du talus réduite
- Coefficient de poussée faible

|                                                                                       | Angle du frottement interne du remblai $\varphi_d^\circ$ (minimal) | Pression admissible $G \text{ T/m}$ (minimal) |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|  | 30                                                                 | 15                                            |
|  | 25                                                                 | 10                                            |
|  | 25                                                                 | 10                                            |
|  | 30                                                                 | 15                                            |
|  | 35                                                                 | 15                                            |
|  | MURS MASSIFS DECONSEILLÉS                                          |                                               |

Dimensions pour une pression admissible du sol (ELS) : 20 t/m2

| H    | B    |
|------|------|
| 3.00 | 2.30 |
| 4.00 | 2.80 |
| 5.00 | 3.50 |
| 6.00 | 4.10 |
| 6.50 | 5.20 |
| 7.00 | 5.60 |

PRINCIPE DE JOINT ENTRE PLOTS  
(En cas de nécessité)



Volume C  
Plans types

|                            |
|----------------------------|
| Modification - mise à jour |
|                            |
|                            |
|                            |
|                            |

ROYAUME DU MAROC  
MINISTRE DE L' EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT  
DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

المملكة المغربية  
وزارة التجهيز والنقل  
مديرية الطرق والسير على الطرق

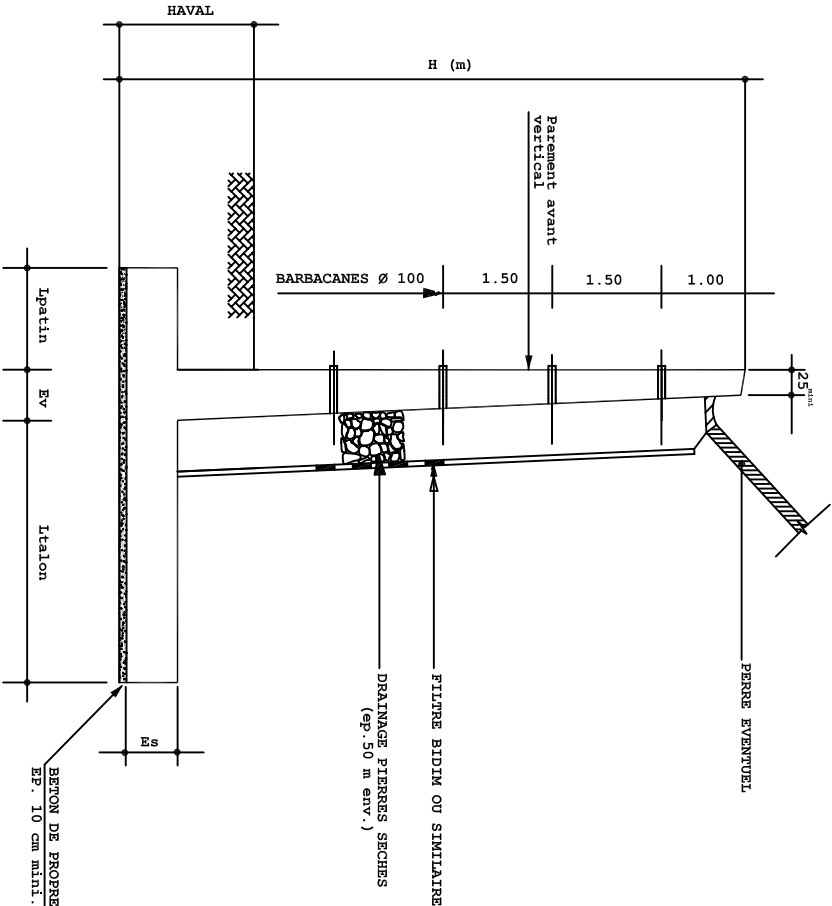
CID  
CONSEIL, INGÉNIERIE ET DÉVELOPPEMENT  
استشارة، هندسة وتنفيذ

REALISATION DE PRESTATIONS D' ETUDES RELATIVES A L' ELABORATION  
D' UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES  
A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES  
INSCRITES DANS LE CADRE DU PNRR2

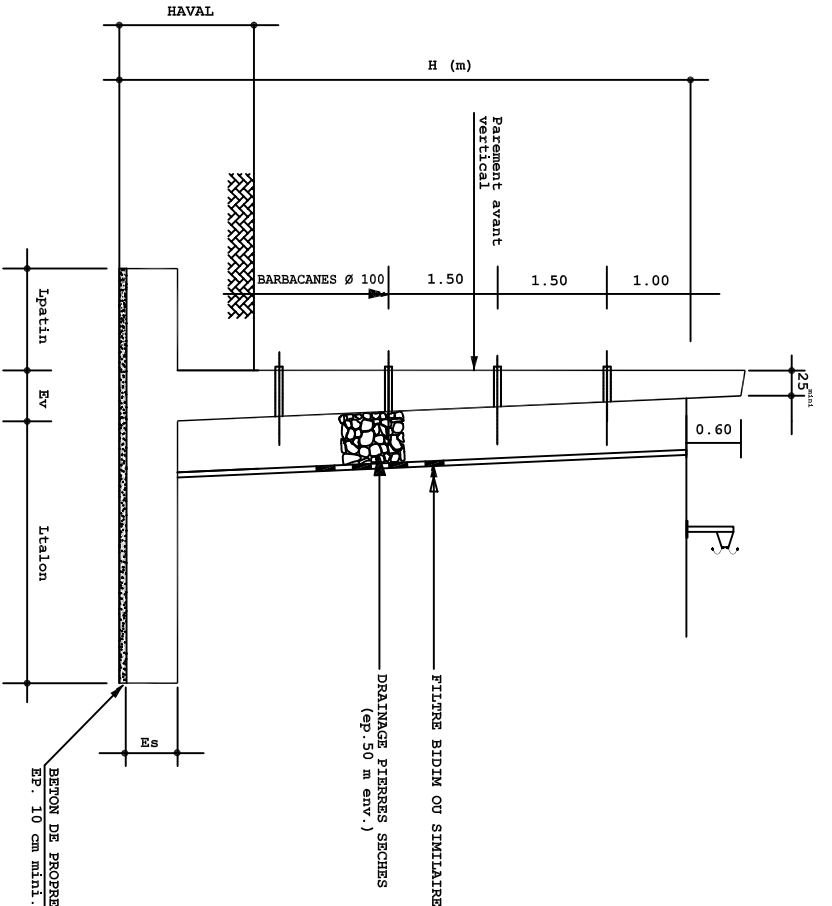
MURS POIDS

|           |           |
|-----------|-----------|
| PLAN :    |           |
| ECHELLE : |           |
| DATE :    | Dec. 2007 |

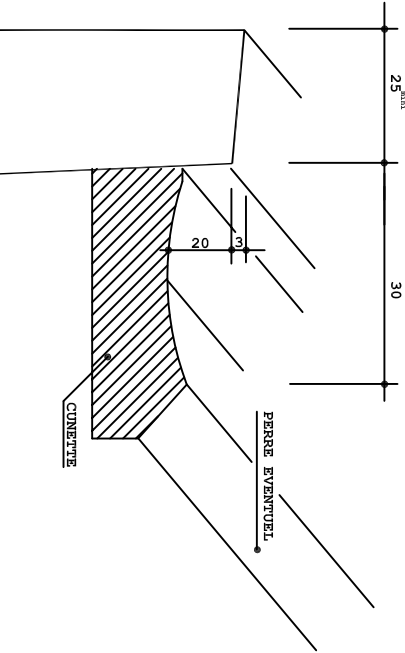
COUPE TRANSVERSALE  
MUR DE DEBLAI



COUPE TRANSVERSALE  
MUR DE REMBLAI



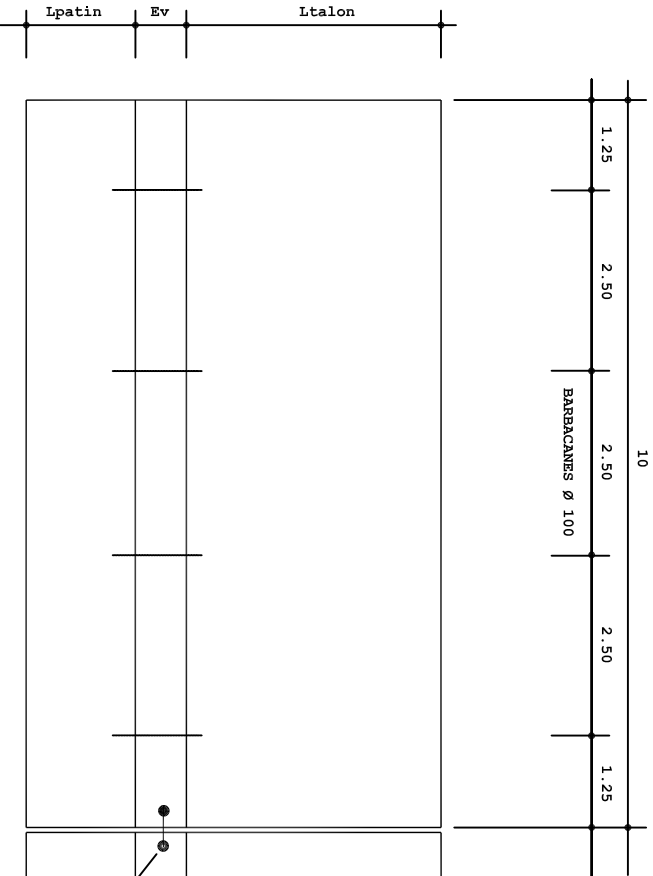
TETE DU MUR DE DEBLAI – DETAIL



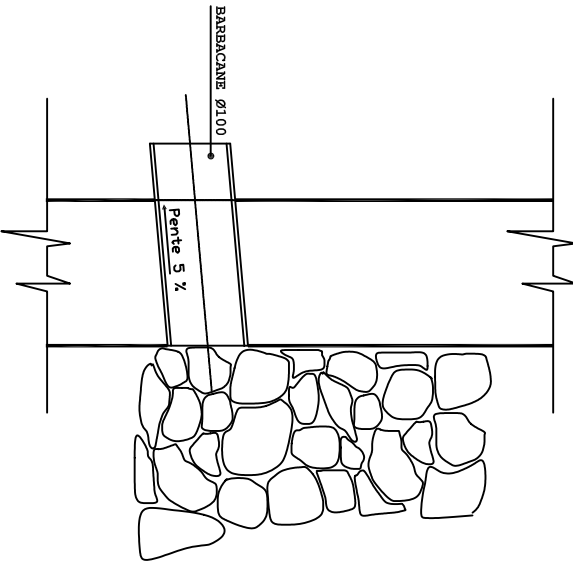
Dimensions pour une pression admissible du sol (ELS) : 20 t/m2

| H    | Haval | Lpatin | Ltalon | Evoile | Lsemelle | Esemelle |
|------|-------|--------|--------|--------|----------|----------|
| 4.00 | 2.00  | 1.00   | 1.30   | 0.30   | 2.60     | 0.30     |
| 5.00 | 2.00  | 1.20   | 1.80   | 0.40   | 3.40     | 0.40     |
| 6.00 | 2.00  | 1.60   | 2.20   | 0.50   | 4.30     | 0.50     |
| 7.00 | 2.00  | 1.70   | 3.10   | 0.60   | 5.40     | 0.60     |
| 8.00 | 2.00  | 2.60   | 2.60   | 0.75   | 5.95     | 0.75     |
| 9.00 | 2.00  | 2.80   | 2.80   | 0.85   | 6.45     | 0.85     |

VUE EN PLAN



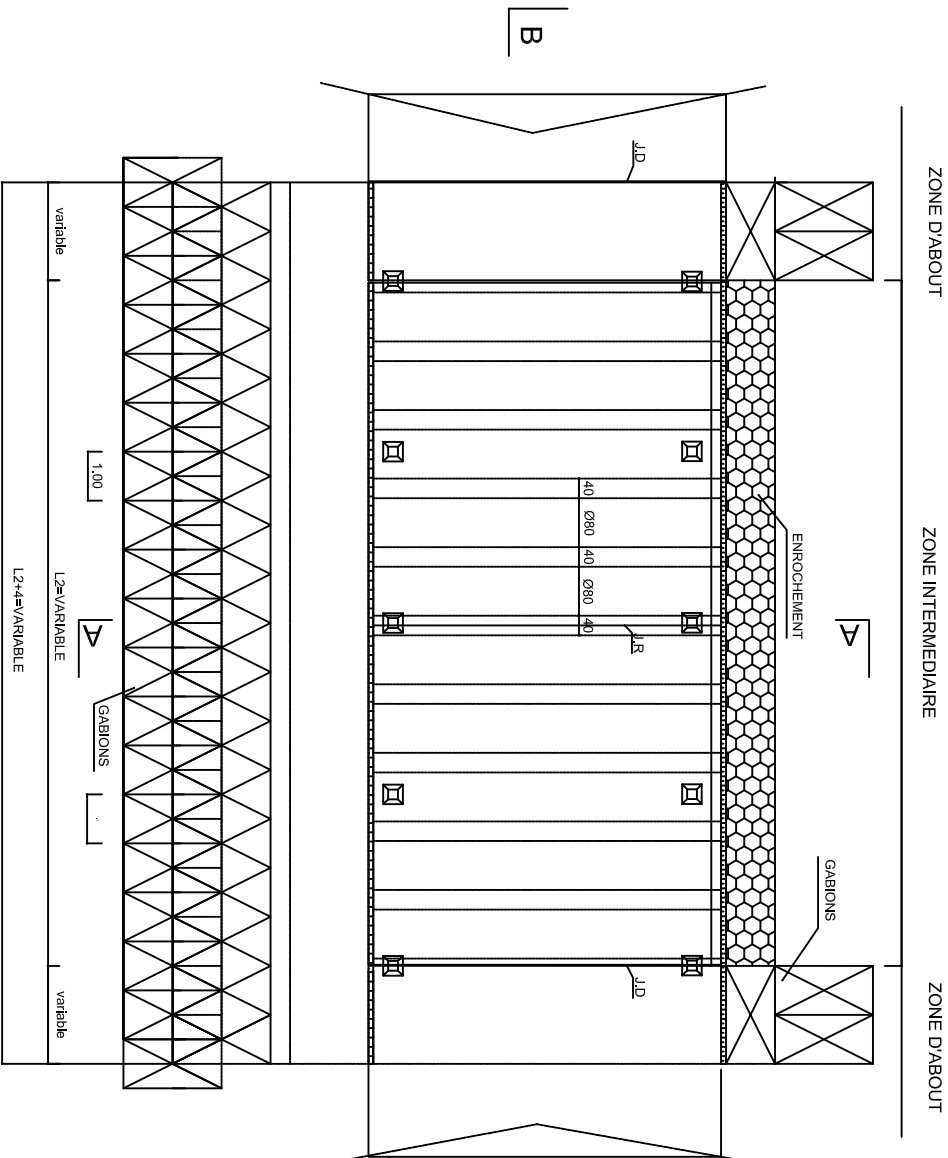
BARBACANES – DETAIL





## VUE EN PLAN

ECH:1/100



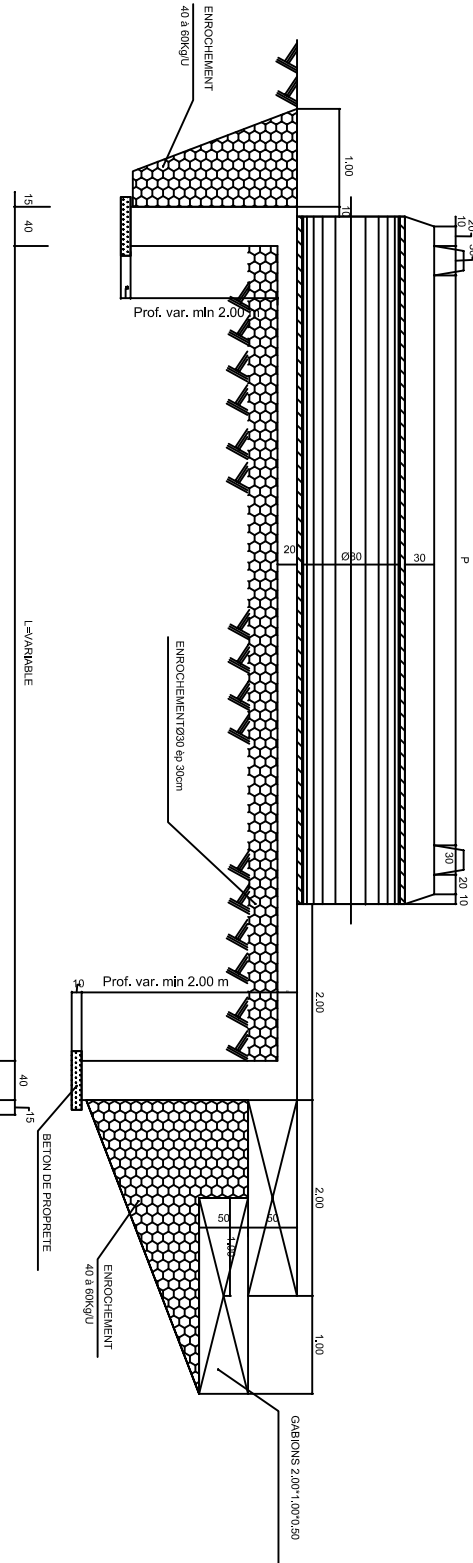
## RADIER SUBMERSIBLE EVIDENCE

BUSE Ø 100

**COUPE TRANSVERSALE A-A**

ECH:1/50

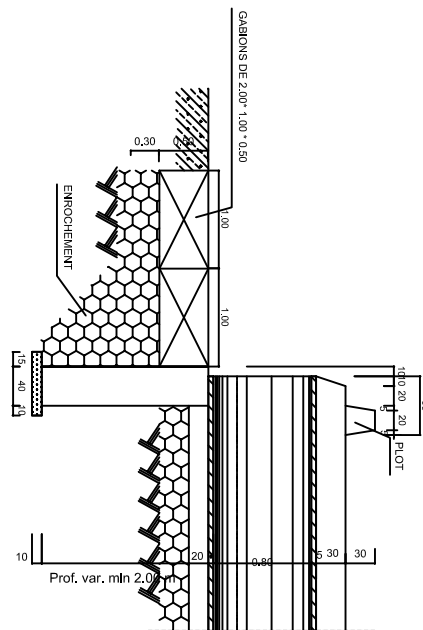
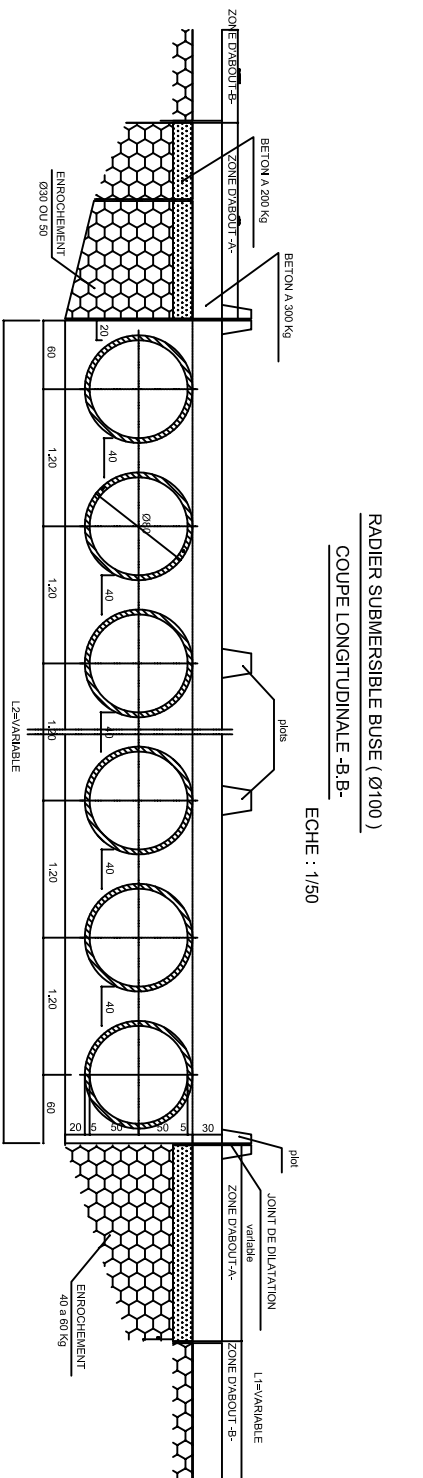
AVAL



## -VARIANTE DE PROTECTION AMONT-

( EN CAS DE REGIME TORRENTIEL

ECH : 1/50



# Volume C

## Plans types

**Modification - mise à jour**

ROYAUME DU MAROC

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

## المملكة المغربية

## مدیریت المظفری و السیر علی المظفری



CONSEIL, INGENIERIE ET DEVELOPEMENT

# REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION

D'UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

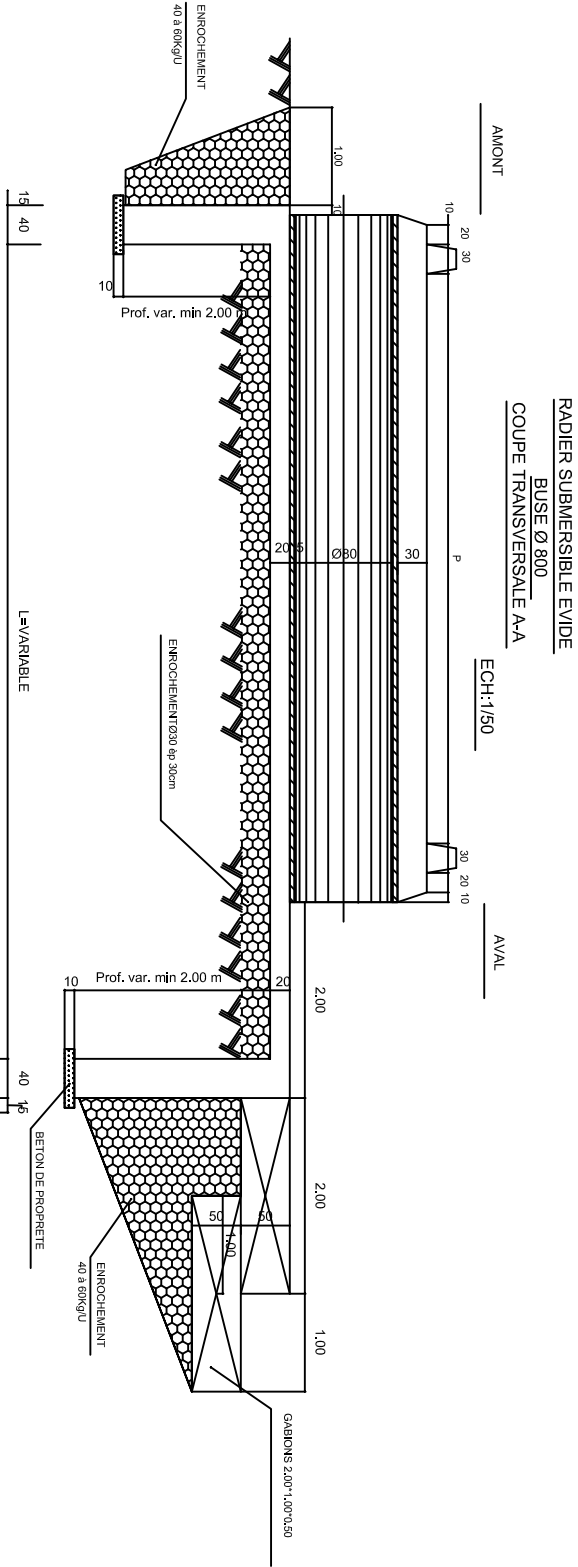
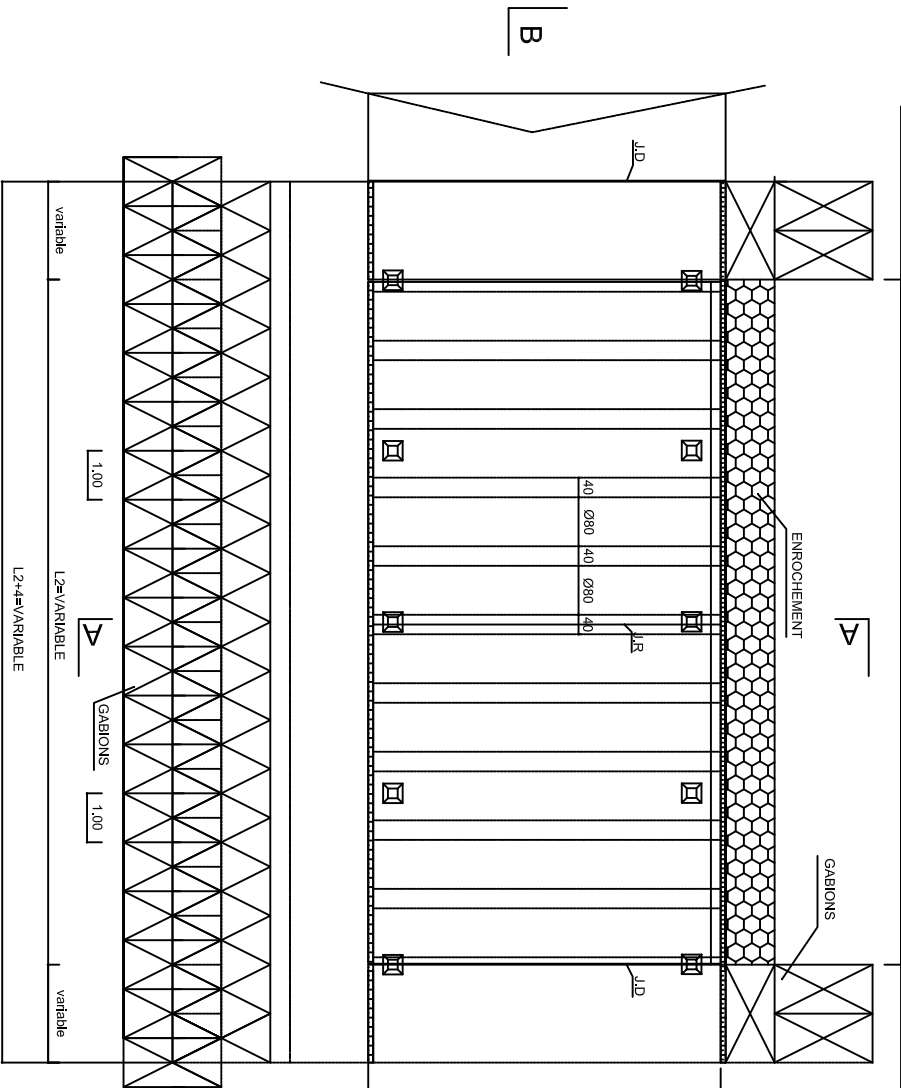
## A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUT

RADIER EVIDE Ø 1000

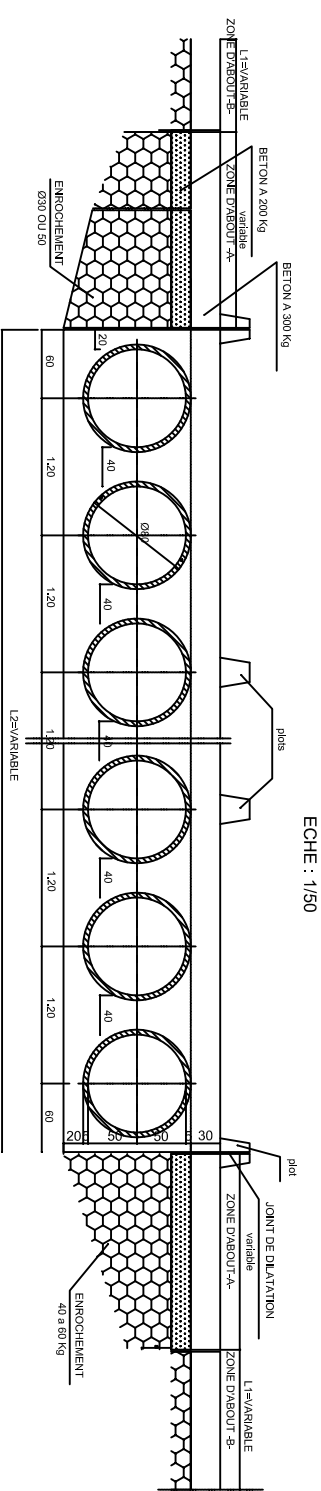
LAN

# CHIEFLY

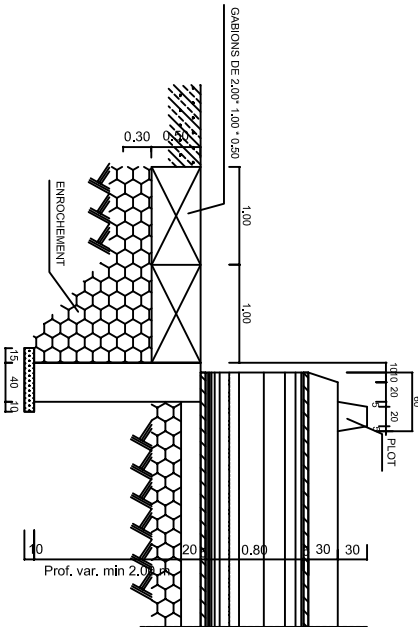
DATE : Déc. 2007



RADIER SUBMERSIBLE BUSE ( Ø 800 )  
COUPE LONGITUDINALE -B-B-



-VARIANTE DE PROTECTION AMONT-  
( EN CAS DE REGIME TORENTIEL )

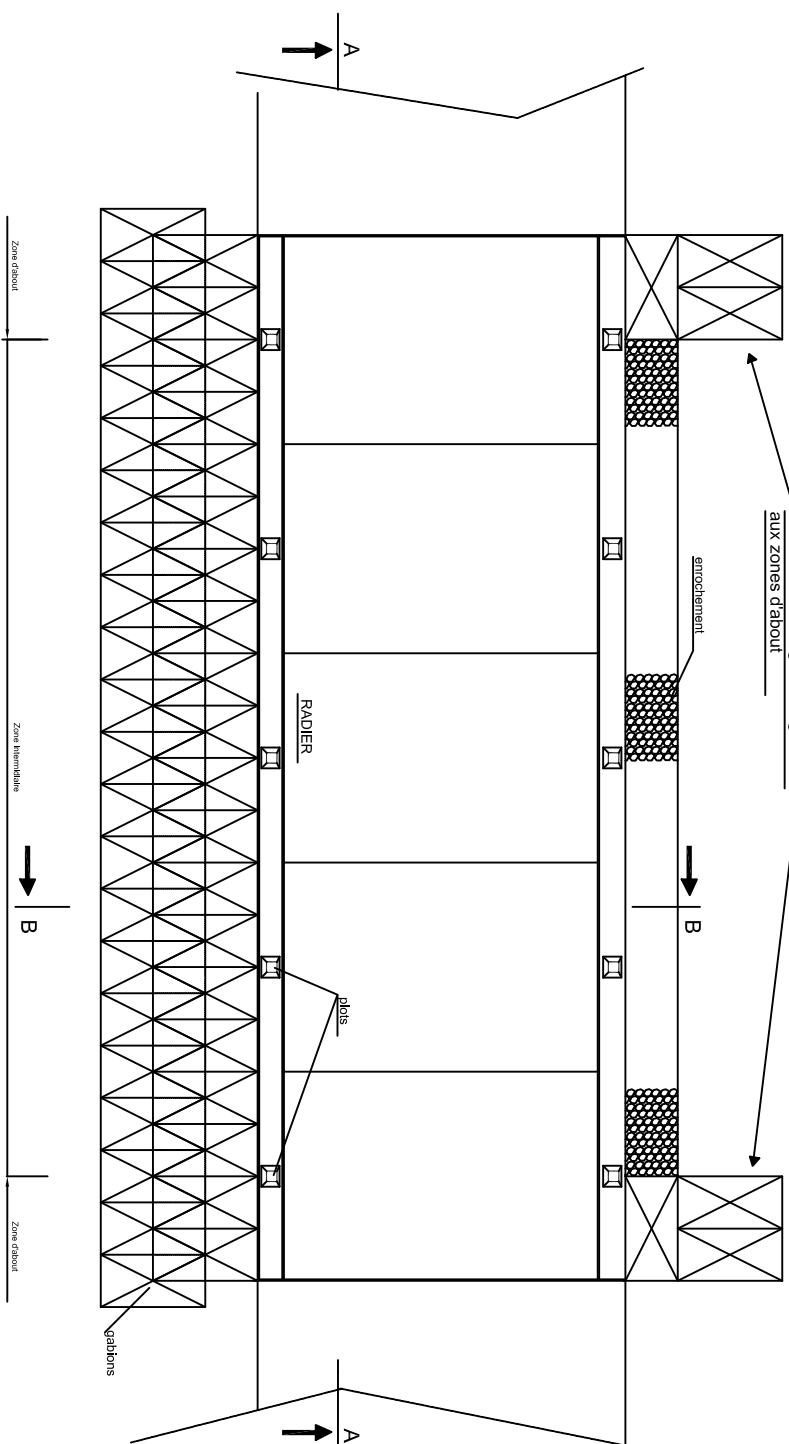




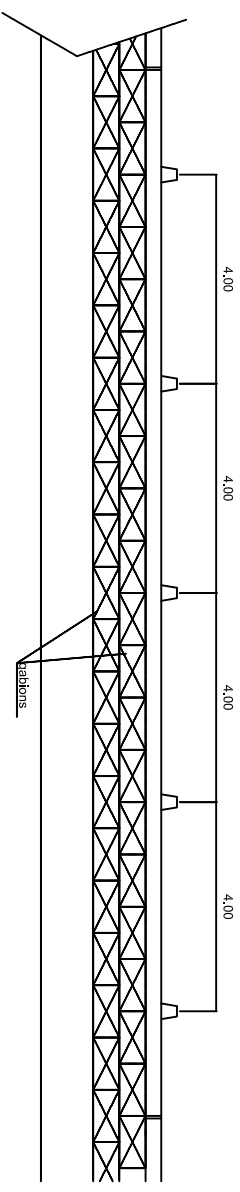
## VUE EN PLAN

ECHE : 1/100

Renforcement du gabionnage  
aux zones d'about

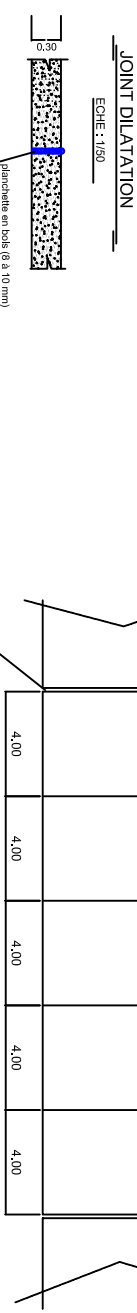


## COUPE LONGITUDINALE A - A

ECHE : 1/100

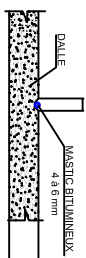
## DISPOSITION DES JOINTS

ECHE : 1/200



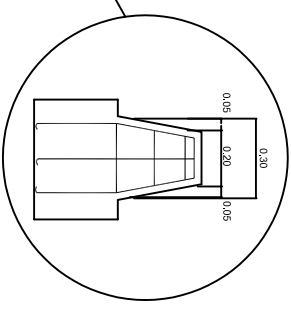
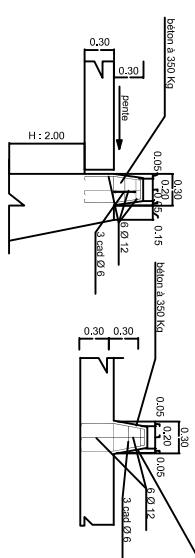
## JOINT DE RETRAIT

ECHE : 1/50



## PLOT DE BALISAGE

ECHE : 1/50



## N.B

Si le substratum se trouve au dessus du niveau indiqué les muettes sont ancrées de 50 cm dans le substratum avec une hauteur minimale H de 1m pour la muette amont, et une hauteur minimale H de 2m pour la muette aval.

# Volume C

**Modification - mise à jour**

# ROYAUME DU MAROC

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU TRANSPORT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

## Plans types

امام الکرمین علی بن ابی طالب

THE

## مبنى الطابق والسطح المطبق،



CONSEIL , INGENIERIE ET DEVELOPEMENT  
استشارة، هندسة و تنميه

REALISATION DE PRESTATIONS D'ETUDES RELATIVES A L'ELABORATION

D'UN GUIDE DE CONCEPTION DES ROUTES RURALES

## A APPLIQUER POUR LES ETUDES DES ROUTES

## RADIER SUBMERSIBLE

## PLAN :

### ECHILLE:

DATE : Déc. 2007