

VII^{EME} CONGRES NATIONAL DE LA ROUTE

Catalogue de Structures Types de Chaussées pour les Routes Rurales

O. ESSEKELLI – Chef de Service Chaussées et Géotechnique / DAT – DR

A. MANAL – Directeur du CERIT / LPEE

Texte de la communication

Introduction

Le Second Programme National de Routes Rurales (PNRR-2) lancé par le Gouvernement marocain en 2005 a pour objectif de poursuivre et d'accélérer le développement du réseau national de routes rurales engagé au titre d'un premier Programme National de Routes Rurales (PNRR-1) en 1995. Pour porter le rythme annuel de réalisation de routes de 1000 km à 2000 km, de nombreuses améliorations ont été apportées par rapport au PNRR-1, tant en matière d'organisation et de financement du programme, que de conception même des routes. La recherche d'économie dans la réalisation des projets, au travers entre autres de l'optimisation du dimensionnement des corps de chaussées, et le recours à des emprunts de matériaux locaux ont été considérés comme primordiaux dans le cadre du PNRR-2.

L'expérience du PNRR-1 a démontré que le dimensionnement des chaussées des routes rurales et le choix des matériaux utilisés pour leur construction auraient pu, dans certains cas, être améliorés si les laboratoires avaient disposé de documents et guides techniques spécifiquement adaptés au contexte du programme. En conséquence, la réalisation, dans le cadre du PNRR-2, d'un Catalogue de Structures Types de Chaussées pour les Routes Rurales qui tienne compte de la spécificité des projets de routes rurales (notamment en matière de classes de trafic recensé et de relief) et des possibilités d'utilisation de matériaux locaux ou de valorisation de matériaux inertes, s'est avéré indispensable.

Ce catalogue élaboré dans le cadre du Guide de Conception des Routes Rurales, propose une démarche simple et ciblée pour le dimensionnement des structures de chaussées d'une route rurale. Le champ d'application de ce catalogue couvre l'ensemble des routes à faible trafic (≤ 400 Véh/j) dont la vocation principale est le désenclavement de la population rurale. Il est destiné à la fois aux laboratoires chargés de définir et concevoir des structures de chaussées compatibles avec les contraintes et les spécificités des routes rurales, mais aussi au maître d'ouvrage chargé de vérifier et/ou valider les choix de structures retenues.

La présente communication sera consacrée à la présentation de ce Catalogue, en explicitant les différents paramètres pris en considération dans le processus de dimensionnement des chaussées des Routes Rurales.

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 pendant la durée 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.

1.a - 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) $\geq 1,5$ Tonnes.

1.b - 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 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 0,66
- « N » représente le trafic cumulé exprimé en essieux standard
- « 365 t » représente le trafic annuel à la mise en service
- « t » étant le trafic moyen journalier annuel
- « 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 :

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

I.c - Trafic corrigé (TRc):

Le trafic corrigé est donné par l'expression suivante :

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

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 ($PTC \geq 1,5 T$)
- C4 : coefficient correcteur lié au taux d'accroissement

Les coefficients correcteurs figurent dans les tableaux ci-après :

Largeur de chaussée: C1

Largeur de chaussée	$\geq 6 m$	4 à 6 m	< 4 m
Coefficient C1	1	1,5	2

Agressivité du trafic: C2

C2 = 0,66 (pour l'ensemble des routes rurales)

C2 = 1 (pour trafic particulier induit)

Pourcentage de poids lourd: C3

C3 dépend du pourcentage des poids lourd (p)

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

Taux d'accroissement du trafic: C4

<i>Accroissement</i>	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %
C4	0,86	0,91	0,95	1	1,5	1,10

I.c - 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.

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

CHAPITRE II

CONCEPTION GEOMETRIQUE, ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE

II.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'utilisateur, 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 sur largeur :

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

II.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/m², 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.

CHAPITRE III

ENVIRONNEMENT

III.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).

Code	Dénomination	Précipitation (mm / an)
NA	Non aride	≥ 250
A	aride	50 à 250
D	désertique	< 50

Les zones irriguées sont considérées comme étant non aride (NA).

Une carte schématique des zones climatiques figure en annexe.

III.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).

CHAPITRE IV

PLATEFORME SUPPORT DE CHAUSSEE

IV.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 IV.4.

IV.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

IV.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

IV.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

IV.4.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.

IV.4.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 LONG TERME	MODULE EV2 EQUIVALENT
P0	≤ 3	---
P1	≥ 6	$\geq 20 \text{ MPa}$
P2	≥ 10	≥ 50
P3	≥ 15	≥ 120
P4	≥ 25	≥ 200

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.

IV.4.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.

Épaisseur 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 Tx A1 et Tx A2) 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 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	P1 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

IV.4.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 Wp.
- 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.

IV.4.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.

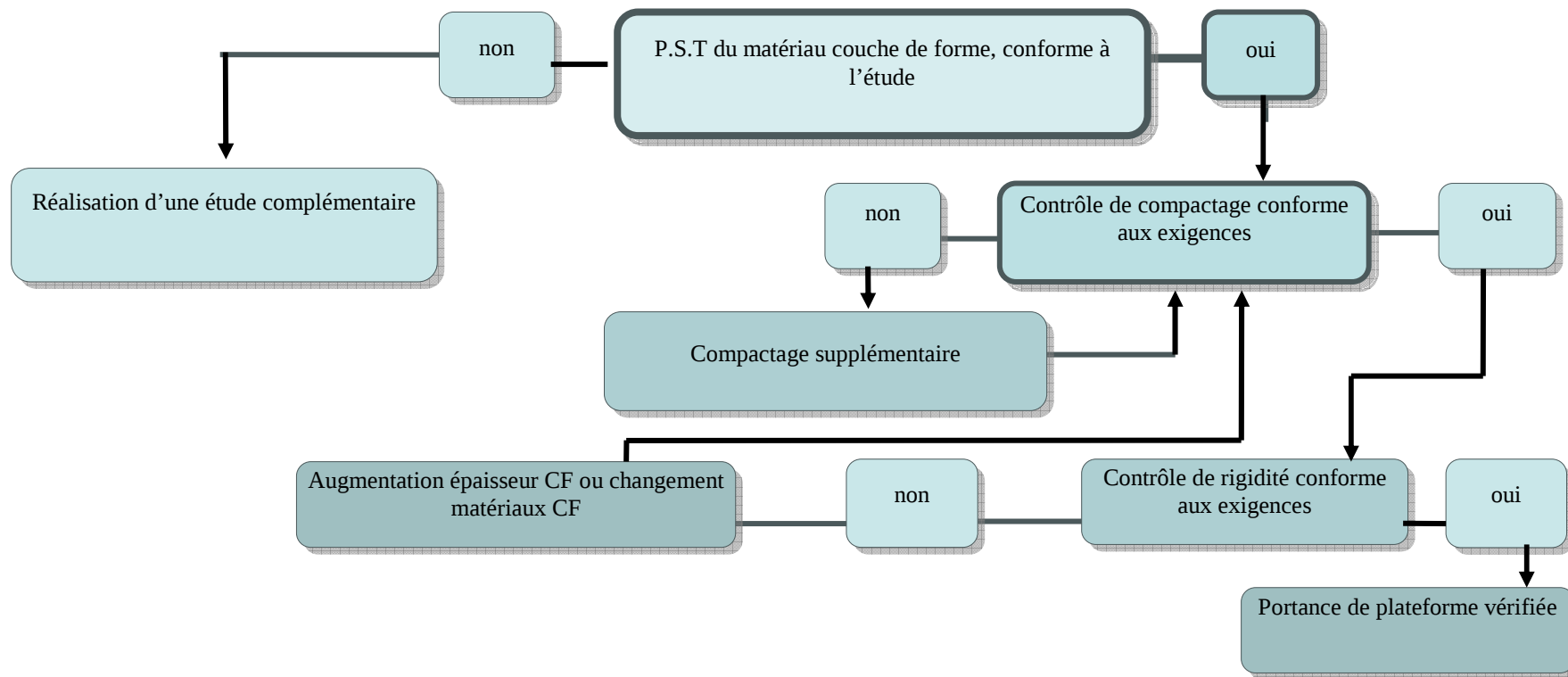
Les spécifications à respecter figurent dans le C.P.C des travaux routiers de la D.R.C.R et dans le guide des terrassements G.M.T.R.

Les exigences généralement retenues sont les suivantes :

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

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 :



CHAPITRE V

DIMENSIONNEMENT

V.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

V.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.

V.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

VI.3.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.

VI.3.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 PLATEFORME TRAFFIC	P1			P2			P3			P4		
TR1	30 MCR			25 MCR			20 MCR			20 MCR		
TR2 ES (LG)	ES (LG)			ES (LG)			ES (LG)			ES (LG)		
	15 GND 20 GNF3	15 GNC 15 GNF3	MHN	15 GND 15 GNF3	25 GNC	30 LTCC ou 30 MHN	25 GND	20 GNC	25 LTCC ou 25 MHN	20 GND	15 GNC	20 LTCC ou 20 MHN
TR3 ES (LGg ou LGLg)	ES (LGg ou LGLg)			ES (LGg ou LGLg)			ES (LGg ou LGLg)			ES (LGg ou LGLg)		
	20 GND 20 GNF3	15 GNC 20 GNF3	35 GND	15 GND 20 GNF3	15 GNC 15 GNF3	30 GNC	30 GND	25 GNC	30 LTCC ou 30 MHN	25 GND	20 GNC	25 LTCC ou 25 MHN
TR4 ES (LGLg)	ES (LGLg)			ES (LGLg)			ES (LGLg)			ES (LGLg)		
	15 GNB 20 GNF3	15 GNC 25 GNF3	35 GNC	15 GNC 20 GNF3	15 GNB 15 GNF3		30 GNC	25 GNB	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.

VI.4 – Qualité des matériaux :

VI.4.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 :

CLASSE DE TRAFIC	MATERIAU DE COUCHE DE BASE				MATERIAU DE COUCHE DE FONDATION		
TR1	Matériau sélectionné MCR						
TR2	GND avec LA < 50 – MDE < 45 LA + MDE < 80	GNC avec LA < 45 – MDE < 40 LA + MDE < 80	MHN avec LA < 70 CBR > 80	LTCC	GNF3	MHN avec LA < 70 CBR > 60	
TR3	GND LA < 45 – MDE < 40 LA + MDE < 80		GNC avec LA < 40 – MDE < 35 LA + MDE < 70		LTCC	GNF3	MHN LA < 70 CBR > 60
TR4	GNC		GNB		LTCC	GNF3	MHN LA < 70 CBR > 60

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

VI.4.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 ²)	GRANULATS (l / m ²)
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 ^{ERE} COUCHE (l / m ²)	LIANT RESIDUEL (Kg / m ²)	GRANULATS 2 ^{EME} COUCHE (l / m ²)
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 ^{ERE} COUCHE (l / m ²)	GRANULATS 2 ^{EME} COUCHE (l / m ²)	LIANT RESIDUEL (Kg/m ²)	
			<i>Couche</i>	<i>Total</i>
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

CHAPITRE VI

MATÉRIAUX DE VIALITÉ

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).

VI.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 – GN F3 – 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 0/0 - Dmax de 100 à 200 mm - Passant à 31,5 mm varie de 25 à 80 % - Pourcentage de fines (0,080 mm): 4 à 20 %	- ES > 30 et IP < 6: grave sableuse - ES de 20 à 30: grave limoneuse - IP > 12: grave argileuse - Pour les matériaux d'origine schisteuse, procéder au délitage pour estimer la propreté	- LA < 45, squelette stable, les plus fréquents - 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
- Tout-venant continu à bosse sableuse - Dmax de 80 à 120 mm - Pourcentage de fines variables de 5 à 20 %	- Très variable - 0 < IP < 25 à 30	- Très variable - LA de 20 à 45

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
- Tout-venant assez continu - Dmax inférieurs à 100 mm - Pourcentage de fins supérieurs à 10 %	- Matériau dolomitique IP non mesurable à faible - Matériau quartzitique: IP de 10 à 20	- Matériau dolomitique: LA de 25 à 30 - Matériau quartzitique LA de 15 à 22

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
- Parfois très grossiers - Seuls les matériaux à $D_{max} < 200$ mm sont utilisables	- Matrice variable, sableuse (propre) à argileuse (plastique)	- Variable selon la nature de la roche mère

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 extraits au bull ou au ripper.

Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques observées.

GRANULOMETRIE	PROPRETE	DURETE
- Granulométrie évolutive selon le pourcentage d'éléments indurés	- IP de 0 à 25 mais le comportement est lié à la teneur en $CaCO_3$.	- Variable - Très faible pour les éléments les moins indurés - Moyenne pour les encroûtements

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

6 – Roches tendre :

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	- Les schistes et les calcaires évoluent en fournissant des fines plastiques - Les grès donnent des matériaux non plastiques généralement	- Les grès présentent des duretés faibles à très faibles - Les schistes et les calcaires ont des duretés moyennes à faible.

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
- Soit o/d (produits de scalpage ou de déchets miniers par ex.) - Soit d/D (produits d'écrêtage) avec D généralement important	- 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

MATERIAUX REGION	TV ROULE D'OUED	TV VILLAFRANCHIEN	TV BRECHES PREFRACTUREES	DEPOT DE PIEMONT	TUF ET ENCROUTEMENT CALCAIRES	ROCHES TENDRES			
						<i>Calcarénite</i>	<i>Calcaire marneux</i>	<i>Schiste</i>	<i>Calcaire et grès schisteux grès quartzitique</i>
ORIENTAL	XX		O	O	O				X
CENTRE 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 données* (O)

CHAPITRE VII

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.

VII.1 - Niveau de service chaussées revêtues - 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.

VII.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.

VII.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.