

UTILISATION DES LATÉRITES EN TECHNIQUE ROUTIÈRE AU CAMEROUN

F. SIKALI* et DJALAL MIR-EMARATI**

Résumé

L'utilisation en construction routière des graveleux latéritiques présente un intérêt évident dans les Pays Tropicaux et tout particulièrement au Cameroun, en raison de leur abondance. Celle-ci les rend économiquement intéressants même si leurs performances mécaniques s'avèrent parfois médiocres et surtout variables.

On estime que 70 % environ de la superficie du Pays est couverte de sols latéritiques. En fonction de leurs propriétés, liées étroitement à leurs origines (roches-mères), à l'altitude, à la végétation et au climat, on peut les répartir selon les différentes et principales sous-régions suivantes (Fig. 1) :

- la sous-région forestière
- la sous-région de la savane
- la sous-région montagneuse de l'Ouest et Nord-Ouest.

Cependant, à l'intérieur de chaque sous-région, l'hétérogénéité des propriétés géotechniques des graveleux latéritiques est notable.

* Chef du Service Recherche et Formation
du Laboratoire National de Génie Civil (LABOGÉNIE)

**Conseiller technique du Directeur du LABOGÉNIE B.P. 349 Yaoundé (Cameroun)

1. CONSIDERATIONS GENERALES SUR LES GRAVELEUX LATÉRIQUES

L'utilisateur routier doit savoir ce qui distingue les graveleux latéritiques des autres sols. De même, le prospecteur d'emprunts recélant ces matériaux doit bien maîtriser les différents facteurs qui caractérisent leur formation ; il peut alors localiser plus aisément les zones où les indices peuvent retenir son attention.

1.1. Définition des graveleux latéritiques

Les sols latéritiques utilisables en Technique routière sont les graveleux latéritiques contenant une proportion suffisante d'éléments supérieurs à 2 mm. Au Cameroun, on observe essentiellement les concrétions ferrallitiques (Sud) et ferrugineuses (Nord). Les matériaux contenant un pourcentage de fines supérieur à 35 % ne sont pas considérés comme étant des graveleux latéritiques.

1.2. Facteurs de formation des latérites

Certains facteurs ont une influence prépondérante sur l'altération des roches et la formation de sols latéritiques qui en découlent ; ce sont respectivement :

- le climat (pluviométrie, température, bilan hydraulique)
- la topographie du site (érosion, drainage)
- la végétation (matières organiques, bactéries, acides humiques)
- la roche-mère
- et le temps

Les conditions nécessaires à la formation des latérites sont :

- un climat tropical sujet éventuellement aux alternances de saisons sèches et humides,

- un plateau ou une surface topographique faiblement inclinée, non soumise à une érosion mécanique importante
- une composition chimique et minéralogique de la roche exposée pouvant fournir les constituants latéritiques (fer et alumine),
- une texture poreuse permettant l'entrée des eaux en percolation, de telle sorte que les conditions de l'action des agents chimiques soient les meilleures,
- un bon drainage favorisant le lessivage chimique des formations, ce processus doit se continuer pendant une durée géologique, suffisante (au moins un million d'années).

Il s'ensuit que les sols latéritiques se retrouvent essentiellement dans l'horizon B des coupes pédologiques (Fig.2). Mais très souvent l'horizon A, constitué essentiellement de terre végétale dite "découverte" a été enlevé par l'érosion ce qui laisse ainsi apparents les graveleux ou même des cuirasses latéritiques facilitant ainsi la prospection.

1.3. Prospection des Graveleux latéritiques

Les indices qui peuvent retenir l'attention du prospecteur de graveleux latéritiques sont les suivants :

- affleurement de cuirasse,
- présence de gravillons latéritiques en surface,
- ancienne exploitation de matériaux,
- morphologie : les graveleux latéritiques sont recherchés à mi-pente ou aux ruptures de pente des interfluves
- présence de certains arbres que les prospecteurs avertis identifient.

Les couches de graveleux latéritiques sont souvent discontinues et d'épaisseur faible (0,2 à 1 m. en général), elles peuvent être masquées par une couverture ou découverte, souvent plus épaisse que le niveau utile.

La méthodologie de recherche consiste dans une première phase, à repérer les zones à priori favorables en exploitant les cartes pédologiques et les informations existantes, et ensuite à préparer un programme d'investigation par sonda-

ges systématiques dans lesquels des prélèvements d'échantillons permettront de déterminer les puissances exploitables et la qualité de matériaux de l'emprunt.

1.4. Exploitation des Emprunts de Graveleux latéritiques

L'exploitation des graveleux latéritiques débute par le déboisage du site et par le décapage de la découverte lorsqu'elle existe.

On procède ensuite au buttage du graveleux au bull-dozer par légères passes, en vue de ne pas mélanger les différentes couches dans le cas d'une hétérogénéité verticale où les différents matériaux sont utilisés séparément.

L'habileté et le coup d'oeil des conducteurs d'engins sont déterminants et il faut veiller à ce que l'exploitation ne touche pas la couche argileuse.

Un soin particulier sera apporté, en cours d'exploitation, au drainage des emprunts. On se souviendra, dans l'estimation des quantités, qu'un m² de matériau à l'emprunt correspond à environ 0,75 m³ compacté dans la chaussée.

1.5. Classification des graveleux-latéritiques

-Classification H.R.B.

Les graveleux latéritiques couvrent plusieurs classes. Les plus graveleux sont des A.2.7., tandis que les argileux sont des A.7.5., des A.2.6 et A.7.6 - On note quelques A.5 et A.6.

Les indices de groupe sont un moyen complémentaire de caractériser ces matériaux

Enfin, le produit $f \times IP$ constitue également une caractéristique importante du comportement des graveleux latéritiques.

Ainsi on trouve en général les correspondances suivantes :

<u>Produit $f \times IP$</u>	<u>Caractéristiques mé - caniques</u>
<250	: CBR = 20 à 80, γ_d OPM = 2.1 à 2.5 Wopm = 5 à 8
250-600	: CBR = 15 à 40, γ_d OPM = 2 à 2.25 Wopm = 7 à 10
600-1600	: CBR <30, γ_d OPM = 1.9 à 2.2 Wopm = 8 à 12

2 - GRAVELEUX LATÉRITIQUES DU CAMEROUN ET LEURS CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES

Environ 70 % de la superficie du Pays est couverte de sols latéritiques. En fonction de leurs propriétés, liées étroitement à leurs origines (roches-mères), à l'altitude, à la végétation et au climat, on peut les répartir selon les différentes sous-régions dont les principales sont les suivantes :

- La sous-région forestière : Edéa, Eséka, Yaoundé, Kribi, Douala, Sangmélima, Ebolowa, Akonolinga, Bertoua, Batouri et Yokadouma (correspondant aux Provinces du Centre, Sud, la partie du Sud, de l'Est et la partie est du Littoral et certaines parties du Sud-Ouest).

- La sous-région de la Savane : Mbam, Yoko, Garoua-Boulai, Tibati, Mayo Darlé, Banyo, Tignère, Ngaoundéré, Meiganga (d'une manière générale, le plateau d'Adamaoua, partie Nord de la Province du Centre, partie Nord de la Province de l'Est).

- La sous-région montagneuse de l'Ouest et Nord-Ouest : Bafoussam, Foumban, tout le Nord-Ouest, Akwaya et certaines parties de Mamfé.

Les figures 1 et 4 indiquent les différentes régions de ressources en graveleux latéritiques ainsi que leurs caractéristiques géotechniques.

Symboles géotechniques

- . W_L, W_P : Limites de liquidité, plasticité
- . W : Teneur en eau
- . γ_d : Poids spécifique apparent sec Opt
- . CBR : Portance du sol obtenue à l'essai de CBR
- . f : Pourcentage de fines du matériaux élément $< 0,08$ mm
- . IP : indice de plasticité.

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

LABOGENIE

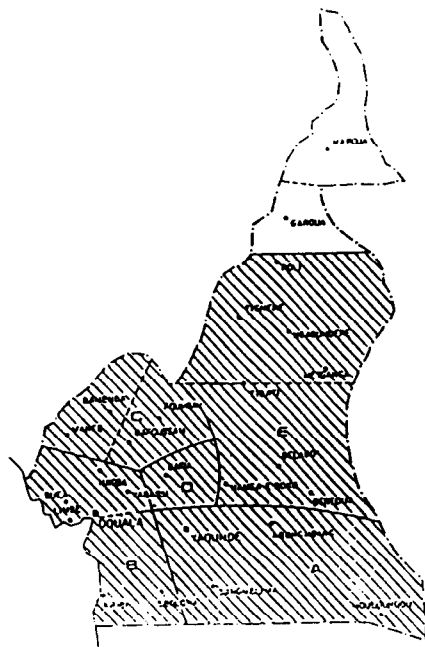


Figure 1 : Carte de repérage des régions recelant du graveleux latéritique

COUPES TYPES DE FORMATION DES GRAVELEUX LATÉRIQUES

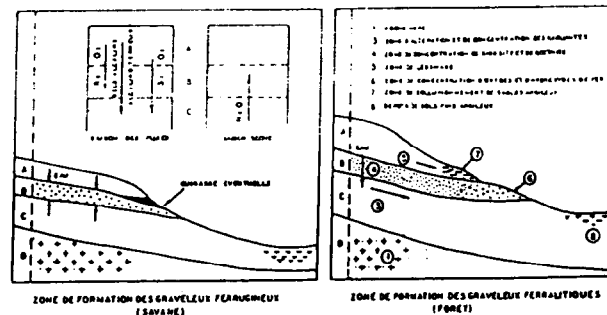


Figure 2 : Coupes pédologiques types selon Remillon

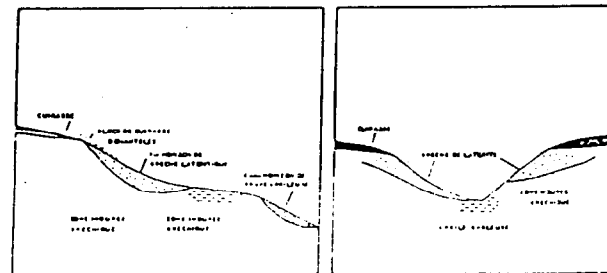


Figure 3 : Exemples de localisation topographique de graveleux latéritiques en savane

LABOGENIE

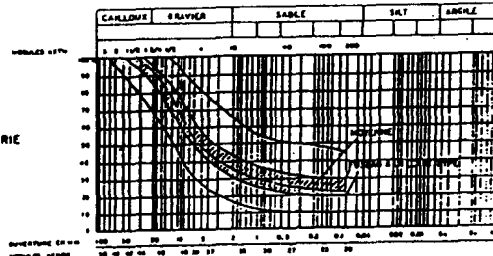
REGION FORESTIERE DU SUD
ZONE A

ECHANTILLON	NATURE
55 FICHES DE SYNTHÈSE	SOLS FERRALLITIQUES ROUGES, JAUNES BEAVES DES ROCHES METAMORPHIQUES

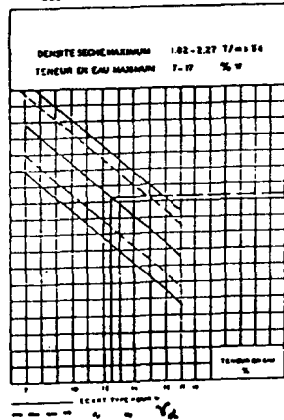
ESSAIS D'IDENTIFICATION

WL	F	12 - 89	CLASSIFICATION A 2 - 7
	M	88	
WP	F	21 - 42	
	M	33	
IP	F	203 - 33	
	M	34	

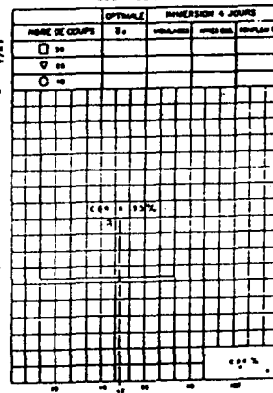
GRANULOMETRIE



ESSAI PROCTOR STANDARD MOOPE



ESSAI CBR



LABOGENIE

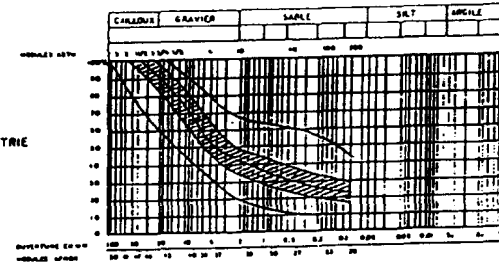
REGION COTIERE
ZONE B

ECHANTILLON	NATURE
8 FICHES DE SYNTHÈSE	DRIVE LATÉRIQUE ROUGE ET JAUNE D'ORIGINE DES ROCHES METAMORPHIQUES

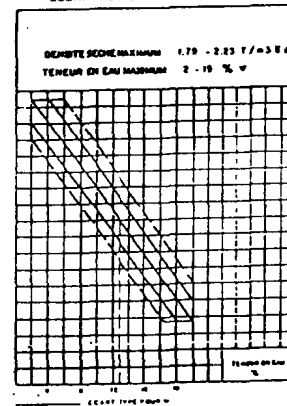
ESSAIS D'IDENTIFICATION

WL	F	28 - 93	CLASSIFICATION A 2 - 7
	M	84	
WP	F	16 - 47	
	M	36	
IP	F	12 - 30	
	M	33	

GRANULOMETRIE



ESSAI PROCTOR STANDARD MOOPE



ESSAI CBR

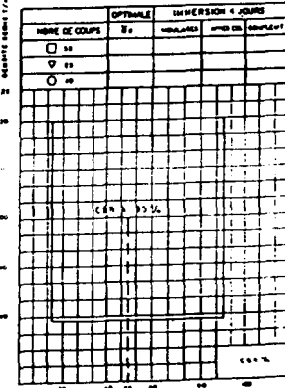


Figure 4 : Caractéristiques géotechniques des graveleux latéritiques

LABORÉMIÉ

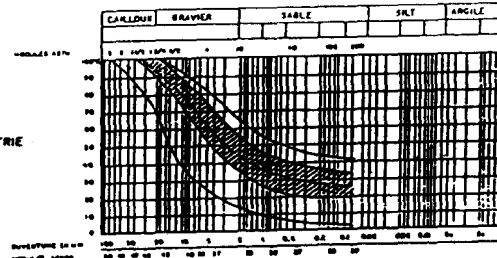
ZONE MONTAGNEUSE DE L'OUEST
ZONE C

ECHANTILLON	NATURE
	SOLS FERRALLITIQUES ROUGES ET JAUNES DÉRIVÉS SOIT DES BRICHES BASALTIQUES SOIT DES ROCHES MÉTAMORPHIQUES OU SÉDIMENTAIRES

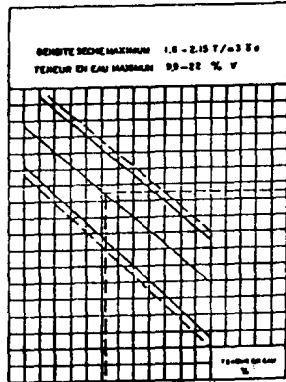
W.L.	F	48-3-00	POIDS SPÉCIFIQUE	F	272-2-833	CLASSIFICATION
	M	30		M	2,74	
W.P.	F	23,3-47				A-2-7
	M	30				
IP	F	16-64				
	M	66				

ESSAIS D'IDENTIFICATION

GRANULOMÉTRIE

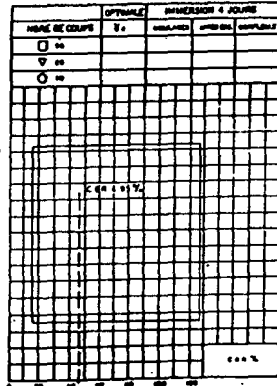


ESSAI PROCTOR STANDARD MODIFIÉ



ÉCART TYPE POUR W

ESSAI CBR



LABORÉMIÉ

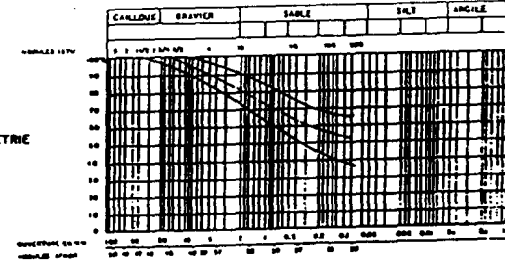
RÉGION DE LA SAVANE DU CENTRE
ZONE D

ECHANTILLON	NATURE
19 FICHES DE SYNTHÈSE	SOLS COMPLEXES DE SAVANNE AVEC PARFOIS DES VÉGETES DE SOLS FERRALLITIQUES AMMATRES PARFOIS SABLEUX

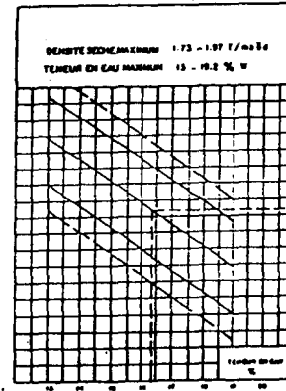
W.L.	F	42-62	CLASSIFICATION
	M	36	
W.P.	F	22-31	A-2-7
	M	28	
IP	F	20-31	
	M	26	

ESSAIS D'IDENTIFICATION

GRANULOMÉTRIE

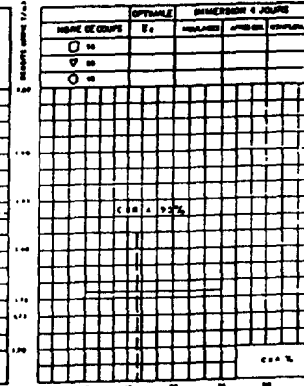


ESSAI PROCTOR STANDARD MODIFIÉ



ÉCART TYPE POUR W

ESSAI CBR

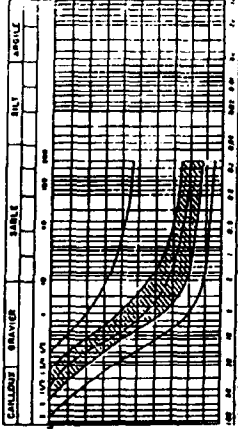


LABOGENIE PLATEAU ADAMAMOUA ETMOROST ZONE E

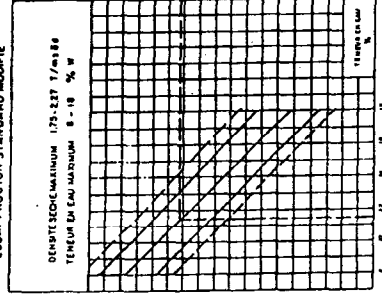
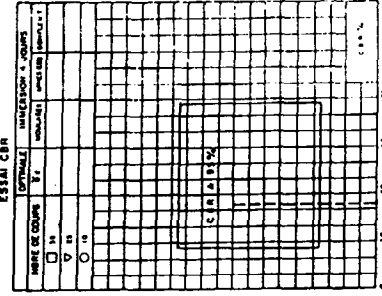
ECHANTILLON		NATURE	
60 PONES		SOLS TERRALLIOMES MOUSIS AMARRES LES	
SYNTHESE		SOLS MOUS ZERRABOUM ET PARFOIS LE SIVRES LA TERATION	
		PROPOSEE PAR LA BARRAGE	

W L	2	13-17	POIDS	160.150	CLASSIFICATION
U	5	14	MOYENNE	1.11	
W P	3	13-20			4. 3. 7
U	3	31			
IP	3	13-17			
	3	14			

ESSAIS D IDENTIFICATION



GRANULOMETRIE



DEHPTE SICH MAXIMUM 1.75-2.27 T/m³ 80
 TENEUR EN EAU MAXIMUM 8-10 % W

ESSAI PROCTUR

3 - DOMAINE D'UTILISATION DES GRAVELEUX LATERITIQUES EN TECHNIQUE ROUTIERE

Les graveleux latéritiques naturels peuvent être utilisés à différents niveaux du corps d'une chaussée :

- . en couche de forme : pour toutes les classes de trafic
- . en couche de fondation : pour un trafic faible de classe (*) T1, T2 ou T3. Pour T4 et T5 il peut s'avérer nécessaire de le stabiliser mécaniquement en corrigeant sa granulométrie et sa plasticité.
- . en couche de base : pour T1, T2. Dans ces cas, une sélection rigoureuse s'avèrera nécessaire.

3.1. Couche de forme

Une couche de forme est nécessaire dès que les sols de plateforme d'une route ne présentent pas des caractéristiques suffisantes de portance (CBR 10). Il s'agit généralement des 30 cm supérieurs des remblais ou des fonds de déblais.

La portance reste le principal critère de choix d'une latérite pour la couche de forme. Les classes suivantes de portance peuvent dans la plupart des cas être envisagées, selon les matériaux utilisés :

- . 15 < CBR < 30
- . CBR > 30

(*) $T1 < 5 \cdot 10^5 < T2 < 1,5 \cdot 10^5 < T3 < 4 \cdot 10^6 < T4 < 10^7$
 $< T5 < 2 \cdot 10^7$ en essieux équivalents de 13T.

Dans la pratique, on recherchera de préférence, la classe CBR de 15 à 30. En effet, la plupart des graveleux rencontrés au Cameroun présentent un CBR sensiblement supérieur à 15 à 95 % de l'OPM et après 4 jours d'imbibition. Par ailleurs, les graveleux CBR > 30 doivent être plutôt réservés aux couches de fondation (économie de matériaux).

3.2. Couche de fondation

Compte tenu des caractéristiques géotechniques des graveleux latéritiques naturels, leur emploi privilégié se situe au niveau des couches de fondation des chaussées revêtues (Trafic T1 à T3).

Pour les trafics T4 et T5, il est généralement nécessaire d'envisager une amélioration (mécanique ou chimique) lorsque les caractéristiques du matériau le permettent.

La portance requise pour les graveleux latéritiques est celle habituellement retenue pour les couches de fondation, à savoir un CBR d'au moins 30 ; on peut néanmoins tolérer un CBR de 25 pour les trafics faibles (T1). Dans plus de 80 % des cas, on peut s'attendre, dans les mêmes conditions que précédemment aux résultats du tableau 1 :

		Forestière		Savane		Montagneuse
CBR	Sous-Régions	Forestière	Forestière du Sud	Adamaoua	Mbam	Ouest
	CBR $\pm \sigma$		32 - 60	35 - 60	35 - 65	11 - 21 non adapté
Moyenne		48	47	50	16 non adapté	45

Tableau 1 : Portance des graveleux latéritiques

3.3. Couche de base

Les graveleux latéritiques naturels utilisables en couche de base, pour les trafics T1, T2 sont rares. Ils doivent pour ce faire, satisfaire aux exigences suivantes :

- CBR à 95 % OPM et après 4 jours d'imbibition : supérieure à 80 (on peut admettre une valeur minimale de 60 pour le trafic T1).
- Gonflement linéaire : inférieur à 1 % (éprouvettes CBR)