

**GEOTECHNIQUE ROUTIERE
DU PRERIF CENTRAL**

**Mr. HAMAOU
DPTP DE TAOUNATE**

**Mr. MRHIZOU
INGENIEUR DIRECTEUR CTR/LPEE**

**Mr. IRIZ
INGENIEUR ROUTIER CTR / LPEE**

RE S U M E

Le préif central, couvrant les territoires de la Province de Taounate et du Nord de la Province de Taza et de la Wilaya de Fès, correspond à la partie externe de la chaîne rifaine.

Ce domaine est défini comme étant un ensemble de charriage dont la lithogéologie montre essentiellement des séries marneuses, des marnes schistosées, des schistes et des formations quaternaires.

Les grandes familles de sols prédominants sont les marnes et argiles marneuses d'une part, les schistes, marnes schistosées et flyschs d'autre part. Ces sols présentent des difficultés géotechniques au niveau des terrassements et de la réalisation des chaussées: sensibles à l'eau et de faible portance. Ce qui se traduit par des coûts de construction des routes et de leur maintenance très élevés.

Ajouter à cela que les granulats à usage routier disponibles dans cette région sont principalement d'origine alluvionnaire et pouvant être caractérisés par une moyenne à forte plasticité avec des difficultés d'obtention de dureté et d'angularité conformes dans l'élaboration des graves non traitées pour corps de chaussée.

Des techniques routières adaptées à ce contexte sont à développer par le biais d'un programme de recherche appliquée spécifique. Les axes prioritaires de ce programme peuvent concerner: le traitement des sols fins très plastiques, l'étude en profondeur du comportement des sols, la valorisation des matériaux locaux des gisements alluvionnaires comme ressources potentielles de cette région notamment par l'expérimentation de grave traitée, hors norme ou améliorée en couche de base, la stabilité des talus et ouvrages de protection, le drainage et assainissement ainsi que l'introduction de techniques nouvelles.

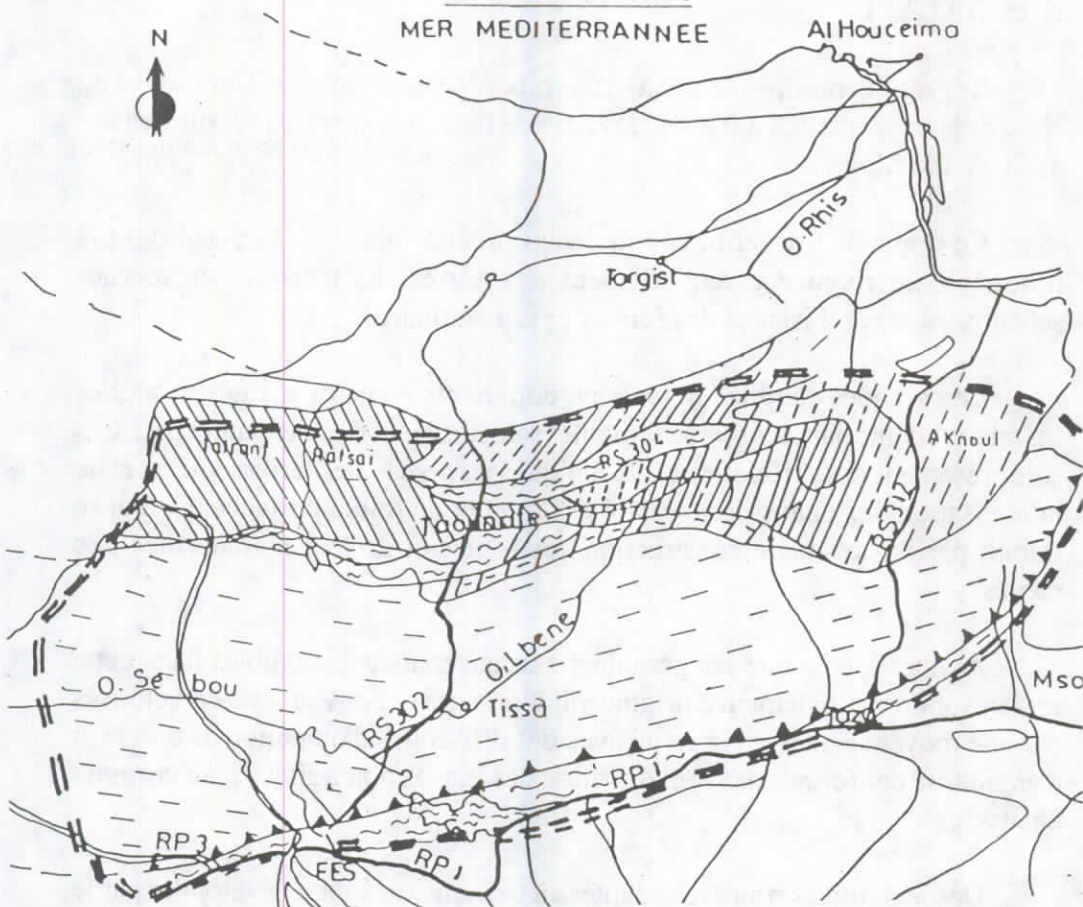
Mots clés:

Préif central - Litho-géologie - Relief - Marnes - Schistes Caractéristiques géotechniques - Ballastières d'oued - Traitement - Sols évolutifs Matériaux locaux.

Schéma géologique du Prérif et le rif externe

MER MEDITERRANNEE

Al Houceima



LEGENDE



Zones de schistogresseux jurassico-crétaé à massifs calcaires du Tlas



Zones de schistemarneux à interstratification greso-calcaire
essentiellement crétaé



Zones de schistes du crétaé



Complexe marneux Prérifain - Miocène



Marnes bleues du Tortonien



Front de charriage Rifain

I/ INTRODUCTION - CADRE GENERAL

1-1/ Cadre géologique du pré-rif central:

Le domaine pré-rifain est défini comme étant un ensemble de nappes de charriage correspondant au sillon externe de la chaîne Rifaine.

Les grands ensembles géologiques rencontrés sont:

- Crétacé inférieur à prédominance de faciès marneux;
- Lias et Dogger des calcaires constituant un alignement des crêtes rocheuses (ligne des SOFS);
- Crétacé supérieur marneux et marno-calcaire;
- Tertiaire du Miocène Inférieur et moyen des marnes détritiques.

Les termes de cette zone pré-rifaine ont été décalés au niveau du trias gypso-salin que l'on rencontre partout dans cette unité, avec des épaisseurs pouvant être considérables par endroits.

L'extrait de carte structurale du Rif, ci-après- illustre les principales unités géologiques caractérisant le pré-rif et le rif externe.

La litho-géologie de ce domaine montre essentiellement les quatre séries fondamentales suivantes:

- Séries marneuses et marnes détritiques;
- Marnes schistosées, schistes gréseux et flyschs;
- Séries rocheuses calcaires d'âge lias;
- Formations quaternaires (Terrasses d'oueds, éboulis, colluvions, ...).

1-2/ Réseau hydrographique:

Le relief et le cadre géologique du pré-rif central ont développé un réseau hydrographique très important.

Les différences d'altitude associées à la dureté des couches, entre le préif et le domaine rifain en général, façonnent l'aspect des grands oueds. Au Sud, les oueds évoluant dans le domaine marneux préifain, présentent des lits majeurs très larges favorisant ainsi le développement d'importantes plages alluvionnaires (oued Lakhdar, oued Innaouen, oued Lben, oued Sebou, . . .). Ces plages de ballastières d'oueds présentent des étagements de terrasses alluviales quaternaires s'étendant le plus souvent sur de grandes surfaces avec un profil relativement stabilisé depuis longtemps.

Au Nord, les oueds sont, au contraire, très encaissés dans des vallées étroites et des gorges (oued Asfalou, oued Sra, oued Ouergha à son amont, ...). Les terrasses quaternaires sont pratiquement inexistantes à l'exception des plus récentes ou en des points particuliers.

En été, les grands oueds de la région présentent un faible débit d'étiage; mais en hiver, ils sont sujets à de fortes crues pouvant être brutales. Cette irrégularité des débits d'oueds est en relation directe avec la pluviométrie et surtout avec l'imperméabilité générale des terrains combinés à la faible densité du revêtement végétal.

La région est considérée comme zone non aride au sens du catalogue des structures types de chaussées neuves Marocain.

II/ GEOTECHNIQUE DES COULOIRS DES TRACES ROUTIERS

La reconnaissance géologique et géotechnique d'un tracé routier traite des terrassements, de la stabilité des ouvrages, des emprunts et de l'impact sur l'environnement. Les terrassements représentent globalement plus de 25 % du coût de l'ouvrage; c'est le poste sur lequel l'expérience actuelle montre que l'on commet les plus grandes erreurs d'estimation. Le volume des terrassements ne doit pas se limiter à l'aspect quantitatif, correspondant à l'équilibre des déblais et des remblais. Il faut tenir compte des différents réemplois possibles des matériaux; d'où la nécessité de connaître la nature et l'état des sols en place.

Les instabilités de pentes sont imputables à la nature du sol, profil géométrique et à la circulation de l'eau souterraine. Les talus de déblais sont souvent sujets à des désorganisations de surface (Erosion, glissement, ...).

Les différentes études géotechniques routières réalisées dans la région, ont permis de ressortir deux grandes formations de sols prédominants:

- Schistes et marnes schistosees, flyschs;
- Marnes et argiles marneuses.

2-1/ Sols schisteux:

Cette catégorie de sols compacts à semi-rocheux à priori se caractérisent par leur caractère évolutif. Les matériaux évolutifs sont des sols dont les propriétés physiques et mécaniques évoluent dans le temps.

Cette évolution peut se traduire de deux manières opposées:

- Augmentation des propriétés mécaniques (cimentation par exemple);
- Diminution des propriétés mécaniques dans le temps (Altération par exemple); c'est ce dernier cas qui est implicitement évoqué.

Le qualitatif d'évolution est assez ambigu. Il recouvre en fait au moins deux concepts différents:

- Roches tendres dont la granularité, après extraction évolue, soit au cours du chantier et parfois en corps de remblai .
- Roches instables, roches stables dans leurs gisements, mais une fois extraites ou mises à nu, elles s'altèrent très rapidement dans leur nouveau contexte.

Un matériau évolutif présente des états de comportement très différents à la mise en oeuvre (structure, granulométrie, ...) et après mise en oeuvre (Teneur en eau, caractéristiques mécaniques, ...).

Cette évolution anormale de comportement non connue à priori pose problème pour la modélisation prévisionnelle du comportement des ouvrages.

C'est ainsi que le CPC des travaux routiers courants, relatif aux terrassements ne traite pas de la réutilisation de ces matériaux évolutifs en remblai ou en couche de forme. Il précise de réaliser une étude spéciale.

Les caractéristiques géotechniques premières de sols à caractère évolutif rencontrés dans la région sont relatées par le tableau ci-après. Le caractère évolutif ayant été étudié par des épreuves d'altérabilité aux cycles d'imbition et d'étuvage.

NATURE	GRANULARITE A L'ETAT DE PRELEVEMENT % (MM) (1)			GRANULARITE APRES EPREUVE ALTERABILITE % (MM) (2)			PLASTICITE		CLASSIFICATIONS LPC	PORTANCE CATALOGUE	
	> 20	> 2	< 0,08	> 20	> 2	< 0,08	WL %	IP %	(1) (2)	CBR %	CLASSE Si
Schistes fracturés plus ou moins altérés.	25 à 47	79 à 87	6 à 8	0	44	21	23	7	GA/GM	16	S3 à S2
Limons schisteux	24	44	43	0	16	57	43	19	GA→AP	5	S1
Schistes altérés grisâtres à jaunâtres	0	51	24	0	25	55	48	22	GA→AP / AT	3	S0
Marnes schistées	0	5	83	0	0	95	57	31	AT	4	S0
Marnes schisteuses	0	19	63 à 99	-	-	-	44 à 65	24 à 38	AT	2,5	S0
Schistes altérés et marnes schisteuses	0	74 à 36	15 à 38	0	35	68	25	17	GA→AP	7	S1

L'évolution de certains sols simplement sous quelques cycles les fait passer de la classe des graves (sols à priori portants) à la classe des argiles (sols peu portants).

En fait, les sols très évolutifs sont à considérer très sensibles à l'eau et très peu portants à long terme. Ils peuvent être caractérisés par un indice portant CBR variant entre 2 & 7 % correspondant à une classe catalogue SO à S1.

Ces résultats sont donnés à titre indicatif. Des études détaillées restent à mener sur ces sols pour bien appréhender leur comportement et leur évolution.

Ce sont des sols très sensibles à l'eau et de très faible portance. Leurs caractéristiques géotechniques essentielles, sont relatées sur le tableau suivant:

NATURE	GRANULARITE (MM) %			PLASTICITE		CLASSIFICATION LPC	PORTANCE CATALOGUE		CARACTERISTIQUES MECANIQUES				
	> 20	> 2	< 0,08	WL %	IP %		CBR %	CLASSE	CU KG/CM ²	ρ_u	C' KG/CM ²	ρ'	Ig %
Marne grise compacte et indurée	0	1 à 12	79 à 95	41 à 63	25 à 32	AT	5	S1/S0	1,1 à 1,2	14 à 19	0,3	30	0,011 à 0,016
Marne bleue indurée	0	4	52 à 98	46 à 67	28 à 38	AT	-	S0	0,75	13	0,2	24	0,032
Argile noirâtre marnotirreuse	0	9	59 à 98	42 à 58	25 à 35	AT	3	S0	0,6	8	0,1	27	0,096
Marne sableuse jaunâtre	0	2	86	41	20	AP	5	S1	1,8	16	0,1	28	0,032
Marne noduleuse	0	0 à 26	61 à 96	72	51	AT	2	S0	1,85	21	1,4	29	0,015 à 0,062
Marnes & Argiles compactes	0	6	63 à 99	51 à 63	24 à 38	AT	2,5	S0	-	-	-	-	-

Il en ressort des sols très fins, très plastiques avec une grande rétention d'eau et un pouvoir de gonflement à prendre en compte.

Cette famille de sols peut être caractérisée par une classe de portance SO au sens du catalogue des structures de chaussées neuves Marocain. Ce sont des sols sujets au phénomène de solifluxion et de reptation dans les talus, et instabilité volumétrique dans l'ensemble

III / CONCEPTION DES CHAUSSEES

La réalisation des chaussées sur ces sols (évolutifs ou fins très plastique expansifs), présente des difficultés nécessitant des dispositions constructives spéciales.

Les phénomènes alternatifs de retrait et de gonflement tiennent à la nature minéralogique des argiles dont ils sont constitués. Ils peuvent considérablement absorber et rejeter de l'eau selon les conditions hydriques du milieu. Les variations de volume et de pression qui en résultent peuvent être énormes. En saison sèche, une importante déshydratation se produit conduisant à l'ouverture de fissures larges de retrait. En saison humide, l'eau pénètre par les fissures et imbibé le terrain qui subit un gonflement mettant les ouvrages qu'il supporte en péril.

3-1/ Terrassements:

Sur un relief souvent accidenté, les terrassements d'ouverture de plateforme sont importants de point de vue quantitatif. Les déblais sont globalement extrables aux engins de terrassements sans difficultés majeures. Leur réalisation est limitée, dans le temps, aux périodes sèches et en dehors des pluies. Les matériaux en provenance des déblais ne sont réutilisables en remblais qu'avec des restrictions (limitation de hauteur, traitement, protections, ...). Pour les matériaux évolutifs, seule une étude spéciale de laboratoire permet de définir les conditions et les précautions de leur réutilisation en remblai.

Les déficits en matériaux de remblais et de couche de forme ne peuvent être comblés qu'à partir d'emprunts dont l'exploitation est coûteuse compte tenu des distances de transport.

La pente à donner aux talus résulte d'un compromis à réaliser entre les phénomènes dûs à l'érosion et la stabilité des masses découpées (déblais) ou édifiées (remblais). Les études de stabilité des talus, réalisées au moyen de différentes méthodes de mécanique des sols, à l'occasion de différentes études géotechniques de tracés neufs, ont conduit à l'adoption de très faibles pentes et nécessite de prendre des dispositions de drainage. Les pentes courantes suivant lesquelles seront taillés les déblais sont de 1/3 à 1/2 (Vertical/Horizontal). Cette faible pente de talutage sur versants et terrains inclinés conduit à des volumes de déblais énormes.

3-2/ Traitement de l'environnement et de l'assainissement:

Dans le contexte géotechnique de la région de prérief, l'environnement et l'assainissement de la plateforme jouent un rôle très important dans la bonne tenue et la pérennité de la chaussée et ses annexes.

Les protections assurant la stabilité des masses découpées ou constituant la butée de celles édifiées contre le fluage et glissement, sont d'usage très courant et indispensable. Les ouvrages de protections classiques sont en maçonnerie ou en gabions.

Entre le fossé et le talus de déblais, une banquette suffisamment large permet l'accumulation des débris d'éboulement et de glissements de crêtes venant combler le fossé en terre ou bétonné.

Au niveau de l'assainissement de la plateforme, les fossés en sols érodables et en forte pente longitudinale, doivent être bétonnés. En outre, ce bétonnage de fossé constitue une butée de la plateforme. Les ouvrages d'assainissement classiques (buses, dalots, ...) seront soigneusement implantés dans les versants et terrains inclinés avec des aménagements et protections en amont et en aval (Aménagements de têtes, massifs antiravinement, ...).

D'une manière générale, les traitements de l'environnement et de l'assainissement amènent la réalisation d'ouvrages très fréquents le long du tracé et leur maintenance permanente, sans quoi la route périt.

3-3/ Structures de chaussée et traitement des accotements:

Pour les plate-forme de sols très peu portants et sensibles à l'eau, le catalogue des structures types de chaussées neuves Marocain recommande, en fonction de la classe de trafic, une couche de forme variant entre 0,40 & 0,60 m d'épaisseur sous le corps de chaussée.

La réalisation de cette couche de forme est indispensable pour diminuer les effets néfastes sur la chaussée des instabilités volumétriques du sol et améliorer la portance de la plateforme à court et à long terme. Elle est constituée de tout-venant d'oued.

Le traitement des accotements est conçu de façon à assurer le drainage efficace de l'ensemble de la plateforme et jouer écran vis-à-vis des mouvements latéraux du sol. La structure recommandée est constituée d'une couche anticontaminante ou de forme reposant sur le sol de plateforme et poursuivie jusqu'au fossé, d'une couche drainante et une couche de surface.

Les accotements et fossés ne doivent pas permettre l'infiltration des eaux dans ou sous la chaussée.

IV/ CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS

Il ressort de cette analyse que la construction routière et l'entretien des infrastructures routières dans cette région suivant les techniques classiques coûtent très chère et que par conséquent, le développement d'une technique routière adaptée à ce contexte géotechnique est impératif. Ce développement passe par la réalisation d'un programme de recherche appliquée:

- En laboratoire pour la connaissance en profondeur des sols et matériaux granulaires de la région.

- Et in-situ pour la connaissance de leur comportement réel en interaction avec celui des ouvrages et ce dans le cadre de planches expérimentales ou chantiers pilotes de développement des techniques.

Les axes prioritaires de ce programme de recherche à mener sont:

- Traitement des sols fins très plastiques;
- Etude du comportement des matériaux évolutifs;
- Valorisation des matériaux locaux des gisements alluvionnaires comme ressources potentielles en granulats à usage routier de cette région par l'expérimentation de grave traitée, améliorée ou hors norme en couches de chaussée;
- Etudes de comportement des instabilités géotechniques des talus et versants naturels;
- Etudes de comportement des dispositions de drainage, assainissement et tenue générale de la plateforme routière.