

Géotechnique routière au Sahara 1950 – 2010
Bilan et recommandations.

M. Boublal, Ingénieur Expert LEC Géosciences Manager.

Mots clés :

Technique routière saharienne – matériaux Sahariens – granulats - Spécifications.

Résumé :

Les idées et principes de la Technique Routière Saharienne ont commencé à voir le jour à partir du milieu des années 50 ; notamment à l'occasion de la réalisation du tronçon de route

-(actuellement RN 48)- devant relier Guemar à El Oued et cela en raison de la rareté des matériaux pierreux et surtout du bon comportement du sable gypseux utilisé pour les constructions locales d'habitat. On doit souligner que ces idées ont aussi germé dans l'esprit des ingénieurs routiers qui avaient la charge de la construction de la route Ghardaïa -Ouargla et qui étaient obligés d'utiliser dans le corps de chaussée -(CB et CF)- des matériaux 'non classiques' pour répondre à la rareté des matériaux alluvionnaires dans la zone Zelfana- Ouargla. Intuitivement avec toutefois un éclair de génie et peut être aussi par souci de gagner du temps pour rejoindre les gisements pétroliers de Hassi-Messaoud ; des matériaux sablo-gypseux ou carrément des tufs calcaires utilisés en corps de chaussée avaient donné des résultats plus que satisfaisants et cela relativement aux matériaux classiques

-(graves alluvionnaires ou graves concassées utilisées dans le tell humide)-Il s'est même avéré que les matériaux classiques conviendraient moins que les matériaux plus ou moins fins sablo-gypseux ou 'tufeux'. Suite donc à ces réussites ; dues en partie à l'abondance de ces matériaux aux droits des tracés des routes sahariennes et en partie à la nature du climat pour une pluviométrie faible à très faible -(bande inférieure à 100 mm avec la majorité de bandes inférieures à 50

mm ou hyperarides)- ; et sans oublier la nature du trafic, peu intense et lourd mais agressif, pour lequel étaient censées construites ces longs itinéraires sahariens. Ce dernier paramètre -(le trafic)- étant directement en relation avec la notion de fatigue de la chaussée ; il fallait donc justifier théoriquement l'opportunité d'utilisation de ces matériaux non classiques en corps de chaussée pour s'assurer; disons ; rationnellement de la durée de vie des routes construites et convaincre ceux qui gèrent le budget de la rentabilité de cette option. A partir de là furent donc établies les principes de la TRS ; dont notamment le principe qui stipule qu'on peut accepter de plus grandes déformations dans la couche de base avec des répétitions de charges moindres que celles occurrentes au Nord par exemple ; autrement dit une route réalisée selon les principes de la TRS est équivalente à une route classique **selon la logique suivante** ; une route classique dimensionnée pour une durée de vie de 15 ans , devant supporter un trafic lourd de 300 camions par jour ou 300 répétitions de charges est **équivalente** à une route réalisée selon la TRS devant supporter un trafic lourd de 50 ou 60 camions par jour ou 50 répétitions de charges. Si on ajoute à cette logique le fait que les modules de Young d'un bon sable gypseux ou d'un bon tuf calcaire -($E_{MOY} = 3500$ bars)-, mis en œuvre selon les règles de l'art ; sont très proches de celui d'une grave alluvionnaire ou d'une grave concassée -($E_{MOY} = 5000$ bars)- ; on ne sera pas loin d'adopter carrément l'emploi de la TRS en contexte saharien et cela même pour un trafic important.

Ainsi donc se trouve entièrement justifiée l'application de la TRS à nos routes sahariennes et ainsi donc et par améliorations légères s'était généralisée à des matériaux fins ou légèrement graveleux -(Arènes granitiques, limons graveleux,

argiles indurés, Tout-venant d'oueds ; etc...)-. On doit finir ce résumé très succinct en soulignant le fait que les anciennes routes sahariennes réalisées selon les principes de la TRS s'étaient comportées normalement ; sans déformations excessives et sans fatigue prématurée ; les renforcements n'ont été programmés que durant les années 80 ; soit 25 à 30 ans après leur mise en service. Suite à ce bref historique sous forme de rappel ; viendrait la question fondamentale qui fait l'objet de notre article ; Qu'en est-il aujourd'hui de cette TRS ? Bien des congrès (le premier et le second de Béni-Abbés et la conférence routière Africaine d'Adis Abéba) ont été tenus ; bien sûr pour expliquer et appuyer cette technique ; Bien des thèses d'Ingénieur de Magistère et de Doctorat ont été présentés et toujours dans le même esprit ; le résultat actuel ou la réalité actuelle est que les cahiers des charges font mention de grave concassée, de béton bitumineux et les mémoires d'ingénieur (en condition sahariennes) traitent eux de graves laitier ; c'est-à-dire des matériaux nobles qui reviennent très chers à l'état et qui sont loin d'être justifiés du point de vue technico-économiques ; il s'agit clairement de routes non rentables.

Comment expliquer et justifier ; techniquement et économiquement et devant une technique éprouvée ; par exemple un approvisionnement de granulats en provenance de Ghardaïa et de Ain Touta pour réaliser une route à Gassi-Touil ou à Berkine ?

Progressivement et sans que l'on arrive à se rendre compte ; une dérive technique est entrain d'avoir lieu en revenant à la case départ et les directives et normes applicables au Nord réapparaissent que ce soit au niveau du dimensionnement des structures ou du contrôle de leur réalisation ; de mal en pis.

La première conséquence directe est l'épuisement progressif des zones d'emprunt de matériaux durs (silico-calcaire) pour la production d'agrégats.

La seconde étant l'anarchie sans précédent dans la conception des cahiers des charges

et l'utilisation des normes ; que ce soit au niveau des directions des travaux publics, des laboratoires chargés de contrôles ou des entreprises nationales ou celles du secteur pétrolier chargées de gérer des réseaux aussi importants (sinon plus) que ceux dévolus aux DTP.

1- Genèse d'une technique routière particulière au Sud

Tout au début de la pénétration française dans le Sud Algérien et en raison de la découverte des champs pétroliers du Grand Sud Algérien, les ingénieurs routiers français ont eut à appliquer la technique classique validée en métropole pour la réalisation des routes Sahariennes.

Cette technique étant basée sur une pluviométrie conséquente, exigeait l'utilisation de matériaux caillouteux en corps de chaussée et la proscription des matériaux fins ou contenant des particules argileuses -(problèmes de déformations excessives et de portance).

C'est sous ces considérations qu'ont débuté les réalisations des premières routes dans le Sud algérien, c'est-à-dire au début des années cinquante.

C'est en 1955 que les premiers tronçons, Ghardaïa-El Golea et Ghardaïa-Ouargla ont commencés à être réalisés.

Le corps de chaussée avait la même constitution qu'en Europe, c'est-à-dire un matériau de base graveleux ou caillouteux avec très peu de fines (et parfois même du reg ramassé) recouvert d'un mélange bitumineux avec interposition d'une couche de rigidification (Binder).

Ces routes s'avèrent rapidement coûteuses ; en raison d'une part des grands linéaires à construire et d'autre part en raison de la rareté des matériaux nobles - (pierre à concasser ou alluvions d'oueds)-

A ce propos ; il faudra préciser que si la région de Ghardaïa et El Golea présentent un relief plutôt rocheux susceptible de fournir la pierre nécessaire (même pour des coûts de production élevés) les régions d'Ouargla, du Nord et du Sud de Ouargla présentent des zones de ramassage (Haoud El Hamra), la région s'étendant de Hassi Messaoud à Belguebour (400 Km en

moyenne) et Hassi Berkine ne comporte aucun affleurement de pierre.

La pierre dans les régions précitées est généralement fournie par les plateaux et cuestas correspondants aux affleurements du Crétacé ; la carte donnée en Fig. 1 montre que les zones pouvant fournir des quantités régulières et appréciables se situent dans les zones hachurées (2 en légende), par contre les zones de Ouargla, de Touggourt et du Souf sont très pauvres et la région des concasseurs de Haoud El Hamra ne fournit de la pierre que par ramassage et ripage.

Cette carence en matériaux pierreux induit automatiquement des surcoûts de transport et un accroissement du trafic routier.

Le développement des régions précitées induit donc une consommation conséquente en agrégats aussi bien pour la réalisation des routes que pour la réalisation de projets concernant les secteurs de l'habitat et des hydrocarbures.

Les ingénieurs routiers se sont donc rapidement aperçus que des matériaux (tufs calcaires et gypses) utilisés pour la réalisation des pistes de services présentaient des caractéristiques et des performances de portance très appréciables. En plus de ces caractéristiques ; ces matériaux présentent des propriétés de durcissement après humidification et séchage à l'air ; donc des portances fortement appréciables qu'il faudra estimer par des essais ; ce fût fait par analogie avec la technique des sols-ciment anglais.

Rapidement donc, une corrélation entre la résistance à la compression -(puisqu'il s'agit de matériaux fins)- et l'intensité du compactage fut mise en évidence et ce fut la voie vers la réflexion pour une rationalisation (essais de laboratoire) de l'utilisation des matériaux calcaireux, gypseux et calcaire-gypseux en corps de chaussée.

D'emblée ce sont donc les questions suivantes qui ce sont posées d'elles mêmes aux ingénieurs ; à savoir entre autres : quels sont les critères rationnels permettant de choisir ces matériaux ? Comment les mettre

en place et par là comment contrôler cette lise en place ?

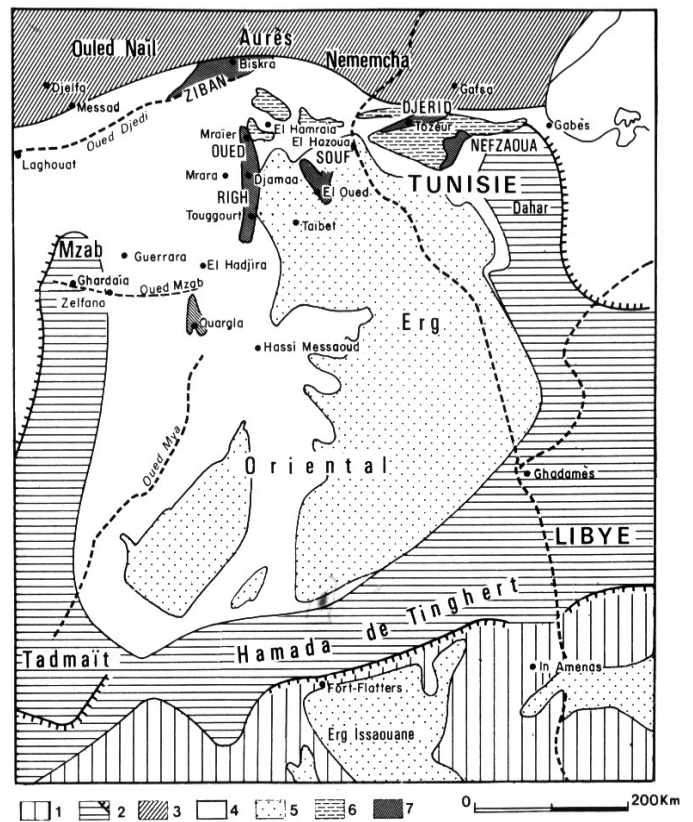


FIG. 1. — Les oasis du Bas-Sahara.

1. Affleurements primaires. — 2. Plateaux crétacés et cuestas. — 3. Reliefs atlasiques. — 4. Remblaiement du Continental terminal. — 5. Ergs. — 6. Sebkhahs. — 7. Grandes régions d'oasis.

Figure 1. Affleurements montrant les possibilités d'exploitation de zones pour la production de pierre pour agrégats. (Source A. Cornet)

L'étape suivante était la mise en place d'un système théorique qui permettait non seulement de comprendre le comportement de ces matériaux en corps de chaussée mais aussi par la construction de modèles afin de pouvoir prévoir leur comportement sous charge et par là calculer les épaisseurs nécessaires à mettre en place ; évidemment avec l'hypothèse d'un trafic peu intense mais très lourd ; soit une faible répétition de charges ; et tout cela

Dans un premier temps parce qu'il est permis de supposer que dans un deuxième temps et après leur mise en service sous-chaussée ; ces matériaux se révéleraient plus performants. .

La revue Routes et Aéroports et la revue Construction, toutes deux éditées en langue

Séminaire national de la route et la sûreté de la circulation 29 & 30 Novembre 2010
Université KASDI MERBAH Ouargla

Française, ont commencé à partir de 1955 à publier et à réunir les articles et documents techniques établis par les ingénieurs routiers sur la base des observations et expérimentations sur chantier.

Des noms ont commencé à apparaître tels que Fenzy, Masson, Fumet, Barbet pour ne citer que ceux là et plus récemment dans les années 70 J.C Hortas.

C'est ainsi qu'a commencé à naître une technique routière propre aux zones Sahariennes et qui fût dénommée par la suite TRS.

Il faudra préciser que la genèse d'une technique routière propre aux zones arides n'est pas exclusive au Sahara Algérien mais il en est de même pour l'Afrique du Sud avec Netterberg, la Tunisie avec Ben Dhia et le Maroc.

La différenciation principale avec les zones du Nord (où l'on utilise les techniques usuelles Européennes) réside dans la faible pluviométrie enregistrée dans les zones désertiques (inférieure à 100 mm); ce qui autorise l'utilisation de matériaux sensibles à l'eau, proscrits sous une pluviométrie plus conséquente.

Il faudrait cependant noter que cela n'est plus valable dans les zones chottouses.

Le schéma logique de l'évolution des idées de la TRS et par conséquent de la construction de sa théorie est enchaîné comme suit :

1 : Observations sur site du comportement des chaussées réalisées selon TRS sous trafic ; avec mesures de déflexions surtout ;

2 : Etudes au laboratoire des matériaux en question et élaboration des courbes de variations

3 : Etablissement de corrélations entre les différents paramètres en relation avec la portance mécanique et les déformations ;

4 : Elaboration d'articles pour différentes revues en vue de propager ou vulgariser ces idées et de créer ainsi un débat scientifique ;

5 : Séminaires

6 : Directives techniques ;

7 : Normalisation.

Les trois premières phases ont été menées à partir de 1955 pour ce qui est d'une première approche permettant de comprendre grossièrement le comportement des matériaux Sahariens en corps de chaussée et l'ont été principalement ce travail à l'ingénieur Fenzy.

L'aboutissement en a été la tenue du premier Congrès ou séminaire à Béni-Abbés, appelé dès lors **Séminaire de Béni-Abbés**.

Avec l'avènement de l'indépendance le processus en est resté à la tenue de ce séminaire et à partir de la synthèse réalisée par J.C Hortas dans son livre intitulé : *les encroutements calcaires et les encroutements gypseux en géotechnique routière*, qui constitue la principale référence en matière de technique routière au Sahara, les efforts entrepris initialement n'ont pas connus la continuité nécessaire et seuls des travaux éparpillés ont vu le jour.

A partir de 1984 il fut décidé de poursuivre l'étude plus approfondie des matériaux sahariens au laboratoire afin d'en cerner l'utilisation en géotechnique routière ; ces études ont été menées sous forme de sujets de thèses de fin d'étude octroyés aux élèves des écoles d'ingénieurs.

La première thèse en ce sens portant le titre : *utilisation des sables gypseux en corps de chaussée* a été soutenue en **1985** par un élève ingénieur de l'école nationale des travaux publics.

Bien d'autres thèses suivirent précisant de plus en plus le sujet et la dernière en date, préparée au sein du Laboratoire LEC (sujet octroyé par le même laboratoire) portait pour titre :

Étude géotechnique des sables gypseux comportements géo mécanique sous charges vibrantes ; ce sujet soutenu en **2008** par un binôme de l'université de Ouargla vient compléter et terminer celui de **1985**.

En effet les premières approches considéraient un comportement statique de la chaussée sous charge, la dernière thèse précise la première en considérant un

comportement dynamique sous charge répétées de la chaussée.

Résumé chronologique des publications et rencontres :

- A partir de 1955 Divers articles dans les revues routes & Aérodrômes et Construction.
- En 1963 premières rencontres à Ouargla sur la technique routière saharienne.
- Tenue du 1° Séminaire a Béni Abbes en Mars 1965.
- Présentation par le Ministère des Travaux Publics d'une communication ayant pour thème ; *état actuel de la construction routière au Sahara*, a Addis Abeba en 1969.
- Mémoire technique de JC Hortas 1979.
- Tenue de la IV° conférence routière Africaine, Nairobi 1980.
- Tenue du 2° Séminaire à Béni Abbes en Janvier 1994 soit 30 ans après le premier du nom.

2 - Synthèse des résultats obtenus

En fait ce sont les conditions géologiques, économiques et d'ordre climatologiques qui ont imposé :

- Les critères de sélection des matériaux
- La conception du corps de chaussée

En premier lieu si la forte pluviométrie du Nord exclut l'utilisation des matériaux fins ou argileux en corps de chaussée, la relative sécheresse du Sahara (précipitations <100 mm) ouvre un large éventail de possibilités. Donc tous les matériaux fins pouvant développer une cohésion après humidification appropriée et séchage (par exemple à l'OPM) peuvent être utilisés sous condition de présenter une résistance en compression suffisante, soit $R_c = 25$ bars en compression simple, selon Fenzy en adoptant la théorie des fondations isolées (avec un coefficient de sécurité de 3), déterminée sur des éprouvettes du type sol-ciment.

Cependant et en utilisant des matériaux avec une RC inférieure à 25 bars (comprise entre 15 et 20 bars); nous avons pu mesurer des déflexions acceptables ayant permis une durée de vie convenable pour une chaussée (cas de mon expérience sur le

réseau routier d'Alrar, se référer photos et commentaires 1 page 11).

Hortas introduit alors un nouveau critère de classification ; c'est la notion de sols salins. En effet il a été vite démontré que si certains matériaux présentaient des granulométries semblables a celle des sables, il n'en reste que l'analyse chimique montraient que leur composition étaient soit des gypses, des gypso-calcaire ou des calcaires ; tout simplement : est née alors l'appellation de sables-gypseux ou de sables gypso-calcaires.

La cohésion étant assurée par un phénomène de pseudo-prise ; sous forme d'aiguilles enchevêtrées pour le gypse et sous forme de fortes liaisons physico-chimiques pour les matériaux carbonatées (assimilable a celle du ciment mais n'ayant rien a voir avec la prise de ce dernier. En effet si la prise des matériaux sahariens est réversible dans beaucoup de cas, elle est irréversible pour le ciment)

Pour ce qui concerne la nature des revêtements hydrocarbonés utilisés en TRS ; la climatologie et la déformabilité des couches sous-jacentes imposent des spécificités quant à la formulation des revêtements ; en effet les forts écarts thermiques en milieu désertique (l'écart entre les températures diurnes et nocturnes pouvant atteindre 20 a 25°) génèrent des contraintes thermiques qui provoquent la fissuration des enrobés trop épais ou rigides.

La géologie, elle, et notamment les affleurements n'offrent pas dans tout le Sahara des quantités suffisantes de pierres et roches à concasser pour la production d'agrégats ; ce qui induit par conséquent des contraintes d'ordre économique.

En tout état de cause les études, thèses universitaires et recommandations ont abouties a tirer certaines conclusions :

- Sur le plan de la terminologie le mot carrière utilisé au Nord doit être remplacé par zone d'emprunt au Sahara ; en effet les formations géologiques du Sahara offrent des dépôts de surface peu épais (entre 0.50 et 3.00 m en moyenne) contrairement aux formations du Nord qui offrent des

Séminaire national de la route et la sûreté de la circulation 29 & 30 Novembre 2010
Université KASDI MERBAH Ouargla

carrières et des fronts de taille pour la pierre.

- Pour le choix et la sélection des matériaux sahariens, devaient être pris en compte les éléments suivants : la nature chimique, la granulométrie, la cohésion pouvant être estimée (par mesure de résistance à la compression) L'amélioration des caractéristiques géo mécaniques pouvant être envisagée par ajout de chaux.

L'éventail des matériaux est très large : sables gypseux, sables carbonatés, gypso-calcaires, sables grossiers cohérents du Gassi Touil, arènes granitiques et limons graveleux du plateau d'Alrar.

- Pour la classification des sols sahariens l'approche la plus plausible est celle des sols salins (basée sur la nature chimique et la granulométrie) au niveau localisé pour les zones d'affleurement de ces matériaux. Pour ce qui est des autres zones ; peuvent être utilisées les classifications usuelles (Granulométries et indices de plasticités). **Il apparaît donc que les sols sahariens présentent une telle diversité que la classification doit être faite par zone d'emprunt de matériaux de même nature.**

Divers auteurs ont déjà proposé ; chacun selon le contexte étudié ; une classification zonale.

- Concernant le dimensionnement, là aussi le choix des méthodes adéquates est fonction de la nature du sol support et du matériau à mettre en place ; les abaques donnés par Fenzy sont toujours applicables et pour les traversées des zones chotteuses la méthode CBR l'est aussi. Ce qui montre la spécificité de la TRS. Les sols sahariens étant secs et généralement portants ; les épaisseurs requises pour le corps de chaussée (CB + CF) sont comprises entre 20 et 30 cm.

- L'imprégnation au cut back 0/1 est toujours indispensable pour le collage des couches de base et roulement et pour la stabilisation du premier centimètre de la couche de base vis-à-vis des efforts de cisaillement. Le dosage usuellement préconisé de 1.2 Kg/m² doit être revu en fonction des types de matériaux utilisés ; en

effet plus la porosité des matériaux est élevée plus le dosage est conséquent. Nécessité donc de procéder à un test d'imprégnation pour définir la quantité réellement nécessaire.

Il existe des cas particuliers (matériaux argileux ou calcaires –exemple de certains tronçons de la Transsaharienne) où la fermeture des pores de surface est telle qu'elle nécessite l'emploi de bitumes type 150/250 en lieu et place du cut back 0/1 ; dans ce cas le terme exact utilisé est accrochage et non imprégnation.

- Le choix du revêtement reste conditionné par les écarts de températures diurnes et nocturnes du Sahara et de la déformabilité relative des matériaux sahariens ; en effet l'écart peut atteindre en hiver 20°C c'est à un véritable choc thermique générateur de contraintes qu'est soumis le revêtement.

Le revêtement doit être donc souple pour supporter ce choc thermique et le choix doit être **obligatoirement** orienté vers les enrobés à froid ouvert (Agrégats 2/16 et bitumes 150/250 ou 400/600 selon la saison).

Afin de s'adapter aux déformations de la couche de base ; l'épaisseur doit être aussi telle que la rigidité de la couche de roulement ne soit pas trop élevée ; une épaisseur de 4 cm à 5cm après compactage a donné à ce jour des résultats acceptables)

Résumé : les matériaux Sahariens par développement d'une cohésion après humidification et compactage se comportent comme un béton de terre.

Les modules statiques escomptés seront de l'ordre de 3500 bars. Lorsque le contrôle de compactage est réalisé correctement nous n'avons pratiquement pas observé de déformations excessives en surface augurant d'une rupture du corps de chaussée ; les déflexions relevées sur plusieurs itinéraires et pour différentes saisons sont toujours faibles (inférieures à 80/100).

Les contraintes sont donc bien réparties et absorbées avec sécurité par les couches de bases en matériaux Sahariens ; à la manière d'une dalle semi-rigide.

Séminaire national de la route et la sûreté de la circulation 29 & 30 Novembre 2010
Université KASDI MERBAH Ouargla

Le maintien des caractéristiques de la couche de base dans le temps et conséquemment la durée de vie de la route est directement conditionné par la réussite du revêtement hydrocarboné qui doit être formulé et contrôlé **avec rigueur**.

Le problème du contrôle de la mise en œuvre vient en corolaire de se qui précède et notre constat sur plusieurs expertises a montré qu'en fait le contrôle non rigoureux était la cause de dégradations précoces au niveau des réseaux routiers.

La photo 1 montre un réseau routier de 120 Km réalisé en limons calcaireux dans la région d'Alrar et qui est en service depuis 25 ans ; paradoxalement un tronçon de 30 Km réalisé dans la même région, mêmes matériaux et même entreprise c'est dégradé environ 4 mois après la mise en service ; la cause étant un contrôle non rigoureux à l'instar du premier réseau.

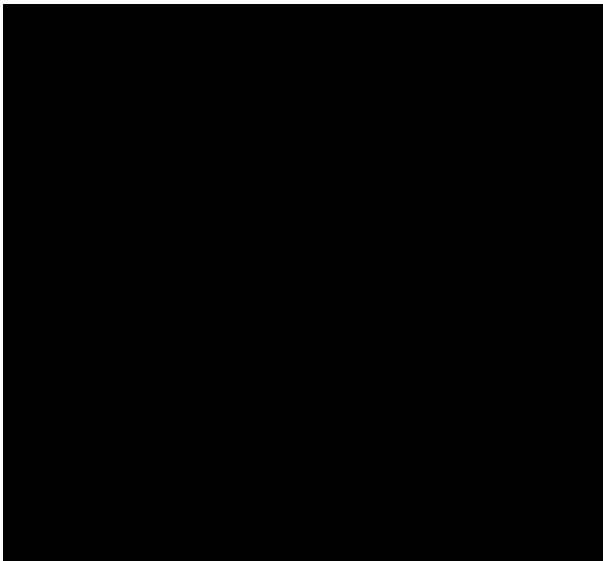


Photo 1- Route réalisée en 1985, en matériaux calcaireo-limoneux dans la région d'Alrar (Wilaya d'In Amenas) en juillet 2007, a part quelques faïençages la route tient toujours malgré le trafic agressif des camions utilisés dans le domaine pétrolier.



Photo 2- La photo montre le matériau extrait dans la région d'Alrar et débitant sous forme de grave .On remarquera la présence d'éléments centimétriques a millimétriques ; la majorité des concrétions sont réduites et l'ensemble est un limon marron clair carbonaté.



Photo 3- Emprunt de Tuf Blanchâtre dans la région de N'goussa (Wilaya de Ouargla)



Photo 4- Tronçon réalisée avec le même Tuf ; le contrôle Géogauge a donné une excellente aptitude a la déformation. L'on se demande alors pourquoi n'ya t-il pas eut imposition de grave concassée ce qui aurait été une véritable aberration et un gâchis économique.

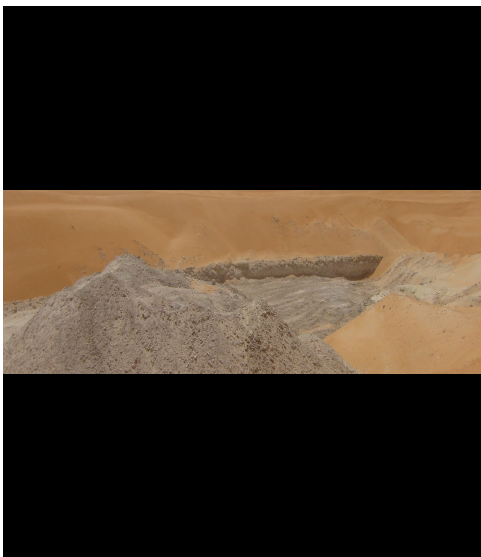


Photo 5- Emprunt de matériaux dans la région de Hassi Berkine. Il n'est pas aisé de trouver des matériaux développant une cohésion ; pour la pierre à concasser elle l'est plus.



Photo 6- Dans la même région changement total de l'emprunt ; c'est un véritable dépôt carbonaté d'une épaisseur moyenne de 2.00 m. Ces photos montrent la différence fondamentale entre ce qui est appelé carrière au Nord et Emprunts locaux au Sahara.



Photo 7 – Coupe typique relevée dans la région de N'goussa (Wilaya de Ouargla) montrant du bas vers le haut : la nappe phréatique chargée en sels –sulfates- du sable et un encroustement mure de sable gypseux formant une dalle compacte. C'est cette dalle qui est exploitée en technique routière.

4 - Constat actuel

Le lecteur du présent article devrait logiquement s'attendre à trouver dans les lignes qui suivent une application de tout ce qui a précédé ; il s'avère que non.

Nous avons constaté que de plus en plus, la technique de grave concassée qui est mal adaptée au contexte saharien (que ce soit sur le plan technique ou économique) et dont l'inopportunité d'utilisation a été prouvée depuis 60 ans d'étude et d'expérience se propage et trouve sa place au niveau de cahiers de charge et ceci que ce soit au niveau des administrations que des entreprises étatiques importantes œuvrant dans le domaine pétrolier (pour rappel certaines de ces entreprises gèrent des réseaux évalués en milliers de Kilomètres)

Plus paradoxal pour ce qui est du revêtement, on peut lire dans les cahiers des charges : revêtement en liant hydrocarboné a chaud !

Cette solution ; inadéquate dans les conditions désertiques, comme développée plus haut est présentée malheureusement même au niveau de certains mémoires de fin d'année des élèves ingénieurs.

Ayant à plusieurs reprises posé la question de savoir le pourquoi d'un tel choix et par quel organisme il le fut, il nous a été donné de constater que personne ne savait d'où provenait ce changement radical dans une technique que des générations d'ingénieurs et de chercheurs ont contribués à faire naître.

Cette déviation d'apparence anodine entraîne des conséquences dramatiques que ce soit au niveau économique ou sécurité routière ; en effet :

- Les ressources en pierres étant très limitées au niveau de la Wilaya de Ouargla, il ya lieu de savoir que cette pauvreté en matériaux pierreux concerne de même toute la région de Gassi Touil, Birkiné, Touggourt, El Oued .Avec le développement des infrastructures pétrolières la consommation en agrégats est très importantes et les agrégats convenant pour les revêtements hydrocarbonés se font

plus rares (Dureté Los Angeles exigée de 26 au moins).

La nature des gisements de pierres étant du type ramassage et ripage et non front de taille (comme au Nord par exemple) ces gisements sont à épuisement rapide et l'utilisation des rares agrégats comme grave concassée en couche de base ne fait qu'accélère encore leur épuisement !

- L'approvisionnement en agrégats pour la réalisation de couches de roulements a déjà commencé à se faire à partir de la Wilaya de Ghardaia (Au niveau d'un projet que nous contrôlons l'exigence de dureté n'étant pas assurée il a fallut s'approvisionner au niveau de la Wilaya de Ghardaia – 190 Km en moyenne). Pour la réalisation d'un réseau routier de plus de 30 Km en zone désertique (située à plus de 120 Km de Hassi Messaoud) il a été exigé de réaliser la couche de base en grave concassée !

L'impact économique se fait aussi bien sur le plan transport que sur le cout de la matière première (les matériaux extraits d'emprunts locaux sont pratiquement gratuits alors que le cout de la grave est plus que prohibitif)

Ceci, alors que l'Afrique du Sud avec Netterberg possède ses propres spécifications, pour les régions présentant des matériaux non-standard (autre que la grave concassée) ; il en est de même pour le Maroc, la Tunisie et l'Argentine dans la province de la Pampa.

Pour rappel la différence essentielle entre ces différentes spécifications et la spécification Algérienne réside dans le critère de compression simple.

- Il découle directement de ce qui précède que la fréquence des transports allant en augmentant c'est la sécurité routière qui diminue.

Si les ingénieurs routiers avaient auparavant choisi comme ligne directrice de construire des routes Sahariennes en faisant appel aux matériaux extraits localement et mis en place selon la technique dite Sahariennes (TRS en abrégé) c'était pour tenir compte de tout ce qui a été développé plus haut.

Séminaire national de la route et la sûreté de la circulation 29 & 30 Novembre 2010
Université KASDI MERBAH Ouargla

Parmi les constats importants mis en exergue ont cités : l'absence totale du contrôle du profil en travers de la route (certaines sections présentent carrément un fléchissement en axe vers le bas préjudiciable à l'accumulation aussi bien du sable que de l'eau de pluie) absence totale de rigueur dans les contrôles géotechnique routiers que ce soit au niveau du corps de chaussée que du revêtement.

L'anarchie régnant à ce niveau est telle que les cahiers de charges exigent des taux de compacité soit incompatibles avec les possibilités des matériaux à mettre en place ou au contraire bien en deçà des possibilités offertes par ces matériaux.

5 - Propositions

- Arrêter au plus vite l'utilisation de la grave concassée en corps de chaussée, sachant que non seulement ces matériaux sont onéreux et rares mais de plus sur le plan du comportement la grave est souple et sa dégradation irréversible dans le temps par attrition des agrégats; les tufs et autres matériaux sahariens ont un comportement semi-rigide et leur prise est réversible (donc réutilisables après scarification, humidification et compactage).

- Arrêter l'utilisation des enrobés à chaud sachant que non seulement ils sont plus onéreux du point de vue économique et sujets à des ruptures brutales du point de vue comportement ; alors que les enrobés à froid s'adaptent aux déformations et aux chocs thermiques en raison de leur flexibilité.

- Créer une cellule au niveau de la Wilaya pour le suivi des cahiers des charges, leur vérification et coordonner les actions des différents intervenants (DTP, laboratoires et bureau de suivi) afin de s'assurer qu'il n'y ait aucune déviation aux règles et spécifications établies.

- Introduire au niveau de l'université et écoles de travaux publics un module relatif à la TRS et autres matériaux non standards (référence étant prise par rapport à la Grave Concassée ou Grave Alluvionnaire).

- Evaluer les réserves restantes en matériaux pierreux et en réglementer l'utilisation.

- Développer et généraliser l'utilisation de la TRS au niveau des projets routiers Sahariens.

- De procéder à une classification des laboratoires de contrôles compte tenu de leur capacités matérielles, humaines et compétence ; ceci afin d'instaurer un système de contrôle très rigoureux pour la réalisation des chaussées.

En effet si l'on sait que la durée de vie de la chaussée est proportionnelle aux taux de compacité obtenus l'entreprise comprendrait alors que si le maître d'ouvrage lui paye 98% de compacité c'est pour une durée de vie plus longue espérée et donc obtenir 95% de compacité pourrait passer mais pour une durée de vie plus faible.

Bibliographie

[1] Amaraoui Zoubida, *Tuf d'encroûtements : utilisation dans la géotechnique routière*, Thèse de Magister, Ecole Nationale Polytechnique Alger, 2002.

[2] ALLOUL B. (1981), « *Etude géologique et géotechnique des tufs calcaires et gypseux d'Algérie en vue de leur valorisation routière* », Thèse de docteur 3^{ème} cycle de l'Université de Paris VI, juillet 1981.

[3] B.Mersout, le dimensionnement des chaussées Sahariennes, II^o Séminaires de Benis Abbés.

[4] De O.S. HORTA J.C. (1979), « *Les encroûtements calcaires et les encroûtements gypseux en géotechnique routière* », Service des pub. du laboratoire de M.D.S., Base SONATRACH, Blida, Algérie.

[5] FENZY E. (1966), « *Particularité de la technique routière au Sahara* », Revue générale des routes et aérodromes, 411, pp. 57-71.

[6] M.Boublal, diverses thèses d'ingénieur en encadrement, 1980 à 2010.

[7] FUMET P. (1959), « *Chaussées en sable gypseux et en sables stabilisés chimiquement* », Revue générale des routes et aérodromes, Numéro spécial « Sahara », 329, pp. 169-178.

Séminaire national de la route et la sûreté de la circulation 29 & 30 Novembre 2010
Université KASDI MERBAH Ouargla

[8]Ruellan Alain, *les horizons d'individualisation et d'accumulation du calcaire dans les sols du Maroc*, ORSTOM, Rabat Maroc, 1969

[9]Ruellan Alain, *l'histoire des sols quelques problèmes de définition et d'interprétation*, Cahier. O.R.S.T.O.M., série. Pédologie., vol. IX, no 3, 1971.