

LE LPEE/CTR LAÂYOUNE-DAKHLA, SUR PLUSIEURS PROJETS STRUCTURANTS EN COURS

DOSSIER

LE LPEE, PARTENAIRE DURABLE DU CONGRÈS NATIONAL DE LA ROUTE DEPUIS 1984

A lire également dans ce numéro



LE LPEE MAGAZINE
FÊTE SON 100^{ÈME} NUMÉRO



ENTRETIEN AVEC LE DIRECTEUR
DU LPEE/CTR LAÂYOUNE-DAKHLA



PRESTATIONS DU LPEE
EN INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES



11^{ÈME} CONGRÈS NATIONAL DE LA
ROUTE, CONTRIBUTIONS DU LPEE



+ de 75 ans

au service de la qualité au Maroc

- Laboratoire ayant dans ses statuts la mission de service public
- Laboratoire multidisciplinaire disposant d'accréditations marocaines et internationales, incluant au sein de ses Direction, le Laboratoire National de Métrologie
- Expertise

Les principaux projets stratégiques contrôlés par le LPEE :

- Autoroutes
- Ligne Grande Vitesse (LGV)
- Barrages
- Ports
- Mosquées,...

Une plus grande expérience Marocaine dans les domaines :

- Menaçant ruine
- Chimie des matériaux
- Electricité
- Modélisation hydraulique

(1^{er} Laboratoire d'hydraulique en Afrique avec l'Afrique du Sud)

Le LPEE un leader pour partenaire

25, Rue Azilal - Casablanca, Maroc - Tél. : 05 22 54 75 00 (L.G) - Fax : 05 22 30 15 50

Site web : www.lpee.ma - E-mail : lpee.dg@lpee.ma

Chères lectrices, chers lecteurs,

Le LPEE Magazine fête son centième numéro et ses trente trois ans d'existence ! La parution de ce numéro est un évènement important au sein du LPEE. Ceci témoigne d'une longévité avérée du périodique et nous donne une occasion de porter un regard rétrospectif sur le quasi quart de siècle qui vient de s'écouler dans la vie de cette édition, tout en gardant une ligne solidement ancrée dans l'histoire septuagénaire du Laboratoire et résolument tournée vers le futur et l'innovation. La thématique choisie pour ce petit flash-back étant l'expertise routière du LPEE et son apport aux niveaux national et international.

Créé en 1999 sur les traces de la Revue Ingénierie Info (1989-1999), le LPEE Magazine cible la communauté des métiers de Laboratoire et BTP en particulier et le grand public en général, c'est un magazine d'information destiné à vulgariser nos domaines d'intervention et leurs impacts concrets notamment en matière de fiabilité, durabilité et sécurité des ouvrages.

Les thématiques couvertes par le LPEE Magazine courant ces deux décennies embrassent parfaitement le contexte des grands chantiers stratégiques qui ont changé le visage du Royaume et augmenté son attractivité économique à l'international : modernisation des infrastructures routières, ferroviaires, portuaires et aéroportuaires ; construction de barrages qui se sont avérés comme un acte majeur dans le domaine de la souveraineté alimentaire ; le respect des normes de sécurité et environnementales dans l'acte de bâtir ; les mesures d'adaptation et d'atténuation des effets du changement climatique via le développement des énergies propres ; le développement des sciences transversales comme la métrologie qui a apporté une plus grande fiabilité des mesures ou encore l'introduction d'objets intelligents rendant les domaines du BTP, études et essais beaucoup plus précis et moins chronophages.

L'actualité du 11^{ème} Congrès National de la Route qui se déroulera dans la ville emblématique de Dakhla nous suggère tout naturellement de mettre en lumière le travail et les défis techniques de la représentation du LPEE dans le Sud du Royaume via son CTR Laâyoune-Dakhla, créé en 2016 pour contribuer en toute proximité à l'essor et au développement exponentiel que connaît cette Région. C'est également l'occasion de mettre à l'honneur l'apport scientifique et technique des équipes du LPEE toutes générations confondues aux différentes éditions du Congrès National de la Route, depuis le premier organisé en février 1984 à Marrakech jusqu'à la 11^{ème} édition en 2022 à Dakhla.

Ces résultats et la longévité de ce Magazine à travers les cohortes professionnelles au LPEE sont le fruit d'une vision partagée et d'un travail collectif. Ces quelques lignes sont aussi et surtout l'occasion de remerciements aux lectrices et lecteurs et à toutes celles et tous ceux qui font vivre au quotidien ce Magazine et qui permettent sa pérennité et la qualité de ses contenus.

Pour le futur, notre ambition est de conforter le positionnement du Magazine pour continuer à refléter les missions et actions de terrain du LPEE tout en accompagnant par la communication les chantiers RH lancés en 2022, dans le cadre d'une démarche participative, intégrant toutes les parties prenantes (managers, salariés et partenaires sociaux).



Mustapha FARES
Directeur Général du LPEE

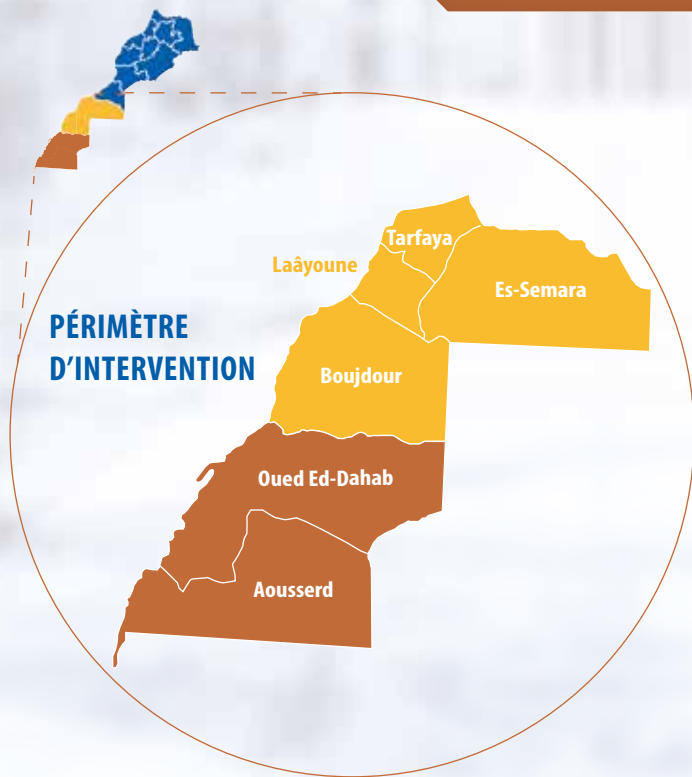


LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla



Maquette : projet nouveaux locaux du LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla

Le Centre Technique Régional Laâyoune-Dakhla, a été créé en juillet 2016 pour une meilleure proximité avec nos clients et partenaires. Cette unité est structurée et équipée pour offrir des prestations de haute qualité.



DOMAINES D'ACTIVITÉ DU CENTRE

Infrastructures de transport

- Études géotechniques routières.
- Études de formulation des bétons bitumineux.
- Suivi et contrôle de conformité des matériaux (liants hydrocarbonés, mélanges hydrocarbonés et leurs constituants, remblais, tout-venant) avant et après mise en oeuvre.
- Suivi de production des stations de traitement des matériaux.
- Assistance technique et conseil dans les différentes phases des projets.
- Relevé des dégradations et expertise des chaussées.

Matériaux, Structures et Ouvrages d'Art

- Études géotechniques des fondations des Bâtiments et des ouvrages d'Art.
- Études de formulation et essais de convenue des bétons usuels et durables.
- Suivi et contrôle de conformité des matériaux (bétons et ses constituants, remblais, produits manufacturés, matériaux des lots secondaires).
- Suivi de production des centrales à béton et usines de préfabrication.
- Expertise des Structures des Bâtiments et des Ouvrages d'Art (relevé des dégradations, carottage, auscultations, ...).



LPEE/CTR LAÂYOUNE-DAKHLA



Parc des Travaux Public BP 353 - Laâyoune
Tél : 05 28 89 48 33 - Fax : 05 28 89 11 06
Email : lpee.laayoune@lpee.ma - www.lpee.ma

SOMMAIRE

LPEE Magazine - N° 100 - 3ème Trimestre 2022

03 EDITORIAL

06 ÉVÉNEMENT

06 ■ Le LPEE Magazine fête son 100^{ème} numéro

08 CHANTIERS ET RÉGIONS

08 ■ Le LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla, sur plusieurs projets structurants en cours

- Voie Express Tiznit-Dakhla
- Nouveau Port Phosphatier de Laâyoune
- Nouveau Port Dakhla Atlantique
- Barrage Sakia EL Hamra
- Extension du Parc Éolien Aftissat
- Centre Hospitalier Universitaire de Laâyoune

11 ■ Entretien avec Kamal EL MOUEDDEN, Directeur du LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla

12 DOSSIER

12 ■ Le Réseau Routier National entre rétrospective et perspectives

15 ■ Prestations d'infrastructures routières

20 ■ Le LPEE, partenaire durable du Congrès National de la Route depuis 1984

23 ■ 11^{ème} Congrès National de la Route
Aperçu des contributions techniques et scientifiques du LPEE

29 INTERNATIONAL

29 ■ L'expertise routière du LPEE à l'international, des interventions en Afrique à forte valeur ajoutée



LPEE MAGAZINE N°100



LPEE Magazine est une publication du Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes sise 25, rue Azilal – Boîte Postale : 13 389 Casablanca 20110
Tél : 05 22 54 75 75 (LG)
E-mail : lpee.dg@lpee.ma
Fax : 05 22 30 15 50
Site web : www.lpee.ma

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Mustapha FARES

ONT CONTRIBUÉ À CE NUMÉRO

Mustapha FARES
Mohammed BERRADA
Khalid BENJELLOUN HARZIMI
Khalid EL AZDI
Kamal EL MOUEDDEN
Mohammed BENCHEQROUN
Sabah KABBADJ
Sanaa BOUGHANBOUR
Asmae EL KARMA
Hasna METRANE

Ont également contribué à ce numéro l'ensemble des intervenants LPEE au 11^{ème} Congrès National de La Route

CONCEPTION, RÉDACTION, ÉDITION

Mediating
29 bis impasse Al Adarissa,
Hassan Rabat
Tel : + 212 (0) 5 37 70 37 26
Fax : + 212 (0) 5 37 70 37 20
GSM : + 212 (0) 6 36 12 57 92
www.mediating.ma

IMPRESSION

Imprimerie Toumi
Tirage : 3000 exemplaires

AUTORISATION DE PUBLICATION

N°9/83

DÉPÔT LÉGAL

24/1984

LE LPEE EST ACCRÉDITÉ



LE LPEE MAGAZINE

FÊTE SON 100^{ème} NUMÉRO

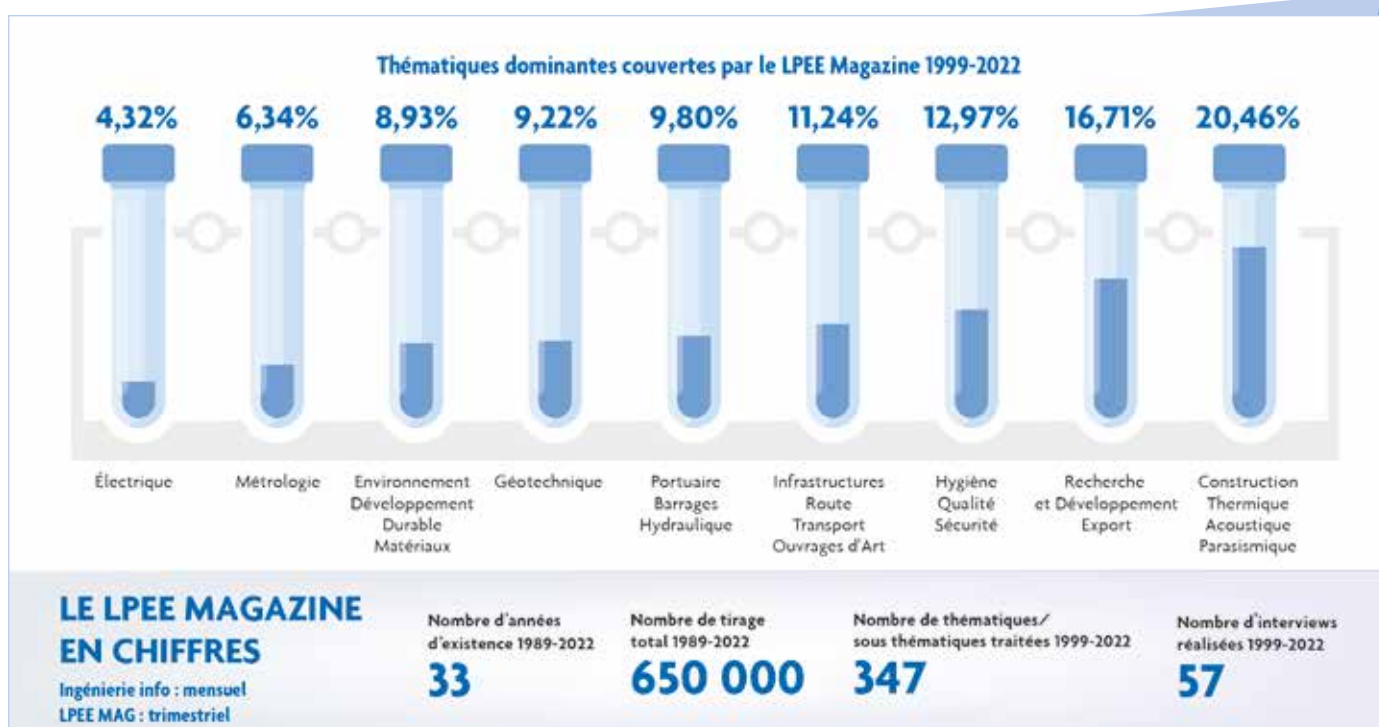
Depuis décembre 1999, sur l'héritage de la revue Ingénierie Info (1989-1999), le LPEE Magazine s'évertue à continuer à informer ses cibles à une cadence trimestrielle. Ce journal d'information officiel du LPEE est le Vecteur essentiel de communication avec la profession.

Ce numéro du 3^{ème} trimestre 2022 marque le cap des 100 publications et nous sommes heureux de partager avec nos lecteurs cette rétrospective des 100 numéros qui témoignent amplement des thématiques prioritaires qui ont forgé l'expertise du Laboratoire en parfaite synergie avec les grands chantiers de modernisation du Royaume et qui ont connu par ailleurs un travail colossal quant à l'évolution de la réglementation, de la qualité et

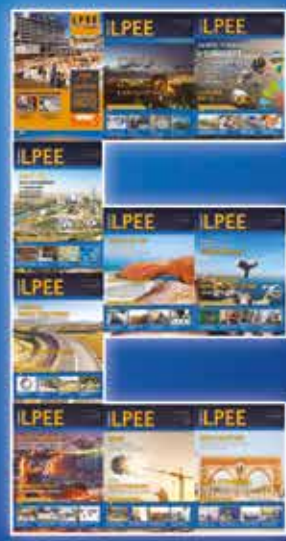
des normes régissant le BTP et les Industries Associées. Les exigences environnementales ont été également une préoccupation de première heure au sein du LPEE.

Le graphe ci-après illustre les thématiques publiées au sein du LPEE de 1999 à 2022 avec trois grandes tendances dominantes : la première s'attache à tout ce qui touche aux techniques de constructions et à la recherche et développement, la seconde fait

une large place à l'Hygiène/Qualité/Sécurité, aux infrastructures routières, barrages, portuaire, géotechnique et environnement tandis que la 3^{ème} tendance traite de thématiques transverses comme la métrologie ou encore l'électrique. Ce large éventail de thématiques non exhaustives montrent la pluridisciplinarité importante au sein du LPEE. Le nombre de couvertures par thématique est à expliquer par les évolutions des contextes règlementaires et la conjoncture des chantiers. ■



100^{ÈME} NUMÉRO



MAGAZINE



Ingénierie Info

LE LPEE/CTR LAÂYOUNE-DAKHLA,

SUR PLUSIEURS PROJETS STRUCTURANTS EN COURS

Les équipes du LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla sont à pied d'œuvre pour relever au quotidien les défis techniques liés aux grands chantiers structurants du Sud du Royaume. Cette expertise régionale est appuyée de manière constante par le savoir-faire des centres spécialisés du LPEE pour des résultats toujours plus performants et plus fiables.

Les domaines routier et portuaire constituent les principaux grands chantiers en cours dans la Région :

VOIE EXPRESS TIZNIT-DAKHLA

D'un coût global d'environ 10 milliards de dirhams, le projet de voie Express entre Tiznit et Dakhla s'inscrit dans le cadre d'une convention de partenariat signée en 2015 entre le ministère de l'Équipement et de l'Eau, le ministère de l'Intérieur, le ministère de l'Économie et des Finances, ainsi que les régions Laâyoune-Sakia El Hamra, Guelmim-Oued Noun, Dakhla-Oued Ed-Dahab et Souss-Massa.

La réalisation globale de la voie Express de 1.055 km avait atteint un taux d'avancement de 80% (fin septembre 2022), détaillé comme suit :

- 72% pour la voie Express.
- 84% pour les grands Ouvrages d'Art.
- 100% pour l'aménagement de la Route Nationale N°1 entre Laâyoune et Dakhla.

Pour faire face aux différentes contraintes liées à ce mégaprojet, le LPEE, à travers ses CTR Laâyoune-Dakhla, et Agadir-Guelmim ainsi que ses unités spécialisées s'est investi aux



➤ Pont d'entrée Nord de Laâyoune sur Oued Sakia El Hamra.



➤ Maquette du futur pont de contournement de la ville de Laâyoune.

cotés des entreprises et du Maître d'Ouvrage pour relever plusieurs défis techniques. Des laboratoires de chantier ont été mis en place, équipés en matériel performant pour assurer une prestation de qualité et de proximité. Les missions du LPEE comprennent principalement :

- Études géotechniques des fondations d'Ouvrages d'Art.
- Prospection des carrières et des zones d'emprunt.
- Mise au point des installations de traitement de matériaux et centrales d'enrobage.
- Études de formulation d'enrobé bitumineux EME, GB2, GB3 ou GB4 pour couches de base et BBME, BBM ou BBSG2 pour couches de roulement.
- Études de formulation des bétons hydrauliques et des coulis.

- Contrôle et suivi des travaux.
- Expertise.

Pont d'entrée Nord de Laâyoune sur Oued Sakia El Hamra

D'une longueur de 600 mètres et d'une largeur de 14 mètres, le pont de l'Oued Sakia El Hamra permettra d'éviter les coupures de routes à la suite d'inondations. Le taux de réalisation des travaux de cet ouvrage a atteint les 100%.

Pont de contournement de la ville de Laâyoune

La longueur de la voie de contournement sera de 7.2 km, dont un pont sur l'Oued de Sakia El Hamra long de 1650 m, ce qui constituera l'un des plus longs ponts du Royaume. Cet axe routier évitera la circulation des poids lourds au sein de la ville de Laâyoune et assurera plus de fluidité de trafic.

Le LPEE à travers son Centre Expérimental des Sols (LPEE/CES) a procédé dans le cadre de ce projet à une étude géotechnique du pont de contournement Ouest de la ville de Laâyoune afin de définir l'environnement et les contraintes géotechniques du projet. Cette étude a été complétée par une étude du risque de liquéfaction des sols traversés.

NOUVEAU PORT PHOSPHATIER DE LAÂYOUNE

Le nouveau Port Phosphatier de Laâyoune permettra la valorisation du phosphate du gisement de Boucraa et le développement des capacités logistiques (import/export) du groupe phosphatier OCP, dans les régions du Sud. Le nouveau Port Phosphatier de la ville de Laâyoune mobilise un budget de plus de 4,5 MMDH. Les travaux comprennent :

- Une structure de protection de la digue à caissons d'environ 950 m de long, dont une partie servira également de structure de quai pour l'accostage de deux navires afin de permettre le chargement/déchargement de vrac solide et liquide.
- Un pont d'accès (tréteau) aux structures d'accostage d'une longueur totale d'environ 3,2 km.
- Une rampe d'accès terrestre au pont.
- Un quai de service flottant, avec deux passerelles d'accès.



➤ Nouveau Port Phosphatier de Laâyoune.



➤ Travaux d'installation du chantier Nouveau Port Dakhla Atlantique.

NOUVEAU PORT DAKHLA ATLANTIQUE

Les infrastructures à construire comprennent :

- Ouvrages de connectivité (pont, route...).
- Ouvrages de protection d'un linéaire d'environ 6750 ml composés d'une digue principale, de deux contre-digues et d'une digue arrière.
- Ouvrages d'accostage et terre-pleins (Bassin de commerce, Bassin de pêche et Bassin du chantier naval).

Le groupement SGTM-SOMAGEC SUD, titulaire du marché travaux a confié la mission du contrôle externe des travaux de construction du Nouveau Port Dakhla Atlantique au LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla. Le LPEE s'investira au côté du Groupement dans le cadre de ce projet avec des prestations globales, intégrées et de proximité et mettra à la disposition du projet et du Groupement une équipe performante hautement qualifiée, son expertise et sa plateforme technique de pointe.

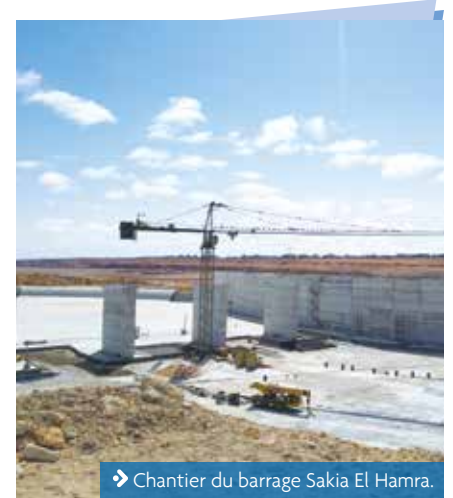
Le LPEE avec l'assistance de sa Direction des Systèmes de Management mettra en place au niveau du laboratoire de chantier du Nouveau Port Dakhla Atlantique un SMQ qui sera accrédité SEMAC conformément au référentiel NM ISO/CEI 17025 : 2018 apportant ainsi une preuve de compétence technique, une traçabilité des

processus de réalisation et une confiance par rapport à la validité et la fiabilité des résultats.

BARRAGE SAKIA EL HAMRA

Le barrage Sakia El Hamra s'inscrit dans le cadre de la convention de mise en œuvre du Programme National pour l'Approvisionnement en Eau Potable et d'Irrigation (PNAEPI) couvrant la période 2020-2027. Ce barrage mobilise un investissement de 433 millions de dirhams. Disposant d'une retenue de 113 millions de m³, il vise non seulement la recharge de la nappe mais, également, la protection de la ville de Laâyoune contre les inondations

Le taux d'avancement des travaux de ce barrage a atteint 63% (fin septembre 2022).



➤ Chantier du barrage Sakia El Hamra.

Pour assurer le contrôle et le suivi des travaux du barrage Sakia El Hamra, le LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla a mis en place un laboratoire de chantier disposant du personnel et des équipements à même de procéder à tous les essais définis dans le CPS travaux et ce, dans le cadre du contrôle externe :

- Étude et convenue des bétons conventionnels et béton projeté.
- Étude et convenue des coulis d'injection.

- Planches d'essais des matériaux pour noyau argileux, matériaux pour filtre et matériaux pour drain.
- Mise au point de la CAB et STM.
- Reconnaissance complémentaire des zones d'emprunt.
- Contrôles à l'amont des matériaux pour bétons, injections et remblais.
- Contrôles de réception.

EXTENSION DU PARC ÉOLIEN AFTISSAT

Le Parc Éolien d'Aftissat 1 de 200 MW est développé par la Société Energie Eolienne du Maroc (EEM) qui inclut la construction d'une ligne électrique de 250 KM reliant le parc au poste électrique THT de l'ONEE-BE à Laâyoune. Le projet d'extension portera la capacité de la centrale à 401,6 MW. Elle deviendra ainsi le plus grand parc éolien du Maroc. Les caractéristiques du projet sont :

- Puissance additionnelle installée : 200 MW.
- Productible annuel : 1000 Gwh/an.
- Co₂ évité : 700 000 Tco₂/an.
- Coût estimé : 3 milliards de dirhams.



➤ Travaux d'extension du Parc Éolien Aftissat.

Fort de ses expériences des parcs éoliens Akhfenir, Fom El Oued, Boujdour et Aftissat 1, le LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla s'est vu attribué les contrôles et suivi des travaux de l'extension du Parc Éolien d'Aftissat. Les prestations ont porté principalement sur :

- La réalisation d'une campagne géotechnique des pistes et plateformes du Parc Éolien, en vue de définir les structures à adopter en prenant en compte les charges du projet.

- La réalisation, par le LPEE/CES, d'une campagne géotechnique des fondations en vue de définir l'environnement et les contraintes géotechnique du projet, moyennant :

- Des sondages carottés pressiométriques.
- Des essais d'eau type Lugeon.
- Des essais géophysiques.

- La réalisation des missions de réception des fonds des fouilles des massifs des éoliennes.

- Le contrôle et le suivi des travaux, par le billet d'installation d'un laboratoire de chantier équipé pour répondre au besoin conformément aux cadences et prescriptions du CPS pour les prestations suivantes :

- Études de formulation et essais de convenue des bétons.
- Contrôles des bétons et leurs constituants.
- Suivi de température au cœur du béton pendant le coulage (LPEE/CEMGI).
- Contrôles des travaux de tassement et mise en place des pistes et plateformes.
- Contrôle des mortiers de calage des éoliennes.

- Assistance technique aux différents intervenants dans le projet pour faire face aux défis techniques du projet.

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE LAÂYOUNE

La construction du Centre Hospitalier Universitaire de Laâyoune fait partie du Programme de Développement des Provinces du Sud, lancé en novembre 2015. Ce pôle médical couvrira les trois régions du Sud du Royaume, à savoir Laâyoune-Sakia El Hamra, Dakhla-Oued Ed-Dahab et Guelmim-Oued Noun. Il s'étale sur 18 hectares dont 95.000 m² de superficie couverte avec une capacité de 500 lits. Le montant de l'investissement est de 1,2 milliard de dirhams.

Le LPEE en tant que titulaire du marché de contrôle des travaux du CHU de Laâyoune, intervient sur le projet en deux phases :

1^{ère} phase : Étude géotechnique du projet :

Le but de cette étude est de déterminer la nature du sol, l'assise des fondations, la portance et les tassements admissibles ainsi que le contexte hydrogéologique du projet :

- Exécution des sondages géotechniques des fondations de la zone bâtiments, des voiries et parkings.
- Essais nécessaires pour l'identification et la caractérisation du sol.
- Étude de synthèse sur la situation hydrologique de l'emprise du projet et de son environnement immédiat.
- Réception des fonds des fouilles des fondations du projet.

2^{ème} phase : Contrôle des travaux :

Cette phase a été marquée par l'installation et l'équipement d'un laboratoire de chantier pour le contrôle des travaux du lot gros œuvre du projet. Parmi les prestations :

- Assistance aux essais de convenue des bétons.

- Contrôles des bétons et leurs constituants (granulats, ciment, eau de gâchage et adjuvant).
- Contrôles des travaux de terrassement et de remblaiement et mise en place des pistes et plateformes.
- Assistance technique aux différents intervenants dans le projet

pour faire face aux défis techniques rencontrés.

Les prestations de contrôle des lots secondaires seront réalisées dans le cadre du même marché par les centres spécialisés du LPEE : CEMGI et CEEE.



➤ Chantier de construction du CHU de Laâyoune.

ENTRETIEN AVEC KAMAL EL MOUEDDEN, DIRECTEUR DU LPEE/CTR LAÂYOUNE-DAKHLA



AVANT LA CRÉATION DU LPEE-CTR LAÂYOUNE-DAKHLA, COMMENT ÉTAIENT GÉRÉES LES PRESTATIONS DU LPEE DE CE PÉRIMÈTRE ?

Selon l'importance et la nature des prestations, le LPEE faisait appel à son réseau soit régional via le LPEE/CTR Agadir-Guelmim soit à ses centres spécialisés. Le développement et l'accélération des grands chantiers dans la région ont amené les instances du LPEE à prendre en compte cette évolution et adapter ses structures pour répondre aux besoins d'où, la création en 2016 du LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla.

LE LPEE/CTR LAÂYOUNE-DAKHLA A-T-IL UN PLAN DE CHARGE IDENTIQUE AUX AUTRES CTR ?

Sincèrement, les équipes travaillent sans relâche. La conjoncture est plutôt

à la surcharge mais nous sommes très heureux et extrêmement motivés pour relever les défis techniques et contribuer avec nos missions de contrôle et d'assistance à faire réussir ces projets structurants et à faire de la fiabilité des résultats et de la durabilité des ouvrages un enjeu permanent. Nous intervenons sur un territoire qui connaît certaines contraintes géologiques et climatiques, ce qui rend les défis techniques encore plus grands, de véritables challenges au quotidien pour les équipes.

LE LPEE/CTR LAÂYOUNE-DAKHLA AURA SON NOUVEAU SIÈGE, POUVEZ-VOUS NOUS EN PARLER ? POURQUOI CE NOUVEAU LOCAL ? EMBLEMATIQUE, ÉQUIPEMENTS PRÉVUS, DÉLAIS, BUDGET... ?

Le futur local du LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla a été conçu pour répondre aux besoins croissants d'extension des prestations offertes au niveau Régional et pour offrir un meilleur cadre de travail pour les équipes du LPEE et se conformer notamment aux exigences de la norme ISO 17025 en matière d'accréditation.

Le local est situé dans le quartier Al Wifaq à Laâyoune, sur une superficie de

800 m² dont 400 qui seront construits en rez-de-chaussée et deux étages.

La conception architecturale a été réalisée pour que le local permette d'accueillir les équipements nécessaires pour les essais sur différents matériaux : granulats, sols, liants, enrobés, béton, ciments, produits manufacturés,

Y'A-T-IL D'AUTRES LABORATOIRES QUE LE LPEE INSTALLÉS DANS VOTRE ZONE D'INTERVENTION ? RESSENTEZ-VOUS UNE GRANDE CONCURRENCE ? QUELLE VALEUR AJOUTÉE DU LPEE ?

Le développement des Régions Sud s'est traduit par une forte demande de prestations d'études et de contrôles. Ceci a incité plusieurs laboratoires à s'installer dans la Région Laâyoune-Dakhla. La concurrence est de plus en plus grande, d'année en année au niveau des marchés publics.

De par son agilité et sa grande expérience, le LPEE est présent dans tous les grands projets dans les Régions Sud du Royaume et ailleurs. Son mode de gouvernance et organisation et son capital humain sont les facteurs clefs de ce dynamisme sans cesse renouvelé. ■

LE RÉSEAU ROUTIER NATIONAL

ENTRE RÉTROSPECTIVE ET PERSPECTIVES

Le Maroc dispose aujourd'hui d'un réseau routier de plus de 57 000 kilomètres. Quels repères principaux de l'histoire des routes au Maroc ? Quel développement technique et technologique a accompagné cette extension et quel bilan en fait-on ? Khalid El AZDI, Directeur du LPEE/CERIT a bien voulu revenir sur ces questionnements. Cet article est en filigrane un hymne à l'intelligence collective et intergénérationnelle qui s'est opérée dans l'un des domaines d'expertises phares du LPEE à savoir les routes.

AU LENDEMAIN DE L'INDÉPENDANCE : DES MOYENS RUDIMENTAIRES

Au lendemain de l'indépendance, le Maroc disposait de près de 11 500 kilomètres de routes bitumées classées en deux catégories (principales et secondaires) auxquelles il faut ajouter 30 000 kilomètres de routes tertiaires sous forme de pistes et de chemins. Les structures de chaussées que l'on retrouvait et que l'on retrouve encore dans plusieurs régions reposaient sur des techniques anciennes de blocage et de pierres cassées suivis d'un ou plusieurs revêtements superficiels. La construction routière était très peu mécanisée avec une main d'œuvre certes qualifiée mais aux moyens assez rudimentaires. Les matériaux utilisés pour le blocage et la pierre cassée ainsi que pour le revêtement superficiel étaient des matériaux locaux avec souvent des duretés très variables d'une région à une autre.

Il est difficile de retrouver les bases des méthodes de dimensionnement de cette époque, toutefois, les épaisseurs des deux couches structurantes étaient en relation avec la portance du sol support et les conditions hydrauliques du site. Les épaisseurs du blocage variaient de 15 à 25 cm et celles de la pierre cassée de 10 à 15 cm.

La construction de la route de l'Unité a été lancée en juin 1957 sur près de 60 kilomètres reliant Taounate à Ketama. Au-delà de la symbolique de son appellation et la mobilisation de volontaires, ce projet fût achevé en un temps record de trois mois et témoignait d'une grande volonté politique de développer le réseau national routier.

1970 - 1979 : CONSOLIDATION DE L'EXISTANT ET LANCEMENT DES BASES D'UN PROGRAMME ROUTIER

Si la route de l'Unité fût construite à l'aide de brouettes et à coups de pioches, l'usage, plus tard d'engins de terrassement facilita la réalisation entre 1957 et 1962 de plus de 900 km de routes dans le sud de l'Atlas. En 1975, la Marche Verte suscita le lancement d'un programme routier vers le Sud.

La création en 1973 de la Direction des Routes et de la Circulation Routière consacre la place accordée au réseau routier dans le développement du pays et introduit la notion de circulation (transport plus tard) pour intégrer la composante de l'utilisateur de la route et de la fonctionnalité de l'ouvrage destiné à la circulation des personnes et des biens.

Un autre événement important dans l'écosystème routier en particulier et BTP en général fût la création en 1973, à partir d'un noyau dont la genèse remonte à 1947, du Laboratoire Public d'Essais et d'Études (LPEE) en tant que société anonyme sous la tutelle du ministère des Travaux Publics. Le LPEE accompagnera les projets routiers de l'État marocain et contribuera activement à la rédaction des référentiels techniques associés.

Le colloque de Tanger de mars 1974 clora cette période et ouvrit la voie vers une véritable politique routière au Maroc. La signature de la charte de l'entretien routier en 1974, constitue sans doute le point de départ d'une politique aussi importante que celle du développement du réseau, celle de sa sauvegarde à travers des opérations d'entretien, de maintenance ou de renforcement. La première vague des renforcements et des élargissements des routes existantes est venue d'une part, pour réhabiliter des routes usées et dégradées et d'autre part pour tenir compte d'un trafic de plus en plus important et agressif.

Des méthodes telles que la Road Note 29 du TRRL britannique ou la méthode AASHTO américaine furent util-

isées aussi bien pour la conception de chaussées neuves que de structures de renforcement et inspirèrent la rédaction du premier **Catalogue de chaussées neuves en 1977** dont il est difficile aujourd'hui d'en retrouver une copie. Les structures proposées étaient de deux types : une catégorie souple en matériaux non liés (GNF, GNA, GNB et RS) et une catégorie semi-souple en matériaux liés (GGB et EB).

Dans le cas des renforcements, la déflexion étant un paramètre très important à intégrer dans l'évaluation de la structure résiduelle, **le LPEE a acquis, en 1977, un déflectographe Lacroix**. L'auscultation périodique du réseau national qui allait être confiée plus tard au CNER avait commencé.

Les prémices d'un réseau autoroutier national se voient annoncées avec la construction de l'autoroute Casablanca-Rabat à partir de 1975 et par tranches successives jusqu'à son achèvement en 1987.

1980 - 1989 : RARETÉ DES RESSOURCES FINANCIÈRES ET POURSUITE DE LA RÉFLEXION

Cette décennie a été marquée par le programme d'ajustement structurel qu'a connu le Maroc et où la priorité a été donnée aux équilibres macro-financiers. Les investissements en construction routière sont restés assez faibles mais les efforts de la communauté technique et scientifique ne se sont pas arrêtés. Dix années après le Colloque de Tanger de 1974, la Direction des Routes organise le **1^{er} Congrès National de Route à Marrakech du 2 au 4 février 1984**, après les premiers CPC en 1983. Parmi les recommandations de ce congrès : « Dresser le bilan du secteur routier, dégager les mutations intervenues et fixer de nouvelles orientations en vue de parachever la mise en place d'une technologie routière nationale ».

La rédaction en 1983 des **Cahiers de Prescriptions Communes relatives aux travaux routiers courants en 1983** concrétise cette volonté. Ce référentiel aux côtés d'autres documents rédigés par la suite est toujours en vigueur. Un nouveau CPC est prévu en 2022. Les méthodes de dimensionnement se voient enrichies, grâce à l'évolution de l'informatique (programme informatique **Alizé en septembre 1981** pour la modélisation des structures de chaussées, utilisé au Maroc sous sa version DOS quelques années plus tard).

Dès la fin de la construction de l'autoroute Casablanca-Rabat, l'Etat marocain décide d'instaurer un système de péage avec un régime de concession, créée dans la foulée la **Société des Autoroutes du Maroc (ADM)** et définit un schéma de construction de 1500 kms d'autoroutes.

1990 - 1999 : L'ÂGE D'OR DU SECTEUR ROUTIER AU MAROC

Le succès fulgurant du 1^{er} Congrès National de la Route et les échos qu'il a eu à l'étranger ont rapidement amené l'Association Internationale Permanente des Congrès de la Route (**AIPCR**) à organiser son **19^{ème} Congrès Mondial de la Route** également à Marrakech entre le 22 et le 28 septembre 1991.

Il faut noter l'élaboration du **Manuel de renforcement des chaussées en 1991** et du nouveau **Catalogue des structures de chaussées neuves en 1995**. Ce dernier, contrairement à celui de 1977, introduit d'autres types de matériaux : Béton de ciment, enrobés à froid, enrobés coulés à froid, Grave ciment, ... La **Note circulaire de la DRCR relative à la GNT de 1998** viendra garantir l'adéquation du CPC de 1983 au nouveau catalogue de 1995. Il en est de même pour les notes circulaires de 2004 et 2008 qui viennent apporter des compléments

concernant la propreté des graves et l'imprégnation à l'émulsion de bitume.

Le programme ambitieux de désenclavement du monde rural à travers les programmes **PNRR1, lancé en 1995**, suivi du PNRR2 en 2005 et du PNRR3 en 2016 a été l'occasion pour mieux connaître les matériaux locaux des différentes régions en ouvrant la voie vers la maîtrise de leurs caractéristiques et leur prise en compte lors de la conception des routes revêtues notamment, celles à faible trafic. Au cours de la même période, il était question aussi de rattraper le retard accusé dans le programme d'entretien et de renforcement à travers les programmes dits PRP et PRST. Un autre programme encore plus ambitieux est celui du développement de la construction du **réseau autoroutier marocain** (axe du Nord puis l'axe Rabat-Fès, une importante révolution tant sur le plan technique que sur le plan de l'Assurance Qualité).

L'adoption d'un système qualité type C permet plus d'autonomie et de responsabilité aux entreprises de construction en instaurant un contrôle interne et externe au sein même de celles-ci. Le contrôle extérieur, à la charge du Maître d'Ouvrage est allégé et cible essentiellement la validation du contrôle externe de l'entreprise et la levée des points d'arrêt.

La publication par Setra-LCPC du **Guide des Terrassements Routiers en 1992**, est venue à point nommé au moment où la construction de l'autoroute Rabat-Fès nécessitait de remuer des volumes de terre importants en terrassement. Ce guide a permis de revoir la classification des sols et leurs conditions d'utilisation. Un autre aspect important est la définition des classes d'arases et de plateformes avec des exigences spécifiques pour la PST et la CDF.

L'introduction, en particulier, de la méthode e-Q/S et la généralisation de l'utilisation du Gamma densimètre pour le contrôle de compactage a eu un effet très positif sur la cadence des travaux de terrassements.

Le niveau de service requis sur les chaussées autoroutières notamment en termes de caractéristiques de surface a conduit le LPEE à acquérir en 1998 le premier **Analyseur de Profil en Long**. Le contrôle de l'uni au niveau des couches de chaussées est devenu depuis, incontournable dans les projets d'autoroutes, de voies Express et parfois même sur certains autres itinéraires.

Avec l'accroissement du trafic, il était nécessaire d'aller vers les voies Express. Le premier projet d'envergure était celui de la **Rocade méditerranéenne lancé en 1997**, considéré comme un axe structurant à fort impact économique.

Durant cette décennie le Maroc a été aussi présent en Afrique et a pu exporter son expertise en la matière. Dans ce sens, le LPEE a été sollicité en 1998 pour la réalisation de l'étude géotechnique de chaussée de la **route Nouakchott-Nouadhibou sur près de 480 kms**.

2000 > 2009 : PARFAIRE L'EXPERTISE NATIONALE

La mise en application du Guide des Terrassements Routiers dans les travaux d'autoroute a permis de le confronter à une réalité géotechnique quelque peu différente du contexte français. De ce fait, le LPEE a été chargé en 2001 de l'élaboration d'un **Guide Marocain des Terrassements Routiers** qui prend en compte certaines spécificités locales en matière de nature des sols et roches ainsi que l'expérience locale en matière de leur utilisation.

L'augmentation du trafic et l'apparition de silhouettes de poids lourds de

plus en plus agressives ont impacté la durée de vie des chaussées à travers l'apparition du phénomène d'orniérage et de fatigue prématurée. Il était nécessaire, en plus de l'évaluation de l'agressivité du trafic et la révision de la démarche de dimensionnement avec la sortie de Alize 1.3 puis 1.5, de recourir à des produits à hautes performances tels que l'EME ou le BBME. Pour accompagner cette évolution, le LPEE acquiert son premier **orniéreur en 2004 et sa première machine de fatigue en 2009** : les études de formulation niveau 4 sont, à partir de ce moment, entièrement menées au Maroc.

Cette période a été marquée par la **libéralisation du marché des prestations de laboratoire** et l'adoption en 2001 du Décret n° 2-01-437 instituant un système de qualification et de classification des laboratoires de bâtiment et de travaux publics. La **création de l'institut Marocain de normalisation (IMANOR)** en 2006 a permis d'accélérer le rythme de production des normes d'essais et de produits liés à la route. Le LPEE pour sa part, a toujours été associé à cet effort de doter le secteur de l'arsenal normatif nécessaire.

2010 > 2022 : DE NOUVEAUX DÉFIS À RELEVER

L'arrêt de l'activité de l'**unique raffinerie du Maroc en 2015** a reconfiguré le marché et les circuits d'approvisionnement du bitume et dérivés. Les professionnels se sont organisés de manière efficace pour garantir l'importation et l'approvisionnement des chantiers par cette denrée de base. Ils ont monté, pour accompagner la demande du marché, des unités de modification de bitume ou de fabrication des émulsions de bitume. Le LPEE a acquis dans ce sens une **mini unité de laboratoire destinée à la formulation de ce type d'émulsions**.

Les efforts déployés pour mettre sur pied une vraie expertise routière au-delà des quelques repères sus cités et les succès enregistrés n'ont pas empêché les acteurs et les professionnels de **réfléchir sur l'orientation stratégique** future à donner au secteur. La signature du **contrat programme** entre le Gouvernement marocain et les Fédérations FMCI et FNBTP, en marge du 10^{ème} Congrès National de la Route à Al Hoceima, en 2018 en est l'émanation.

L'**accroissement de la cadence des renforcements du réseau autoroutier** s'accompagne là aussi de développements technique et technologique très importants : liants modifiés, recyclage partiel des produits de rabotage, émulsion à base de bitume modifié, essais rhéologiques sur bitumes... L'auscultation de ce réseau et l'évaluation de la structure résiduelle se trouvent également mieux maîtrisées à travers le **Défectomètre à masse tombante HWD, acquis par le LPEE en 2015**.

La **révision des référentiels techniques et normatifs** qui datent pour la plupart des années 1990 est devenue une priorité. La Direction Générale des Routes s'apprête à éditer les **nouveaux Cahiers des Prescriptions Communes CPC** qui a été élaboré en collaboration avec le LPEE. Les autres documents devraient suivre.

La **formation et la montée en compétences** ainsi que l'**animation de la profession** constituent également des volets sur lesquels un travail reste à mener.

Enfin, la sauvegarde des entreprises nationales, des bureaux d'études et des laboratoires, porteurs de cette expertise nationale, passera nécessairement par une **revue de la réglementation du secteur et des règles de passation des marchés**. ■

PRESTATIONS D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES

Un domaine stratégique de l'expertise du LPEE



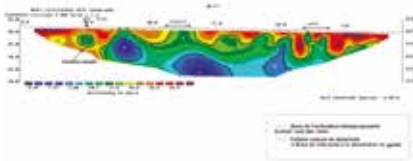
المختبر العمومي للتجارب والدراسات
+ΞΙΞΕ+ +οΧΛοΛοΙ+Ι ΞΟΞΕΙΛ +ΨΕΟΛΞΙ
LABORATOIRE PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES

APERÇU DE NOS PRESTATIONS

PRESTATIONS ÉTUDES

Géophysique

Étude géophysique pour la reconnaissance de cavités souterraines sous les tracés routiers ou autoroutiers (micro-gravimétrie, méthodes électriques, radar géologique, méthodes électromagnétiques basses fréquences, méthodes sismiques, ...).



Exploitation d'un profil de tomographie électrique

Géotechnique

- Études géotechniques routières pour structures de chaussées neuves ou existantes.
- Études de stabilité des versants naturels et des talus et proposition de solutions de confortement.
- Localisation des sols compressibles et proposition de solutions de traitement.
- Études des conditions optimales des fondations superficielles et profondes et études de leurs dimensionnements.
- Études de dimensionnement des ouvrages de soutènement (murs, pieux, parois moulées, murs cloués...).



Pénétromètre statique

Essai au dilatomètre

Dimensionnement des chaussées

- Étude de dimensionnement des voiries urbaines et VRD.
- Étude de renforcement et de réhabilitation des chaussées.
- Étude de dimensionnement des plateformes aéroportuaires.

- Étude de dimensionnement des structures de chaussées des routes/autoroutes.



Voie Express Tiznit-Dakhla

ÉTUDES PREALABLES AUX TRAVAUX DES MATERIAUX ET PRODUITS

- Étude de formulation des mélanges hydrocarbonés :
 - Étude de compactabilité à la Presse à cisaillement giratoire (PCG).
 - Détermination de la tenue à l'eau (Duriez).
 - Détermination de la déformabilité à l'orniérage.
 - Détermination des performances mécaniques : module et fatigue.



Presse à cisaillement giratoire

Appareil module de fatigue

Compacteur de plaque à portion de cylindre

- Étude de formulation des émulsions par le pilote de laboratoire.



Pilote de laboratoire des émulsions

- Étude de traitement des sols à la chaux et/ou au ciment.
- Étude de formulation des bétons conventionnels et spéciaux (bétons : durables, autoplaçants, lourds ...).
- Études de durabilité des Ouvrages d'Art en béton :
 - Détermination des classes d'exposition en fonction de l'environnement des ouvrages.
 - Étude de qualification vis-à-vis de l'Alcali-réaction.
 - Étude du risque vis-à-vis de de l'attaque sulfatique...

CONTRÔLE DES TRAVAUX ET ASSISTANCE TECHNIQUE

- Assistance technique des clients dans le domaine des infrastructures routières :
 - Avis sur les procédés d'exécution des ouvrages et de mise en œuvre des matériaux.
 - Avis sur l'utilisation des matériaux locaux et des matériaux subnormaux.
 - Aide à la résolution des problèmes techniques liés à la qualité des matériaux.
- Suivi géotechnique des travaux (remblais sur sols compressibles, instrumentation des ouvrages en terre, ...).



Carrière de fabrication des matériaux

Installation de boules de tassement

- Contrôle de l'intégrité des fondations profondes des Ouvrages d'Art (pieux, barrettes, parois, ...).
- Contrôle de fabrication des matériaux granulaires, liants hydrocarbonés, matériaux traités et mélanges hydrocarbonés.

- > Vérifications des doseurs des centrales d'enrobage.



Centrale d'enrobage

- > Participation aux planches d'essais sur matériaux granulaires, matériaux traités et mélanges hydrocarbonés.
- > Réalisation des essais de contrôle de mise en œuvre de la structure de chaussées routière, autoroutière et plateformes aéroportuaires.



Mise en œuvre de la couche de roulement

- > Qualification et agrément des produits spéciaux (ciments hydrauliques, adjuvants, ...) et des équipements de pont (organes de la précontrainte, appareils d'appui, joints de chaussée, étanchéité des tabliers, dispositifs de retenue, etc).
- > Contrôle de la signalisation routière : caractérisation et contrôle des éléments des signalisations horizontale et verticale, contrôle des glissières et leurs accessoires, contrôle des plots auto-réfléchissants.



Signalisation horizontale

Contrôle de glissière

RÉCEPTION DES OUVRAGES ET AUSCULTATIONS

- > Diagnostic des dégradations de chaussées et proposition de solutions de remise en état.
- > Auscultation des chaussées en service.
- > Mesure des caractéristiques de surface des chaussées en service (Uni, rugosité, adhérence, ...).



Appareil grip tester

Appareil de mesure de l'UNI

- > Détermination des caractéristiques des structures de chaussée (Déflexion par HWD, géo-radar, ...).



Appareil HWD

- > Épreuves de chargement de réception des ponts.



Épreuve de chargement du Pont Mohammed VI-Rabat

- > Inspection des Ouvrages d'Art dans le cadre de la surveillance du patrimoine.
- > Diagnostic expérimental pour la qualification des matériaux et structures des Ouvrages d'Art (auscultations, carottages, mesures de déformations, de tensions et contraintes, de vibrations, ...).

EXPERTISE/RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUES

- > Expertise des structures de chaussées en cours de travaux et/ou après mise en service.



Carotte d'une chaussée

Dégradations de chaussée



Réalisation d'un carottage dans une chaussée

- > Expertise des versants et talus instables.
- > Expertises des remblais sur sols compressibles.
- > Expertise sur les Ouvrages d'Art (Études pathologiques).
- > Recherche sur les nouveaux matériaux routiers.



Presse multi vitesse pour les études sur matériaux traités

- > Contribution au développement de la technologie routière.
- > Élaboration d'études spécifiques pour la rédaction et/ou la refonte des textes officiels et documents divers dans le domaine des structures de chaussées routières et Ouvrages d'Art (Cahier de Prescriptions Communes, Guides techniques...).
- > Élaboration de systèmes de gestion de la surveillance et de la maintenance des parcs d'Ouvrages d'Art existants.
- > Participation aux travaux des Comités Techniques de Normalisation et de Certification.

APERÇU DE NOS RÉFÉRENCES

Routes • Autoroutes • Ferroviaire • Tramway • Ouvrages d'Art • Infrastructures culturelles et sportives • Barrages • Ports



Autoroute Rabat-Fès

» Suivi et contrôle des travaux des autoroutes et voies Express du Maroc : Rabat-Fès, Rabat-Tanger, Ceuta-Tétouan, Casablanca-El Jadida, Casablanca-Settat, Settat-Marrakech, Marrakech-Agadir, Agadir-Tiznit, rocade méditerranéenne, ...



Travaux de mise en 2x2 voies de la Route Nationale N°2 au Togo

» Études de formulation des mélanges hydrocarbonés dans le cadre de projets routiers et autoroutiers au niveau du Continent Africain (Côte d'Ivoire, Togo, Sénégal, Mauritanie, Burkina Faso, République de Guinée Équatoriale, ...).

- » Suivi et contrôle des travaux de constructions des gares ferroviaires (Casa Voyageurs, Tanger ville, Rabat Agdal) et gares routières (Rabat).
- » Suivi et contrôle de construction des grands théâtres de Casablanca et Rabat.
- » Suivi et contrôle de construction des grands stades de Casablanca, Marrakech, Tanger ...
- » Contrôle extérieur de la qualité de la construction de passerelles métalliques sur l'autoroute urbaine et voies primaires de la Commune Urbaine de Casablanca.



Grand théâtre de Rabat



Barrage de Nachtigal au Cameroun

- » Reconnaissances géotechniques et géologiques de site, suivi et contrôle des barrages :
 - **Nationaux** : Al Wahda, Al Massira, Idriss 1^{er}, Hassan II, Oued El Makhazine, Youssef Ibn Tachfin, Asfalou, Dar Khrofa, M'dez (Oued Sebou), Agdez, Toudgha...
 - **Internationaux** : Cameroun (Nachtigal), Burkina Faso (Samandéni - Lacomode), Australie, Libye, Tunisie, Djibouti ...

» Études géotechniques et maritimes de site, suivi et contrôle de construction des ports :

- **Nationaux** : Nador West Med, Tanger Med, Dakhla, Safi, Kénitra, Al Hoceima, Jorf Lasfar, Agadir, Casablanca, Laâyoune ...
- **Internationaux** : Guinée Équatoriale (Bata - Cabo San Juan - Malabo) ...



Port de Malabo en Guinée Équatoriale



Ligne à Grande Vitesse Tanger-Kénitra

- » Reconnaissances géotechniques et géologiques, suivi et contrôle des travaux de bâtiment, Ouvrages d'Art et Génie Civil sur tout le réseau ferroviaire.
- » Reconnaissances géotechniques géologiques, suivi et contrôle des travaux de construction de la Ligne à Grande Vitesse Tanger-Kénitra.



Tour Mohammed VI-Rabat

- » Reconnaissances géotechniques et géologiques, suivi et contrôle des travaux de construction de la tour Mohammed VI à Rabat.
- » Reconnaissances géotechniques et géologiques, suivi et contrôle des travaux des lignes de tramway de Rabat-Salé et Casablanca.
- » Reconnaissances géotechniques et géologiques, suivi et contrôle des travaux de construction du tunnel ferroviaire : liaison port Oued Rmel, des Oudayas, d'Ourika, de Scorpio et Borj Moulay Omar.



Pont Mohammed VI-Rabat

- » Reconnaissances géotechniques et géologiques et suivi des travaux de construction des ponts à haubans de Sidi Maârouf (Casablanca) et de Mohammed VI (Rabat).

ROYAUME DU MAROC



SOUS L'ÉGIDE DU
MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DE L'EAU



COLLOQUE NATIONAL SUR LA **GEO**TECHNIQUE

Thème général :

**INSTABILITE DES SOLS
MAÎTRISE DES OUVRAGES
LIÉS AUX INSTABILITÉS**

À MARRAKECH

(Date à confirmer)

Contact Secrétariat CMMMSG :

✉ e-mail : lpee.dts@lpee.ma
☎ Tél : +212 5 22 54 75 00 (L.G)
📠 Fax : +212 5 22 30 15 50

LE LPEE, PARTENAIRE DURABLE

DU CONGRÈS NATIONAL DE LA ROUTE DEPUIS 1984

Marrakech 1984, Mohammedia 1987, Fès 1990, Rabat 1994, Tanger 1998, Agadir 2022, Ouarzazate 2006, Ifrane 2010, Skhirat 2014, Al Hoceima 2018, ...
Voici un aperçu des contributions du LPEE aux différentes éditions du Congrès National de la Route.



Du 2 au 4 février 1984
Marrakech

01

Analyse des différentes causes possibles de dégradation d'une chaussée

Les teneurs en eau sous chaussées

E. LEROHELLEC, Directeur-adjoint du LPEE

Les renforcements de chaussée

J.P. DENCAUSSE, Département infrastructures

Considération et données sur le trafic

A. MRHIZOU, Département infrastructures

Conception des Ouvrages d'Art routiers et leur durabilité

A. ESPRESSATI, Chef du département physique et chimie

Tentative d'évaluation de la portance et étude d'élargissement d'Ouvrages d'Art en béton armé

A. ACHARHABI, Ingénieur, chargé d'études

Évolution de la conception des structures des chaussées de 1974 à 1984

A. JAKANI, Chef du département infrastructures

Ressources en matériaux

M. BURTE, ACREI

Contrôle des travaux routiers

M. HASSAD, Département infrastructures

Transposition des techniques nouvelles

Valorisation des matériaux locaux et nationaux

A. JAKANI, Chef du département infrastructures

Orientation pour l'évolution des normes de qualité

M. NOUARI, Chef du Service matériaux

Pour le développement d'une recherche routière intégrée

A. HAKIMI, Directeur Général du LPEE



Du 10 au 12 juin 1987
Mohammedia

02

Technique de l'entretien Routier

J.P. DENCAUSSE, Ingénieur département des infrastructures de transport

Pathologie des ouvrages d'art 1^{ère} partie

A. ACHARHABI, Chef du laboratoire central des structures

Fondations des Ouvrages d'Art

M. NACIRI, Chef du laboratoire central de Géotechnique

Compactage à teneur en eau naturelle dans le Sud Marocain

N. MOUSSADDYKINE, Directeur CTR du Sud

Remblai rocheux

A. MRHIZOU, CTR Fès-Meknès

Aide aux études et à la qualité

AHMED HAKIMI, Directeur Général du LPEE

Les matériaux locaux

A. MANAL, Ingénieur CERIT

Amélioration des performances des matériaux

A. JAKANI, Chef du département infrastructures

Utilisation des matériaux rocheux en remblais

Reconnaissance Géotechnique Routière

Remblais sur sols compressibles de la rocade urbaine Rabat-Salé

A. MRHIZOU, CTR Fès



Juin 1990
Fès

03

Présentation du manuel de renforcement des chaussées revêtues

A. MANAL, Ingénieur CERIT

Présentation du guide pour les études géotechniques routières

M. EL AANACHI, Ingénieur CERIT

Étude de traitement au ciment des matériaux villafranchiens et des sables

A. JAKANI, Ingénieur CERIT

L. HAMIDI, Ingénieur CERIT

Contribution à l'évaluation du comportement des bitumes fluidifiés

A. JAKANI, Ingénieur CERIT

Utilisation de la boîte doseuse de granulat

M. SAFIR, Ingénieur CERIT



Du 2 au 3 juin 1994
Rabat

04

L'impact des textes normatifs sur la qualité dans le domaine Routier

M. NABAOUI, Ingénieur au CERIT
R. BELQUAS, Ingénieur au CERIT

État de la réglementation en matière d'Ouvrages d'Art

A. ACHARHABI, Directeur du Centre d'Études et Recherches de Structures (CERS)
M. ICHI, Ingénieur chef de service au CERS

La qualité dans les études géotechniques

A. MANAL, CERIT

La démarche qualité dans les laboratoires d'essais de Centre Technique Régional (CTR) du LPEE - Fès

M. BERRADA, Ingénieur, Animateur qualité CTR Fès
A. MRHIZOU, Directeur CTR Fès

Prestations et démarche qualité pour un laboratoire de chantier

N. MOUSSADDYKINE, Directeur CTR du Sud

Prestations et démarche qualité pour un laboratoire de chantier

A. ANDALOUSSI, CTR du Sud

Évaluation de la qualité des Graves non traitées

J.P. DENCAUSSE, CERIT

Géotechnique routière du PRERIF central

A. MRHIZOU, Directeur CTR Fès
IRIZI, Ingénieur Routier

Évaluation des affouillements au niveau des différents appuis

Évaluation des efforts parasites sur les pieux

Portance des Micropieux

H. EJJAAOUANI, CES

Analyse de stabilité du pont en maçonnerie sur la RP 13

A. CHOUKIR, CERS
A. ACHARHABI, Directeur du CERS
H. ELKHAL, Ingénieur au CERS

Graves-Ciment : Cas de réalisation d'une plateforme hautement sollicitée

A. MRHIZOU, Directeur CTR Fès
M. BERRADA, CTR Fès
M. ZERHOUNI, CTR Fès

Graves naturellement fracturées, problème d'angularité

J.P. DENCAUSSE, Expert Routier du CERIT
A. MRHIZOU, Directeur du CTR Fès
ZERHOUNI, Responsable service Routier CTR Fès

Étude d'inventaire des ressources en matériaux granulaires dans la Région centre-Nord

A. MRHIZOU, Directeur du CTR Fès
IRIZI, Ingénieur Routier



Du 14 au 15 mai 1998
Tanger

05

Les marquages routiers

A. CHAREF, CEM

La pathologie des dégradations des chaussées liées aux problèmes des eaux

Nouvelles techniques d'entretien et de renforcement des chaussées, éléments de choix de techniques adaptées

A. MANAL, CERIT

Étude comparative entre le catalogue de chaussée neuve de 1977 et de 1995

N. MOUSSADDYKINE, CTR du Sud
M. OUQLANI, CTR du Sud

Quel revêtement pour les routes rurales ?

A. JAKANI, CERIT

Remblai en sol fin

H. EJJAAOUANI, CES

Nouvelle technique de construction des chaussées avec un traitement in situ

A. KHALDOUN, CTR Tensift



Du 3 au 4 octobre 2002
Agadir

06



Du 09 au 11 novembre 2006
Quarzazate

07

Qualité et interdépendance des intervenants Terrassements

N. MOUSSADDYKINE, Directeur CTR Agadir-Guelmim
E. CHERKAOUI, CTR Agadir-Guelmim

Valorisation des matériaux à caractère évolutif (Cas des marno-calcaire de l'Autoroute de Contournement de Settat)

M. AIT EL AAL, Directeur CEGT
H. EJJAAOUANI, Directeur CES
H. MANSOURI, Ingénieur CES
A. SKIKER, Ingénieur CEGT

Détermination du module de rigidité des EME

M. EL FADILI, Ingénieur CEGT

Nouvelles techniques routières : critères de choix et points sensibles

A. MANAL, Ingénieur au CERIT

Utilisation du nucléodensimètre dans le contrôle des enrobés

K. EL AZDI, CERIT

Gestion du patrimoine d'Ouvrages d'Art

M. ICHI, CSTC

Traitement des anciens ouvrages ponts en béton Armé, du diagnostic aux solutions techniques

A. FELLAHI, CSTC

Les innovations en techniques routières marocaines

A. MANAL, CERIT

Les études des retraitements à froid in situ des chaussées anciennes

I. DEKKAK, CERIT

Les techniques d'amélioration de l'uni des chaussées

K. EL AZDI, CERIT



Du 03 au 04 juin 2010
Ifrane

08

Autoroute Casablanca-Rabat, aménagement a 2x3 voies élargissement des viaducs

M. AIT EL AAL, *Directeur CEGT*
A. SKIKER, *CEGT*

Stabilisation de talus rocheux autoroute Marrakech-Agadir

H. LABIED, *Ingénieur CES*

Catalogue de structures types de chaussées pour les routes rurales

Les techniques nouvelles bitumineuses

A. MANAL, *CERIT*

Les déblais et les remblais rocheux

L. HAMIDI, *CEGT*

Retraitement à froid des chaussées à l'émulsion de bitume

I. DEKKAK, *CERIT*

Démarche qualité dans les chantiers autoroutiers : recul expérimentale et point de vue de l'entreprise marocaine et le LPEE

M. LOUARDI, *CEGT*

Enrobés à module élevé (EME) et bétons bitumineux à module élevé (BBME) évolutions d'utilisation

R. NABAOU, *CERIT*

Expérience marocaine dans l'utilisation des enrobés et béton bitumineux a modules élevés (EME & BBME)

K. EL OTMANI, *CERIT*

Expérience marocaine dans le compactage à sec des remblais de grande hauteur cas de l'autoroute Argana- pk19+000

M. ELFADILI, *CEGT*
M. AIT EL AAL, *Directeur CEGT*
A. SKIKER, *CEGT*
AZOUZI, *CEGT*

Durabilité du béton vis-à-vis de l'alcali-réaction des Ouvrages d'Art : approche performancielle et prédictive

A. OUALI, *CEGT*
L. KASSOUMI, *CEGT*
M. AIT EL AAL, *Directeur CEGT*

Le pont sur Oued Sra

A. DEMEHATI, *CTR Fès*



Du 11 au 13 juin 2014
Skhirat

9

Ligne Grande Vitesse : éléments de conception et de réalisation des ouvrages

M. LOUARDI, *CEGT*

Valorisation géotechnique des bétons de remplissage

M. BERRADA, *Directeur CTR Fès*
A. DEMEHATI, *CTR Fès*
M. A. DOSS BENNANI, *Directeur CTR Meknes*
H. EJJAOUANI, *DTS*

Suivi de l'évolution des grès calcaires de l'autoroute Sidi Smail - Safi

E. E. ELABED, *CERIT*

Confortement, Stabilisation et Suivi du Remblai 29 sur pente.

Tronçon 3.2, *Autoroute Fès-Oujda*
H. MANSOURI, *CES*

Rôle du laboratoire dans un projet routier

I. DEKKAK, *CERIT*

Formulation des matériaux bitumineux

A. MANAL, *Directeur CERIT*

Dimensionnement des structures de chaussées : cas de l'autoroute urbaine de Casablanca

M. SAILOUHI, *CERIT*

Application de l'approche performancielle pour la vérification de la durabilité élevée des bétons du pont à haubans sur l'Oued Bouregreg

M. OUQLANI, *CERIT*



Du 24 au 26 septembre 2018
Al Hoceïma

10

Glissements du Viaduc à ORAN en Algérie

H. EJJAOUANI, *Directeur DTS*

Les instabilités des terrains : Cas de Tichka

H. MANSOURI, *CES*

Stabilité des remblais des structures LGV Conception et étude de cas

M. LOUARDI, *CEGT*

Performances des EME et BBME : bilan des études de formulation

K. EL AZDI, *Directeur CERIT*

Valorisation des matériaux argileux par le traitement à la chaux : cas de la Ligne à Grande Vitesse

M. AIT EL AAL, *Directeur CEGT*
A. SKIKER, *CEGT*
M. SABIHI, *CEGT*

Carte du Gel du Maroc : Apport à la durabilité des bétons

A. OUALI, *CEGT*

11^{ème} CONGRÈS NATIONAL DE LA ROUTE

APERÇU DES CONTRIBUTIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES DU LPEE

Fidèles à leur engagement de contribuer qualitativement aux éditions du Congrès National de la Route, les équipes du LPEE, mettent le cap sur Dakhla pour participer activement à la 11^{ème} édition de cet événement phare.

Vous trouverez ci-après un avant-goût des différentes contributions des équipes du LPEE sous forme de résumés des interventions. Les articles détaillés feront l'objet d'une publication dans les actes du Congrès ou dans la Revue Scientifique et Technique de Construction (RSTC) du LPEE.

LE LPEE EST :

- Membre de l'Association Marocaine Permanente des Congrès de la Route AMPCR, et siège dans son bureau exécutif.
- Représenté au comité d'organisation et au comité scientifique du Congrès de la Route par le Centre d'Etudes et de Recherches des Infrastructures de Transport du LPEE, représenté par son directeur.

APERÇU DES CONTRIBUTIONS AU 11^{ème} CONGRÈS

ANALYSE DE L'INSTABILITÉ DES TALUS PAR LA MÉTHODE DE CARTOGRAPHIE DES RISQUES « MACHINE LEARNING ». CAS DE LA VOIE EXPRESS TAZA-AL HOCEIMA



Abdellatif EL FAHSSI,
LPEE/CTR Fès-Mèknès



Hicham CHERIFI,
LPEE/CTR Fès-Mèknès



Imane JABRI,
DPE de Fès

Par le présent travail, nous essayons de contribuer, via un retour d'expériences, à apporter plus de précisions sur les facteurs permanents du risque de glissement des talus. C'est une initiative pour tenter de mieux comprendre,

grâce à une connaissance géotechnique plus approfondie, les processus de déclenchement de glissement dans cette zone et les paramètres les plus influents sur la stabilité.

Les données recueillies au droit des zones de glissement ont été réalisées dans le cadre de l'intervention des géotechniciens du laboratoire dans le projet d'exécution de la voie Express, puis dans le cadre des missions complémentaires réalisées par l'équipe.

Les données ont été ensuite exploitées par des algorithmes Machine-Learning afin de ressortir une cartographie prédictive des glissements de terrain sur la base de l'historique et des facteurs de risque les plus influents.

Cette approche méthodologique a permis de ressortir les éléments suivants :

- L'algorithme RF (random forrest) semble le mieux adapté aux études de glissement de terrain dans l'aire d'étude. Il présente des indices de précision « Kappa » et « overall accuracy index » de valeurs respectives 0,8 et 0,9 supérieures aux autres algorithmes.
- Des cartes de risques par choix d'algorithme : avec plus de 26% de l'aire d'étude qui présente une probabilité de risque de glissement supérieure à 80% (moyenne des valeurs de l'ensemble des algorithmes).
- Une hiérarchisation des facteurs d'influence : les principaux facteurs déclenchant les glissements de

APERÇU DES CONTRIBUTIONS AU 11^{ème} CONGRÈS (SUITE)

terrain dans la zone d'étude sont la topographie et la géologie (un poids de plus de 40%), la proximité des oueds (13%), le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) et la présence dans un couloir de faille (12%). Le paramètre « distance par rapport à la route » semble n'avoir qu'un faible contrôle sur le déclenchement de glissement avec un poids de moins 5%. Tous ces résultats indiquent que les phénomènes de glissement connus au cours et après exécution des travaux de la voie Express sont en majorité contrôlés par une géodynamique active de la chaîne rifaine et sont peu liés aux travaux d'exécution du projet.

DALLE MOGHREBIENNE DU SUD MAROCAIN : PROBLÉMATIQUE ET CONDITIONS D'EXPLOITATION EN GÉNIE CIVIL



Mohammed LOUARDI,
LPEE/CTR Casa-Settat-Béni Mellal



El Hhabib EL ALAOU ELABED,
LPEE/CERIT

La dalle moghrébienne constitue la seule source des carrières de production des granulats et des enrochements dans le Sud du Maroc, en l'absence de gisements pouvant offrir des matériaux durs et abondants. La lithologie des faciès moghrébiens ne permet pas une exploitation frontale des gisements comme pour le cas des carrières ordinaires (carrières de roches massives), ce qui nécessite des préparatifs judicieux à l'amont en menant des reconnaissances de terrains (sondages, carottes...) et en ciblant les méthodes les plus idoines d'extraction.

Cependant, à l'occasion des projets de construction du port de Tarfaya et de la voie Express Tiznit-Laâyoune,

on a pu utiliser avec succès la dalle moghrébienne pour la production des enrochements, des granulats pour béton, des graves non traités (GNT et GNF) et des granulats pour enrobés bitumineux (GB et BBSG). On compte ainsi vulgariser cette expérience et faire usage de ces matériaux afin de valoriser les matériaux locaux de la région et participer au respect de l'environnement, en limitant les rejets importants des matériaux d'excavation et en réduisant les distances de transport des matériaux qui proviendraient des carrières se situant très loin de cette région marocaine (notamment la limitation de l'émission du CO₂ dans l'atmosphère).

LA TENUE A L'EAU DANS LA ZONE DÉSERTIQUE (CAS DE LA DALLE MOGHREBIENNE)



Jamal EL MASBAHI,
LPEE/CTR Agadir-Guelmim



Mehdi MORSLI,
LPEE/CTR Laâyoune-Dakhla

Cette communication a pour objet de présenter la problématique relative à la tenue à l'eau des enrobés produits à base des granulats issus de la dalle moghrébienne dans la zone désertique du Maroc, ainsi que la présentation du bilan des résultats obtenus lors des études de formulation et les contrôles à la mise en œuvre. Le traitement de cette problématique est le résultat d'une réflexion qui a pour objectif de répondre à un besoin spécifique lié à un type donné de granulats et à des conditions particulières d'exploitation. Dans la zone désertique du Maroc, une grande partie du linéaire routier, des aérodromes des aéroports et des plateformes portuaires a fait l'objet d'une construction neuve ou d'une

campagne d'entretien à base des enrobés produits avec des granulats de la dalle moghrébienne (seul gisement dans la région). Cette communication présentera le bilan des chantiers réalisés à l'aide de cet enrobé, les résultats obtenus, ainsi que les recommandations à prendre en considération pour les chantiers à venir.

PISTES NON REVÊTUES DES PARCS ÉOLIENS DU MAROC - PARTAGE D'EXPÉRIENCE : CAS DES PARCS ÉOLIENS DE : MIDELT, JBEL LAHDID À ESSAOUIRA ET TAZA



Mohsine ABOULFADL,
LPEE/LR SAFI



Abdelaziz EL KHAYARI,
LPEE/CTR Fès-Meknès



Mohammad ETTAYEB,
LPEE/CTR Fès-Meknès



Abdellatif EL FAHSSI,
LPEE/CTR Fès-Meknès

Les projets de construction des Parcs Éoliens de Midelt, Jbel Lahdid à Essaouira et Taza entre la crête Baba Merzouka et Jbel Meska s'inscrivent dans la politique énergétique développée par le Maroc. Dans ce cadre, le LPEE mène la réalisation des campagnes de reconnaissance géotechnique du sol pour la proposition des structures de corps de chaussée à adopter, ainsi que le suivi des prestations de contrôle de la qualité des matériaux relatifs aux travaux de réalisation des pistes. Afin de permettre l'accès aux éoliennes lors des travaux de construction et au cours de la phase d'exploitation, un réseau de chemins d'accès et de plateformes a été créé. En général, les pistes d'accès réalisées sont de type non revêtu. La proposition de la structure de corps des pistes est basée

sur les données du projet (nature de sol, données sur le trafic, contexte climatique, durée de vie, etc.), tout en tenant compte des contraintes liées à chaque chantier, en particulier l'aspect de la valorisation des matériaux locaux disponibles sur site. Le présent article constituera un partage d'expérience sur les pistes non revêtues des Parcs Éoliens de Midelt, Jbel Lahdid à Essaouira et Taza. Il présente aussi les solutions techniques proposées pour assurer les résultats escomptés. Il met par ailleurs l'accent sur la solution de traitement des matériaux de la couche de forme ou du sol d'assise.

RÉUTILISATION DES MATÉRIEAUX DE CHAUSSÉES CDF ET GNT ET AGRÉGATS D'ENROBÉS DANS UNE NOUVELLE STRUCTURE



Sanae BOUGHANBOUR,
LPEE/CERIT

L'expérience marocaine a capitalisé le potentiel de progression des connaissances sur la réutilisation des matériaux des structures de chaussées existantes excavés sur chantiers. La présente communication développe les points suivants :

- Gain structurel apporté par l'incorporation des graves non traités (CDF et/ou GNT) dans les plateformes et arases, et réutilisation d'un bon pourcentage d'agrégats d'enrobé dans la nouvelle structure bitumineuse.
- Intérêt technico-économique de la réutilisation des matériaux de la chaussée existante dans les opérations d'entretien dans la vie de la chaussée.
- Partage des retours d'expériences vécues dans les différents chantiers d'infrastructure routière.

LA ROUTE DE 5^{ème} GÉNÉRATION, L'AVENIR DES ROUTES ECO-RESPONSABLES ENTRE DÉFIS TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX



Muhammad RIFAKI,
LPEE/CTR Rabat-Salé-Kénitra

La route de 5^{ème} génération sera résiliente, connectée et à contribution environnementale positive :

- La route verte : différentes innovations peuvent être utilisées pour mieux gérer l'énergie et les ressources dans le secteur routier. L'intérêt se porte sur les micro-algues identifiées comme un bitume d'avenir pour produire un liant biosourcé et dont les performances ont été démontrées dans des projets de recherches européens. D'autres solutions techniques commencent à se concrétiser tel que les routes solaires, piézo-électriques..., qui permettront de transférer de l'énergie aux véhicules électriques en mouvement en plus d'un stockage géothermique.
- La route intelligente : les développements actuels s'appuient sur le partage d'information entre usagers, véhicules, infrastructures et centre de trafic, en vue d'offrir des services de mobilité plus efficaces et une collecte d'information en temps réel. En outre, l'entretien du patrimoine routier peut bénéficier de technologies développées à travers les routes instrumentées ; des réseaux de nano-capteurs (géophones, sondes de températures, capteurs d'écartement de fissures...) enfouis dans la structure de la chaussée permettront de détecter l'apparition de défauts structurels et de prendre de meilleures décisions opérationnelles.

➤ La route résiliente : les infrastructures routières doivent faire face aux chocs croissants des aléas climatiques et se doter de plan d'adaptation à ces aléas. La résilience permettra de maintenir un niveau de service primaire après un ou plusieurs chocs, de s'en remettre et de s'y adapter ; parmi les innovations développées il y'a le bitume-époxy ou l'enduit hydraulique fibré gravillonné, entre autres, qui conduit à des surfaces routières hautement résilientes même sous l'effet de charges lourdes plus nombreuses et de températures élevées.

RHÉOLOGIE DES BITUMES : APPORT DE L'ESSAI DSR



Mohammed OUQLANI,
LPEE/CERIT

Au Maroc, depuis une décennie, une réflexion a été entamée par les intervenants routiers marocains à propos de l'utilité d'introduire, en totalité ou en partie, la classification américaine SHRP pour caractériser les bitumes selon leur rhéologie, dans le but de pouvoir prédire le comportement mécanique des enrobés bitumineux en termes de Module complexe, de résistance à l'orniérage, de résistance à la fatigue et éventuellement de résistance au phénomène du gel-dégel. Tenant compte du contexte climatique marocain, cette réflexion émane d'une conviction sur les limites des essais usuels (TBA, PENE..) pour pouvoir prédire de telles performances mécaniques à partir des caractéristiques des bitumes utilisés.

En effet, l'essai DSR (Rhéomètre à cisaillement dynamique) fait partie de ces essais de Rhéologie sur bitumes. Il permet de caractériser un

APERÇU DES CONTRIBUTIONS AU 11^{ème} CONGRÈS (SUITE)

bitume (pur ou modifié) selon son comportement vis-à-vis du cisaillement dynamique, à des températures fixes ou variables avant et/ou après vieillissement artificiel en laboratoire.

La présente communication, fondée sur des essais DSR réalisés au LPEE/CERIT, permet de tracer les grandes lignes de tendance, d'une part entre les caractéristiques rhéologiques d'un bitume vis-à-vis du cisaillement dynamique (DSR) et entre la Rigidité complexe et la résistance à l'orniérage d'un enrobé bitumineux donné d'autre part. Elle permettrait également de définir des plages de répétabilité de l'essai pouvant être exploitées éventuellement lors de la rédaction des cahiers de charge pour fixer les exigences en termes de tolérances admises autour des caractéristiques du bitume utilisé lors d'une étude de formulation niveaux 2 à 4.

MONTÉE EN COHÉSION DES ÉMULSIONS DE BITUME EN COUCHES D'ACCROCHAGE



Houda LARMANI,
LPEE/CERIT

L'état de l'interface entre couches est d'une grande importance dans la répartition des contraintes et déformations que subit chaque couche, en effet un bon collage assure un bon comportement de la chaussée (bloc monolithique), à savoir une rigidité meilleure et des sollicitations réduites. En revanche, lorsque le niveau de collage à l'interface est insuffisant (comparé à celui supposé lors du dimensionnement), les capacités individuelles de chaque couche de matériaux peuvent être dépassées, et accélérer ainsi la dégradation de la couche.

Un mauvais collage peut être dû à plusieurs paramètres notamment la nature et qualité du liant, son dosage, son murissement, sa pérennité... etc.

On s'intéresse dans cet article à la problématique liée au mûrissement des émulsions de bitume, et son impact sur le collage des couches de chaussées, moyennant la réalisation des essais de cohésion sur le liant récupéré par évaporation, à partir de l'émulsion de bitume et évaluer sa montée en cohésion dans le temps à des températures prédéfinies.

UTILISATION D'UNE MÉTHODE ALTERNATIVE POUR L'ÉVALUATION DE LA MACROTEXTURE DES COUCHES DE ROULEMENT



Soufiane JARFI,
LPEE/CERIT

Pendant de nombreuses années, la méthode volumétrique à la tache suivant la norme NF P 98-216-1 puis suivant la norme NF EN 13036-1 a été utilisée pour déterminer la macrotexture des chaussées qui est un paramètre caractérisant en premier lieu l'adhérence de la couche de roulement. Cette méthode nécessite des matériaux consommables (sable ou billes de verres) qui doivent répondre à des spécifications bien précises et les résultats de cette méthode dépendent principalement de l'opérateur, ce qui peut conduire à des erreurs liées à l'exécution manuelle des tests en sus des difficultés rencontrées lors de l'exécution de cette méthode. La méthode profilométrique ou de relevé de profil, en revanche, suivant la norme NF P 98-261-2 puis suivant la norme NF EN ISO 13473-1, n'est pratiquement pas affectée par l'opérateur et permet donc de donner

des résultats plus précis et d'une manière relativement rapide. Cette méthode consiste en l'enregistrement du profil d'une surface par le biais d'un profilomètre qui produit un signal électrique proportionnel à la distance qui sépare le plan de référence du capteur de l'emplacement sur la surface à mesurer. Le capteur doit être, par exemple, de types mécanique, acoustique, électro-optique ou être une caméra vidéo. La puissance électrique finale doit être reliée de façon linéaire au profil de la texture soit en réalisant un petit montage, soit en utilisant un logiciel, si nécessaire. Les données recueillies sont utilisées pour le calcul de grandeurs définies mathématiquement. Dans certains cas, le profil est enregistré pour être analysé ultérieurement. Il peut également être utilisé pour des calculs en temps réel.

Le profil de surface ainsi déterminé permet de calculer les valeurs du PMP (profondeur moyenne du profil) sur la base d'un segment de 100 mm de la texture selon EN ISO 13473-1 ou proche de la norme ASTM E1845-15 (en option). Par ailleurs, l'appareil de mesure calcule une valeur PTE (profondeur estimée de la texture) à partir des valeurs PMP, selon l'équation de transformation de l'EN ISO 13473-1 ($PTE = 0.8 PMP + 0.2$) qui a été dérivée dans la référence [1] - annexe F de la norme.

En utilisant cette équation de transformation, nous devrions obtenir les valeurs de PTE aussi proches que possible des valeurs de PMT mesurées avec la méthode volumétrique à la tâche. On estime que la marge d'erreur de cette équation est bien inférieure aux variations provoquées par le changement d'opérateurs et d'équipements lors de l'utilisation de la méthode volumétrique à la tâche.

Des recherches de corrélation entre les deux méthodes de mesures sont en cours de réalisation au niveau des chantiers courants.

CORRÉLATION ENTRE LES MESURES DE DÉFLEXIONS DE CHAUSSÉES AU HWD ET AU DÉLECTOMÈTRE LACROIX



Mohammed LIZOUL,
LPEE/CERIT

La portance d'une chaussée est mesurée au Maroc avec la poutre Benkelman, le Défectographe Lacroix ou le Falling Weight Deflectometer (FWD). Les deux derniers appareils permettent un meilleur rendement et fournissent une information plus complète sur l'état structural avec une exploitation des résultats plus poussée, notamment lors d'une auscultation pour les besoins d'expertise ou d'étude de renforcement de chaussée.

Il y avait plusieurs corrélations entre les déflexions FWD et Lacroix qui ont été proposées dans la littérature scientifique sans toutefois arriver à un consensus valable pour toutes les structures routières. La plupart des relations étant trop simples et majoritairement linéaires, elles dépendent de la structure auscultée et des conditions climatiques rencontrées. L'écart entre les méthodes de mesure peut être expliqué rationnellement par les effets de viscoélasticité des revêtements bitumineux en fonction du mode d'application de la charge.

Cet article a pour objectif de présenter les spécificités de chaque appareil et de donner une première base de comparaison entre les deux, et ce, sur la base des campagnes de mesures réalisées contradictoirement avec les deux appareils, au niveau de quelques chaussées existantes au Maroc.

RETOUR SUR LES DIFFICULTÉS D'ADOPTION D'UN ENROBÉ 0/10 EN COUCHE DE ROULEMENT



Mohammed BOUDAUD,
LPEE/CERIT

Les bétons bitumineux semi-grenus (BBSG) sont les enrobés hydrocarbonés les plus utilisés en couche de roulement et/ou de liaison, dans le cadre des travaux de construction, de renforcement ou d'entretien des chaussées. Ils sont caractérisés par un pourcentage de gravillons et une composition adaptés à une épaisseur moyenne comprise entre 5 et 9 cm.

On distingue deux types de bétons bitumineux semi-grenus :

- Béton Bitumineux Semi-Grenu 0/10 mm (BBSG 0/10).
- Béton Bitumineux Semi-Grenu 0/14 mm (BBSG 0/14).

Chaque type de BBSG peut se situer dans trois classes de performances : classe 1, 2 ou 3. Ces classes de performances sont définies au moyen d'une épreuve de formulation, dont le niveau est fonction de l'utilisation du produit. En fonction de l'utilisation projetée, du type d'enrobé et des sollicitations, les exigences peuvent être différentes. C'est pourquoi l'épreuve de formulation est divisée en quatre niveaux allant de 1 à 4 :

Niveau 1 : Essai PCG (NF P 98-252).

Essai Duriez à 18°C (NF P 98-251-1).

Niveau 2 : Niveau 1

Essai d'orniérage (NF P 98-253-1).

Niveau 3 : Niveau 2

Essai de module complexe (NF P 98-260-2) ou traction directe (NF P 98-260-1).

Niveau 4 : Niveau 3

Essai de fatigue (NF P 98-261-1).

Cet article dans sa version détaillée a pour objectif de montrer via des exemples d'études de formulations concrètes que, contrairement au BBSG 0/14, les pourcentages de vides obtenus moyennant l'essai PCG pour un BBSG 0/10 sont généralement supérieurs aux maximums exigés par les normes de référence. Il faudrait faire parfois plusieurs itérations et ajustements avant de figer la formule et la teneur en liant qui permettent d'obtenir les performances mécaniques escomptées.

En conclusion, et vues les difficultés de compactage relevées au laboratoire et en chantier pour les formules de BBSG 0/10mm, il est recommandé pour les chantiers ayant des épaisseurs d'EB supérieures ou égales à 6 cm d'adopter un BBSG 0/14. Ce dernier se caractérise généralement par une compactabilité satisfaisante et une meilleure rugosité de surface.

RÉFLEXION SUR LES VARIANTES DE STRUCTURES DE CHAUSSÉES : FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS



M. ZLAYJI,
LPEE/CERIT

Une variante de structure de chaussée est une solution technique qui permet à l'entreprise de proposer une structure de chaussée différente de la solution de base prévue dans le cahier des prescriptions spéciales. Le décret relatif aux marchés publics permet aux entreprises de présenter une offre comportant des variantes en même temps que la solution de base, sauf disposition expresse contraire figurant dans l'avis d'appel d'offre et dans le règlement de consultation.

APERÇU DES CONTRIBUTIONS AU 11^{ème} CONGRÈS (SUITE)

Ces variantes permettent, d'une part, de valoriser la compétitivité entre les entreprises en faisant appel à leur capacité d'initiative et d'innovation et, d'autre part, aux administrations d'optimiser la réponse à leurs besoins par des solutions plus performantes tout en respectant les données et exigences exprimées dans le règlement de la consultation établi par celles-ci.

La présente communication dans sa version détaillée propose de mener une réflexion sur les pratiques actuelles en cas d'appels d'offres ouverts aux variantes tout en soulignant les difficultés rencontrées et les points délicats sur lesquels une attention particulière doit être apportée, et de présenter les principaux facteurs clés de succès à prendre en compte dans la conception d'une solution variante.

MÉTHODOLOGIE DE DÉTERMINATION DES CLASSES D'ENVIRONNEMENT D'UN OUVRAGE D'ART



Abdellah OUALI,
LPEE/CEGT

La méthodologie relative à la définition des classes d'exposition, se base d'une part, sur les résultats des analyses chimiques du sol et de l'eau en contact, et d'autre part, sur les données complémentaires relatives à l'environnement du site des ouvrages concernés, notamment, la proximité de la mer, l'origine des eaux en contact avec les bétons et la localisation géographique. La classe d'environnement d'un ouvrage conditionne le choix des constituants, notamment le type de ciment, les caractéristiques du béton et plus particulièrement les indicateurs de durabilité. Ainsi, les classes d'exposition dont la détermination

relève de la responsabilité des concepteurs, ont un impact majeur aussi bien sur la durabilité que sur le coût de construction des ouvrages.

L'article détaillé présente la démarche ainsi que les principes généraux pour la détermination des classes d'exposition, conformément aux documents et guides en vigueur.

DURABILITÉ DU BÉTON DES OUVRAGES D'ART : CRITÈRES DE CHOIX DES CONSTITUANTS

Les Maîtres d'Ouvrage à l'échelle nationale, exigent pour les Ouvrages d'Art une durée de vie de 100 et donnent les classes d'exposition pour les différentes parties d'ouvrages. Ceci implique l'adoption d'exigences particulières en matières de nature et de qualité des constituants des bétons hydrauliques.

Afin de répondre aux contraintes découlant de ces exigences, le fournisseur du béton doit se conformer aux normes et documents de référence en tenant compte des enrobages retenus. Les critères de choix des constituants deviennent primordiaux pour respecter les seuils des principaux indicateurs de durabilité vis-à-vis de la corrosion (résistances mécaniques, porosité, diffusion des chlorures et perméabilité aux gaz) ainsi que les seuils des indicateurs de durabilité spécifiques vis-à-vis des phénomènes de gonflement, à savoir l'alcali-réaction et les attaques sulfatiques interne et externe. L'article détaillé présente les critères de base concernant le choix des constituants et particulièrement, la nature du ciment, les types d'additions, la nature des granulats ainsi que les prescriptions relatives à la composition des bétons. ■

المؤتمر الوطني للطرق
11^{ème} Congrès National de la Route
10/12 NOV 2022 DAKHLA

Quels rôles de l'infrastructure routière dans le nouveau modèle de développement économique et social du Maroc ?

أيه مكانة لتطوير البنية التحتية الطرقية في تنزيل النموذج الجديد للتنمية الاقتصادية والاجتماعية بالمغرب ؟

المختبر العمومي للتجارب والدراسات
LABORATOIRE PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES

VISITEZ LE STAND DU LPEE AU SEIN DU CONGRÈS ET ÉCHANGEZ AVEC SES ÉQUIPES SUR PLACE SUR LES OPPORTUNITÉS DE COLLABORATION

L'EXPERTISE ROUTIÈRE DU LPEE À L'INTERNATIONAL,

DES INTERVENTIONS EN AFRIQUE À FORTE VALEUR AJOUTÉE

Dans le cadre de son déploiement à l'international, le Laboratoire Public d'Essais et d'Études a réalisé, durant les cinq dernières années, plusieurs prestations liées aux secteurs routiers et autoroutiers en Afrique de l'Ouest et Centrale. Les interventions ont été sous forme d'études de formulation ou de contrôle de travaux.

Les études de formulation réalisées sur plusieurs projets routiers et auto-routiers en Côte d'Ivoire, au Sénégal et au Burkina Faso, ont permis d'assurer :

- La conformité aux exigences des cahiers de charge des Maîtres d'Ouvrages.
- Une meilleure durabilité des ouvrages.
- Une optimisation des coûts.



➤ Route Kogo/Akalayoung - Mesure de la portance de la partie supérieure de terrassement.



➤ Route Kogo/Akalayoung - Après achèvement des travaux.



➤ Route Kogo/Akalayoung - Pont sur pieux de 688 m.

Par ailleurs, en Guinée Équatoriale, Le LPEE a réalisé le contrôle des travaux de construction de la route reliant la ville de Kogo au village d'Akalayoung. Sur ce projet, d'une longueur totale de 14.101 Km et qui comprend 5 ponts et 20 ouvrages hydrauliques, la mission du LPEE a consisté en :

- L'équipement et le fonctionnement du laboratoire de chantier.

- La réalisation des divers essais de laboratoire requis dans le cadre du marché des travaux de construction de la route Kogo/Akalayoung.

- L'assistance technique à l'Entreprise de travaux.

- La réalisation des essais spéciaux dans les laboratoires centraux du LPEE à Casablanca. ■

RESPONSABLES CENTRAUX ET RÉGIONAUX DES UNITÉS DU LPEE

UNITÉ	RESPONSABLE	ADRESSE	TEL FIXE
DIRECTION GÉNÉRALE /DG	MUSTAPHA FARES		05 22 54 75 00
DIRECTION GÉNÉRALE/DGA			
DIRECTION DES RESSOURCES HUMAINES/DRH	MOHAMMED BERRADA		05 22 54 75 81
DIRECTION FINANCIÈRE/DF	KAMAL MOUSSAID		05 22 54 75 04
DIRECTION COMMERCIALE ET MARKETING/DCM	SABAH KABBADJ		05 20 03 71 00
DIRECTION DE CONTRÔLE DE GESTION/DCG		25, RUE AZILAL CASABLANCA	
DIRECTION DE L'ORGANISATION ET SYSTÈMES D'INFORMATION/DOSI	KHALID BENJELLOUN HARZIMI		05 22 54 75 58
DIRECTION TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE/DTS			
DIRECTION DE LA LOGISTIQUE, ACHATS, APPROVISIONNEMENT ET GESTION DE PATRIMOINE/DLAAP	IMANE DEKKAK		05 22 54 75 28
DIRECTION DE L'AUDIT INTERNE/DAI	MOHAMED BENYAHIA TABIB		05 22 48 87 21
CENTRE D'ESSAIS ET D'ETUDES ELECTRIQUES/CEEE	MOHAMED FARSI		05 22 48 87 70
CENTRE EXPÉRIMENTAL DES GRANDS TRAVAUX/CEGT	ABDELHAK SABIHI		05 22 48 87 25
CENTRE EXPÉRIMENTAL DE L'HYDRAULIQUE/CEH	EL HASSANE ZIANE		05 22 48 87 62
CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT/CERIT	KHALID EL AZDI		05 22 48 87 13
CENTRE EXPÉRIMENTAL DES SOLS/CES	ABDELOIHAD GOURRI	KM 7, ROUTE D'EL JADIDA OASIS CASABLANCA	05 22 48 87 50
CENTRE DES STRUCTURES ET TECHNIQUES DE CONSTRUCTION/CSTC	MOHAMMED ERROUAITI		05 22 48 87 30
DIRECTION EXPORT/DE	MOHAMMED BENCHEQROUN		05 22 48 87 49
DIRECTION DU SYSTÈME MANAGEMENT/DSM	MOHAMED BENYAHIA TABIB		05 22 48 87 21
LABORATOIRE NATIONAL DE MÉTROLOGIE/LNM	ABDELLAH ZITI		05 22 48 87 27
CENTRE EXPÉRIMENTAL DES MATÉRIAUX ET DU GÉNIE INDUSTRIEL/CEMGI	REDOUANE NABAOUI	CROISEMENT ROUTES NATIONALES 106 ET 107	05 22 69 90 20
CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA POLLUTION/CEREP	MOHAMED ABDELMOHSINE KARIOUN	TIT MELLIL CASABLANCA	05 22 69 90 10
CTR AGADIR-GUELMIM	EL BACHIR CHERKAOUI	RUE 18 NOVEMBRE, Q.1 - BB 3136 AGADIR	05 28 82 46 88
CTR CASA-SETTAT-BÉNI MELLAL	MOHAMED LOUARDI	AV. ABDELKADER ESSAHRAOUI ARRONDISSEMENT DE SIDI OTHMANE PREFECTURE DES ARRONDISSEMENTS MOULAY RACHID CASABLANCA	05 22 30 46 95/96
CTR FÈS-MEKNÈS	MOHAMED AMINE DOSS BENNANI	ZONE INDUSTRIELLE MEJJAT N° 143-144-145-146 COMMUNE DE MEJJAT PRÉFECTURE MEKNÈS	05 35 50 23 97 05 35 50 36 41
LR EL JADIDA	AHMED BAHIJ	LOT 206 ZONE INDUSTRIELLE EL JADIDA	05 23 37 38 82
CTR LAÏYOUNE-DAKHLA	KAMAL EL MOUEDDEN	PARC DES TRAVAUX PUBLIC BP 353 LAÏYOUNE	05 28 89 48 33
CTR MARRAKECH	YOUNNESSE ABBAD EL ANDALOUSSI	HAY AL MASSIRA I, LOT 675B ET 681B - BP 4732 MARRAKECH	05 24 34 63 22
CTR OUJDA	HASSAN BAKALI	LOT 146 ZONE INDUSTRIELLE, BD MOHAMED V OUJDA	05 36 68 39 45
CTR RABAT-SALÉ-KÉNITRA	ABDELKHALEK ZERYOUH	LOT 58 ZI BIR RAMI EST KÉNITRA	05 37 37 85 14
LR SAFI	AHMED BAHIJ	RÉSIDENCE NIASS, RUE TAIB BEN HIMA SAFI	05 24 62 00 12
CTR TANGER-TÉTOUAN-AL HOCEIMA	LAHOUCINE OUJAA	ROUTE DE MARTIL, ZI BP 6015 TÉTOUAN	05 39 97 96 67

LPEE MAGAZINE

édité par le LPEE

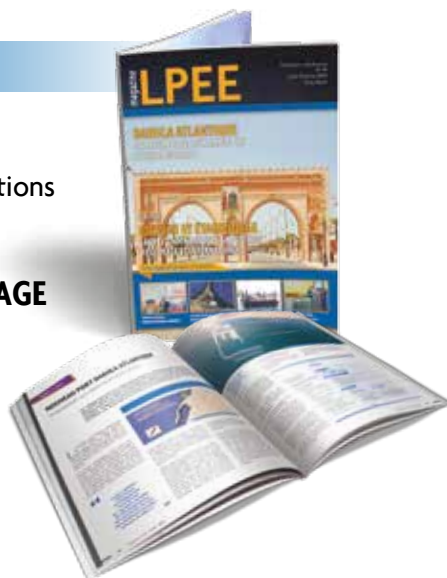
N° 99

DAKHLA ATLANTIQUE

un megaprojet aux ambitions internationales

MESURE ET ÉTALONNAGE

le LPEE/LNM conforte sa position régionale et internationale



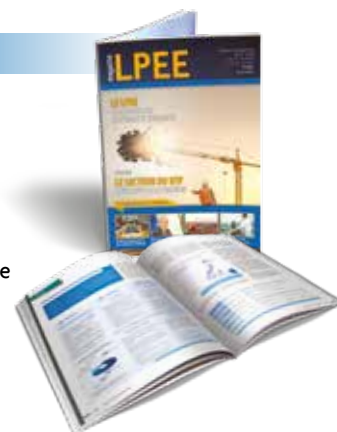
N° 91 > 98

LE LPEE

une entreprise citoyenne et résiliente

LE SECTEUR DU BTP

à l'épreuve de la pandémie



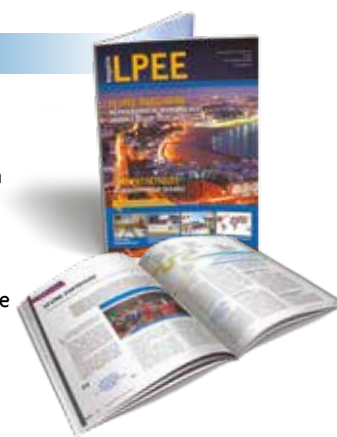
N° 90

LE LPEE, PARTENAIRE

du Programme de développement urbain d'Agadir (2020-2024)

GÉOSYNTHÉTIQUES

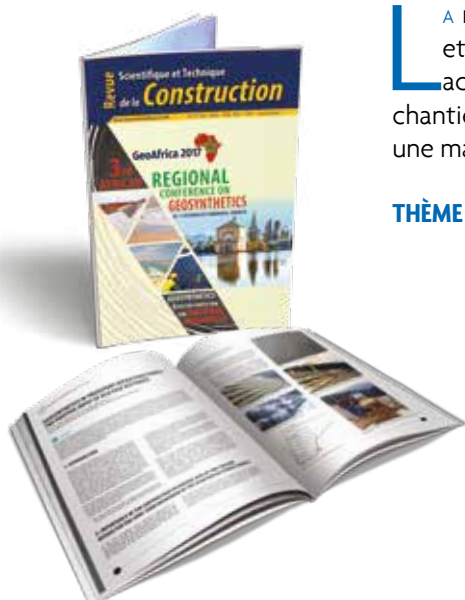
et développement durable



LA RSTC

REVUE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE CONSTRUCTION N° 137-138

éditée par le LPEE



La revue aborde, désormais, la construction sous un angle « Technique et Scientifique », et se veut notamment s'ouvrir davantage sur les travaux de recherches. Qu'elles soient achevées ou en cours ou traitant de problématiques ponctuelles rencontrées sur chantiers ou encore proposant des solutions, ces recherches présenteront indéniablement une matière intéressante pour les professionnels voire pour tout lecteur de différents bords.

THÈME GÉNÉRAL :

➤ Géosynthétiques, une protection efficace pour les ressources naturelles :

- Les propriétés et la performance des géosynthétiques.
- Les déchets.
- Les murs renforcés.
- Le renforcement des fondations superficielles.
- L'utilisation des géosynthétiques dans les infrastructures de transport.
- L'utilisation des géosynthétiques dans les structures hydrauliques.
- Les géosynthétiques et la filtration des sols.



Le réseau LPEE

Centres Spécialisés





CEEE
Centre d'Essais et d'Etudes Electriques
Electricité, Énergie, Sécurité
Tél : 05 22 48 87 70
Fax : 05 22 23 42 14
lpee.ceee@lpee.ma

CEH
Centre Expérimental de l'Hydraulique
Modélisations, Bathymétrie
Tél : 05 22 48 87 62
Fax : 05 22 23 43 04
lpee.ceh@lpee.ma

CEBIT
Centre d'Etudes et de Recherche des Infrastructures de Transport
Routes, Autoroutes, Voies ferrées
Tél : 05 22 48 87 13
Fax : 05 22 23 19 54
lpee.cebit@lpee.ma

CEMGI
Centre Expérimental des Matériaux et du Génie Industriel
Emballage et conditionnement physico-chimie des matériaux
Tél : 05 22 69 90 20
Fax : 05 22 51 06 29
lpee.cemgi@lpee.ma

CEGT
Centre Expérimental des Grands Travaux
Barrages, Ports, Aménagements
Tél : 05 22 48 87 25
Fax : 05 22 48 87 06
lpee.cegt@lpee.ma

CESTC
Centre Scientifique et Technique des Constructions
Auscultation, Structures, Pathologie
Tél : 05 22 48 87 30
Fax : 05 22 25 06 44
lpee.cestc@lpee.ma



CEREP
Centre d'Etudes et de Recherche sur l'Environnement et la Pollution
Eaux, Air, Pollutions
Tél : 05 22 69 90 10
Fax : 05 22 69 90 34
lpee.cerep@lpee.ma

CES
Centre Expérimental des Sols
Géotechniques, Sols, Fondations
Tél : 05 22 48 87 50
Fax : 05 22 23 41 88
lpee.ces@lpee.ma

L.N.M.
Laboratoire National de Métrologie
Métrologie, Etalonnage, Formation
Tél : 05 22 48 87 27
Fax : 05 22 98 25 72
lpee.lnm@lpee.ma

Centres Techniques et Laboratoires Régionaux

Al Hoceima
Quartier Calabonita Lot. Cherrate N 146
Tél : 05 39 98 53 17
Fax : 05 39 95 53 18
lpee.oujda@lpee.ma

Agadir
Rue 18 Novembre Q.I. B.P. 3136 Agadir
Tél : 05 28 82 05 22 / 82 46 88
Fax : 05 28 82 51 52
lpee.agadir@lpee.ma

Béni Mellal
Route de Tadla BP 136
Tél : 05 23 48 28 46
Fax : 05 23 48 49 02
lpee.benimellal@lpee.ma

Casablanca
Av. Abdellkader Essahraoui Arrondissement de Sidi Othmane Préfecture des Arrondissements Moulay Rachid
Tél : 05 22 30 46 95 / 96
Fax : 05 22 31 97 10
lpee.ctrcasa@lpee.ma



Fès
Quartier de la Pépinière Dokkarat B.P. 2407 Fès Principal
Tél : 05 35 65 44 63 / 65 41 98
Fax : 05 35 65 49 61
lpee.fes@lpee.ma

Kénitra
Lot 58 Bir Rami Est Quartier Industriel
Code Postal : 14 090 Kénitra
Tél : 05 37 37 85 14 / 92
Fax : 05 37 37 84 95
lpee.kenitra@lpee.ma



Dakhla
Bd El Ouala Dakhla
Tél : 06 60 42 71 78
Fax : 06 60 42 71 78
lpee.laayoune@lpee.ma

EL Jadida
Lot 206 Zone industrielle Code Postal : 2040
Tél : 05 23 37 38 82
Fax : 05 23 35 39 12
lpee.eljadida@lpee.ma



Meknès
Zone Industrielle Mejjat N° 143-144-145-146
Commune de Mejjat - Préfecture Meknès
Tél : 05 35 50 23 97 / 36 41
Fax : 05 35 50 24 88
lpee.meknes@lpee.ma

Nador
170, Rue Khalid Bnou Loualid BP 131
Tél : 05 36 60 45 37
Fax : 05 36 33 02 90
lpee.nador@lpee.ma

Ouarzazate
Quartier industriel N°6
Tél : 05 24 88 51 81
Fax : 05 24 88 51 40
lpee.ouarzazate@lpee.ma

Laâyoune
Parc des Travaux Public BP 353
Tél : 05 28 89 48 33
Fax : 05 28 89 11 06
lpee.laayoune@lpee.ma

Larache
Rue El Menzeh
Tél : 05 39 91 22 11 / 91 01 08
Fax : 05 39 91 51 29
lpee.tanger@lpee.ma

Marrakech
Hay Al Massira 1 Lot 675 B et 681 B BP 4732 Marrakech
Tél : 05 24 34 63 22 / 34 59 55
Fax : 05 24 34 62 54
lpee.marrakech@lpee.ma

Oujda
ZI, N 146 Bd Med V BP 427
Tél : 05 36 68 39 45
Fax : 05 36 68 19 95
lpee.oujda@lpee.ma



Safi
Route Dar Si Aïssa, ville nouvelle
Tél : 05 24 62 00 12
Fax : 05 24 62 65 23
lpee.safi@lpee.ma

Tanger
Km7, Route de Rabat B.P. 1006
Tél : 05 39 38 07 66
Fax : 05 39 38 07 65
lpee.tanger@lpee.ma

Tétouan
ZI - BP 6015 Martil
Tél : 05 39 97 96 67
Fax : 05 39 68 80 21
lpee.tetouan@lpee.ma



Le LPEE, un leader pour partenaire