

Analyse des corrélations entre déflexion et dégradations des chaussées pour la détermination des seuils critiques de déflexion

Donald HOUEMAVO^{1,2}, Yvette TANKPINOU KIKI³, Crespin YABI⁴, Tariq OUAHBI¹

¹ Université Le Havre Normandie, Normandie Univ, LOMC, UMR 6294 CNRS, 76600 Le Havre, France

² Université d'Abomey-Calavi, LEMA, Abomey-Calavi, Bénin

³ Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques, LaPIT, Lokossa, Bénin

⁴ Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques, L2EGC, Abomey, Bénin

RESUME

L'évolution des dégradations de la structure des routes revêtues est couramment appréciée par l'indice de dégradations et la portance résiduelle de la chaussée (déflexion). La maîtrise de ces indicateurs offre les critères d'alerte à partir desquels des actions précises doivent être envisagées pour sa remise éventuelle en état.

Dans ce cadre, le présent travail s'est concentré sur l'analyse structurelle de la Route Nationale Inter-Etat 2 (RNIE2) au Bénin, précisément la section Bérubouay - Kandi - Malanville supportant un trafic T2, selon le LCPC - SETRA 1994. Pour ce faire, des relevés de dégradations ont été effectués sur 148,5 km et ont permis d'évaluer l'état de la chaussée selon la méthode VIZIR. Ces données d'état apparent ont été combinées avec les données de déflexions afin de fixer les seuils critiques de déflexion de la structure de chaussée.

Les valeurs seuils retenues pour le renforcement de la structure de chaussée sont d_1 (1/100mm) et d_2 (1/100mm), respectivement égales 63 et 83. Ces valeurs sont en accord avec celles proposées dans le manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux. Une fois validées, elles enrichiront les valeurs de ce manuel en y intégrant le Bénin.

Mots-clefs Déflexion, dégradation, chaussée, auscultation, poutre de Benkelman

I. INTRODUCTION

Les infrastructures routières subissent constamment des sollicitations qui, au fil du temps, entraînent des dégradations de la chaussée. Elles sont sollicitées à la fatigue suivant l'importance du trafic qui engendre les dégradations à savoir : déformations (affaissement de rives, flache et orniéage), fissures (fissures longitudinales, fissures transversales, faïençage), arrachement (nids de poule, pelade, plumage), remontée (ressuage)(SETRA, 1996), remontée de fines, bourrelet, gonfle, tôle ondulée (Simonnot & Bouyahbar, 2021), rainure, dentelle, ... Le trafic des véhicules lourds ainsi que les variations thermiques sont les principales causes de dégradation d'une route (Baaj, 2012). Face à ces enjeux, l'évaluation de l'état résiduel des chaussées devient cruciale. Elle repose souvent sur des classifications standardisées, telles que celles du "Manuel pour le

renforcement des chaussées souples en pays tropicaux" du CEBTP et du LCPC 1985. Ce travail s'inscrit dans cette démarche en cherchant, à travers une analyse des corrélations entre la codification des états de dégradations et les mesures de déflexion, à identifier les valeurs critiques de déflexion pour le renforcement de la chaussée. L'objectif est d'élaborer une méthode de détermination des seuils d_1 et d_2 pour les structures de chaussées souples à assise en matériaux latéritiques, tout en minimisant les coûts d'entretien.

II. Etat de l'art

L'auscultation d'une chaussée donne une indication sur sa qualité apparente et structurelle. Au Bénin, comme dans la plupart des pays tropicaux francophones, la définition de l'état apparent d'une chaussée se fait usuellement en s'appuyant sur la classification simplifiée du CEBTP et LCPC élaboré en 1985.

A. Dégradations

Les dégradations prises en compte dans le manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux incluent les déformations et les fissurations de la chaussée, analysées par section. Selon ce manuel, pour quantifier la qualité apparente des chaussées, une notation est utilisée. Elle consiste à comparer en pourcentage le linéaire affecté par les dégradations à la longueur de la section unitaire considérée : la classe 1 regroupe les sections présentant moins de 10 % de dégradations ; la classe 2, inclut celles avec un taux de dégradations compris entre 10 à 50 % ; et la classe 3, correspond aux sections présentant plus de 50 % de dégradations. Une relation entre les déformations et les fissurations de la chaussée est proposée par le CEBTP (TABLEAU 1).

TABLEAU 1. Classification de l'état apparent d'une chaussée (C.E.B.T.P. - L.C.P.C., 1985)

Fissures Déformation	1	2	3
1	1	2	3
2	3 (*)	4	5
3	5 (*)	6	7
1 (Bon) : peu ou pas de fissures ; 2-3 (Médiocre) : fissuré mais non déformé ; 4-5 (Mauvais) : fissuré et déformé ; 6-7 (Très mauvais) : très déformé et fissuré. * cas les plus rares			

B. La déflexion

La déflexion constitue l'un des paramètres essentiels du dimensionnement (Houemavo et al., 2024) mais aussi de l'auscultation des chaussées (NF P 98-200-1, 1991). Elle fournit une indication sur la portance et la rigidité globale de la chaussée (NF P 98-200-2, 1992). La valeur de la déflexion est influencée par l'environnement géologique et climatique, ainsi que par la nature des matériaux constituant les chaussées souples et leur support. Bien qu'elle ne puisse être utilisée comme unique critère de décision ou de choix, elle reflète généralement de manière satisfaisante le comportement d'une structure souple. L'exploitation statistique des deux paramètres (niveau de

dégradation et niveau de déflexion) pour un réseau situé dans une même unité géologique et climatique permet de déterminer les seuils critiques de déflexion. Le seuil d_1 représente la valeur en dessous de laquelle la structure est considérée comme ayant un comportement satisfaisant, tandis que le seuil d_2 correspond à la valeur au-dessus de laquelle la structure est jugée comme présentant de sérieux défauts de portance (TABLEAU 2).

TABLEAU 2. Relation entre la déflexion et l'état de portance de la chaussée (C.E.B.T.P. - L.C.P.C., 1985)

Déflexion	Faible < d_1	Entre d_1 et d_2	Forte > d_2
Portance	Élevée	Médiocre	Faible
Qualité des structures	Bonne	Douteuse	Mauvaise

Plusieurs appareils peuvent être utilisés pour la mesure de la déflexion, en fonction des besoins en précision, de l'échelle du projet et des contraintes de ressources. Les plus couramment employés sont la poutre de Benkelman, le déflectographe Lacroix, le curviamètre, le déflectomètre à masse tombante (FWD)... Les valeurs mesurées de déflexion dépendent de la température dans les matériaux bitumineux et de l'appareil de mesure. De nombreuses études scientifiques ont exploré ce sujet et proposent des méthodes pour ajuster les biais. Le document de l'IFSTTAR décrit la méthode d'essai LCPC N°39 pour évaluer la déformabilité de surface des chaussées. Il souligne que les valeurs mesurées varient selon le système de mesure utilisé, et qu'une valeur conventionnellement vraie a été définie pour standardiser les résultats. Cela implique l'utilisation de capteurs spécifiques et de charges appliquées selon des protocoles rigoureux, permettant ainsi de corriger les biais systématiques liés aux instruments de mesure (IFSTTAR, 1997). Par ailleurs, une analyse des différences entre les mesures effectuées en marche avant et en marche arrière lors d'une campagne de mesure des déflexions à la poutre Benkelman (analyse de la norme NF P 98-200-2) examine les écarts observés et leur interprétation. Les auteurs ont signalé que des écarts inférieurs à 10 (1/100ème) de millimètre peuvent être attribués à des déplacements de la pointe de la poutre ou à des variations dans la répétabilité des mesures. Ils recommandent de prendre en compte ces écarts dans l'analyse des déflexions caractéristiques afin de garantir la précision des évaluations (Loison & Rabiller, 2012). Dans sa thèse, V. Le Boursicaud a exploré des méthodes avancées pour analyser les bassins de déflexion mesurés, en comparant notamment les déflexions maximales corrigées avec les valeurs initialement mesurées. Cette étude a mis en lumière l'importance d'appliquer des corrections appropriées pour obtenir des mesures fiables (Boursicaud, 2018). Enfin, une étude menée par Murillo et Bejarano, citée par Picoux et Tautou a révélé une corrélation entre les déflexions mesurées avec la poutre Benkelman (méthode statique) et celles obtenues avec un déflectomètre à masse tombante (FWD, méthode dynamique). Les auteurs notent que les déflexions sous une charge statique sont généralement supérieures à celles générées par une charge dynamique soulignant ainsi la nécessité d'appliquer des facteurs de correction lors de l'utilisation de la poutre Benkelman (Picoux & Tautou, 2018).

C. *Seuils de déflexion*

Malgré les difficultés notées pour définir les seuils de déflexion, certains pays ont proposé lors de l'élaboration du manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux des valeurs seuils qui sont propres à leurs environnements géographiques et à une structure de chaussée (TABLEAU 3). La démarche adoptée s'appuie sur une analyse statistique de la

dégradation des itinéraires, en corrélant avec le niveau de déflexion mesuré sur un réseau homogène du point de vue géologique et climatique.

TABLEAU 3. Définition des valeurs seuils de déflexions d_1 et d_2 pour les structures souples à assises en latérite non traitée (C.E.B.T.P. - L.C.P.C., 1985)

Valeurs seuils	Niger	Mali	Côte d'Ivoire	Cameroun	Gabon
d_1 (1/100mm)	40	60-70	50-75	50-60	80
d_2 (1/100mm)	60	100-150	100-150	80	100

Ces seuils de déflexion (d_1 et d_2) jouent un rôle crucial dans la définition des politiques d'entretien routier, influençant directement les ressources financières, matérielles et humaines à mobiliser. Cependant, les valeurs actuellement utilisées au Bénin ont souvent basées sur des seuils définis dans le manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux en fonction de la position géographique de pays. Pour répondre à ce besoin, la présente étude vise à déterminer des valeurs seuils de déflexion adaptées à une structure de chaussée souple afin d'améliorer cette démarche qui date de 40 ans. À cet effet, une analyse statistique des corrélations entre les dégradations des chaussées et les déflexions mesurées a été menée à l'aide de la méthode VIZIR, sur le tronçon Bérubouay-Kandi-Malanville d'une longueur de 148,5 km de la Route Nationale Inter-Etat 2 (RNIE 2) en termes de conditions géologiques et climatiques.

III. MATERIEL ET METHODE

A. Milieu d'étude

La route faisant objet de cette étude est la section Berubouay - Kandi – Malanville de la RNIE 2. Elle a été construite en 1996 et depuis lors n'a jamais connu des travaux de renforcement. Mais en 2015 et 2018 elle a subi des travaux de réparations réalisées en des points à temps dans des zones qui étaient très dégradées (FIGURE 2).

1. Les couches de la structure de chaussée et leur épaisseur

TABLEAU 4. Les différentes couches de la structure de la chaussée et leurs épaisseurs

Tronçon	Couches	Matériaux	Epaisseur (cm)
Berubouay - Kandi - Malanville	Couche de surface	Béton Bitumineux Semi- Grenus	5
	Couche de base	Grave Latéritique Améliorée au Ciment	20
	Couche de fondation	Grave Latéritique	20

2. Caractéristiques géométriques des chaussées

Les caractéristiques géométriques de la chaussée sont récapitulées dans le TABLEAU 5.

TABLEAU 5. Caractéristiques géométriques des chaussées

Situation	Vitesse de référence	Largeur de la Plateforme	Largeur de la couche de roulement
Rase campagne	100 km/h	9 m	7 m
A l'approche des ouvrages	80 km/h		
Agglomérations	60 km/h		

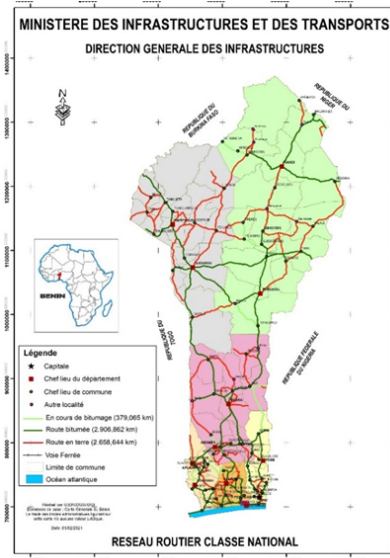


FIGURE 1. Réseau routier du Bénin



FIGURE 2. Présentation de la section Bérébouay - Kandi – Malanville (RNIE2)

B. Définition des critères de calcul de l'étendue (Et) et du degré de gravité (G) des dégradations

La méthode de calcul de l'étendue et du degré de gravité est basée sur la règle LCPC.

- Etendue (Et) des dégradations :

$$Et = \frac{l}{L} \tag{1}$$

L : longueur du champ (500m ou 1000m) ; l : Longueur occupée par la dégradation dans le champ.

- Gravité (G) des dégradations :

$$G = \frac{l_1+2l_2+3l_3}{l_1+l_2+l_3} \tag{2}$$

l_i : Longueur occupée par la dégradation de gravité i dans le champ.

Comme la gravité est un nombre entier (de 1 à 3) il faut une règle d'arrondi qui est la suivante.

Si $G < 1,5$ on prend $G = 1$; Si $1,5 < G < 2,5$ on prend $G = 2$ et Si $2,5 < G$ on prend $G = 3$ (3)

C. Indice de dégradation de surface I_s

L'indice de dégradation est l'indice visuel global déterminant l'état de la chaussée. Il est évalué sur une section de route à partir de trois groupes de dégradations : fissuration et faïençage ; déformation et ornierage ; et réparations. Cet indice est obtenu en suivant une démarche à quatre (04) étapes.

1. Indice de fissuration I_f

L'indice de fissuration I_f qui dépend de la gravité et de l'étendue de la fissuration ou du faïençage sur la longueur de route considérée est déterminé en premier. Lorsqu'il y a, à la fois fissuration et faïençage, la plus forte des deux valeurs est prise.

TABLEAU 6. Indice de fissuration I_f (LCPC, 1991)

Aucune fissure 0		Etendue (Et) des fissures		
		< 10 %	10 % à 50 %	Plus de 50 %
Gravité (G) des fissures	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

2. Indice de déformation I_d

L'indice de déformation (I_d) qui dépend de la gravité et de l'étendue de la déformation ou de l'ornièrage est ensuite calculé. Lorsqu'il y a, à la fois déformation et ornière, la plus forte des deux valeurs est considérée.

TABLEAU 7. Indice de déformation I_d (LCPC, 1991)

Aucune déformation 0		Etendue (Et) des déformations		
		< 10 %	10 % à 50 %	Plus de 50 %
Gravité (G) des déformations	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

3. Indice global I_{s1} (sans les réparations)

La combinaison de l'indice de fissuration (I_f) et de l'indice de déformation (I_d) donnera un premier indice qui représente une note de dégradation permettant de qualifier la chaussée.

TABLEAU 8. Indice global I_{s1} (sans les réparations) (LCPC, 1991)

Première note de dégradation	$I_f \backslash I_d$	0	1-2	3	4-5
	0		1	2	3
1-2		3	3	4	5
3		4	5	5	6
4-5		5	6	7	7

4. Correction avec les réparations

Une correction du premier indice de dégradation est finalement appliquée en tenant compte de la gravité et de l'étendue des réparations identifiées. Certaines interventions de réparation, bien qu'apparentes, dissimulent des défaillances structurelles sous-jacentes de la chaussée. Par conséquent, ces réparations sont intégrées comme un paramètre aggravant dans le modèle d'évaluation de la qualité fonctionnelle et structurelle de la surface.

TABLEAU 9. Correction avec les réparations (LCPC, 1991)

Réparation	\backslash Etendue	< 10 %	10 % à 50 %	Plus de 50 %
	Gravité			
1		0	0	0
2		0	0	+1
3		0	+1	+1

Cette correction, permet d'aboutir à un indice global de surface (I_s) qualifiant la chaussée sur la longueur choisie pour le calcul. Cet indice varie de 1 à 7 et se présente comme suit :

- les notes 1 et 2 : correspondent à de bons états de surface ne nécessitant pas (ou à la limite de faire) de travaux ;
- les notes 3 et 4 : correspondent à des états de surface assez moyens, suffisamment mauvais pour déclencher les opérations d'entretien ;
- les notes 5, 6 et 7 : correspondent à de très mauvais états de surface nécessitant de gros travaux d'entretien ou de renforcement.

D. Campagne de mesures de déflexion

1. Déflexion mesurée

Les mesures de déflexion ont été réalisées avec la poutre BENKELMAN suivant le principe décrit dans la Norme NF P 98 -200-2. Après la mesure des déflexions, une correction des biais systématiques dans les données, notamment lors de l'utilisation de la poutre Benkelman, est essentielle pour garantir la précision des évaluations structurelles.

2. Déflexions caractéristiques

La valeur de la déflexion retenue pour les sections unitaires de quelques centaines de mètres de longueur est calculée, en « gommant » les accidents de portance très ponctuels, avec la formule :

$$dc = dm + k \times \sigma \quad (4)$$

avec dm : valeur moyenne sur la section considérée ; σ : écart type ; et k : coefficient de probabilité prédéterminé. La valeur de k est égale à 2 pour une probabilité de dépassement de l'ordre de 2,5 % et 1,3 pour une probabilité de dépassement d'environ 10% qui est considérée comme admissible dans de nombreux pays (C.E.B.T.P. - L.C.P.C., 1985).

La formule retenue de $dc = dm + 1,3\sigma$ Où : $dm = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{\sum_1^n d_i}{n}$ et $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (d_i - dm)^2}{n-1}}$ (5)

IV. RESULTATS

Le travail a été réalisé sur un itinéraire de 148,5 km couvrant le tronçon du PK 554+600 au PK 704+200 de la RNIE2. Conformément à la méthode VIZIR, chaque dégradation a été relevée linéairement sur la chaussée tous les 50 m, selon un barème comprenant quatre niveaux allant de 0 (absence de dégradation) à 3 (dégradation grave). De même, les mesures de déflexion ont été effectuées tous les 50m. Cette démarche a permis d'obtenir 2990 valeurs de dégradations ainsi que de déflexion. Par la suite, l'itinéraire a été systématiquement découpé en sections de 500 m permettant ainsi d'obtenir un total de 299 sections. Pour chaque section, l'indice de dégradation de surface I_s et la valeur de la déflexion caractéristique d_c ont été déterminés.

La FIGURE 3 présente la répartition des niveaux de gravité (0 à 3) pour les dégradations structurelles de type A (déformation, fissuration, faïençage, et réparations) sur le tronçon.

- Les déformations affichent une forte proportion (environ 90%) de gravité 0, ce qui indique une prédominance de zones sans gravité notable. La progression des gravités 1, 2 reste modérée, traduisant un bon comportement structurel sur ces zones tandis que la gravité 3

demeure marginale. Cela suggère un impact limité des charges ou une prise en charge efficace des déformations naissantes.

- Les fissurations présentent une répartition marquée entre les niveaux de gravité 1 et 2, qui représentent ensemble plus de 60 % des cas. La faible proportion de gravité 3 indique que seules sections critiques nécessiteraient des réparations imminentes. Cependant, l'importance des fissures à gravités intermédiaires appelle à une attention particulière pour prévenir leur progression vers des états plus sévères.
- Le faïençage, caractéristique des chaussées fatiguées, montre une proportion importante en gravité 0, mais les degrés intermédiaires (1 et 2) restent significatifs. Les zones en gravité 3 sont presque inexistantes, ce qui reflète un état globalement stable, mais nécessitant un suivi dans les zones affectées.
- Les réparations révèlent une forte dominance de gravité 0, ce qui témoigne d'un tronçon sans trop de réparations. Toutefois, la présence minoritaire de gravité 1 et 2 met en évidence des zones où des évaluations périodiques ou des interventions ont été réalisées pour maintenir la durabilité de la structure, ainsi que le confort et la sécurité des usagers.

La FIGURE 4 illustre la répartition des niveaux de gravité (de 0 à 3) pour les dégradations non-structurelles, notamment les nids de poule ou arrachements, le ressuage, le fluage d'enrobé et l'épaufrure, sur le tronçon. Les **nids de poule ou arrachements** présentent une certaine diversité dans les niveaux de gravité, avec des occurrences de gravités 1 et 2, bien qu'en proportions limitées. Ces résultats traduisent des contraintes localisées. Les gravités 3, quant à elles, sont extrêmement rares et marginales. Il convient de noter que, malgré la proportion limitée de nids de poule ou arrachements (environ 10%), les niveaux de gravité 1, 2 et 3, ne doivent pas être négligés dans l'analyse des stratégies de renforcement de la structure de la chaussée. Une telle prise en compte permettrait d'anticiper l'évolution des dégradations et de limiter leur impact.

FIGURE 3. Répartition des différentes dégradations de type A sur la section

FIGURE 4. Répartition des différentes dégradations de type B sur la section

Les figures 5, 6, 7 et 8 présentent des histogrammes illustrant la distribution des déflexions caractéristiques selon l'état apparent de la route : respectivement très mauvais, assez moyen, bon, ainsi que la distribution globale regroupant ces trois catégories sur la section de route. La forme des histogrammes semble proche d'une distribution normale, une caractéristique particulièrement évidente dans la figure 10, où l'histogramme est superposé à une courbe de Gauss. Cette courbe

semble ajustée à l'histogramme, indiquant que les données suivent une distribution normale. Toutefois, de légers écarts sont observés : les barres autour des valeurs 30 ; 60 à 70 et 90 en 1/100^{ème} de mm paraissent légèrement plus élevées que prévu par la courbe. Les valeurs extrêmes, en dessous de 30 et au-dessus de 90 en 1/100^{ème} de mm, sont nettement plus faibles, ce qui est cohérent avec la décroissance attendue dans une distribution normale.

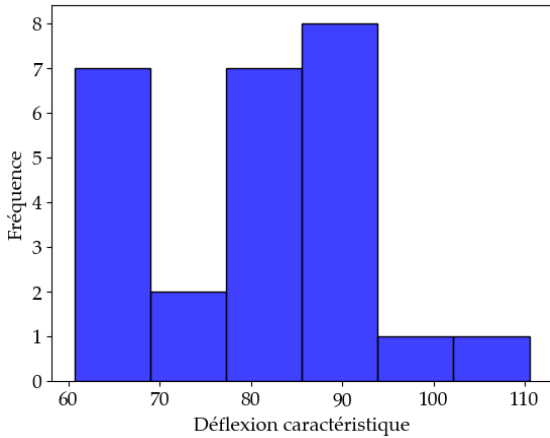


FIGURE 5. Distribution de la déflexion de l'état apparent très mauvais sur la section

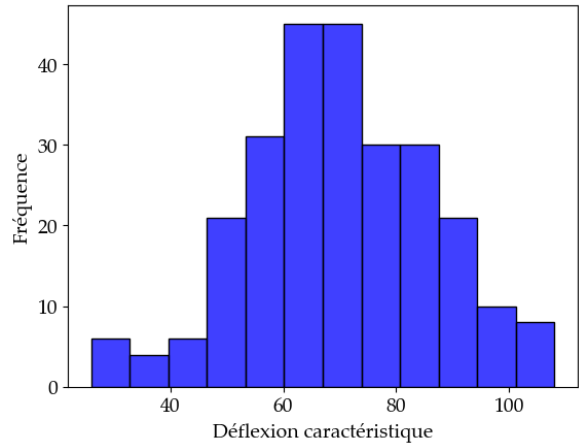


FIGURE 6. Distribution de la déflexion de l'état apparent assez moyen sur la section

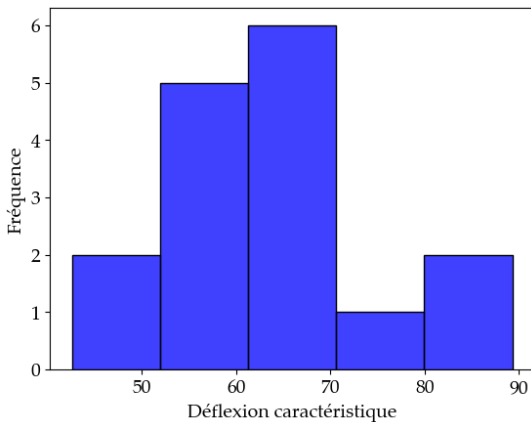


FIGURE 7. Distribution de la déflexion de l'état apparent bon sur la section

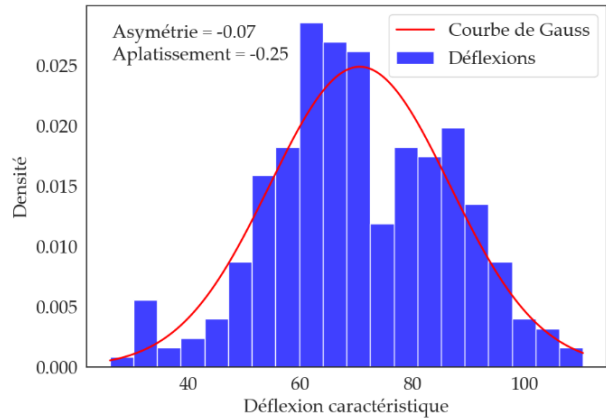


FIGURE 8. Distribution de la déflexion de l'ensemble des états apparents sur la section

Le nuage de points, composé de 299 données dérivées (FIGURE 9), montre la relation entre l'état apparent de la chaussée (Très mauvais, Assez moyen, Bon) et la déflexion caractéristique, un indicateur clé de la capacité structurelle de la chaussée. Les chaussées très dégradées (points rouges) présentent des déflexions élevées, oscillant en moyenne entre 60 et 120 en 1/100^{ème} de mm, traduisant une faiblesse structurelle importante et une forte déformation sous charge. Les zones en état assez moyen (points jaunes) affichent des déflexions intermédiaires, en moyenne entre 10 et 110 en 1/100^{ème} de mm, indiquant un comportement acceptable mais marqué par une usure modérée. En revanche, les chaussées en bon état (points verts) ont des déflexions faibles, comprises en moyenne entre 40 et 90 en 1/100^{ème} de mm, révélant une performance structurelle satisfaisante. Les moyennes arithmétiques et les médianes des déflexions caractéristiques par état apparent (FIGURE 10) confirment cette tendance. Les moyennes sont les suivantes : Très mauvais

: 80,71 ; Assez moyen : 69,99 ; Bon : 64,41 en 1/100ème de mm. Les médianes correspondantes sont : Très mauvais : 83,42 ; Assez moyen : 68,74 ; Bon : 63,27 en 1/100ème de mm. Ces résultats soulignent l'importance de la déflexion comme critère d'évaluation de l'intégrité structurelle.

Ainsi, les zones très dégradées nécessitent des interventions urgentes, celles en état assez moyen requièrent des corrections préventives pour éviter une dégradation accrue, et les chaussées en bon état doivent simplement faire l'objet d'un entretien régulier pour préserver leur qualité.

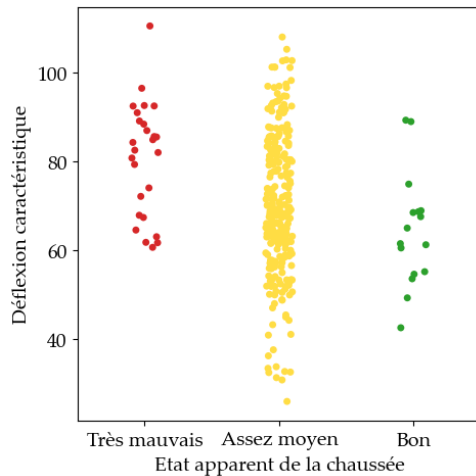


FIGURE 9. Distribution de la déflexion de chaque état apparent sur la section

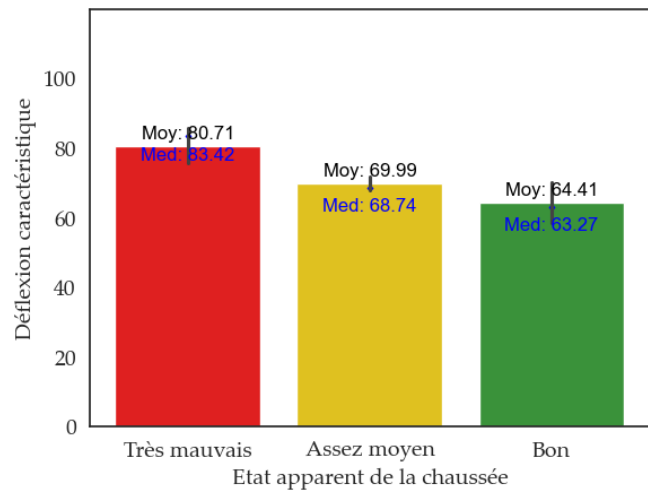


FIGURE 10. Déflexions caractéristiques en fonction des types d'état apparent sur la section

La tendance générale montre une relation entre le niveau de l'état apparent et la déflexion caractéristique de la chaussée : plus l'état de la chaussée est globalement dégradé, plus la déflexion est globalement élevée. Cette observation est cohérente avec le fait qu'une augmentation de la déflexion traduit une diminution de la rigidité ou de la capacité portante de la structure. Cette corrélation peut être utilisée pour déterminer les seuils critiques de déflexion nécessaires à la réhabilitation des routes revêtues. Pour des raisons de sécurité, le seuil de déflexion d_1 a été fixé à 63 en 1/100ème de mm, correspondant à la médiane des déflexions caractéristiques pour un état apparent bon. De même, le seuil de déflexion d_2 a été établi à 83 en 1/100ème de mm, correspondant à la médiane des déflexions caractéristiques pour un état apparent très mauvais. Ces valeurs seuils sont en accord avec celles de la littérature.

CONCLUSION

Le présent travail a permis d'évaluer l'état structurel d'un linéaire de 148,5 km de la RNIE2 au Bénin, selon la méthode VIZIR, en intégrant des indices de dégradation de surface (Is) et des valeurs de déflexion caractéristiques (dc). L'analyse des résultats a révélé une forte corrélation entre la déflexion caractéristique et l'état apparent de la chaussée : les zones en très mauvais état présentent des déflexions élevées, tandis que celles en bon état affichent des déflexions faibles, témoignant d'une bonne capacité portante.

Les données collectées révèlent une prédominance de dégradations mineures (gravité 0), traduisant globalement un bon comportement structurel du tronçon étudié. Toutefois, certaines

sections présentant des niveaux de gravité intermédiaires ou élevées (1, 2 et 3) nécessitent une attention particulière afin de prévenir l'aggravation des dégradations. Les analyses graphiques, notamment les histogrammes et le nuage de points (déflexion caractéristique par état apparent), confirment la pertinence des seuils critiques de déflexion ($d_1 = 63$ et $d_2 = 83$ en $1/100^{\text{ème}}$ de mm) pour orienter les stratégies d'entretien et de réhabilitation des structures souples en matériaux latéritiques supportant un trafic T₂. Ces seuils, en accord avec la littérature, renforcent leur validité pour la gestion des infrastructures routières au Bénin et dans des contextes similaires.

Néanmoins, l'intégration des dégradations non structurelles notamment les nids de poule ou des arrachements comme une quatrième catégorie de dégradation dans l'évaluation structurelle permettrait de corriger la dispersion des valeurs de déflexion en fonction de l'état apparent.

Ainsi, ce travail pourrait constituer une base méthodologique solide pour prioriser les interventions et orienter les décisions stratégiques en matière de gestion des chaussées revêtues au Bénin. Des études complémentaires pourraient affiner ces seuils et explorer leur applicabilité à d'autres types de structures routières.

REFERENCES

- Baaj, H. (2012). Dégradation et usure des revêtements routiers souples. *Frottement, usure et lubrification*. <https://doi.org/10.51257/a-v1-tri4620>
- Boursicaud, V. L. (2018). Nouvelles utilisations des mesures de bassins de déflexion pour caractériser l'état structurel des chaussées. *École centrale de Nantes*, 314. <https://doi.org/10.1016/j.ecn.2018.03.003>
- C.E.B.T.P. - L.C.P.C. (1985). Manuel pour le Renforcement des Chaussées Souples en Pays Tropicaux. République Française - Ministère des relations extérieures coopération et développement. <http://worldcat.org/isbn/2110848170>
- Houemavo, D., Ouahbi, T., Kiki, Y. T., & Taibi, S. (2024). Chaussées souples à assise en matériaux latéritiques : Modélisation de la déflexion par la méthode des éléments finis. *Academic Journal of Civil Engineering*, 42. <https://doi.org/10.26168/ajce.42.1.45>
- IFSTTAR. (1997). Déformabilité de surface des chaussées : Exécution et exploitation des mesures \Méthode d'essai LCPC N°39. *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)*. https://www.ifsttar.fr/fileadmin/user_upload/editions/lcpc/MethodeDEssai
- LCPC. (1991, décembre). VIZIR-Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un réseau routier. *Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de L'Espace*. <http://worldcat.org/isbn/2720811505>
- Loison, E., & Rabiller, F. (2012). Thème 20: Mesure de la déflexion à la poutre de Benkelman. <https://www.idrrim.com/ressources/documents/3/2487,theme-20-deflexions-2012-10-231.pdf>
- NF P 98-200-1. (1991). Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante—Définitions, moyens de mesure, valeurs caractéristiques. *AFNOR*. www.afnor.org
- NF P 98-200-2. (1992). Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante—Détermination de la déflexion et du rayon de courbure avec le déflectomètre Benkelman modifié. *AFNOR*. www.afnor.org
- Picoux, B., & Tautou, R. (2018). Amélioration de l'interprétation des méthodes d'auscultation dans le cadre de l'établissement d'un diagnostic précis de la chaussée à partir de méthodes d'impact. *Laboratoire GC2D, Université de Limoges*. www.dvdc.fr
- SETRA. (1996). Guide pratique—L'entretien courant des chaussées. *Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes*. https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/16545/l-entretien-courant-des-chaussees-guide-pratique?_lg=fr-FR
- Simonnot, T., & Bouyahbar, F. (2021). La pathologie des chaussées—Processus de dégradation, causes et diagnostic. *Vieillessement, pathologies et réhabilitation du bâtiment*. <https://doi.org/10.51257/a-v1-c7300>