

Projet National de recherche et développement

RAPPORT DE RECHERCHE / LIVRABLE

**RELEVÉS AUTOMATISÉS
APPLICATION IN SITU DES DESCRIPTEURS
DEGRADATIONS**

Auteur(s) / Organisme(s) :

Baptiste RADDE – Technologies Nouvelles

Bruno JOLY - TECHNOLOGIES NOUVELLES

Fabien MENAND - UGE

Hervé GUIRAUD – CEREMA

Jean-Marc MARTIN - UGE

Sébastien WASNER - CEREMA

Thème de rattachement :

Thème 2 : Caractérisation de l'état du réseau / Mesures in situ /
Relevés automatisés

Tranche 4 – Mesures sur site (RRD 27) – Application méthodologie
« Nouvelle classification des dégradations »

DVDC/R/040

N° lettre de commande : LC/20/DVDC/135A/135F/135D

Date : 20/03/2023

Site internet : www.dvdc.fr

Plateforme collaborative : www.omnispace.fr/dvdc

Président : Dominique JAUMARD

Directeurs : Christine LEROY et Simon POUGET

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr

Sommaire

Sommaire	<u>32</u>
1 Résumé	<u>43</u>
2 Phasage	<u>54</u>
3 Auscultation des sections	<u>65</u>
3.1 Appareils de mesure	<u>65</u>
3.2 Sections auscultées.....	<u>76</u>
3.3 Exploitation des données	<u>87</u>
4 Visites terrain et validation des descripteurs	<u>98</u>
5 Comparaison des résultats fournis par les deux systèmes d’acquisition	<u>1211</u>
5.1 Fissuration	<u>1312</u>
5.1.1 Mode Schéma itinéraire.....	<u>1312</u>
5.1.2 Mode statistique globale	<u>2120</u>
5.2 Départ de matériaux.....	<u>2322</u>
6 Conclusion	<u>2423</u>

1 Résumé

Ce livrable a pour objet l'étude des résultats des descripteurs dégradations issues de relevés automatiques après application de la méthode de classification élaborée en tranche 3.

Ces résultats s'appuient des mesures type LCMS réalisées en deux étapes sur trois planches du réseau départemental du Département de l'Eure (CD27).

Abstract :

The purpose of this deliverable is to study the results of degradation descriptors from automatic data collection after application of the classification method developed in phase 3.

These results are based on "LCMS" type measurements conducted in two steps on three boards of the road network of the Department of Eure (CD27).

2 Phasage

Cette étude s'est déroulée selon le phasage suivant :

- Trois étapes en tranche 3 :
 - Une première auscultation en mars 2022 menée par TN avec application de la méthode de classification,
 - Validation in situ effectuée avec les services du CD27 des indicateurs/descripteurs issus de la méthode de classification des dégradations.
 - Une deuxième auscultation menée par le CEREMA en juillet 2022.
- Une étape en tranche 4 :
 - Evaluation de la robustesse en tranche 4 de la méthode de classification des dégradations par comparaison des valeurs des descripteurs / indicateurs provenant des 2 auscultations effectuées par des systèmes d'acquisition équipés de la technologie LCMS.

3 Auscultation des sections

3.1 Appareils de mesure

Les mesures ont été réalisées sur 3 planches test du réseau routier départemental du CD27 à l'aide de deux appareils d'auscultation à grand rendement équipés de la technologie LCMS :

- 21 mars 2022 : Appareil EVALIS 3D de la société Technologies Nouvelles (« TN ») ;
- 7 juillet 2022 : Appareil AIGLE 3D du CEREMA ;

Mars 2022 :	Juillet 2022
Evalis 3D – Technologies Nouvelles	Aigle 3D – CEREMA
	

- Partenaire : Département de l'Eure



Dans la suite du document, les appareils de mesure sont anonymisés et référencés en Auscult1 et Auscult2 (sans présumer quel appareil correspond à Auscult1 et Auscult2).

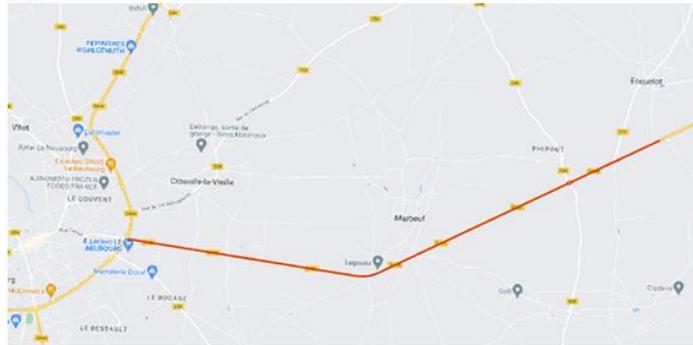
3.2 Sections auscultées

Nous présentons ci-dessous la liste des 3 sections auscultées et leur localisation :

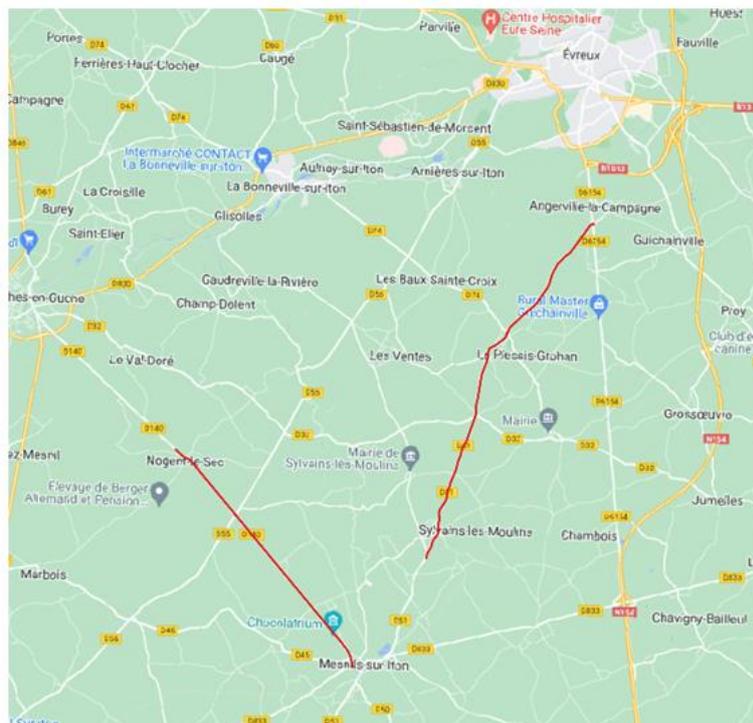
Route	PRD	ABD	PRF	ABF	Longueur (m)
D133	28	960	36	0	7 050
D51	0	0	11	0	10 975
D140	0	0	8	0	8 020

Longueur totale = 26 045 m à parcourir dans les deux sens.

D133



D140 et D51



3.3 Exploitation des données

Pour chaque campagne de mesure, sont calculés les indicateurs et descripteurs de la méthode mise en place dans le cadre du thème 2

« Relevés automatisés – Descripteurs Dégradation et méthode de classification » (cf. « Livrable_2022.11.02_DVDC_Th2.3_Degradations_VF.pdf »).



Projet National de recherche et développement

RAPPORT DE RECHERCHE / LIVRABLE

**RELEVÉS AUTOMATISÉS
DESCRIPTEURS DEGRADATIONS
ET METHODE DE CLASSIFICATION**

Auteur(s) / Organisme(s) :
Bruno JOLY / Technologies Nouvelles
Julie Maignol / Nextroad Engineering

Groupe travail
Mesures in situ – Relevés automatisés – Descripteurs dégradation

Thème de rattachement :
Thème 2 – Relevés automatisés

Numéro de rapport (à établir par l'IREX)
N° lettre de commande : LC/19/DVDC/107
Date : 02/11/2022

Site internet : www.dvdc.fr
Plateforme collaborative : www.annispace.fr/dvdc
Président : Dominique JAUMARD
Directeurs : Christine LEROY et Simon POUGET
Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr

Pour rappel, les mesures sur site ont été réalisées avec un paramétrage du système d'acquisition identique. L'exploitation des données avec LCMS Analyser a également été réalisée avec la même version pour les deux campagnes de relevé.

4 Visites terrain et validation des descripteurs

La visite terrain a été réalisée en s'appuyant sur les résultats issus du premier passage. Elle avait pour objectif de confronter :

- D'une part les résultats obtenus à l'aide de la technologie LCMS à la suite de l'auscultation réalisée en mars, avec la vision technique d'experts en termes de dégradations de chaussée,
- D'autre part, de valider la pertinence et l'adéquation des descripteurs proposés avec la réalité terrain, avec en « point de mire » leur utilisation pour définir/ proposer des orientations de solutions d'entretien pour la remise en état des chaussées.

Il s'agissait ainsi de s'assurer de l'apport concret de ces nouveaux descripteurs et indicateurs pour déterminer des solutions d'entretien adaptées en utilisant notamment l'aspect surfacique des descripteurs restitués (en localisation et en importance).

Deux visites « terrain » ont été effectuées avec les services gestionnaires du CD27, le 27/04 et le 03/05/22, avec les documents supports suivants :

- Schémas itinéraires de synthèse pour visualiser la localisation et l'importance des dégradations



- Support cartographique de type SIG sur « Tablette » connecté et géolocalisé en temps réel permettant de visualiser les dégradations relevées et les indicateurs calculés quelle que soit la localisation sur la section.



La visite terrain a montré que les indicateurs calculés permettent bien de mettre en avant les pathologies rencontrées sur les chaussées. Le nombre d'informations restituées est très important en première approche si on regarde à l'échelle de la maille élémentaire (carrés de 0,25 x 0,25 cm). Il est plus facile de réaliser une analyse au niveau macroscopique à un pas légèrement plus important. Le pas de 10 m proposé dans la méthode a, sur le terrain, semblé être un bon compromis.

Lors de la visite, l'association « schéma itinéraire » + « cartographie » a permis de bien identifier les surfaces de dégradations et leur localisation. C'est un aspect important lors de la recherche de la solution d'entretien à mettre en place.

Les premiers seuils associés aux gravités calculées n'ont pas toujours reflété précisément la vision gestionnaire. La proportion de fissuration « G1 » (fissures peu denses, de faible ouverture) était trop importante par rapport aux fissurations de niveaux « G2 » et « G3 » (fissures ramifiées et début de faïençage). Certains seuils ont donc été recalés et une seconde visite terrain a été réalisée pour valider l'impact des modifications.

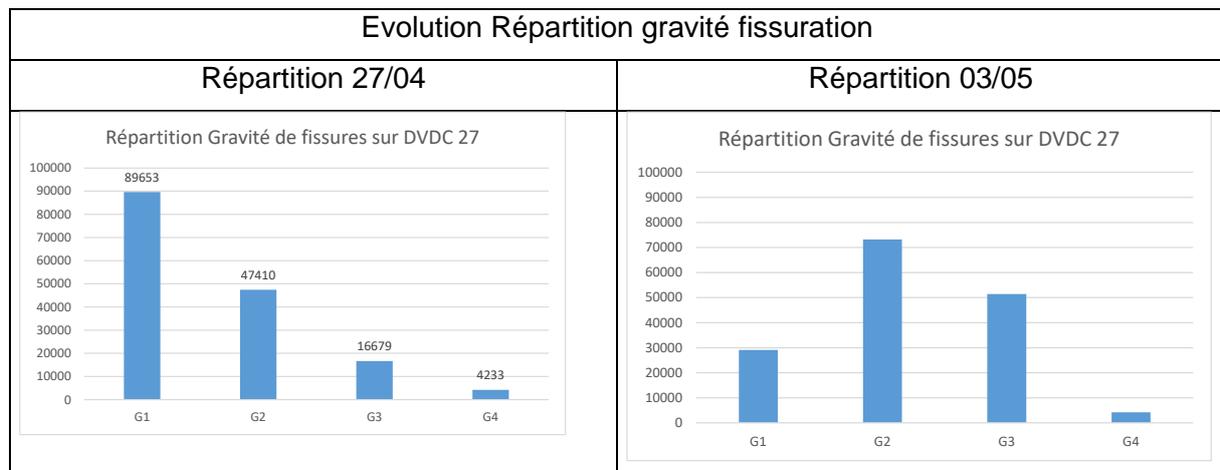
Les grilles ci-dessous permettent de représenter les modifications réalisées.

- Grille version 27/04/22

Gravité Fissuration		Densité Fissuration (0,4,8)			
		G0	G1	G2	G3
Gravité ouverture fissuration (5,10,15)	G1	0	1	1	2
	G2	0	1	2	3
	G3	0	2	3	4
	G4	0	3	4	4

- Nouvelle Grille corrigée du 03/05/2022

Gravité Fissuration		Densité Fissuration (0,4,8)			
		G0	G1	G2	G3
Gravité ouverture fissuration (5,10,15)	G1	0	1	2	3
	G2	0	2	3	3
	G3	0	2	3	4
	G4	0	2	4	4



La classification en termes de gravité a permis de recalculer les zones de fissuration plus en accord avec la vision gestionnaire.

Remarque :

L'échantillon de routes, sur lequel a été réalisé les auscultations, étant de taille limitée (quelques dizaines de km seulement), une étude, sur un échantillon beaucoup plus important, permettrait d'affiner ces seuils et ainsi de pouvoir les proposer à l'ensemble des gestionnaires. L'échantillon devra comporter différentes typologies de routes en termes de hiérarchie, de niveau de trafic, d'environnement et de structure de chaussées. Les seuils pourraient ainsi être adaptés en fonction du contexte.

Par ailleurs, ce calage de seuils s'appuie sur la vision d'un gestionnaire, qui ne peut être considéré à lui seul comme représentatif. L'étude évoquée précédemment devra également prendre en compte la participation d'un panel plus large de gestionnaires pour parvenir à un consensus général.

Ce point est un préalable essentiel à la mise en place d'une nouvelle méthode d'essai.

5 Comparaison des résultats fournis par les deux systèmes d'acquisition

Dans ce chapitre, sont présentés les résultats obtenus après exploitation des relevés réalisés par les deux systèmes d'acquisition automatisés Auscult1 et Auscult2. Une comparaison a été réalisée à partir des descripteurs et indicateurs de la nouvelle méthode.

Les comparaisons portent sur dégradations suivantes :

- Les quantités de fissuration par sections :
 - o En longueur de fissures,
 - o En surfaces de chaussées impactées par de la fissuration ;
- Les surfaces impactées par l'indicateur DM (Départ de matériau, sur la base du descripteur « Ravelling Index »), représentatif du niveau d'arrachement de la couche de roulement

Pour compléter la lecture, les quantités de fissures par pas de 10 m (longueurs et surfaces de chaussées impactées) sont représentées sous forme de schémas itinéraire. Cette représentation permet de visualiser les quantités détectées et classifiées simultanément avec les deux systèmes de mesures.

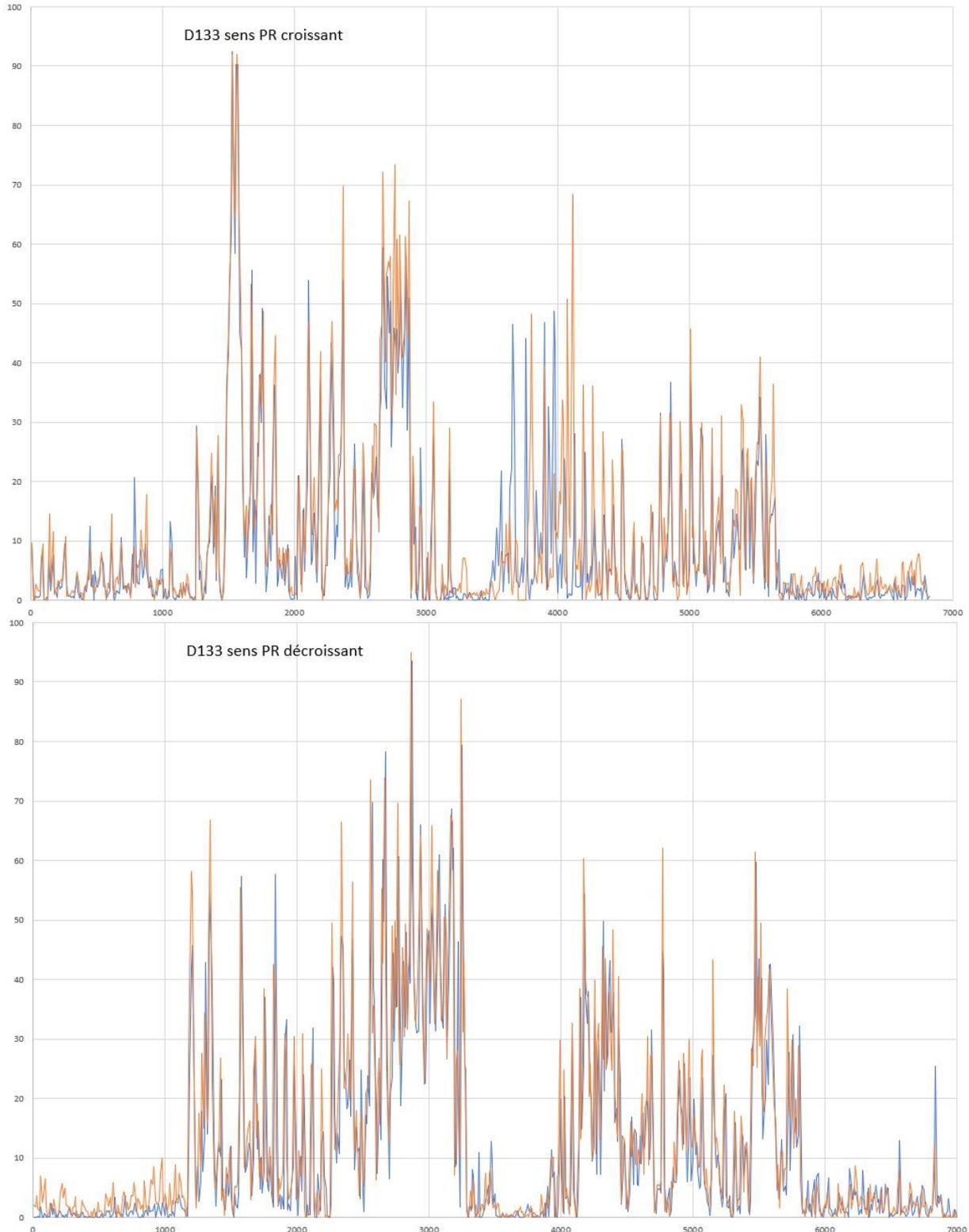
Les graphiques présentés dans les pages qui suivent sont anonymisés.

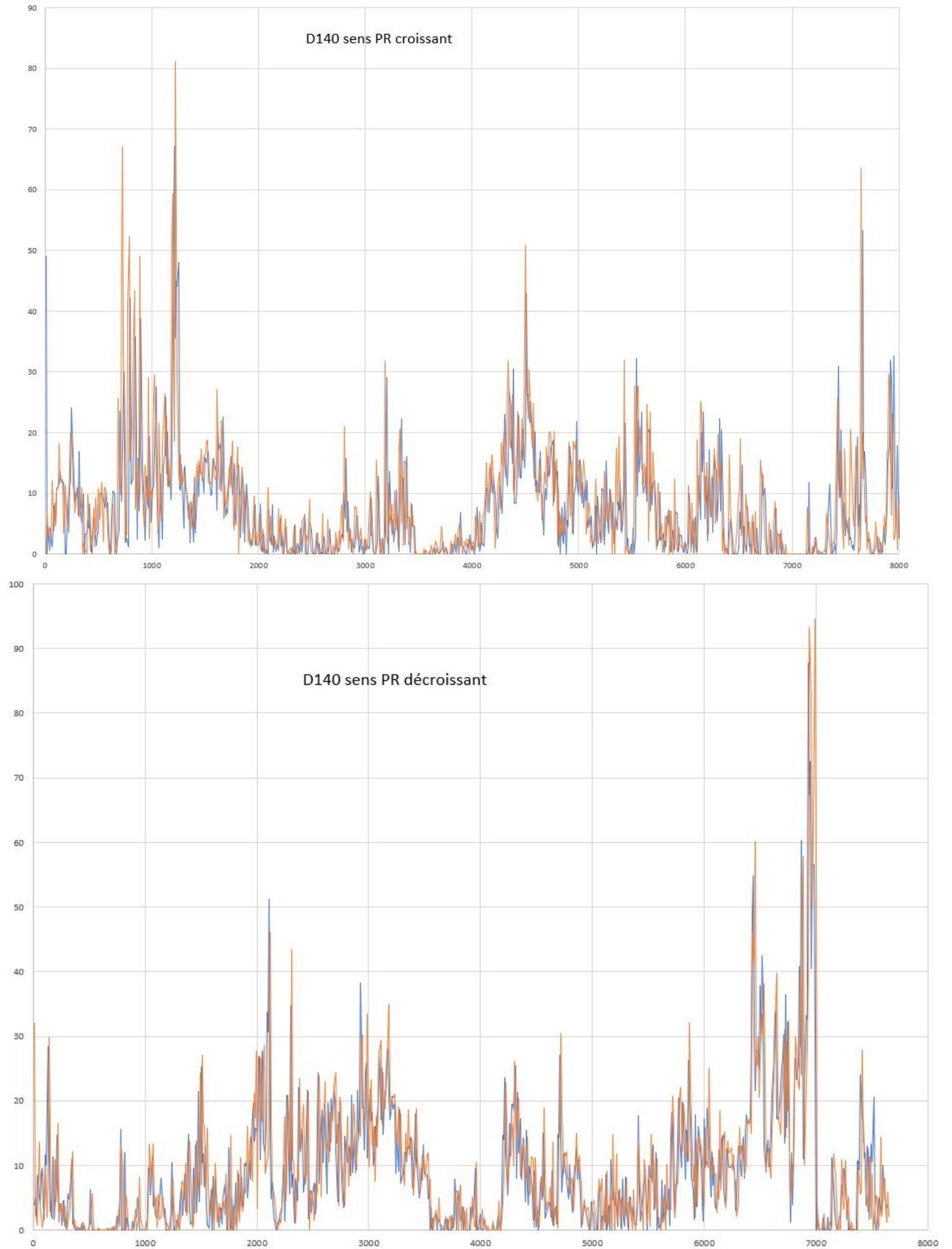
5.1 Fissuration

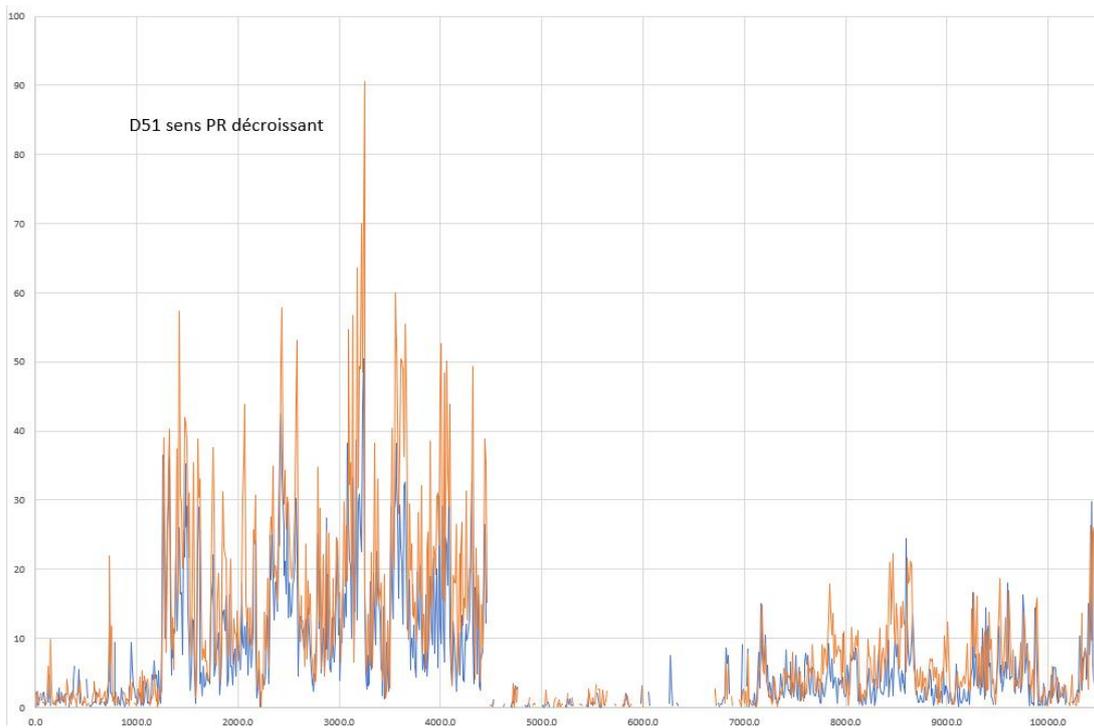
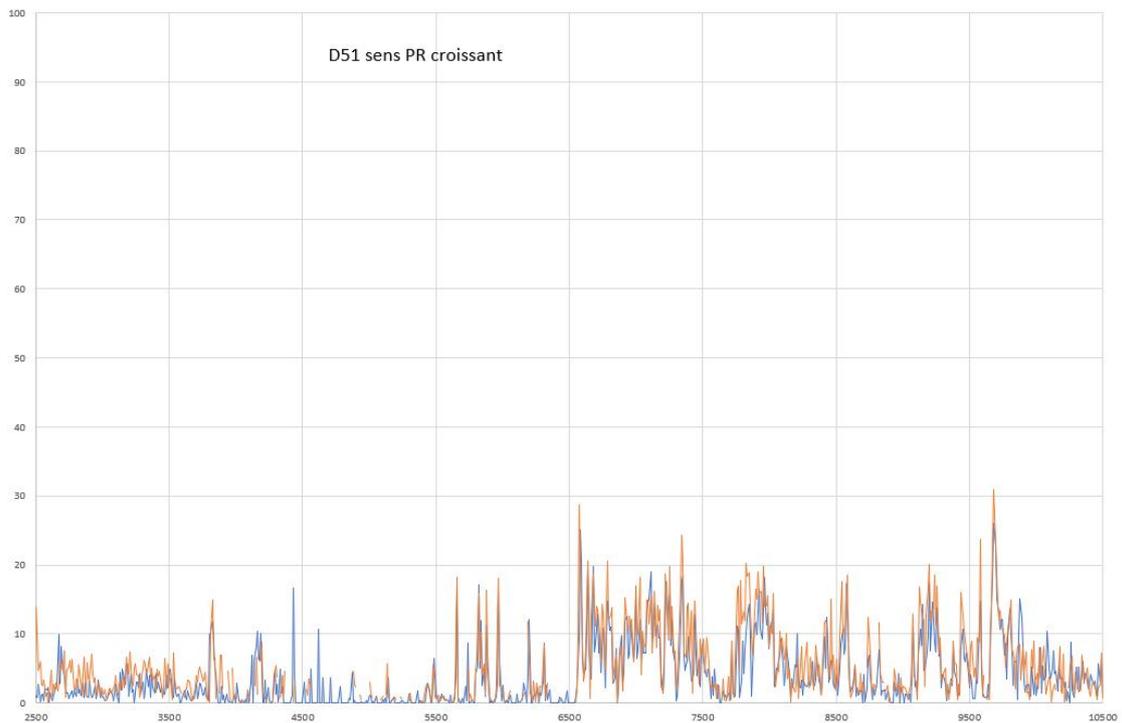
Sont présentés ci-dessous les statistiques relatives aux comparaisons. La première représentation est sous forme de « schéma itinéraire » qui permet de visualiser le niveau de fissures détectées le long de l'itinéraire. La seconde représentation concerne les statistiques quantitatives globales par section et par sens.

5.1.1 Mode Schéma itinéraire

5.1.1.1 Longueur de fissures par pas de 10 m.







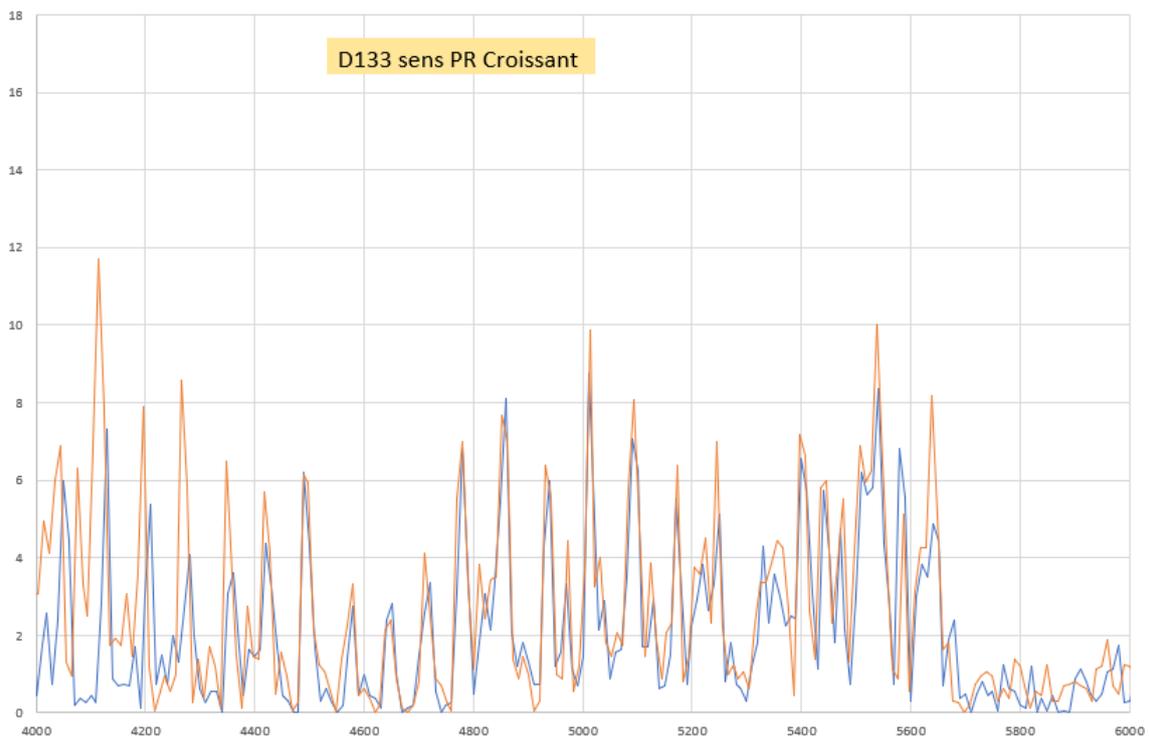
Commentaires :

Les tendances en termes de quantité de fissures détectées par les deux appareils de mesure se suivent sur les sections auscultées. On note la présence de quelques écarts ponctuels qui sont liés à de la fissuration fine en limite de détection (seuil 2 mm). La « restitution » d'un segment de fissure s'appuie sur sa longueur minimale et son ouverture moyenne. Si on est en limite de seuil lors du processus de détection, certains tronçons peuvent ne plus être retenus.

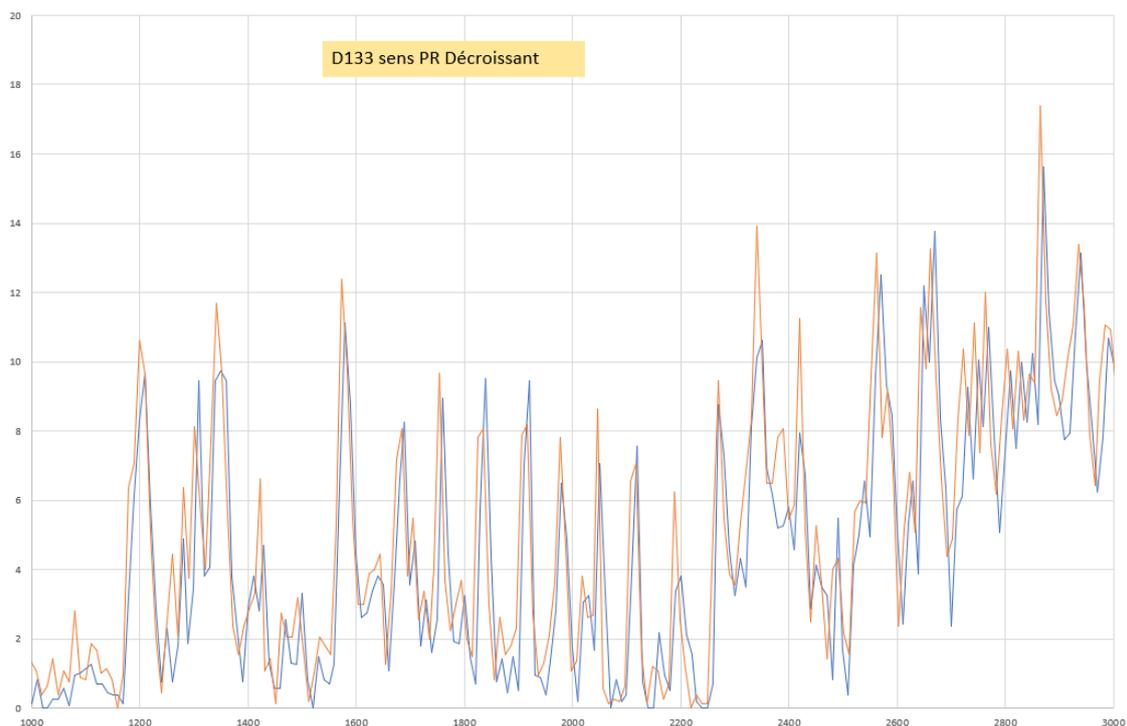
5.1.1.2 Surface de chaussée impactée par la fissuration par pas de 10 m.

Sont présentés ci-dessous les résultats de surface de chaussées impactées par la fissuration, toutes gravités confondues. Pour plus de lisibilité des graphiques, seul un extrait de chaque section est représenté.

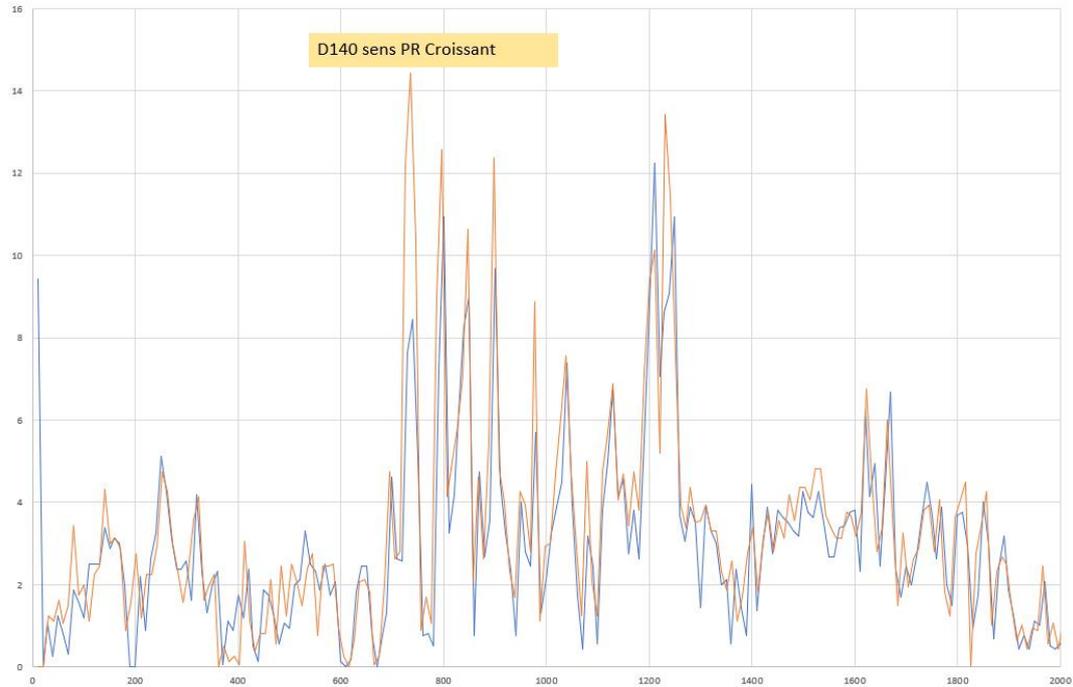
- D133 – Sens PR croissant – section 4000 à 6000 m



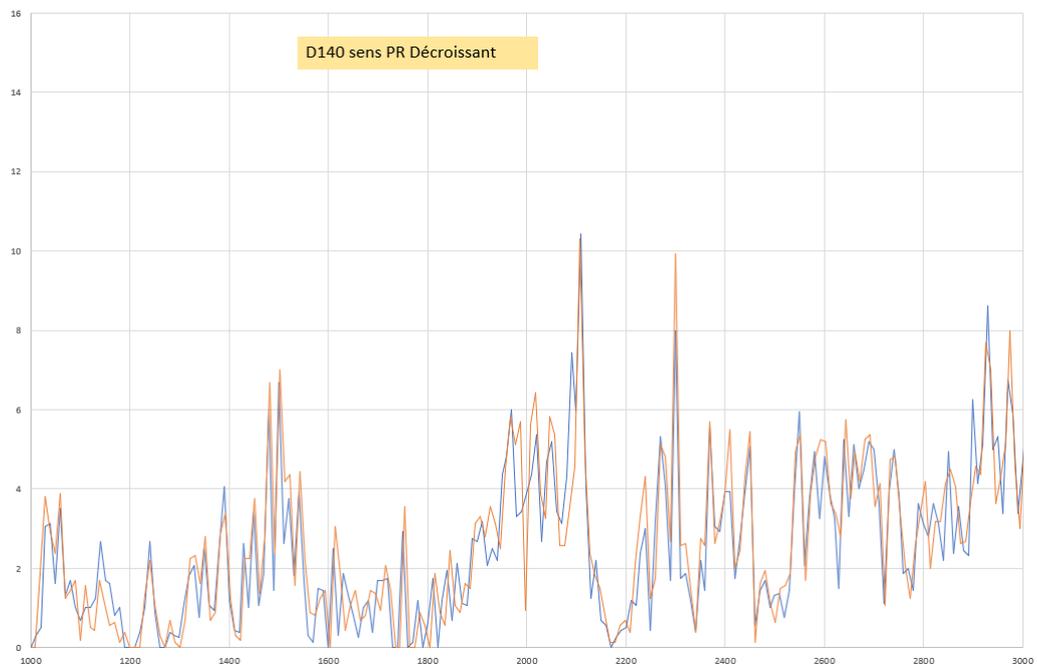
- D133 PR décroissant – section 1000 à 3000 m



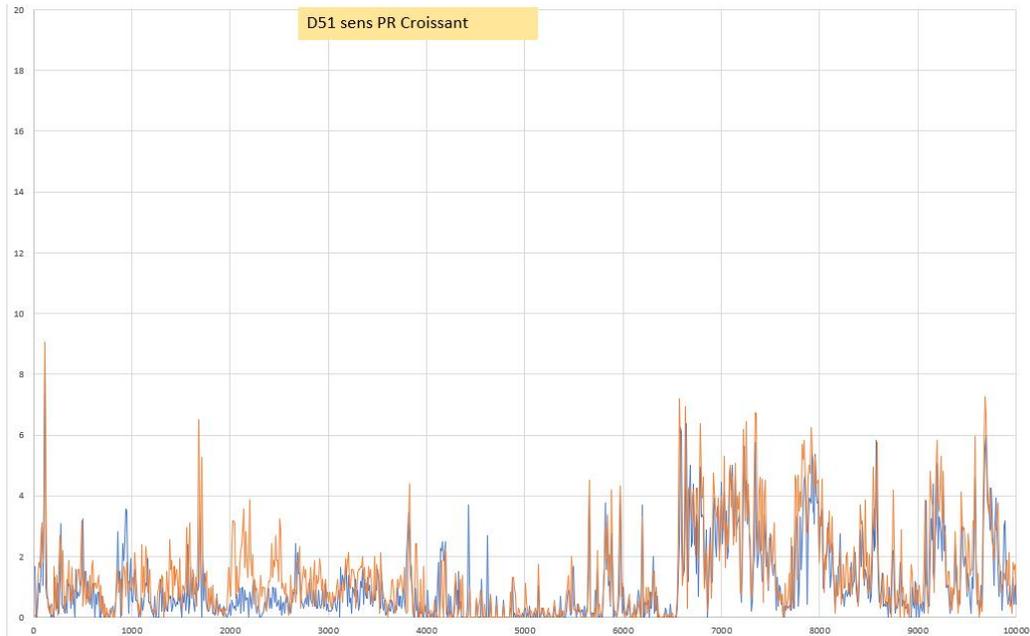
- D140 PR croissant – section de 0 m à 2000 m



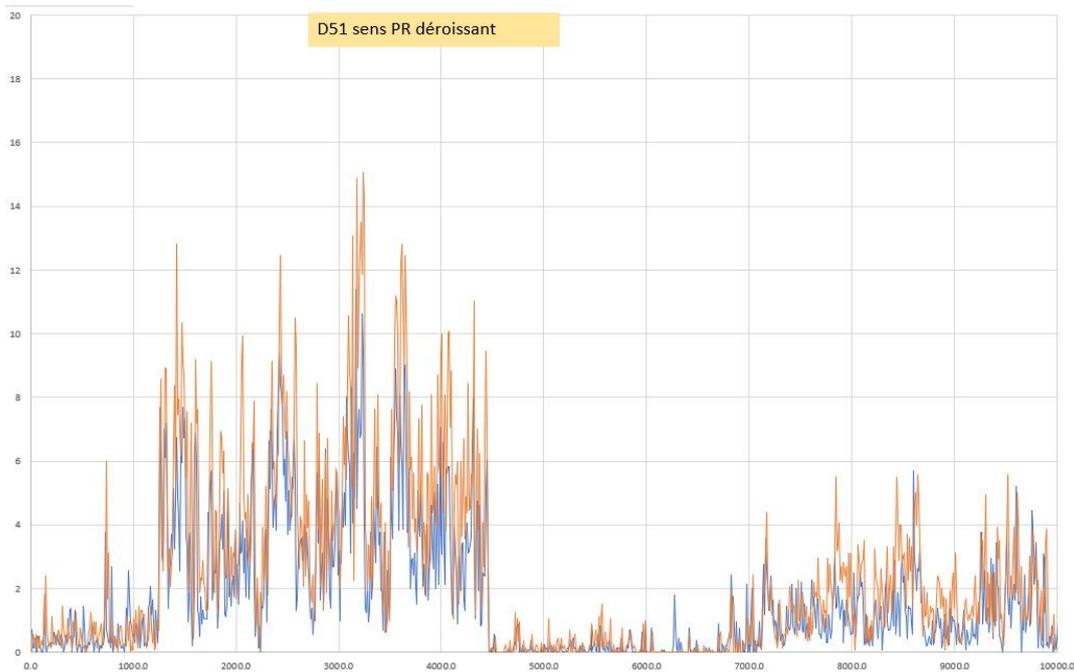
- D140 sens PR décroissant - section de 1000 m à 3000 m



D51 sens PR croissant - section de 0 m à 10000 m



D51 sens PR décroissant - section de 0 m à 10000 m



Commentaires :

Les tendances en termes de surface de chaussée impactées par la fissuration sont similaires sur les différentes sections. Le maillage au pas élémentaire, propre à chaque appareil d'auscultation, ne se superpose pas rigoureusement entre les 2 relevés (les tracés ne sont pas identiques) mais ce biais n'a pas d'impacts significatifs sur les résultats obtenus.

Focus D51 :

Sur le secteur situé entre 850 m et 3 800 m, les quantités de fissures détectées présentent des écarts plus importants.



Cette zone présente sur le terrain du ressuage dans les bandes de roulement.

Pour la détection de la fissuration, les algorithmes de traitement « Pavemetrics » s'appuient sur des paramètres et seuils internes qui sont automatiquement adaptés, par image (au pas de 10 m pour cette étude), en fonction de la texture globale du revêtement de chaussée de la surface analysée. Dans le cas de la section 850-3800 m, la surface de chaussée présente des zones très hétérogènes en matière de texture entre les zones de ressuage relativement lisses en bandes de roulement (voire plus large par endroit), et le reste de la chaussée qui offre une texture plus « standard ». Cette situation conduit à calculer une texture moyenne par image peu représentative de chacune des zones prises individuellement.

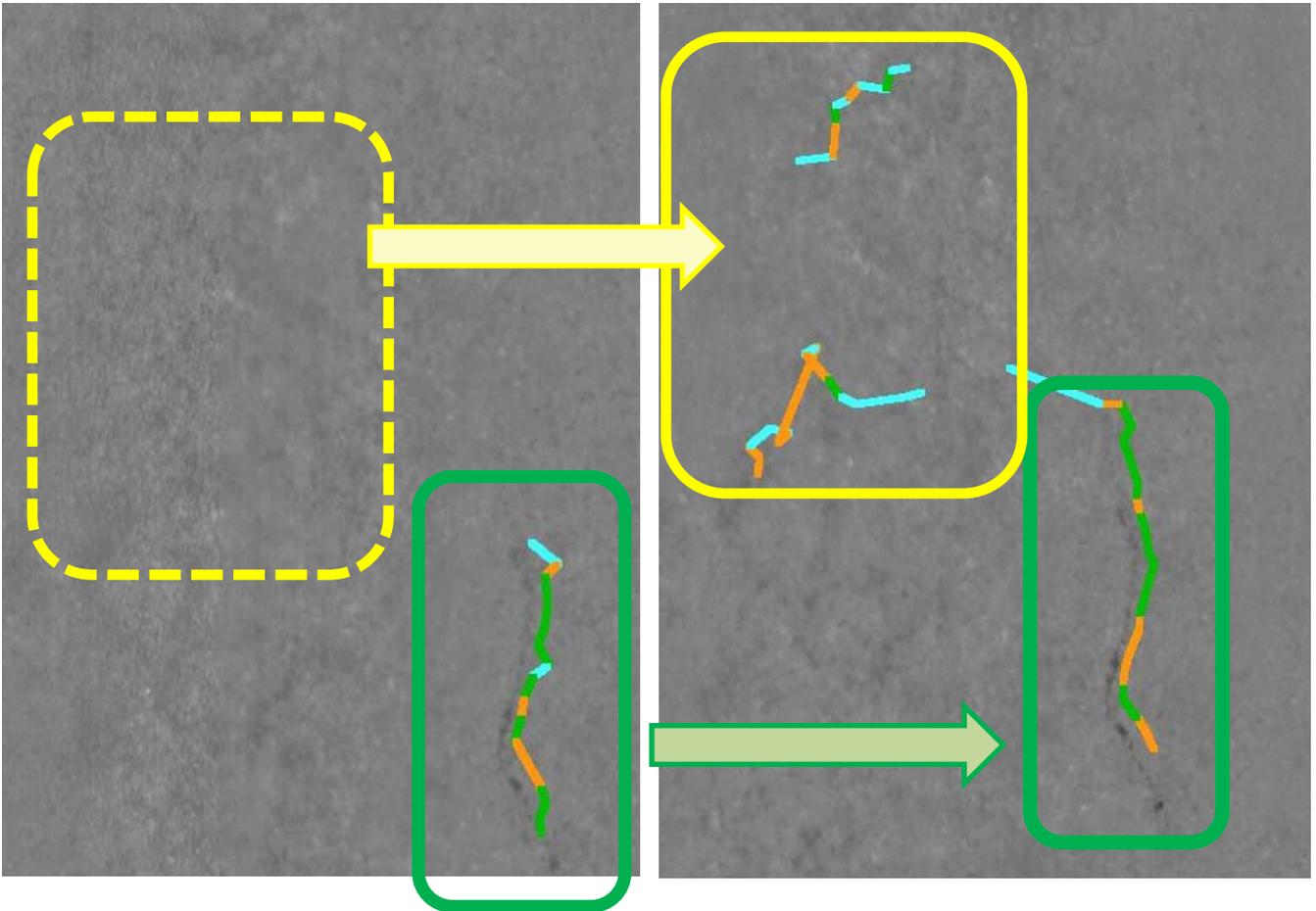
La prise en compte de cette caractéristique, associée à des niveaux de bruitage différents entre les deux campagnes de mesure, conduit à l'utilisation de seuils de détection de fissures légèrement différents pour l'exploitation des images :

- Campagne de mars : ressuage + prise en compte bruitage plus élevé :
 - -> valeur seuil de « profondeur » plus forte pour la détection de fissure : risque de ne pas détecter les fissures naissantes ; réduction des faux positifs.
- Campagne de juillet : ressuage + bruitage moins élevé :
 - -> valeur seuil de « profondeur » moins élevée pour la détection de fissures : potentiellement plus de faux positifs lors du traitement notamment sur les zones hors ressuage.

Pour illustrer ce phénomène, nous présentons ci-dessous un exemple de traitement d'une image représentant la même partie de chaussée pour chaque campagne d'auscultation pour les deux cas : les images présentées sont en mode RANGE, qui est le mode permettant de visualiser la fissuration à partir des images « brutes » (acquisition).

Campagne mars

Campagne juillet

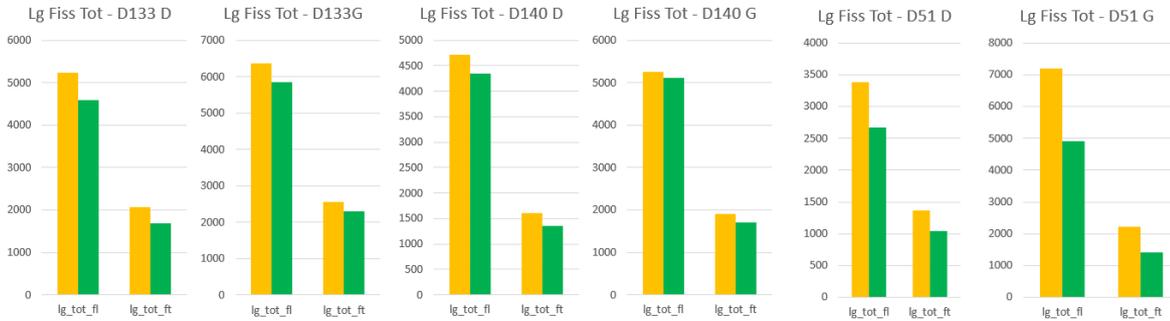


Dans le cas présent, la détection est plus importante sur l'image de droite :

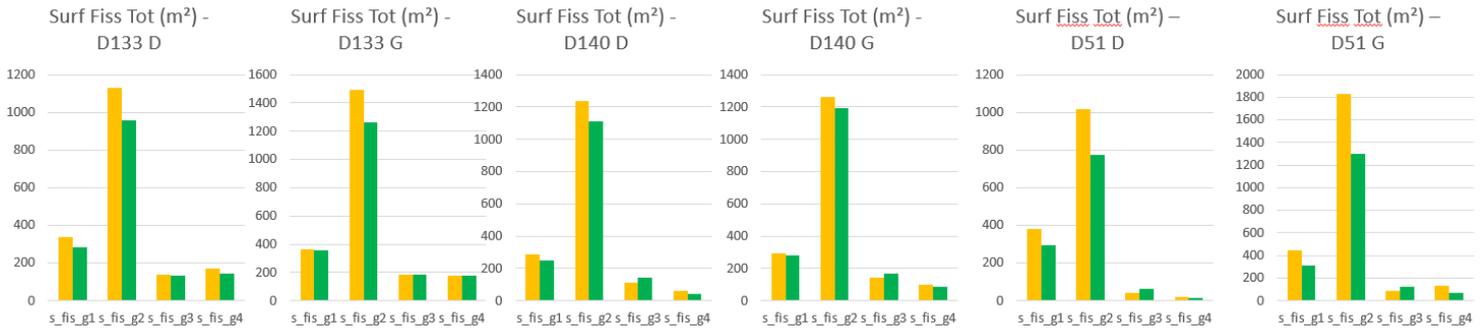
- Rectangle vert : on retrouve bien la fissuration détectée en mars, avec une légère évolution
- Rectangle jaune : on constate la détection de nouvelles fissures sur l'image de droite : le contrôle fin ne permet pas de voir une nouvelle fissure : risque de faux positif.

5.1.2 Mode statistique globale

Nous présentons ci-dessous les quantités globales de fissures par section et par sens.



Nous présentons ci-dessous les surfaces de chaussée impactées par la fissuration, en fonction de leur gravité.



On constate des écarts plus importants pour ce qui concerne les fissures de gravité G1 et G2 par rapport aux quantités de fissures G3 et G4. Quelques éléments explicatifs sont évoqués dans les paragraphes suivants.

Commentaires :

L'analyse des quantités de fissures par section et par sens montre un écart moyen entre les 2 appareils de relevés d'environ 8 à 10 % en terme de détection de fissures, plutôt centré sur la fissuration fine (classées en gravité G1 et G2). Cet écart est moins important pour les fissures de gravité G3 et G4.

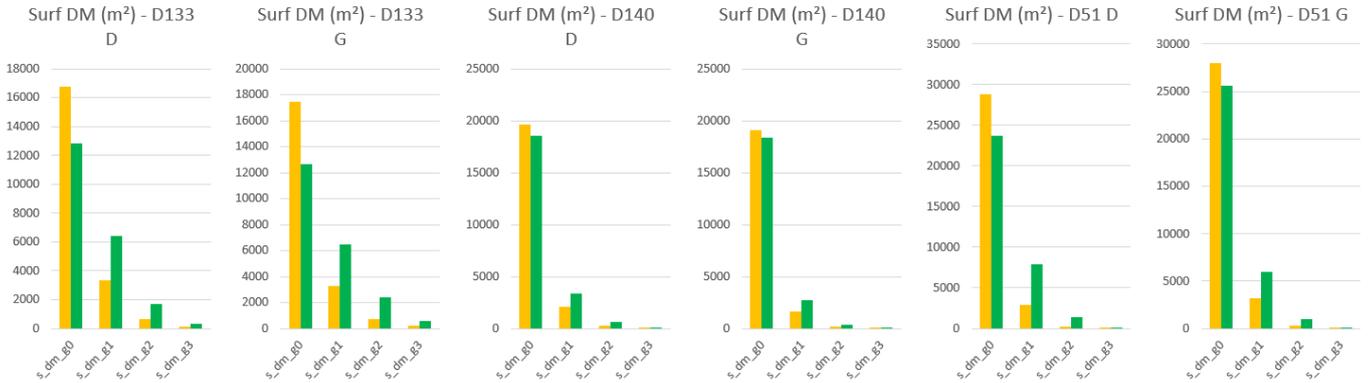
L'étude détaillée des sections, réalisée sur la base de l'analyse des images 3D, permet d'établir les constats suivants :

- La température extérieure était de l'ordre de 4° lors de la campagne de relevé de mars. Cette température étant proche de la limite basse préconisée pour les relevés (être à minima supérieur à 1° C), les données collectées sont légèrement plus « bruitées » que celles de la campagne de juillet. Lors de la phase d'exploitation des images 3D avec la bibliothèque de traitement, les seuils de détection sont réajustés automatiquement pour prendre en compte cet effet. Lorsque les températures sont plus froides, la détection s'en trouve affectée : il y a dans ce cas moins de détections requalifiées en « vrai-positif » et en « faux-positif ». Réciproquement sur les données collectées en juillet, sous des températures supérieures à celles de mars, le niveau de bruit était plus faible impliquant ainsi des seuils automatiques plus favorable à la détection en « vrai-positif » mais aussi en « faux-positif ».
- La comparaison des données d'intensité visualisées sous forme d'images a mis en évidence des différences entre les mesures de mars et de juillet. Bien qu'apparaissant sèches du point de vue visuel (à la fois selon la vue du terrain par l'opérateur et sur la vue des images d'intensité), quelques zones mesurées lors de la campagne de mars semblent néanmoins contenir un peu d'humidité en fond de fissures. Les mesures ayant été réalisées en mars et en tout début de journée, il est en effet possible que des traces d'humidité soient présentes dans certaines fissures.
- L'évolution de la chaussée entre mars et juillet peut générer un biais,
- Le principe de détection de la fissuration est basé sur l'analyse de la « profondeur » associées à chaque segment de fissure : si les fissures sont obstruées partiellement (pollution, résidus d'eau, fines, ...), elles sont moins visibles par le système d'exploitation. Pour les mesures réalisées en mars, en sortie d'hiver, les chaussées pourraient-être plus impactées par les traitements liés à la viabilité hivernale, ce qui peut altérer le niveau de détection.

Le taux de correspondance constaté entre les deux campagnes de relevé est tout de même de 88 à 90 %. Ce pourcentage est à mettre en perspective avec les taux issus de relevés visuels qui présentaient des écarts beaucoup plus importants entre releveurs et un niveau de précision des informations bien moindre.

5.2 Départ de matériaux

Nous présentons ci-dessous les résultats des indicateurs pour les deux appareils de relevés.



Commentaires :

Des écarts sont constatés entre les 2 appareils de relevés. Ces écarts sont plus importants sur la RD133 que sur la RD140.

Comme pour la détection de la fissuration, les phénomènes de bruitage des données influencent également les indicateurs restitués. Les seuils internes pris en compte par la bibliothèque de traitement Pavemetrics pour le calcul du descripteur de base « Ravelling Index » sont adaptés automatiquement en fonction du bruitage, par image au pas de 10 m, ainsi qu'en fonction d'une analyse globale de la texture de la couche de roulement.

Un bruitage important implique donc des seuils légèrement différents et des résultats présentant une légère variation.

6 Conclusion

La visite terrain a permis de vérifier que les indicateurs produits avec la nouvelle méthode proposée pour la classification des dégradations traduisent bien un niveau de dégradation en accord avec ce qui est visuellement constaté. Le calage en fonction des gravités est à poursuivre sur un échantillon de sections plus important pour établir des seuils qui puissent être partagés par tous. L'échantillon sur lequel l'étude a été réalisée est en effet trop réduit pour étendre les seuils à tous les types de réseaux.

Concernant la comparaison des résultats obtenus à partir des deux appareils de relevés, l'analyse des schémas itinéraires a permis de vérifier que les tendances en termes de détection sont très proches pour les deux séries de données collectées, que ce soit en termes de longueur de fissure ou en surface de chaussées impactées.

Ces conclusions sont cependant à confirmer. L'analyse a en effet été menée sur un échantillon de taille réduite qui n'est pas représentatif de tous les réseaux existants et dans des conditions qui ne permettent de statuer sur le niveau de précision.

L'exploitation des essais croisés réalisées pour l'ASFA dans la cadre de ce même projet apportera un complément d'information au sujet de la robustesse de la méthode.

La poursuite d'essais croisés, avec passage de deux ou plusieurs véhicules le même jour, dans des conditions identiques, pour disposer de mesures exploitables et objectivement comparables, paraît être la meilleure solution pour préciser le niveau de performance de cette nouvelle méthode de classification.