



# Caractérisation acoustique des revêtements du réseau routier wallon par la méthode CPX: deuxième campagne de mesures 2020-2021

## Introduction

En 2020, le SPW Mobilité et Infrastructures a reconduit le marché de services relatif à la «Réalisation d'une campagne de mesures de caractérisation acoustique des revêtements sur le réseau wallon par la méthode CPX», attribué au Centre de recherches routières (CRR) en 2018.

Le marché (CPX2) comprend la réalisation de mesures CPX sur une longueur totale d'environ 3 745 km de routes et d'autoroutes. Les mesures sont réalisées conformément à la norme ISO 11819-2 (ISO, 2017a). Contrairement à l'exercice de 2018-2019 (CPX1), seules les mesures utilisant le pneumatique P1 (SRTT) correspondant au pneumatique d'un véhicule léger ont été utilisées. Celles-ci ont été effectuées à une vitesse constante de 80 km/h lorsque la vitesse



maximale de circulation est de 90 ou 120 km/h et uniquement sur la voie lente (V1) dans les deux sens de circulation. Une partie limitée des mesures a été effectuée à 50 km/h, c'est-à-dire dans des situations de mesure dangereuses ou en présence de limitations de vitesse (70 ou 50 km/h).

Figure 1 - Mesures avec la remorque CPX du CRR

Compte tenu de l'abandon des mesures avec le pneumatique « poids lourds », le nombre de kilomètres de routes mesurées avec le pneumatique P1 a été augmenté. De plus, une partie des mesures a été consacrée à un second passage sur une portion du réseau autoroutier. D'un point de vue temporalité, le marché s'est déroulé en deux phases:

- la première s'est déroulée du 1<sup>er</sup> juillet 2020 à novembre 2020, après quoi les conditions météorologiques n'étaient plus adaptées (pluie, température de l'air) en raison de l'automne et de l'hiver;
- la seconde s'est, elle, déroulée de fin mars 2021 à juin 2021 et avait comme objectif principal d'effectuer un nouveau passage sur le réseau autoroutier.

## Méthodologie

### La méthode Close ProXimity (CPX)

Les mesures CPX (norme ISO 11819-2 (ISO, 2017a)) ont été réalisées, pour cette deuxième campagne 2020-2021, avec le dispositif illustré à la figure 2, à gauche avec le pneu de référence P1 repris figure 2, à droite, et décrit dans la norme ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b). Pour un complément d'information sur la méthode Close ProXimity (CPX), référez-vous au Bulletin CRR (Bergiers, 2018) ou au site web du CRR (Centre de recherches routières, 2020).



Figure 2 – Remorque CPX du CRR (à gauche); intérieur de la remorque CPX du CRR avec pneu P1 (à droite).

### Photos géolocalisées

Couplé au dispositif décrit ci-dessus, l'IMAJBOX® du CRR a été utilisé pour prendre des photos géolocalisées. Une photo est liée aux mesures de bruit par 20 m de segment de route. L'IMAJBOX® est fixé au pare-brise du véhicule de mesure (voir figure 3).



Figure 3 – Montage de l'IMAJBOX® sur le véhicule de mesure.

## Paramètres de la mesure

### La mesure CPX

Une mesure réalisée selon la méthodologie CPX présente une certaine incertitude en raison des variations de la procédure (p. ex. position latérale des pneus, variation de la vitesse), des équipements sonores et de mesure de la vitesse, des conditions météorologiques variables, des différents bruits de fond provenant de sources externes, des éventuelles contributions indésirables du véhicule de traction et du choix des pneus de référence. Tous ces facteurs sont décrits dans la norme ISO 11819-2 (ISO, 2017a, chapitres 12, 13 et Annexe K) et donnent une incertitude étendue à 95 % d'environ 1.0 dB.

Il existe en outre une incertitude due à l'utilisation d'un autre jeu de pneus. La norme ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b) énumère les paramètres d'influence suivants, donnant l'incertitude étendue à 95 % d'environ 0.6 dB pour le pneu P1:

- variations entre différents pneus du même type;
- variations causées par des modifications des propriétés des pneus en raison de l'usure et du vieillissement du caoutchouc (non liées à la dureté);
- incertitude quant à la correction de la dureté du caoutchouc;
- incertitude quant à la correction de la température de l'air.

Il est important d'en tenir compte lors des comparaisons (p. ex. entre CPX1 et CPX2 et entre différents passages).

## Caractéristiques pneumatiques

En vue de la seconde campagne de mesures, le CRR a acquis de nouveaux pneus P1. Ils ont été rodés au préalable sur plus de 400 km, comme l'exige la norme. À noter que l'ensemble de la campagne de mesures 2020-2021 a été réalisé avec un même jeu de pneus.

La norme ISO 11819-2 (ISO, 2017a) fait référence à la norme ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b), qui définit une plage dans laquelle une correction basée sur la dureté du caoutchouc<sup>1</sup> est effectuée, à savoir: 62-73 Shore A pour P1. La formule de correction est reprise dans la section «Corrections» du présent document. Une correction de 0.2 dB(A) est effectuée par dureté Shore A qui diffère de la référence 66. Les résultats de mesures réalisées avec des pneus d'une dureté supérieure à 66 Shore A, comme c'est le cas pour CPX1 et CPX2, sont corrigés à la baisse.

Comme prescrit dans la norme, le CRR effectue régulièrement une mesure de dureté du caoutchouc pendant la saison de mesure. Les résultats CPX2 de 2021 ont, en conséquence, été corrigés de - 0.74 à - 0.76 dB(A) de plus que les résultats initiaux CPX2 de 2020. Ceci est important pour la comparaison des mesures qui sera détaillée dans la section «Analyse de l'effet des conditions hivernales».

Puisqu'une comparaison avec les résultats de CPX1 est également effectuée dans la section «Comparaison CPX2 et CPX1», la dureté des pneus de mesure de CPX1 est également brièvement discutée ici. Pour la campagne de mesures CPX1, les pneus étaient plus durs que les pneumatiques de la campagne CPX2. Les résultats de CPX1 ont été corrigés de - 0.4 à - 1.68 dB(A) de plus que les résultats de CPX2.

Il convient de noter que la correction de dureté pour les pneus P1 de l'ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b) a récemment été remise en question par le groupe de travail ISO/TC 43/SC 1/WG 33, qui révisé les normes pertinentes pour les mesures CPX. Sur la base de nouvelles données et recherches, il a finalement été décidé lors de la révision de l'ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b) en 2021 de réduire la correction de dureté pour le pneu P1 de 0.2 à 0.12 dB/Shore A. Dans ce projet, la même correction de dureté a été appliquée à tous les résultats de mesure afin de maintenir la même méthodologie et donc de ne pas compromettre la comparabilité de CPX1-CPX2 et 2020-2021.

La méthode de mesure de la dureté actuelle avec le duromètre est très sensible à l'opérateur, ce qui n'est pas souhaitable pour un paramètre qui a une si grande influence sur le résultat final. On étudie actuellement si les duromètres numériques peuvent améliorer les mesures de dureté. Cependant, comme il n'y a pas encore assez d'études disponibles, cela n'a pas encore été inclus dans la révision de 2021.

1 ISO/TS 11819-3: "dureté du caoutchouc = quantité exprimée en unités Shore A de la résistance à l'indentation de la gomme du pneu, basée sur la profondeur de pénétration d'un indenteur conique, en utilisant un duromètre de type A défini dans l'ISO 868:2003" (ISO, 2017b)

## Analyse et reporting des résultats

### Corrections

Comme détaillé dans la section précédente, tous les résultats de mesure ont été corrigés pour la dureté du caoutchouc des pneus et la température de l'air conformément à la procédure décrite dans les normes ISO 11819-2 (ISO, 2017a), ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b) et ISO/TS 13471-1 (ISO, 2017c):

$$L_{CPX, \text{corr}} = L_{CPX, \text{mesuré}} - \gamma (T - T_{\text{réf}}) - 0.2 (H_A - H_{A, \text{réf}})$$

$$\gamma = -0.14 + 0.0006 v$$

$$v = 50 \text{ ou } 80 \text{ km/h}$$

$$T_{\text{réf}} = 20 \text{ °C}$$

$$H_{A, \text{réf}} = 66$$

Selon la norme, il n'y a que pour le béton qu'une correction de température différente a dû être utilisée:

$$\gamma (\text{béton}) = 0.10 + 0.0004 v$$

### Outil GIS du CRR

Compte tenu de la multitude de données générées et afin d'en faciliter la représentation, la division IT et l'équipe GIS ont été sollicitées afin d'automatiser une partie du processus.

Les résultats de mesure CPX sont disponibles par segment de route de 20 m. Tous les 5 m, une photo a été prise avec l'outil IMAJBOX®. Tant les photos que les résultats CPX contiennent des coordonnées GPS. À chaque segment de route de 20 m du CPX, l'image la plus proche a été liée. Ceci a ensuite été lié au filaire du SPW en cherchant également le point le plus proche, afin d'y intégrer diverses informations comme le type de revêtement ou le district concerné et enfin d'associer les mesures au système de référencement linéaire du filaire. L'établissement de ce lien entre CPX, photos et filaire a été réalisé grâce à un outil GIS du CRR.

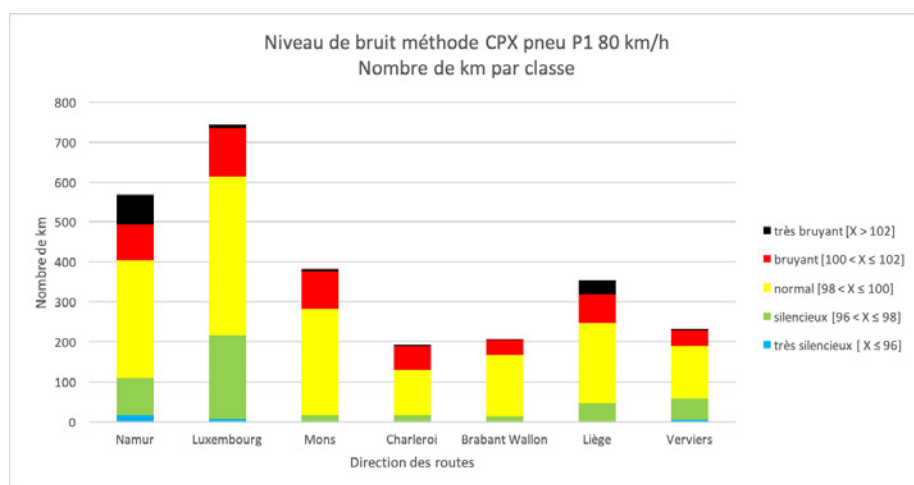
Pour chaque route mesurée, un tableau Excel par axe et sens de circulation est fourni au SPW. De plus, le CRR a transposé l'ensemble des résultats sur des supports cartographiques afin de faciliter la lecture des résultats.

## Résultats et analyses

### Campagne CPX2

La même classification et le même code couleur ont été utilisés que lors de la campagne de mesures 2018-2019. La classification à 80 km/h est basée sur celle utilisée en Flandre par l'Agentschap Wegen en Verkeer. La classification à 50 km/h en a été déduite par le CRR.

La figure 4 présente en détail le résultat réparti par direction des routes.



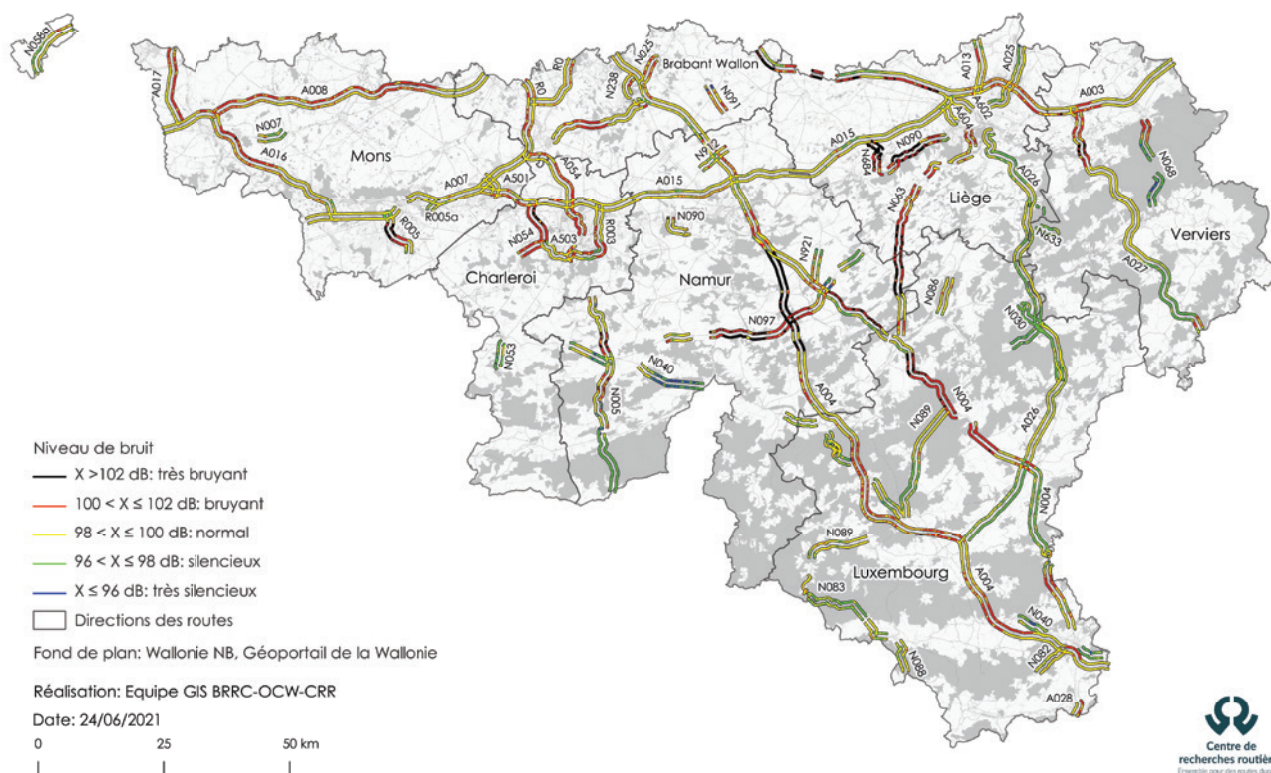
**Figure 4** – Répartition par classes et par direction des routes pour les mesures avec le pneu P1 à 80 km/h; affichage en nombre de km par classes.

La figure 5 montre la carte globale des résultats CPX2 pneu P1 à 80 km/h sens de circulation positif et négatif.

Sur l'ensemble des résultats de mesure en Wallonie, on identifie environ 1 % de routes «très silencieuses», 16.7 % de routes «silencieuses», 58.1 % de routes «normales», 19.2 % de routes «bruyantes» et 5 % de routes «très bruyantes».

Comme expliqué précédemment, certaines mesures ont été réalisées à 50 km/h en raison du contexte. Le nombre de kilomètres étant limité (environ 55 km), elles ne sont pas présentées ici.

## A. Carte globale des résultats CPX2 pneu P1 à 80 km/h sens positif et négatif



**Figure 5** – Carte globale des résultats CPX2 pneu P1 à 80 km/h sens de circulation positif et négatif

## Comparaison CPX2 et CPX1

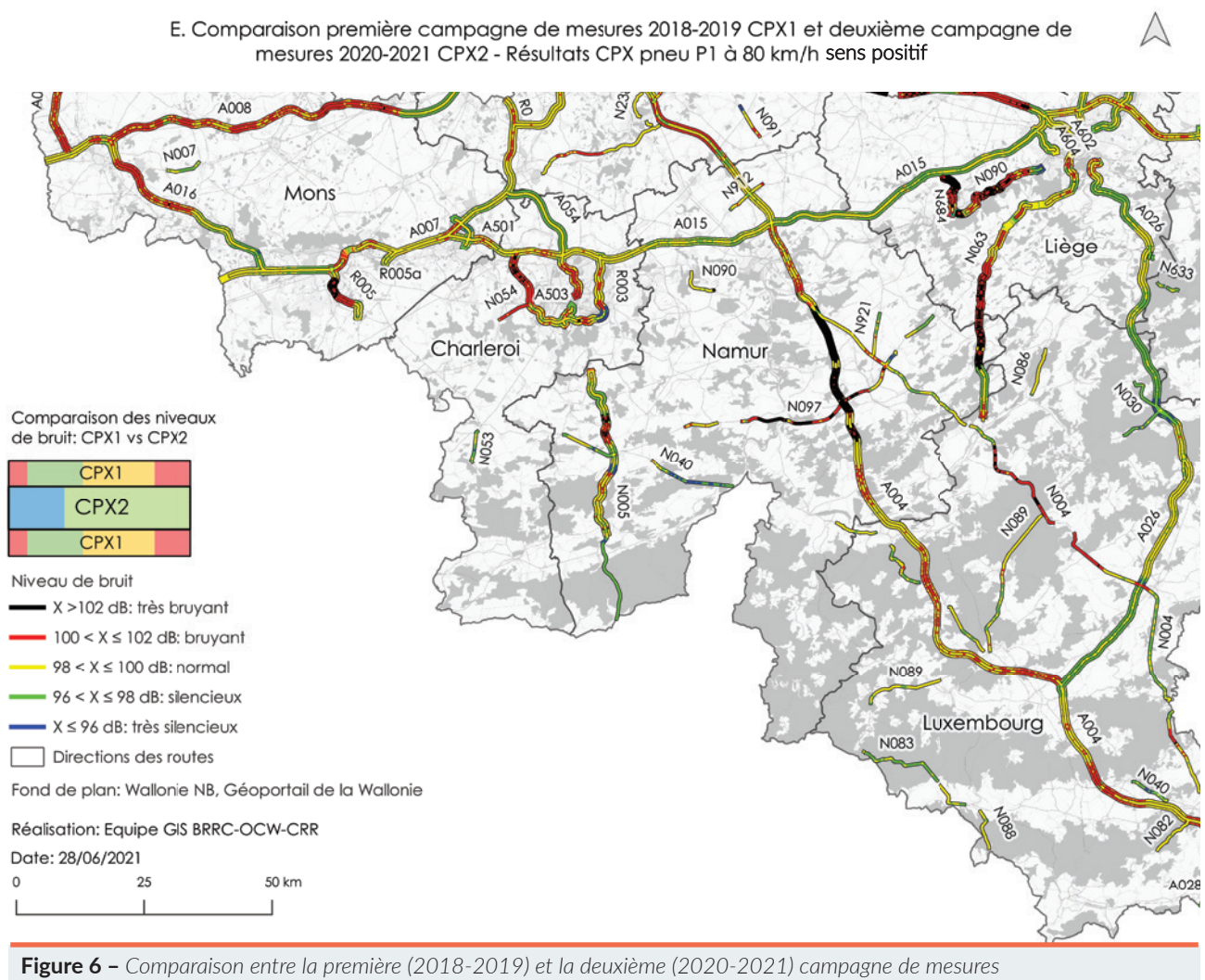
Toutes les autoroutes ont été mesurées avec le pneu P1 à 80 km/h, aussi bien lors de la première campagne de mesures en 2018-2019 (CPX1), que lors de la deuxième campagne de mesures (CPX2) en 2020-2021. Ce constat permet de faire un premier exercice de réflexion sur l'évolution de la qualité acoustique au cours des deux campagnes. Pour des résultats plus détaillés de CPX1, consultez le Bulletin CRR (Bergiers & Marcocci, 2019).

Afin de visualiser les résultats obtenus lors des deux campagnes, les résultats obtenus ont été transposés sur une même carte. La figure 6 montre une partie des résultats de mesure de CPX1 et CPX2 pour le sens de circulation «positif»<sup>2</sup>. Dans l'ensemble, les niveaux sonores semblent avoir augmenté. Il semble que l'on soit parfois passé de la classe «silencieux» à la classe «normal». Même une faible augmentation du niveau acoustique peut entraîner le passage soudain de segments de route à la classe supérieure, alors qu'au départ, ils appartenaient encore à la classe la plus silencieuse. Toutefois, il y a aussi des zones où le niveau sonore a diminué, par exemple pour la partie de l'autoroute A004 dépendant de la Direction des Routes du Brabant wallon. Les échanges avec les gestionnaires du réseau autoroutier du Brabant wallon ont permis de mettre en évidence que des travaux routiers y ont été effectués entre la réalisation de CPX1 et CPX2.

<sup>2</sup> Note à propos de la carte: Veuillez noter que la carte ne montre qu'un seul sens de circulation de mesure! La deuxième mesure CPX2 est représentée par une ligne au milieu. La première mesure CPX1 est indiquée par une ligne plus épaisse qui se trouve sous la ligne de la deuxième mesure. De part et d'autre de la deuxième mesure, le résultat de la première mesure CPX1 est ainsi visible (voir la légende sur la carte) pour un seul sens de mesure: positif.

À noter également que le jeu de pneus pour CPX1 n'était pas le même que pour CPX2. Les corrections de dureté introduisent une incertitude supplémentaire, comme mentionné dans la section Paramètres de la mesure. La grande différence de dureté entre les pneus de mesure CPX1 et CPX2 et l'étude récente montrant qu'une correction de dureté trop importante a été prescrite dans la norme (cf. Paramètres de la mesure) peuvent avoir conduit à ce que les résultats de CPX1 aient été surcorrigés d'environ 0.7 dB(A) vers le bas par rapport aux résultats de mesure de CPX2. 0.7 dB(A) est du même ordre de grandeur que les différences qui pourraient être causées par des changements dans le revêtement. Un nouveau calcul des résultats des mesures de CPX1 et CPX2 avec la nouvelle correction de dureté proposée pourrait aider à améliorer la comparaison.

Les incertitudes relevées sur le résultat de mesure et qui sont décrites dans la norme précisent qu'il est normal de noter des différences entre les mesures et qu'elles ne sont pas nécessairement directement liées à des changements effectifs de la qualité acoustique du revêtement. Avant de tirer des conclusions sur cette base, il convient d'étudier les résultats plus en détail avec la prudence qui s'impose. L'obtention d'un plus grand nombre de données de mesure au fil du temps peut également aider à tirer des conclusions plus étayées.



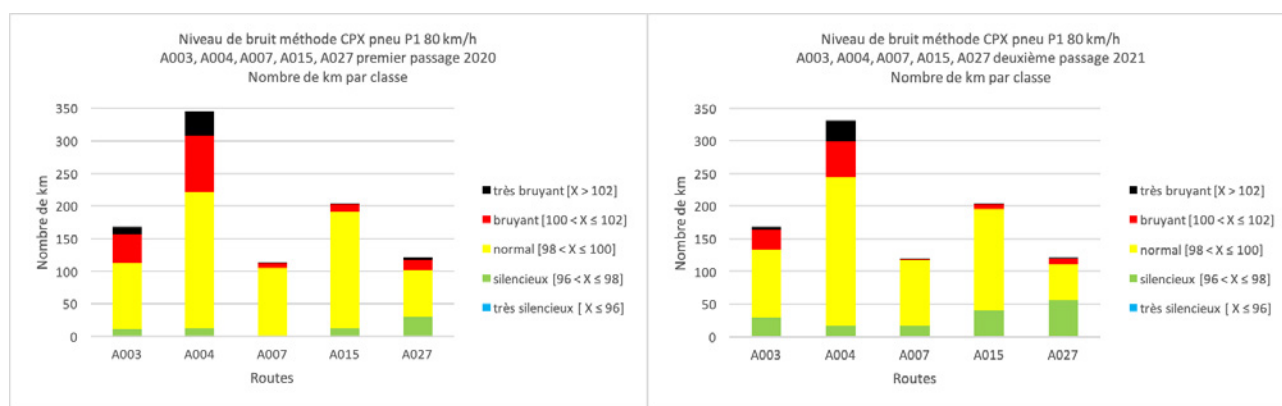


## Analyse de l'effet des conditions hivernales

Dans le cadre de la campagne CPX2 2020-2021, une sélection d'autoroutes ont été mesurées à deux reprises (en 2020 et en 2021) pour étudier l'évolution de la qualité acoustique des revêtements routiers, notamment après la période hivernale, à savoir les axes autoroutiers A003, A004, A007, A015 et A027.

Une période d'environ six à dix mois s'est écoulée entre la première et la deuxième mesure. La première mesure a été effectuée de juillet à octobre 2020; la deuxième de mars à mai 2021.

La figure 7 montre les résultats de mesure de ces cinq autoroutes, respectivement en 2020 et 2021.



**Figure 7** – Répartition par classes et par autoroutes des mesures avec le pneu P1 à 80 km/h des autoroutes A003, A004, A007, A015, A027 premier passage 2020 (gauche) et deuxième passage 2021 (droite); affichage en nombre de km par classe.

Les résultats de la deuxième mesure semblent dans l'ensemble inchangés, voire légèrement plus silencieux. Une diminution des niveaux sonores est contraire aux attentes si le revêtement n'a pas été renouvelé. On s'attend plutôt à une augmentation ou à une stabilisation. Les influences suivantes peuvent expliquer la diminution du bruit:

- Lorsque la dureté des pneus augmente, les niveaux sonores sont corrigés à la baisse (cf. Caractéristiques pneumatiques et Corrections). Les pneus de mesure étaient environ 4 Shore A plus durs lors des mesures de 2021 par rapport aux mesures de 2020. Compte tenu de la nouvelle correction de dureté inférieure mentionnée dans la révision de la norme (cf. Paramètres de la mesure), le résultat de mesure de 2021 a probablement été corrigé d'environ 0.3 dB(A) de trop par rapport à 2020.
- Les mesures de 2020 ont été effectuées principalement à des températures plus élevées (env. 16 - 24 °C) que les mesures réalisées en 2021 (env. 6 - 16 °C). Les niveaux sonores sont corrigés à la baisse (cf. Corrections) pour des températures inférieures à 20 °C (p. ex. - 1.29 dB(A) pour 6° C et 80 km/h) et à la hausse pour des températures supérieures à 20 °C (p. ex. + 0.37 dB(A) pour 24 °C et 80 km/h). Le groupe de travail ISO/TC 43/SC 1/WG 27, qui révisé les normes pertinentes (ISO/TS 13471-1), a noté que la correction de température actuelle devait encore être améliorée à l'avenir. L'incertitude de la correction de température peut donc également avoir influencé les résultats.

Compte tenu des incertitudes (cf. Paramètres de la mesure) de la méthode de mesure, de la modification de la dureté des pneus entre juillet 2020 et mars 2021 et du nombre limité d'ensembles de données dans le temps, on ne peut pas parler d'une différence significative. Il convient de souligner qu'il est difficile de tirer des conclusions solides sur la base de deux ensembles de données seulement. Plus il y a de données disponibles, plus l'analyse qui en résulte est sûre.

## Conclusions et perspectives

Au-delà du présent marché, une étude plus approfondie des résultats de CPX1 par rapport à CPX2 pourrait être faite en soustrayant les niveaux de bruit de CPX2 et CPX1. Cela donnerait une image plus précise des modifications qui ont été apportées. Actuellement, seule la transition d'une classe à une autre est visible et non les augmentations qui ont eu lieu au sein d'une même classe. L'ordre de grandeur de la différence n'est pas clair. Selon la classification actuelle, la différence pourrait avoisiner 0.1 à 3.9 dB(A).

Une liste complète des travaux routiers impliquant des changements/réfections du revêtement qui ont eu lieu entre CPX1 et CPX2 et entre le passage 1 (2020) et le passage 2 de CPX2 (2021) peut aider à interpréter les résultats et à mieux comprendre certains changements dans les niveaux de bruit.

La réalisation de campagnes de mesures supplémentaires dans le temps peut augmenter la fiabilité des conclusions concernant l'évolution de la qualité acoustique dans le temps. Pour déterminer l'intervalle souhaité entre les campagnes de mesures, on pourrait s'en remettre à l'expérience acquise par l'AWV ces dernières années. Si l'intervalle est trop long, on risque d'éluider certains changements ou évolutions. Pour certains nouveaux revêtements, par exemple, on observe une augmentation rapide des niveaux de bruit au cours de la première année, après quoi on observe une stabilisation.

Sur la base des données disponibles de CPX1 et CPX2, une analyse statistique plus approfondie peut être faite de l'influence de l'âge du revêtement routier sur le niveau de bruit (et donc pas seulement en fonction de la classe à laquelle il appartient). Les niveaux sonores moyens pourraient être déterminés par type de revêtement routier, ainsi que la dispersion du résultat à l'aide de l'écart type et des niveaux sonores minimum et maximum mesurés pour un type de revêtement routier donné.

Les résultats de mesure de CPX1 et CPX2 pourraient être recalculés sur la base de la nouvelle correction de dureté proposée pour les pneus de mesure P1 (0.12 dB(A)/shore A au lieu de 0.2 dB(A)/shore A) afin de réduire l'incertitude du résultat final. L'application de la même correction de dureté est recommandée pour la comparabilité. Soit 0.2 dB(A)/shore A est conservé pour toutes les mesures (comme c'est le cas actuellement), soit CPX1 et CPX2 sont recalculés avec la nouvelle correction de dureté.

Des tronçons de route spécifiques pourraient être sélectionnés afin de suivre plus en détail l'évolution d'un certain type de revêtement et de l'étudier davantage. Cela peut par exemple être utile pour les types de revêtement qui seront beaucoup utilisés par le SPW dans le futur. Sur ces tronçons de route sélectionnés, des mesures supplémentaires pourraient être organisées à intervalles réguliers en vue de suivre l'évolution.

Vu que seule la qualité acoustique du revêtement a été mesurée, il n'est pas possible d'établir le lien avec d'autres caractéristiques du revêtement qui auraient éventuellement changé. Si le SPW dispose de résultats de mesures de texture sur les mêmes routes, ceux-ci peuvent être utilisés pour mieux comprendre les résultats et les changements dans la qualité acoustique.

## Pour l'avenir

En juin 2020, le CRR a mis sur pied un groupe de travail CRR Bruit auquel participent l'AWV, Bruxelles Environnement, Bruxelles Mobilité et le SPW. De telles campagnes de mesures peuvent apporter une contribution au forum CPX, qui va être lancé au sein de ce même groupe de travail. Elles peuvent s'avérer utiles pour la détermination des termes de correction du revêtement routier pour le *noise mapping*, pour la détermination de l'évolution du niveau sonore par type de revêtement dans le temps et comme contribution aux cahiers des charges types SB 250, CCT Qualiroutes et/ou le successeur du CCT 2015.

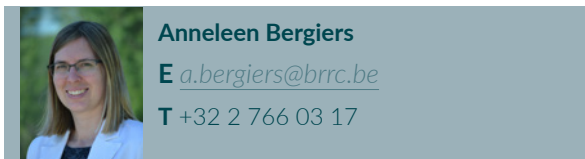
Les campagnes de mesures CPX1 (2018-2019) et CPX2 (2020-2021) ont permis au CRR de développer son expertise, qu'il est prêt à mettre à la disposition d'externes: mesures, photos géolocalisées liées à des mesures, analyses (liées ou non à la route/aux poteaux hectométriques), établissement de statistiques et de graphiques des résultats de mesure, comparaison des campagnes de mesures et évolution dans le temps, jusqu'à la cartographie avec des données sur carte et/ou la création d'une base de données en ligne.

Les résultats du projet CPX2 seront également présentés au Congrès belge de la Route 2022 (jour 4 Asset management).

Ce projet a également mis en évidence la nécessité de disposer de davantage de données. Il doit permettre d'initier les réflexions afin de pouvoir mettre en place une feuille de route afin qu'à terme, l'utilisation de ce type de véhicule permette de compléter les outils déjà disponibles en matière de vérification des performances des revêtements.

## Remerciements

Un mot de remerciement spécial à tous les collaborateurs du CRR qui ont rendu possible ce projet stimulant! Et nous n'oublions pas non plus de remercier chaleureusement Bruno Schepers de la Direction des études environnementales et paysagères pour sa participation active au projet.



## Bibliographie

Bergiers, A. (2018). Le projet "Marché CPX DG01-SPW" est dans les starting blocks. *Bulletin CRR*, (114), 11-12.

Bergiers, A. & Marcocci, S. (2019). Cartographie de la qualité acoustique du réseau routier wallon. *Bulletin CRR*, (121), 10-13.

Centre de Recherches Routières. (2020). *Instruments pour les gestionnaires routiers. Fiche 11: CPX: Mesures du bruit selon la méthode Close ProXimity* (Synthèse CRR No SF 48, rév. 1). <https://brrc.be/fr/expertise/expertise-apercu/cpx-mesures-du-bruit-methode-close-proximity>

Organisation Internationale de Normalisation. (2017a). *Acoustique: Méthode de mesurage de l'influence des revêtements de chaussées sur le bruit émis par la circulation. Partie 2: Méthode de proximité immédiate* (ISO 11819-2). <https://www.iso.org/fr/standard/39675.html>

Organisation Internationale de Normalisation. (2017b). *Acoustique: Méthode de mesurage de l'influence des revêtements de chaussées sur le bruit émis par la circulation. Partie 3: Pneumatiques de référence* (ISO/TS 11819-3). <https://www.iso.org/fr/standard/70808.html>

Organisation Internationale de Normalisation. (2017c). *Acoustique: Effet de la température sur les essais de bruit pneu/route. Partie 1: Mode opératoire de correction des essais avec la méthode CPX* (ISO/TS 13471-1). <https://www.iso.org/fr/standard/25630.html>