



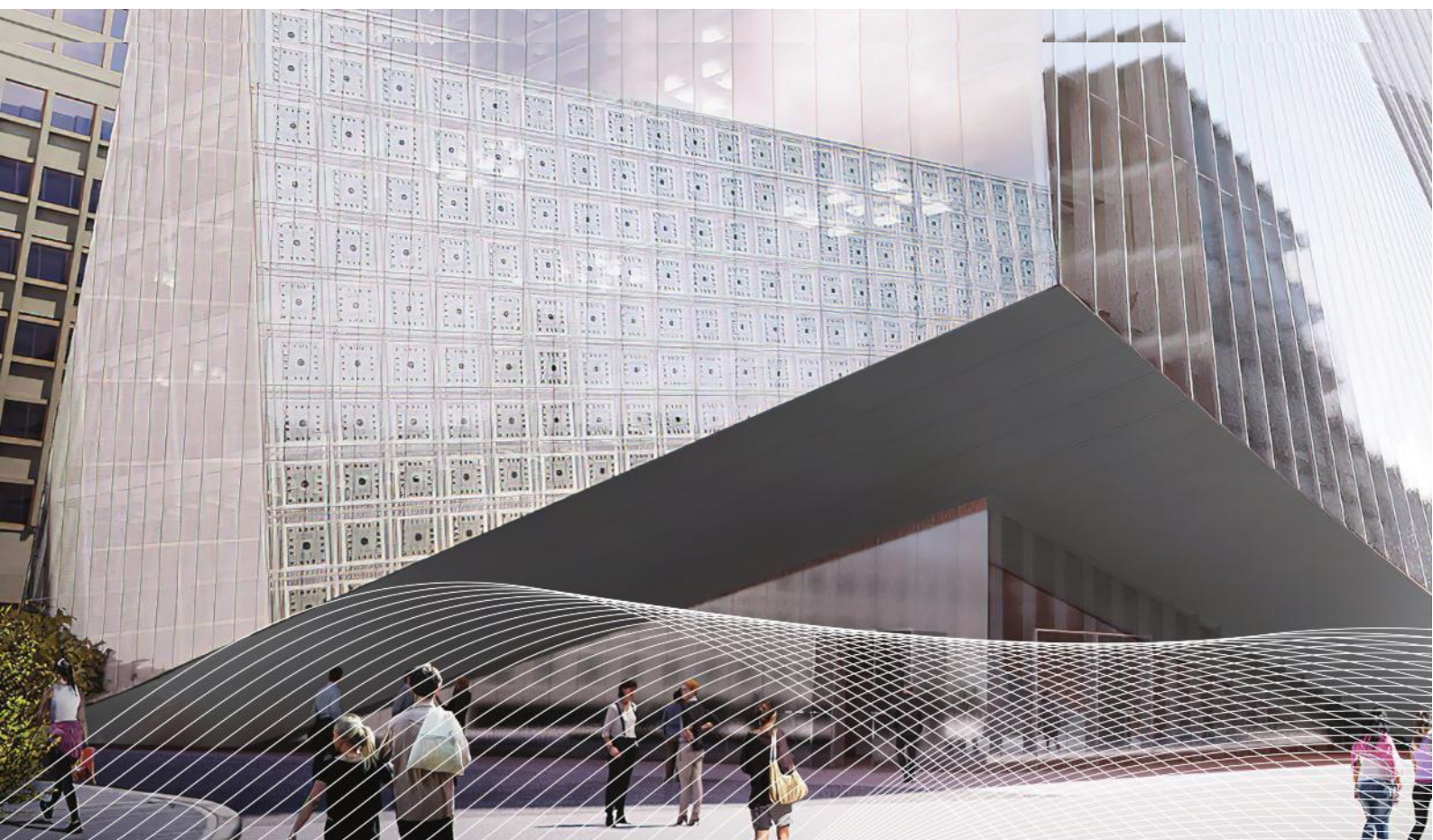
17<sup>e</sup> Congrès Français d'Acoustique  
27-30 avril 2025, Paris

## Cartographie dynamique du bruit associé au trafic routier du boulevard périphérique parisien

C. Ribeiro <sup>a</sup>, M. Hellot <sup>a</sup>, M. Nivon <sup>a</sup>, V. Decourt <sup>a</sup>, P. Jamard <sup>a</sup>, F. Mietlicki <sup>a</sup>, A. Weil <sup>a</sup>,  
C. Mietlicki <sup>a</sup>, C. Honoré <sup>b</sup>, C. Gourlay-France <sup>b</sup>, L. Durand <sup>b</sup>, A. Piot <sup>b</sup>, C. Sermondadaz <sup>b</sup>,  
R. Mulciba <sup>b</sup>, O. Mostefai <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Bruitparif, Observatoire du bruit en Île-de-France, 32 bd Ornano, 93200 Saint-Denis, France

<sup>b</sup> Ville de Paris, DVD / DTEC, 103 av de France, 75013 Paris, France



En 2018, la Ville de Paris a émis un certain nombre de préconisations pour transformer le boulevard périphérique parisien en vue d'améliorer son intégration environnementale, parmi lesquelles l'abaissement de la vitesse limite autorisée et la mise en œuvre d'une voie réservée au covoiturage. Afin de pouvoir objectiver l'impact de ces transformations sur le trafic, les pollutions atmosphériques et sonores, un observatoire dédié au boulevard périphérique a été mis en place depuis 2024 par la Ville de Paris. Bruitparif, observatoire du bruit en Île-de-France, y est associé pour la composante bruit. À ce titre, Bruitparif exploite cinq stations de mesure du bruit routier et a développé une cartographie dynamique du bruit routier du boulevard périphérique parisien. Cette cartographie pilote, mise à jour toutes les 3 minutes, s'appuie sur les données de trafic collectées par les boucles de comptage de la Ville de Paris qui sont transmises en temps quasi-réel à Bruitparif, ainsi que sur les données relatives au parc roulant, aux caractéristiques acoustiques des chaussées et à l'environnement physique qui entoure le boulevard périphérique. La mise en œuvre de cette cartographie a nécessité en outre le développement d'un modèle de calcul adapté aux besoins de production opérationnelle quasi-temps-réel des résultats. Une validation du modèle a été réalisée par comparaison des résultats obtenus avec les données de mesure sur le terrain. Tous les résultats (cartes 3 minutes, cartes agrégées sur n'importe quelle période, indicateurs d'exposition au bruit) sont rendus disponibles au sein d'une plateforme de consultation en ligne sur internet, ouverte à tous. Cet article présente la méthodologie ainsi que les caractéristiques de cet outil de cartographie dynamique.

## 1 Introduction

Le boulevard périphérique parisien est une voie d'une longueur de 35 km qui fait le tour de la ville de Paris. Doté le plus souvent de quatre voies de circulation dans chaque sens, le boulevard périphérique constitue l'autoroute urbaine la plus fréquentée d'Europe, avec 1,1 million de véhicules (1,3 million d'usagers) qui l'empruntent chaque jour. Malgré une baisse de fréquentation depuis la fin des années 1990, le boulevard périphérique supporte encore les débits journaliers de circulation les plus importants d'Île-de-France avec certains tronçons comptabilisant plus de 250 000 véhicules/jour. Il constitue un axe incontournable pour les déplacements au sein de la région Île-de-France. De ce fait, c'est également un des axes les plus bruyants d'Île-de-France.

La transformation du boulevard périphérique est une question étudiée depuis plusieurs années. Durant les Jeux Olympiques et Paralympiques (JOP) de Paris 2024, une voie olympique réservée aux athlètes, médias, officiels, secours et forces de l'ordre, a été créée sur le boulevard périphérique. Depuis mars 2024, cette même voie est réservée au covoiturage, aux transports collectifs et aux taxis. En outre, la vitesse maximale de circulation autorisée sur le boulevard périphérique parisien a été réduite de 70 km/h à 50 km/h à partir du mois d'octobre 2024.

En partenariat avec la Ville de Paris, l'association Bruitparif effectue le suivi de l'évolution du bruit en lien avec les transformations apportées à la circulation sur le boulevard périphérique. Pour cela, Bruitparif a mis en place un observatoire dédié. Son objectif est de caractériser la situation initiale (avant les JOP 2024) et d'analyser l'évolution du bruit sur plusieurs années (2024-2028), à l'aide de l'exploitation de données de mesure (stations permanentes de mesure du bruit et mesures temporaires) ainsi que de la production de cartes dynamiques du bruit généré par le boulevard périphérique, intégrant les données de trafic mesurées en temps réel.

A cet effet, Bruitparif a développé un outil innovant de cartographie dynamique du bruit lié au trafic routier du boulevard périphérique. Cet outil délivre des cartes du bruit

généré par la circulation du boulevard périphérique en temps quasi-réel, à partir des données de trafic fournies par la Ville de Paris toutes les 3 minutes.

Cet article présente l'outil de production de la carte dynamique du bruit associé au trafic routier du boulevard périphérique parisien.

## 2 Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude correspond à la zone d'influence du bruit généré par le trafic du boulevard périphérique. Il englobe le territoire situé à l'intérieur d'une bande de 500 mètres de part et d'autre du terre-plein central, dans lequel la contribution sonore du boulevard périphérique en journée (L<sub>Aeq</sub> 18h-22h), évaluée à une hauteur de 4 mètres du sol, dépasse 40 dB(A) et donc susceptible d'être perçue par les riverains. Ce périmètre a été défini à l'aide du modèle développé pour l'élaboration des cartes stratégiques de bruit de 4<sup>ème</sup> échéance conformément aux exigences de la directive européenne 2002/49/CE [1]. Il prend en compte la topographie et la présence des bâtiments autour du boulevard périphérique.

D'une superficie totale de 29,1 km<sup>2</sup>, cette zone comprend 21 935 bâtiments d'habitation (source : IGN BDTOPO 2019) et 359 499 habitants (source : IGN BDTOPO 2019 avec population INSEE 2016). Sa largeur varie entre 170 mètres et 500 mètres de part et d'autre des bords du boulevard périphérique, en fonction de la configuration des lieux.

## 3 Développement de la cartographie dynamique du bruit du boulevard périphérique

Le développement de la cartographie dynamique du bruit routier du boulevard périphérique a impliqué de travailler sur deux axes : d'une part l'intégration des données de trafic de la Ville de Paris fournies en temps quasi-réel, et d'autre part, sur le développement d'un modèle de calcul optimisé pour une production opérationnelle en quasi-temps-réel des résultats. Ce modèle a ensuite été validé et amélioré par comparaison avec les données de mesure disponibles. Ce chapitre expose brièvement les principales étapes méthodologiques (cf. figure 1).

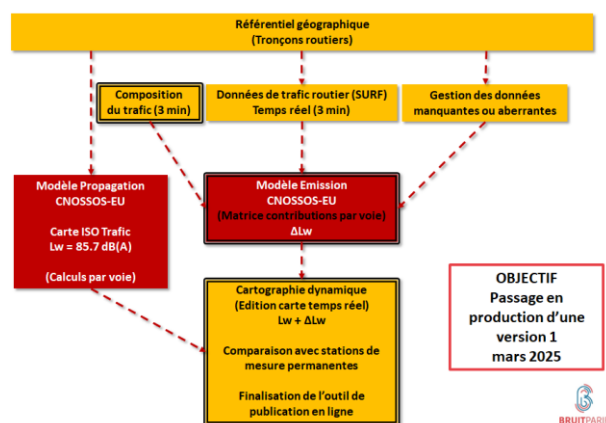


Figure 1 - Différentes étapes du modèle de calcul.

### 3.1 Alimentation en données d'entrée

Dans un premier temps, un référentiel géographique des tronçons routiers du boulevard périphérique a été établi afin d'y associer les données de trafic en temps réel. Au total, 373 tronçons ont ainsi été considérés.

L'outil de calcul requiert différentes données en entrée : débits et vitesses, composition du parc de véhicules (VL, VUL, PL, deux-roues motorisés) ainsi que les caractéristiques acoustiques des revêtements de chaussée pour chacun des tronçons du boulevard périphérique.

#### Débit et vitesse de circulation

Les données de trafic (débits, vitesse) sont collectées par les 167 boucles de comptage équipant le boulevard périphérique. Elles sont mises à disposition de Bruitparif en temps quasi-réel par la Ville de Paris, au moyen de l'outil SURF (Système Urbain de Régulation des Feux), par intervalles de 3 minutes. Des algorithmes ont été développés par Bruitparif pour traiter les cas de données manquantes ou aberrantes, en s'appuyant sur l'exploitation de l'historique des données disponibles durant l'année 2023.

#### Composition du parc circulant

Il a été nécessaire de disposer d'informations détaillées sur la composition du parc circulant sur le périphérique, par grandes catégories de véhicules selon le modèle CNOSSOS-EU [2], en fonction de la période de la journée et du type de jour de la semaine. Ces catégories sont définies de la façon suivante : véhicules légers (VL), Véhicules de

moyen tonnage (VUL : 2 essieux >3,5 t), véhicules lourds (PL : véhicules utilitaires lourds, autocar de tourisme, bus de transport public, à trois essieux ou plus), deux-roues motorisés (2RM).

Les données au pas de 3 minutes issues de la caméra LAPI (Lecture Automatique de Plaques d'Immatriculation) située sur le boulevard périphérique au niveau de la porte de Choisy sur deux périodes (1<sup>er</sup> au 18 juin 2022 et 1<sup>er</sup> au 18 juin 2023) ont été exploitées. Le taux de reconnaissance étant variable selon les catégories de véhicules et selon les voies, les données ont été redressées à partir des informations sur la composition du parc fournies par les enquêtes menées par la Ville de Paris et la Métropole du Grand Paris (Enquête plaques 2022).

Cela a permis d'estimer la composition du parc de véhicules circulant sur le boulevard périphérique au pas de temps de 3 minutes en fonction du type de jour et pour chaque voie de circulation. La figure 2 présente la composition moyenne du parc de véhicules circulant sur le boulevard périphérique parisien résultant de cette analyse.

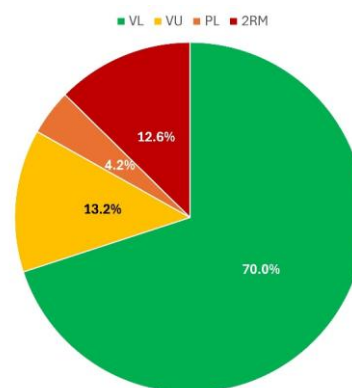


Figure 2 - Composition moyenne du parc de véhicule circulant sur le boulevard périphérique parisien.

#### Revêtement de chaussée

Le bruit de roulement (bruit de contact pneumatique / chaussée) constitue une composante majeure du bruit routier. La qualité acoustique des revêtements de chaussée du boulevard périphérique a été évaluée à l'aide du dispositif APACHE (Auscultation du Profil Acoustique des Chaussées et de leur Efficacité énergétique), récemment développé et breveté par le groupe Renault, dans le cadre d'un partenariat avec Bruitparif. Deux campagnes de mesures, réalisées en mars et novembre 2024, ont été exploitées pour établir un référentiel sur l'ensemble des voies du boulevard périphérique parisien, permettant de classer chaque tronçon du moins bruyant (R1-) au plus bruyant (R3+) [3]. Il ressort que près de 20% du boulevard périphérique présente une qualité acoustique très dégradée (classes R3 et R3+), 35% présente des caractéristiques moyennes (R2) et de l'ordre de 45% du boulevard périphérique bénéficie de revêtements de

plutôt bonne qualité acoustique (R1- et R1).

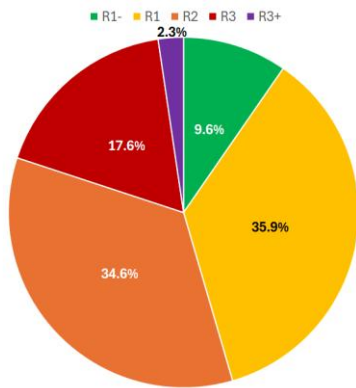


Figure 3 - Classes de qualité acoustique (du moins bruyant R1- au plus bruyant R3+) des revêtements de chaussée du boulevard périphérique.

3.2 Développement du moteur de calcul

Le moteur de calcul dynamique a été développé en précalculant les résultats de bruit généré par chaque tronçon du boulevard périphérique avec une puissance acoustique de référence ( $L_w = 85,7 \text{ dB(A)}$ ). Une modulation de ces données précalculées est effectuée à chaque pas de temps de 3 minutes en fonction des données de trafic correspondantes permettant de tenir compte de la variation de valeurs d'émission par rapport à la situation de référence ( $L_w + \Delta L_w$ ). Ces ajustements réalisés, les cartes correspondant aux différentes contributions des tronçons sont agrégées.

Ainsi à chaque nouvelle livraison de données de trafic (pas de 3 minutes), une nouvelle carte de bruit du boulevard périphérique est générée, prenant en compte les conditions spécifiques de circulation en temps quasi-réel.

Les calculs de puissance acoustique reposent sur la méthode réglementaire CNOSSOS-EU utilisée pour la production des cartes stratégiques du bruit routier, avec toutefois des ajustements réalisés afin d'intégrer les relevés du dispositif APACHE concernant les qualités acoustiques des revêtements de chaussée.

Les calculs de propagation du bruit sont également basés sur la méthode réglementaire CNOSSOS-EU.

3.3 Validation du modèle de calcul

Le modèle fin développé par Bruitparif a été validé en comparant les résultats de calculs avec les données de mesure recueillies par les stations permanentes et ce, au pas de trois minutes, sur toute la période de référence (7 au 13 juin 2024).

La validation du modèle de calcul s'est appuyée sur la comparaison des niveaux sonores au pas de 3 minutes ( $L_{Aeq,3min}$ ) fournis par le modèle avec les données enregistrées par les cinq stations permanentes de mesure du bruit situées le long du boulevard périphérique : Porte de Vincennes, Porte d'Auteuil, Porte Pouchet, Porte de

Châtillon et Porte de Bagnolet (cf. figure 4), sur l'ensemble de la période allant du 7 au 13 juin 2024.

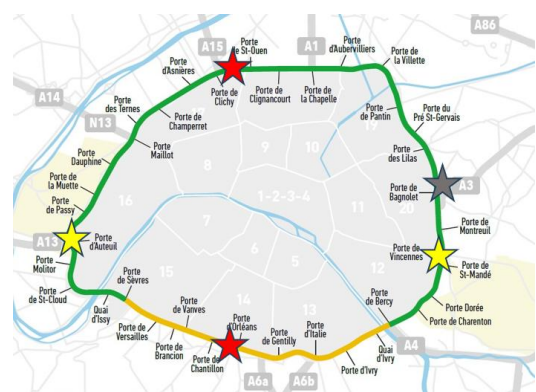


Figure 4 - Stations permanentes de mesure du bruit déployées le long du boulevard périphérique.

A titre illustratif, la figure 5 présente la comparaison des niveaux de bruit au pas de trois minutes ( $L_{Aeq,3min}$ ), tels qu'issus du modèle, avec les niveaux de bruit mesurés au niveau de la station de mesure située en terre-plein central au niveau de la porte de Châtillon, sur la période du 7 au 13 juin 2024.

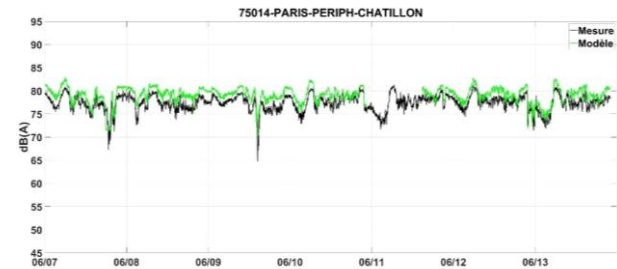


Figure 5 - Comparaison « Modèle / Mesure » au niveau de la station située porte de Châtillon ; terre-plein central.

Pour évaluer les performances du modèle de calcul à bien retranscrire les niveaux sonores réels, différents indicateurs statistiques ont été calculés : erreur quadratique moyenne en dB(A) (EQM), coefficient de corrélation ( $r$ ), biais en dB(A) et écart-type en dB(A) ( $\sigma$ ). Le Tableau 1 présente les résultats obtenus pour ces indicateurs. Les erreurs systématique (Biais moyen = 0,90) et aléatoire ( $\sigma$  moyen = 1,07) engendrées par le modèle de calcul sont de l'ordre de 1 dB(A). L'erreur quadratique moyenne (EQM = 1,94) est inférieure à 2 dB(A) et le coefficient de corrélation linéaire  $r$  est élevé ( $r_{moyen} = 0,85$ ). Ces statistiques témoignent d'une bonne qualité du modèle de calcul développé.

TABEAU 1 \_ Performances du modèle de calcul évaluées à partir de la comparaison des écarts modèle-mesure sur la période du 7 au 13 juin 2024.

| $L_{Aeq,3min}$ | Vincennes (BP) | Auteuil (BP) | Pouchet (BP) | Châtillon (BP) | Bagnolet (riverain) | Moy. |
|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|------|
| EQM            | 2.20           | 1.95         | 1.89         | 1.96           | 1.70                | 1.94 |
| $r$            | 0.78           | 0.90         | 0.90         | 0.82           | 0.83                | 0.85 |
| Biais          | 1.63           | -1.77        | 1.64         | 1.65           | 0.68                | 0.90 |
| $\sigma$       | 1.47           | 0.82         | 0.93         | 1.06           | 1.04                | 1.07 |

Le Tableau 2 présente les écarts des résultats obtenus entre les calculs et les mesures (rapportées à une température de 13°C) a également été réalisée pour les indicateurs par période (Lday, Levening, Lnight et Lden) sur la période de référence (7 au 13 juin 2024). A l’instar des résultats obtenus pour l’erreur quadratique moyenne, les écarts pour les indicateurs réglementaires Lden et Ln sont tous inférieurs à 2 dB(A). L’écart moyen est inférieur à 0,7 dB(A).

TABEAU 2 \_ Ecarts des résultats modèle / mesure pour les différents indicateurs et les 5 stations pour la période du 7 au 13 juin 2024.

| L <sub>Aeq</sub> 3min | Vincennes (BP) | Auteuil (BP) | Pouchet (BP) | Châtillon (BP) | Bagnolet (riverain) | Moy.        |
|-----------------------|----------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|-------------|
| Le                    | 1,6            | -2,2         | 1,3          | 1,4            | 1,1                 | <b>0,65</b> |
| Ld                    | 1,4            | -2,1         | 1,2          | 1,3            | 1,2                 | <b>0,60</b> |
| Ln                    | 0,5            | -1,9         | 1,3          | 1,8            | 0,6                 | <b>0,45</b> |
| Lden                  | 0,8            | -2           | 1,3          | 1,7            | 0,8                 | <b>0,70</b> |

4 Données de sortie

Une plateforme de publication des données (<https://periph.bruitparif.fr>) a été développée pour permettre la consultation des résultats.

La plateforme fournit les cartes de bruit actualisées en temps quasi-réel au pas de trois minutes mais également des cartes de bruit agrégées selon l’indicateur L<sub>Aeq</sub> par période de la journée (jour, soirée, nuit) et selon l’indicateur Lden.

Des indicateurs d’impact sont en outre calculés de manière associée à chacune des cartes de bruit qui peuvent être consultées au sein de la plateforme.

4.1 Carte temps réel

Le modèle de calcul génère une carte de bruit produit par le boulevard périphérique en quasi-temps réel toutes les trois minutes (cf. Figure 6).

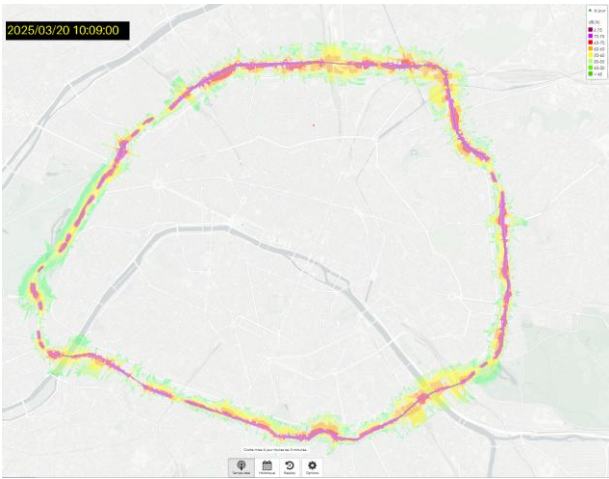


Figure 6 - Carte du dynamique du bruit associée au trafic routier du boulevard périphérique parisien – 20/03/2025 10h09.

Les séries de cartes ainsi produites sont regroupées pour produire une séquence vidéo correspondante à chaque jour

de l’historique des données.

4.2 Carte des indicateurs réglementaires

Des cartes agrégées selon les indicateurs réglementaires Lday, Levening, Lnight et Lden sont produites pour chaque journée et peuvent être générées sur toute période de l’historique des données (cf. figures 7 et 8).

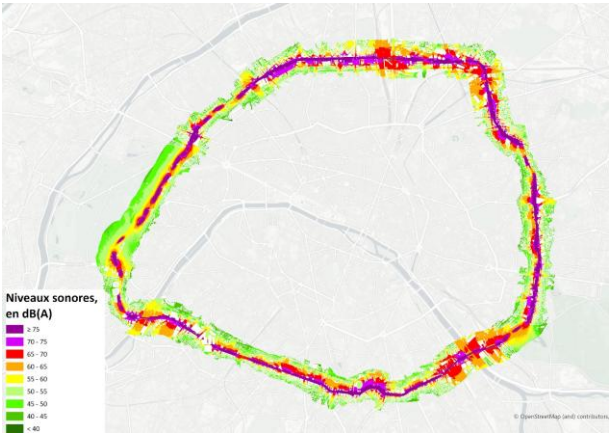


Figure 7 - Carte de bruit du périphérique, 7 au 13 juin 2024, indicateur Lden.

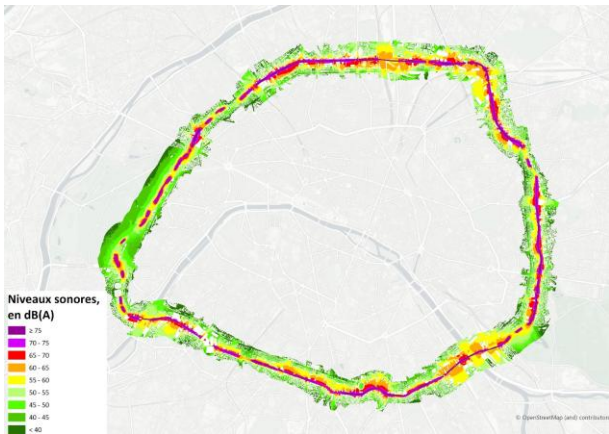


Figure 8 - Carte de bruit du périphérique, 7 au 13 juin 2024, indicateur Ln.

4.3 Indicateurs d’impact

Deux types d’indicateurs d’impact sont calculés et rendus accessibles sur la plateforme, de manière associée aux cartes de bruit :

- Des indicateurs d’exposition de la population au bruit généré par le trafic routier du boulevard périphérique d’une part, par l’intermédiaire de l’indice AEI « Average Exposition Indice », et des nombres de personnes en situation potentielle de dépassement des valeurs de référence (recommandations de l’OMS [4] et valeurs limites réglementaires en vigueur) ;
- Des indicateurs d’impacts sanitaires : nombre de cas de forte gêne et de fortes perturbations du sommeil.

Indicateurs d’exposition

Bruitparif a mis en œuvre un calcul en temps réel du nombre de personnes exposées au bruit généré par le boulevard périphérique au sein du périmètre d’étude à l’aide de deux méthodes d’affectation des niveaux de bruit :

- La méthode harmonisée au niveau européen décrite dans CNOSSOS-EU, qui consiste à affecter la population d’un bâtiment au niveau maximal de bruit évalué en façade à 4 mètres de hauteur du sol lorsqu’il s’agit d’un bâtiment individuel. Pour les bâtiments collectifs, la population est répartie de manière égale sur la moitié des niveaux de bruit les plus forts évalués en façade (méthode dite de la médiane) ;
- Une méthode alternative qui consiste à affecter la population de chaque bâtiment de manière égale sur les différents niveaux de bruit en façade, ce qui permet davantage de tenir compte des façades calmes que la méthode CNOSSOS-EU.

Une fois l’exposition de la population au bruit routier estimée pour chaque bâtiment, différents indicateurs synthétiques d’exposition sont calculés :

- Les nombres de personnes et les pourcentages de population en situation de dépassement des valeurs limites définies par la France pour le bruit routier (68 dB(A) selon l’indicateur Lden et 62 dB(A) selon l’indicateur Ln) ;
- Les nombres de personnes et les pourcentages de population en situation de dépassement des valeurs de recommandation définies par l’OMS en 2018 pour le bruit routier (53 dB(A) selon l’indicateur Lden et 45 dB(A) selon l’indicateur Ln) ;
- L’indice moyen d’exposition pondérée au bruit (AEI) calculé en pondérant les niveaux de bruit routier par le nombre d’habitants exposés dans chaque intervalle de 1 dB(A).

La figure 9 présente, à titre d’exemple, le profil journalier de variation de l’indice moyen d’exposition pondérée au bruit généré exclusivement par le boulevard périphérique (AEI<sub>3min</sub>), sur la période du 7 au 13 juin 2024 (avant changements significatifs de circulation sur le boulevard

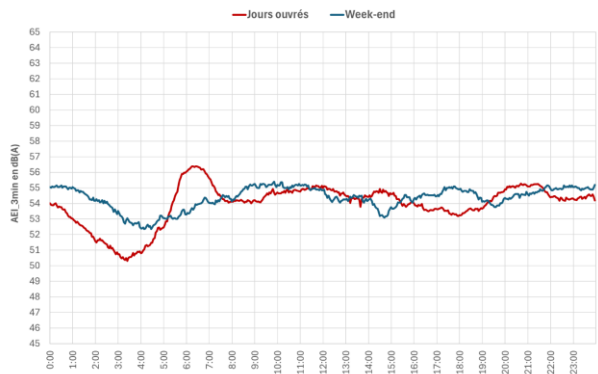


Figure 9 - Profil journalier de variation de l’indice moyen d’exposition pondérée (AEI<sub>3min</sub>) au bruit généré par le boulevard périphérique.

périphérique), en distinguant les jours ouvrés (du lundi au vendredi) des jours de week-end (samedi et dimanche).

Cette figure permet de déterminer les périodes de la journée où le boulevard périphérique émet plus ou moins de bruit par rapport à la moyenne (AEI<sub>24h moyen</sub> de 54,2 dB(A)) : pour les jours ouvrés, la période comprise entre 5h30 et 7h00 est la plus bruyante, celle comprise entre 1h et 5h est la moins bruyante ; pour les jours de week-end, le profil est plus lisse avec moins d’écart entre les périodes les plus bruyantes et les moins bruyantes. Les périodes comprises entre 8h30 et 12h, entre 16h et 19h et entre 21h et 2h sont les plus bruyantes. La réduction de bruit en période nocturne, est plus faible les jours de week-end que les jours ouvrés.

Indicateurs d’impacts sanitaires

Bruitparif a également implémenté le calcul des indicateurs d’impacts sanitaires du bruit routier introduits dans la réglementation par l’intermédiaire de la directive 2020/367/CE, notamment les nombres de cas de haute gêne, et de fortes perturbations du sommeil.

Le Tableau 3 présente les résultats de ces indicateurs d’impact pour la période du 7 au 13 juin 2024 (avant changements significatifs de circulation sur le boulevard périphérique).

TABEAU 3 \_ Résultats des différents indicateurs d’exposition et d’impacts sanitaires correspondant à la seule contribution du boulevard périphérique pour la période du 7 au 13 juin 2024.

| Contribution (BP)                                  | Indicateur Lden (24h)            | Indicateur Ln (nuit)             |
|----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Nb hab ≥ 53 dB(A)<br>Nb hab ≥ 68 dB(A)             | 130 673 (36,3%)<br>19 250 (5,4%) |                                  |
| AEI                                                | 60,1 dB(A)                       |                                  |
| Nb de cas de haute gêne (HA)                       | 34 976 (9,7%)                    |                                  |
| Nb hab ≥ 45 dB(A)<br>Nb hab ≥ 62 dB(A)             |                                  | 146 677 (40,8%)<br>16 797 (4,7%) |
| AEI                                                |                                  | 53,5 dB(A)                       |
| Nb de cas de fortes perturbations du sommeil (HSD) |                                  | 11 049 (3,1%)                    |

5 Conclusion

Bruitparif a développé un outil innovant de cartographie dynamique du bruit associé au trafic routier du boulevard périphérique destiné à la mise en place d’un observatoire dédié. Cet outil permet de produire des cartes de bruit généré par la circulation du boulevard périphérique en temps quasi-réel, à partir des observations de trafic fournies par la Ville de Paris au pas de temps de 3 minutes. Ces cartes sont mises à disposition du public sur une plateforme dédiée de consultation (<https://periph.bruitparif.fr>). Cet outil a déjà permis d’établir un état initial du bruit lié au trafic routier du boulevard périphérique parisien, sur la période de juin 2024, avant l’entrée en vigueur des transformations apportées à la circulation, à savoir l’abaissement de la vitesse limite de

circulation à 50 km/h en octobre 2024 et la mise en place d'une voie réservée au covoiturage, aux transports en commun et aux taxis en mars 2025. L'impact acoustique de ces transformations sera évalué à l'aide des résultats produits par cet outil de cartographie dynamique. Par ailleurs, des travaux d'amélioration continue du modèle de calcul et de la qualité des données d'entrée sont en cours afin de rendre le modèle de plus en plus précis et performant.

## Références

- [1] Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement, CE, (2002).
- [2] S. Kephalopoulos, M. Paviotti, F. Anfosso-Lédée, Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU), *Publications Office of the European Union, EUR 25379 EN*, Luxembourg (Luxembourg), JRC72550 (2012).
- [3] Prévision du bruit routier, Partie 1: Calcul des émissions dues au bruit routier, SETRA, (2009).
- [4] Noise Guidelines for the European region, World Health Organization, WHO. (2018).