



**MINISTÈRE  
CHARGÉ  
DES TRANSPORTS**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



direction  
générale  
de l'Aviation  
civile

# **Rapport de présentation de l'indicateur global mesuré pondéré de l'énergie sonore émise pour l'année 2021 pour l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle (IGMP 2021)**

## **SOMMAIRE**

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>5</b>
<b>GUIDE DE LECTURE</b> .....	<b>6</b>
<b>1. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL</b> .....	<b>7</b>
<b>2. MESURES RÉALISÉES EN 2021</b> .....	<b>8</b>
2.1. NOMBRE DE MOUVEMENTS ENREGISTRÉS ET MESURÉS .....	8
2.2. RÉPARTITION PAR STATION DES MOUVEMENTS MESURÉS .....	9
<b>3. EXPLOITATION DES MOUVEMENTS POUR LE CALCUL DE L'ÉNERGIE SONORE MESURÉE PONDÉRÉE</b> .....	<b>10</b>
3.1. NIVEAUX DE BRUIT MESURÉS ET VALIDÉS .....	10
3.1.1. Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide de la droite de régression propre à l'avion .....	11
3.1.2. Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide d'avions de substitution .....	11
3.2. UTILISATION DES NIVEAUX DE BRUIT LES PLUS FRÉQUEMMENT MESURÉS .....	11
3.3. AJUSTEMENT EN NOMBRE DE MOUVEMENTS .....	11
3.4. SCHÉMA DE TRAITEMENT DES MOUVEMENTS ET DE L'AFFECTATION DES NIVEAUX DE BRUIT .....	12
<b>4. RÉSULTATS 2021</b> .....	<b>14</b>
4.1. VALEUR DE L'INDICATEUR.....	14
4.2. VALEURS DES ÉNERGIES SONORES PONDÉRÉES .....	14
<b>5. ANALYSE DES RÉSULTATS</b> .....	<b>15</b>
5.1. ÉVOLUTION DE L'IGMP ET DES ÉNERGIES SONORES .....	15
5.2. RÉPARTITION DU TRAFIC PAR CATÉGORIE ACOUSTIQUE D'AÉRONEFS .....	17
5.3. RÉPARTITION JOUR / SOIRÉE / NUIT .....	20
5.3.1. Répartition des mouvements selon la période de la journée : .....	20
5.3.2. Répartition de l'énergie sonore pondérée selon la période de la journée : .....	23
5.3.3. Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée selon la période de la journée : .....	26
5.4. PÉRIODE « NUIT ».....	31
5.5. PÉRIODE « CŒUR DE NUIT » .....	33
5.6. COMPARAISON NUIT / CŒUR DE NUIT.....	35
5.7. INTERPRÉTATION DE L'IGMP 2021 .....	38
5.7.1. Principaux facteurs contributifs à l'évolution de l'IGMP .....	38
5.7.2. Sensibilité et incertitude de l'IGMP .....	38
<b>6. ANNEXE 1 – LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	<b>40</b>
<b>7. ANNEXE 2 – ARRÊTÉ DU 28 JANVIER 2003</b> .....	<b>41</b>
<b>8. ANNEXE 3 – ARRÊTÉ DU 12 SEPTEMBRE 2008</b> .....	<b>44</b>
<b>9. ANNEXE 4 – MÉTHODE D'EXCLUSION DES VALEURS ABERRANTES</b> .....	<b>46</b>
<b>10. ANNEXE 5 – NOUVELLES DROITES DE RÉGRESSION 2021</b> .....	<b>50</b>
1. À L'ATTERRISSAGE .....	50
2. AU DÉCOLLAGE .....	51
<b>11. ANNEXE 6 – SUBSTITUTIONS</b> .....	<b>52</b>
1. SUBSTITUTIONS TYPE COMPLET 2021 .....	52
2. SUBSTITUTIONS TYPE COURT 2021 .....	60
<b>12. ANNEXE 7 – CALCUL DES DROITES DE RÉGRESSION</b> .....	<b>65</b>

## RÉSUMÉ

L'arrêté du 28 janvier 2003 définit l'indicateur représentatif de l'énergie sonore de l'aéroport Paris - Charles de Gaulle – communément appelé Indicateur Global Mesuré Pondéré (IGMP) – et limite sa valeur pour chaque année civile à son niveau moyen des années 1999, 2000 et 2001.

Depuis l'IGMP 2007, l'estimation de la valeur de cet indicateur est confiée par la DGAC au Service Technique de l'Aviation Civile (STAC). Le calcul de l'IGMP se base sur les mesures de bruit et sur les corrélations entre mesures de bruit et trajectoires effectuées par le laboratoire acoustique de Groupe ADP.

Le ratio de mesures de bruit exploitables pour le calcul de l'IGMP 2021 est de 90,1% pour 255 934 mouvements.

La valeur de l'IGMP 2021 est de 36,8 soit 3,9 points de plus qu'en 2020. L'augmentation de 16% du trafic aérien est la principale explication à l'évolution de l'indicateur. La répartition des mouvements selon la période de la journée a peu évolué et n'affecte donc pas de manière significative l'évolution de l'IGMP entre 2020 et 2021. À noter l'augmentation de la part de mouvements d'avions de marge acoustique supérieure à 13 EPNdB qui limite l'augmentation de l'indicateur.

L'indicateur spécifique de la période « *nuit* » a une valeur de 43,4 augmentant de 4,7 points par rapport à 2020.

## ABSTRACT

A decree dated January 28th 2003 has defined an indicator to represent noise energy at Paris - Charles de Gaulle airport. This "weighted measure-based overall" indicator (called IGMP for "*Indicateur Global Mesuré Pondéré*") restricts for each year the overall amount of noise energy emitted to the yearly average noise energy emitted in 1999, 2000 and 2001.

Since the computation of IGMP 2007 the French Civil Aviation Authority (DGAC) has ordered the Civil aviation technical center (STAC) to estimate each annual IGMP value. IGMP 2020 calculation is based on noise measurements and correlations between noise levels and tracks delivered by Groupe ADP Laboratory.

In 2021, the ratio of reliable noise measurements is 90.1%, out of 255 934 movements.

IGMP 2021 value equals 36.8, that is +3.9 points compared to 2020. The air traffic increase is the main explanation for the evolution of the indicator. The distribution of movements according to the period of day doesn't change compared to 2020, and therefore does not significantly impact the evolution of the IGMP between 2020 and 2021. Note the increase of the part of noise margin aircraft movements greater than 13 EPNdB which tend to limit the increase in the indicator.

The specific night period indicator increases compared to 2020, reaching the value 43.4 (+4.7 points).

## INTRODUCTION

L'arrêté du 28 janvier 2003<sup>1</sup> définit l'indicateur représentatif de l'énergie sonore de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle – communément appelé Indicateur Global Mesuré Pondéré (IGMP) – et limite sa valeur pour une année civile à son niveau moyen des années 1999, 2000 et 2001.

L'estimation de la valeur de l'IGMP est confiée par la DGAC au Service technique de l'Aviation civile (STAC) depuis le calcul de l'indicateur 2007. Elle était précédemment effectuée par Groupe ADP.

La valeur annuelle de l'IGMP est basée sur :

- Les niveaux de bruit mesurés à l'aide d'un dispositif de mesures de bruit, mis en œuvre par Groupe ADP ;
- Un suivi des trajectoires homologué par arrêté interministériel du 17 juillet 2006 ;
- Une corrélation entre mesures de bruit et trajectoires, effectuée par Groupe ADP.

Les mouvements d'avions recensés sont répartis en plusieurs catégories, selon qu'ils soient détectés et corrélés ou non avec une mesure de bruit. Une correction de distance est ensuite appliquée afin de ramener chaque mesure à une distance de référence par rapport aux seuils des pistes.

En pratique, le traitement de l'ensemble des données se fonde depuis 2006 sur la méthode définie par le groupe de travail (GT) établi entre l'Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA), la Direction générale de l'aviation civile (DGAC)<sup>2</sup>, la Mission Bruit de la Direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR)<sup>3</sup> et le Laboratoire de Groupe ADP. Cette méthode de calcul, qui a fait l'objet de plusieurs améliorations proposées par le groupe de travail et approuvées par l'ACNUSA, comme l'exclusion des mesures aberrantes prise en compte depuis le calcul de l'IGMP 2011, est désormais optimale.

---

<sup>1</sup> : Voir annexe 2.

<sup>2</sup> : Représentée d'une part par la Direction des Affaires Stratégiques et Techniques (DAST) jusqu'en 2008 puis par la Direction du Transport Aérien (DTA) depuis et d'autre part par le STAC.

<sup>3</sup> : Devenue maintenant la mission « Bruit et agents physiques » de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR).

## GUIDE DE LECTURE

Le chapitre 1 du présent rapport rappelle les principales évolutions méthodologiques décidées par le groupe de travail IGMP.

Le chapitre 2 précise les conditions des mesures : emplacement des stations, taux des mesures corrélées et causes d'absence de corrélation.

Le chapitre 3 indique les différentes catégories de niveaux de bruit utilisés pour le calcul de l'IGMP. Il s'appuie sur les définitions suivantes :

- **Correction de distance** : L'impossibilité physique d'implanter l'ensemble des stations à une distance rigoureusement identique par rapport à chaque seuil de piste et l'inégalité des longueurs de piste imposent d'effectuer sur les mesures des corrections de distance. La correction permet de ramener le niveau de bruit mesuré à celui d'une mesure équivalente effectuée à la distance de référence (9 200 m au décollage et 5 000 m à l'atterrissage). La correction est calculée à l'aide d'une droite de régression (voir Annexe 7).
- **L<sub>Amax</sub>** : Niveau maximal de bruit caractérisant un événement isolé.
- **Niveau de bruit mesuré** : Il s'agit du niveau de bruit L<sub>Amax</sub> mesuré au sol auquel est ajoutée la correction de distance, afin de le ramener au niveau d'une mesure qui serait effectuée à la distance de référence.
- **Niveau de bruit le plus fréquemment mesuré** : C'est, pour chaque type d'aéronefs, un niveau de bruit moyen établi suivant une méthode statistique basée sur un minimum de 100 valeurs de niveaux de bruit mesurés, avec au moins 25 mesures sur au moins 4 stations. Ce niveau de bruit le plus fréquemment mesuré est utilisé en cas de mesure manquante. Une fois qu'il a pu être calculé, ce niveau est repris pour les années suivantes.
- **Famille de substitution** : Lorsqu'on ne dispose pas, pour un avion donné, d'un niveau de bruit le plus fréquemment mesuré parce que l'avion fréquente trop rarement la plate-forme, l'évaluation du niveau de bruit engendré par le vol nécessite le recours à une famille de substitution. Il s'agit de la famille d'aéronefs dont on connaît le niveau de bruit le plus fréquemment mesuré et dont les caractéristiques acoustiques et physiques se rapprochent le plus de l'avion considéré.

Les chapitres 4 et 5 présentent les résultats et analyses des différents calculs effectués : valeur de l'IGMP et de l'indicateur de nuit, analyse de l'évolution de la répartition des mouvements et des énergies suivant la catégorie acoustique d'aéronefs, selon la période de la journée, analyse de la période « cœur de nuit » ...

Les abréviations utilisées dans ce rapport sont explicitées en annexe 1.

## 1. Méthodologie de calcul

Le calcul de l'IGMP 2021 repose sur la méthodologie arrêtée par le groupe de travail (GT) établi en 2006 entre l'Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA), la Direction générale de l'aviation civile (DGAC), la Mission Bruit de la Direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR) et le Laboratoire de Groupe ADP.

L'IGMP est basé sur le calcul :

- Des énergies sonores de référence pour le décollage et pour l'atterrissage, dont les valeurs correspondent à la moyenne des énergies des années 1999, 2000, 2001.
- Des énergies sonores de décollage et d'atterrissage mesurées et cumulées sur l'année considérée. Par convention, si ces énergies sont égales aux valeurs de référence, l'indicateur est égal à 100.
- De droites de régression utilisées pour le calcul des corrections de distance (voir définition en annexe 7). Ces droites sont principalement basées sur les mesures des années 2005 à 2020. Toutefois, comme le groupe de travail l'avait préconisé, les données mesurées en 2021 ont permis pour certains types d'avion d'atteindre pour la première fois un minimum de 25 mesures sur au moins 4 stations et de calculer de nouvelles droites de régression enrichissant le jeu existant.

Dans sa démarche d'amélioration de la méthode de calcul de l'indice, le GT a validé en 2011 trois évolutions méthodologiques qui sont appliquées depuis au calcul de l'IGMP :

- Mise en œuvre de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes pour la création des nouvelles droites de régression ainsi que pour le calcul de l'IGMP (décrite en annexe 4), appliquée chaque année depuis l'IGMP 2011.
- Utilisation par Groupe ADP, depuis l'IGMP 2012, d'un nouveau système de détection du bruit des aéronefs et d'une méthode dite « de multi-validation » qui a permis d'augmenter de manière significative le nombre de mesures exploitables. Cette méthode comprend :
  - L'analyse de pente de la mesure acoustique,
  - La reconnaissance spectrale du bruit d'aéronef,
  - Le filtrage sur critères de durée et de niveau sonore minimum.

L'utilisation de cette méthode a pour conséquence une nette amélioration du taux de corrélation depuis 2012.

## 2. Mesures réalisées en 2021

### 2.1. Nombre de mouvements enregistrés et mesurés

En 2021, le nombre total officiel de mouvements d'avions pris en compte pour le calcul de l'IGMP est de **255 934** (source NBA). Le nombre total de mouvements détectés par Groupe ADP est de 256 063. L'écart de 129 mouvements avec le nombre total officiel est expliqué à la section 3.3 et pris en compte dans le calcul de l'indicateur.

Le taux de mesures exploitables, c'est-à-dire le rapport entre le nombre de mesures exploitables et le nombre total officiel de mouvements, est de **90,1%**, ce qui représente 230 587 couples de mesures de bruit d'avions et de trajectoires exploitables<sup>1</sup>.

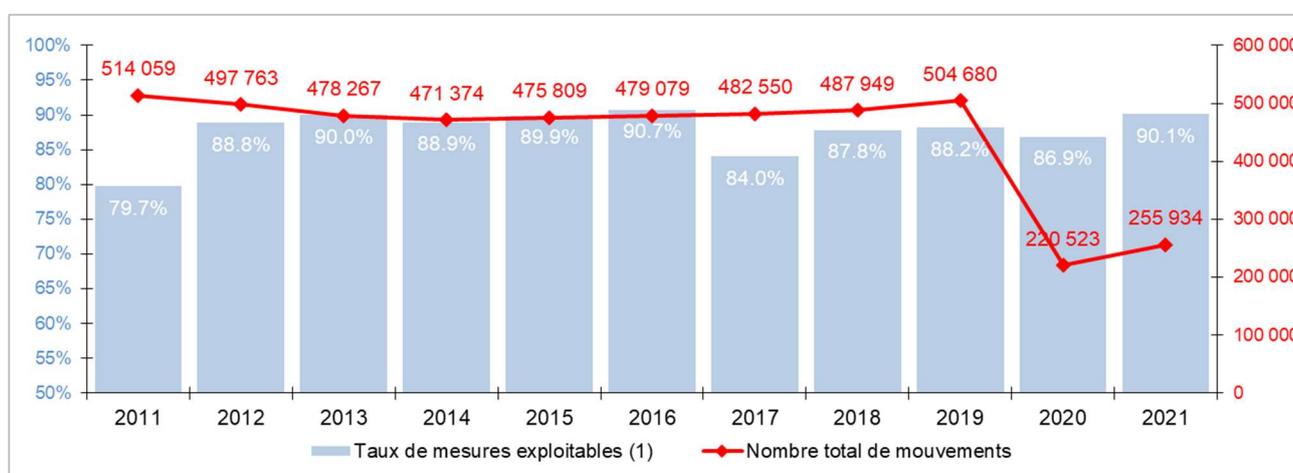


Figure 1 : Évolution du taux de mesures exploitables et du nombre annuel de mouvements

**9,9 %** des couples de mesures de bruit et de trajectoires sont non exploitables (soit 25 476 mouvements) pour les raisons suivantes :

- Les critères de détection (durée minimum, niveau minimum, pourcentage de reconnaissance spectrale minimum, présence de bruits parasites...) non respectés, dans 66% des cas,
- La maintenance, la calibration ou le dysfonctionnement des stations de mesure de bruit, dans 19% des cas,
- L'absence d'enregistrement, pour 15% des cas. Ceci s'explique par le fait que certains petits appareils et turbopropulseurs au décollage effectuent des virages trop courts et ne survolent pas la station de mesure dans l'axe de leur piste de décollage.

<sup>1</sup> On considèrera dans ce rapport comme mesures « exploitables » ou « utilisables » des mesures de bruit d'avions ayant été corrélées à une trajectoire. A ces mesures « exploitables » ou « utilisables », est ensuite appliquée la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes. Une partie de ces mesures peut donc être ensuite exclue, si identifiée comme étant aberrante, du calcul de l'IGMP

## 2.2. Répartition par station des mouvements mesurés

Groupe ADP dispose d'un réseau de 8 stations de mesures de bruit spécifiquement implantées pour l'évaluation de l'indicateur.

Chacun des axes des 8 trouées bénéficie d'une station de mesure située à environ 5 000 mètres du seuil de piste le plus proche. Les 4 stations à l'est sont nommées E1, E2, E3, E4 et les 4 stations situées à l'ouest sont nommées W1, W2, W3 et W4b.

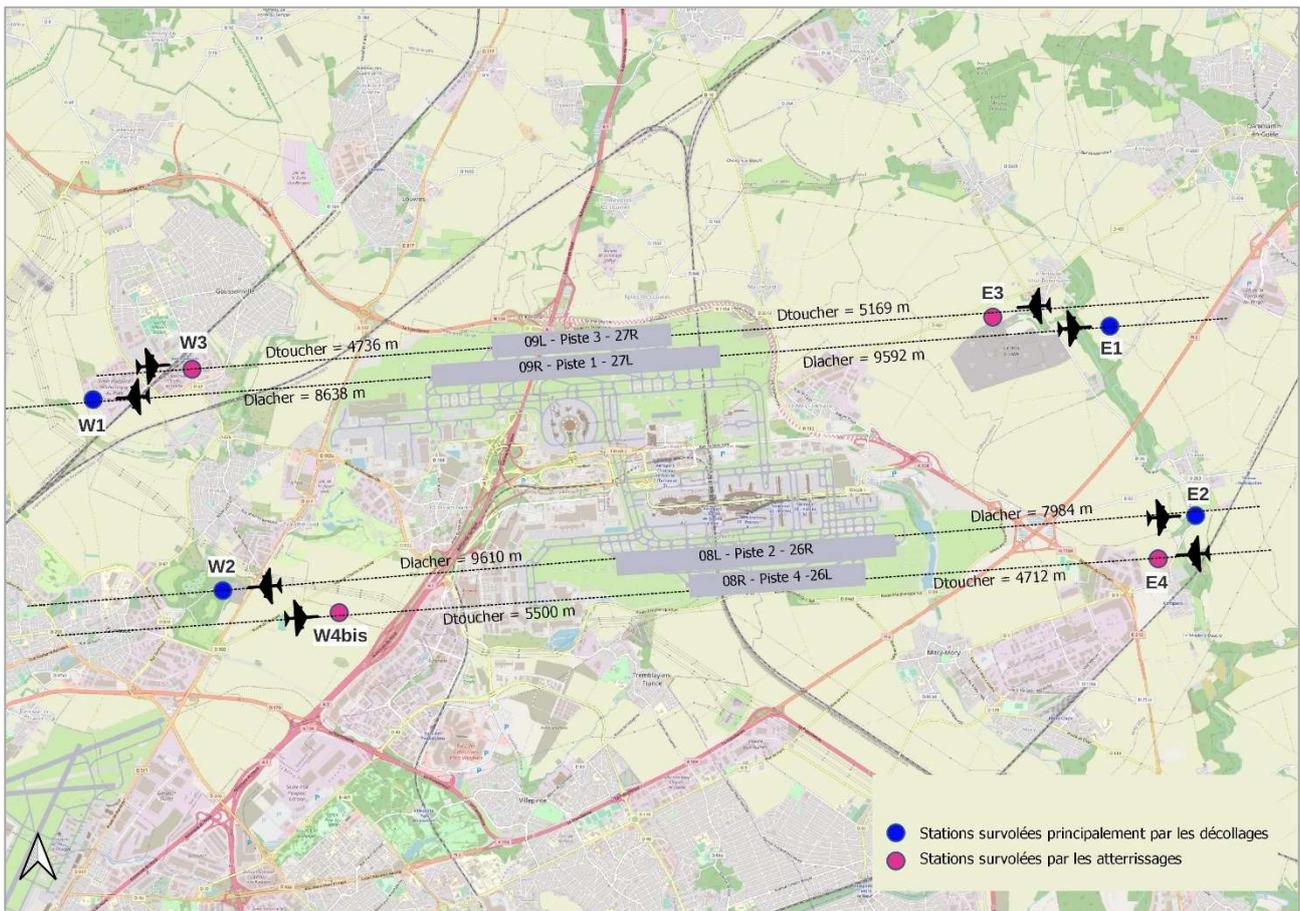


Figure 2 : positions des 8 stations de mesures de bruit IGMP

Les pistes 3 et 4 étant dédiées aux atterrissages, les stations associées, E3, E4, W3 et W4b mesurent uniquement les atterrissages.

Les stations E1, E2, W1 et W2 mesurent quant à elles principalement les décollages.

Remarquons que, si les pistes 3 et 4 sont des pistes courtes (2 700 mètres) réservées en temps normal aux atterrissages, quelques centaines de décollages chaque année sont aussi pratiqués sur ces pistes. Groupe ADP affecte par défaut ces décollages aux stations des pistes voisines (respectivement à la piste 1 et 2), le niveau sonore associé étant alors le niveau le plus fréquemment mesuré de l'aéronef ou à défaut celui d'un aéronef de substitution.

Pour chacune des stations, le nombre de mouvements mesurés et corrélés à un avion (validés après exclusion des valeurs aberrantes) et le nombre de mouvements enregistrés sur l'année sont indiqués dans le tableau 1.

Station	Date de mise en service définitive	Nombre de décollages mesurés et corrélés à un avion	Nombre de décollages effectués au-dessus de la station	Nombre d'atterrissages mesurés et corrélés à un avion	Nombre d'atterrissages effectués au-dessus de la station
E1 - Villeneuve-sous-Dammartin	05/07/2005	11 906	13 564	6 460	7 249
E2 - Thieux	12/07/2005	34 610	36 778	5 628	5 952
E3 - Villeneuve-sous-Dammartin	27/02/2008[1]	-	-	10 566	12 028
E4 - Compans	01/07/2003			48 029	51 760
W1 - Goussainville	03/06/2005	23 797	27 662	5 977	6 641
W2 - Gonesse	16/04/2007	43 929	49 612	1 639	1 987
W3 - Goussainville	12/05/2005	-	-	8 026	9 014
W4b - Gonesse	29/04/2003	-	-	29 841	32 994
Vols sans QFU[2]		0	577	0	245
<b>Total</b>		<b>114 242</b>	<b>128 193</b>	<b>116 166</b>	<b>127 870</b>

Tableau 1 : Répartition du nombre de mouvements 2021 par station de mesure

### **3. Exploitation des mouvements pour le calcul de l'énergie sonore mesurée pondérée**

**Note :** Le guide de lecture en début de rapport rappelle les définitions des termes spécifiques à l'IGMP utilisés dans cette section.

Conformément à la méthodologie arrêtée par le groupe de travail, l'énergie sonore engendrée par les mouvements constituant le trafic annuel de l'aéroport de Paris – Charles-de-Gaulle a été évaluée en affectant à chaque mouvement :

- Le **niveau de bruit mesuré**, s'il est disponible et validé après application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes. Ce niveau de bruit est corrigé en distance, afin de le ramener à celui d'une mesure équivalente effectuée à la distance de référence.
- Ou à défaut le **niveau de bruit le plus fréquemment mesuré** pour cet aéronef,
- Ou encore si aucune de ces deux données n'est disponible, le **niveau de bruit d'un appareil de substitution** équivalent.

#### **3.1. Niveaux de bruit mesurés et validés**

Parmi les couples de mesures de bruit et trajectoires exploitables, l'application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes (cf. annexe 4) a entraîné l'exclusion de 179 mesures de bruit (soit 0,1% des mesures exploitables). Ce sont finalement 230 408 couples de mesures de bruit et trajectoires qui ont été validés pour le calcul de l'IGMP 2021, soit **90,0 %** des mouvements effectués dans l'année.

Pour ces mouvements, les niveaux de bruit ont été corrigés en distance à l'aide d'une droite de régression (voir annexe 7), cette dernière étant calculée à partir des mesures, sous condition d'un nombre minimal de mesures existantes de 25 par station sur au moins 4 stations de mesure.

### 3.1.1. Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide de la droite de régression propre à l'avion

Pour 97,5% des niveaux de bruit mesurés et validés (soit 224 605 mouvements), il existe une droite de régression propre à l'ensemble « type d'avion – motorisation – groupe acoustique » associé au mouvement (voir annexe 5), qui est utilisée pour corriger le niveau de bruit en distance.

### 3.1.2. Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide d'avions de substitution

Pour les 2,5% de niveaux de bruit mesurés validés restants (soit 5 803 mouvements), aucune droite de régression n'est disponible pour le moment. La correction de distance utilisée est alors égale à celle de sa famille de substitution, pour laquelle les caractéristiques acoustiques et physiques sont voisines de celles des appareils considérés, et dont une droite de régression a pu être calculée.

Les listes de substitution utilisées pour l'IGMP 2021 sont fournies en annexe 6.

## **3.2. Utilisation des niveaux de bruit les plus fréquemment mesurés**

Pour les **10%** des mouvements n'ayant pu donner lieu à une mesure valide (soit 25 655 mouvements), par l'absence de mesure, mesure inexploitable, ou bien mesure non prise en compte après application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes, l'arrêté du 28 janvier 2003 prévoit d'affecter un niveau de bruit le plus fréquemment mesuré (voir annexe 7), en fonction de l'ensemble « type d'avion – motorisation – groupe acoustique » correspondant.

Pour les avions suffisamment fréquents sur la plate-forme pour avoir donné lieu à un nombre représentatif d'enregistrements de mesures de bruit (au moins 25 mesures par station sur au moins 4 stations de mesure), le niveau de bruit le plus fréquemment mesuré est celui propre à l'ensemble « type d'avion – motorisation – groupe acoustique » correspondant.

Pour les autres avions, dont la mesure est non valide, le niveau le plus fréquemment mesuré de l'avion de substitution est utilisé.

## **3.3. Ajustement en nombre de mouvements**

Le nombre de mouvements détectés par Groupe ADP et le nombre de mouvements officiellement comptabilisés (base NBA) sont fournis dans le tableau 2.

Mouvements	Atterrissages	Décollages	Total
Détectés	127 870	128 193	256 063
Officiels	127 944	127 990	255 934
Différence (officiel-détectés)	+74	-203	-129

Tableau 2 : Nombre de mouvements détectés et de mouvements officiels

La différence entre le nombre de mouvements officiels et le nombre de mouvements détectés s'explique généralement par les pannes de transmission des données radar. Ces pannes conduisent soit à la perte de certaines trajectoires, soit à leur dédoublement (en cas de coupure de courte durée mais excédant une demi-heure, les trajectoires peuvent être scindées en deux avec un identifiant distinct).

Le faible écart entre les mouvements détectés et le total officiel permet de considérer que les énergies prises en compte pour le calcul de l'indicateur sont proportionnelles aux nombres de mouvements, respectivement pour les atterrissages et les décollages.

Le nombre de mouvements retenus pour le calcul de l'IGMP est donc pris en compte à travers l'usage des facteurs multiplicatifs  $C_{a,n}$ , pour les atterrissages, et  $C_{d,n}$ , pour les décollages, définis comme suit pour l'année  $n$  :

$$C_{a,n} = \frac{\text{Nb total atterr.}}{\text{Nb atterr. détectés}}$$

$$C_{d,n} = \frac{\text{Nb total décoll.}}{\text{Nb décoll. détectés}}$$

Les énergies pour l'atterrissage,  $W_{a,n}$  et pour le décollage,  $W_{d,n}$  sont calculées d'après les expressions suivantes :

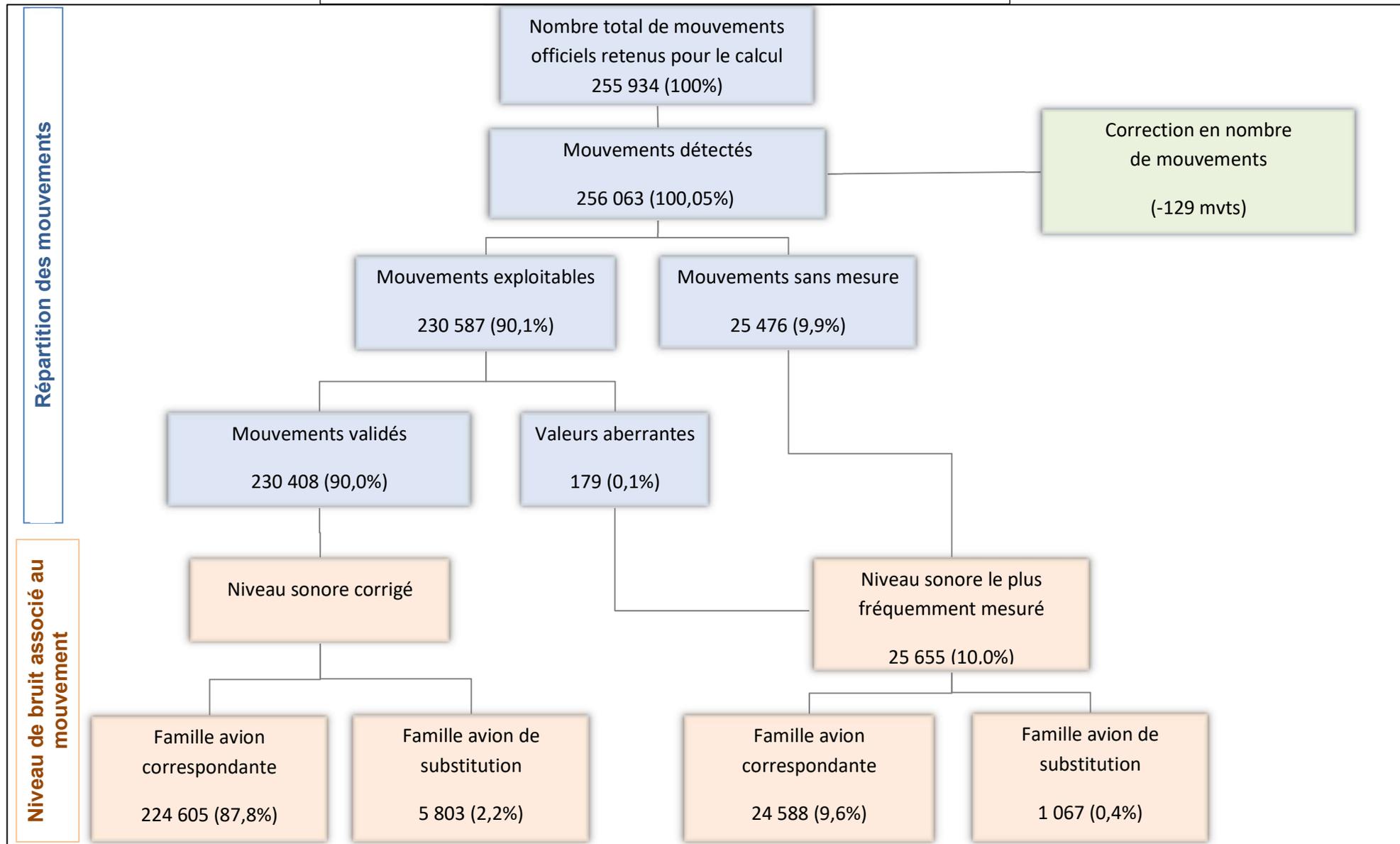
$$W_{a,n} = W_{a,n} \text{ détecté} * C_{a,n}$$

$$W_{d,n} = W_{d,n} \text{ détecté} * C_{d,n}$$

### **3.4. Schéma de traitement des mouvements et de l'affectation des niveaux de bruit**

Le traitement de l'ensemble des mouvements de l'année 2021 et des niveaux de bruit associés peut être schématisé comme suit :

Schéma de traitement des mouvements et niveaux de bruit associés



## 4. Résultats 2021

### 4.1. Valeur de l'indicateur

La valeur de l'IGMP 2021 s'élève à : 36,8.

### 4.2. Valeurs des énergies sonores pondérées

Les énergies sonores pondérées 2021 sont fournies dans le tableau 3 pour les atterrissages et dans le tableau 4 pour les décollages.

<b>ATTERRISSAGES</b>	<b>Energie 2021 (Wa,2021)</b>	<b>Energie de référence (Wa,0)</b>
Jour (6h-18h)	0,55.10 <sup>13</sup>	1,44.10 <sup>13</sup>
Soirée (18h-22h)	0,49.10 <sup>13</sup>	1,33.10 <sup>13</sup>
Nuit (22h-6h)	1,61.10 <sup>13</sup>	3,08.10 <sup>13</sup>
<b>Global</b>	<b>2,66.10<sup>13</sup></b>	<b>5,85.10<sup>13</sup></b>

*Tableau 3 : Énergie sonore pondérée émise par les atterrissages*

<b>DÉCOLLAGES</b>	<b>Energie 2021 (Wd,2021)</b>	<b>Energie de référence (Wd,0)</b>
Jour (6h-18h)	0,19.10 <sup>13</sup>	0,73.10 <sup>13</sup>
Soirée (18h-22h)	0,16.10 <sup>13</sup>	0,82.10 <sup>13</sup>
Nuit (22h-6h)	0,50.10 <sup>13</sup>	1,46.10 <sup>13</sup>
<b>Global</b>	<b>0,85.10<sup>13</sup></b>	<b>3,01.10<sup>13</sup></b>

*Tableau 4 : Énergie sonore pondérée émise par les décollages*

## 5. Analyse des résultats

### 5.1. Evolution de l'IGMP et des énergies sonores

L'indicateur 2021 augmente de 3,9 points par rapport à 2020.

L'énergie sonore pondérée des atterrissages augmente de 10% et celle des décollages de 14%.

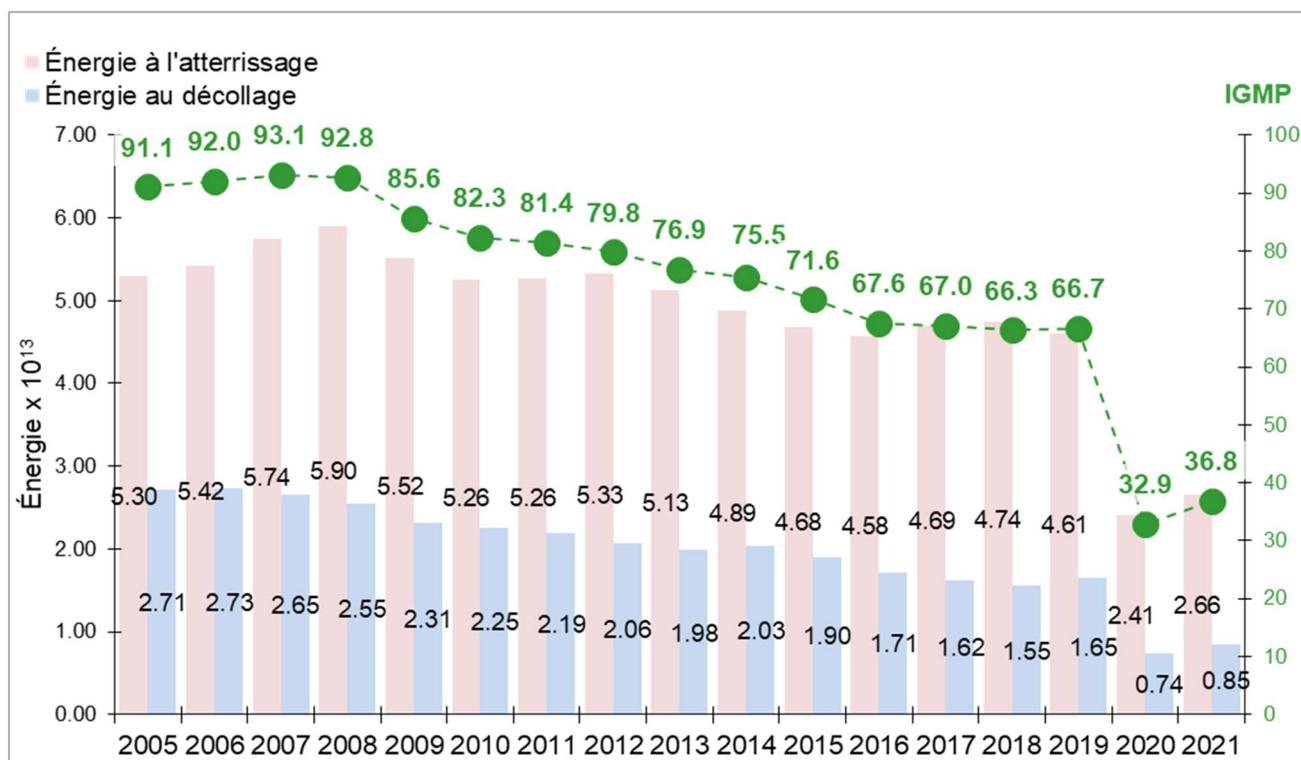


Figure 3 : Évolution de l'IGMP et des énergies sonores

L'énergie sonore pondérée des atterrissages de l'année 2021 est égale à 45% de l'énergie de référence à l'atterrissage.

L'énergie sonore pondérée des décollages de l'année 2021 est égale à 28% de l'énergie de référence au décollage.

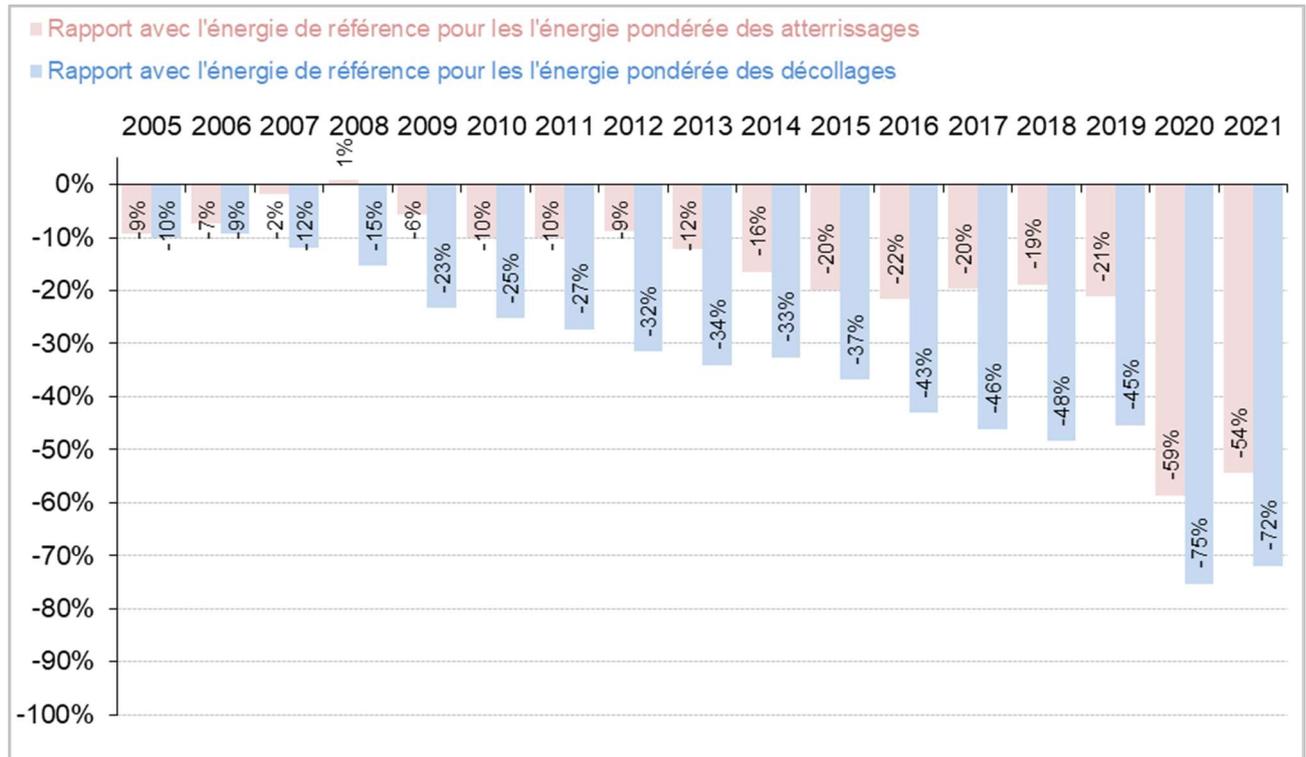


Figure 4 : Évolution des énergies sonores pondérées par rapport aux énergies de référence

L'évolution mensuelle des énergies sonores pondérées émises en 2021 est présentée dans la figure 5, comparativement à celles de 2020. Cette évolution est marquée par le début de la crise sanitaire en avril 2020, et elle illustre la reprise du trafic qui a eu lieu au cours de l'année 2021.

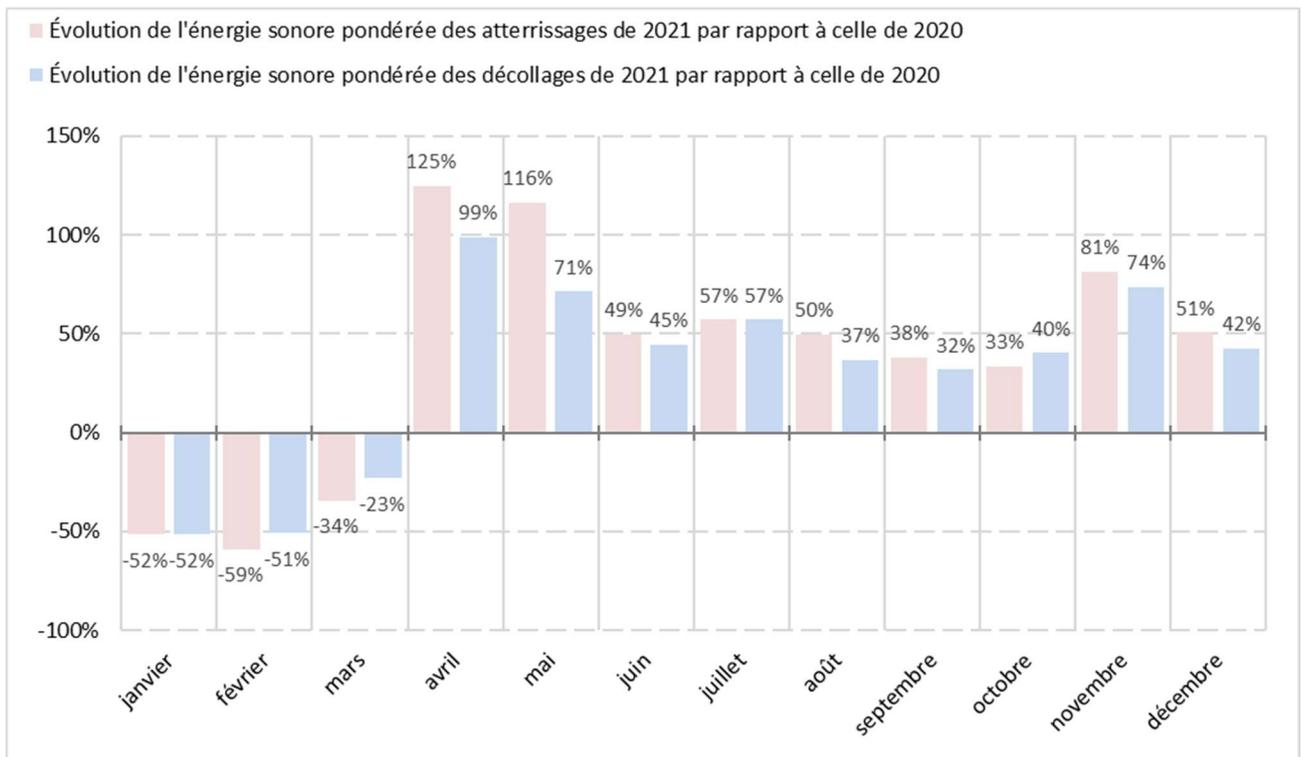


Figure 5 : Évolution mensuelle des énergies sonores pondérées

## 5.2. Répartition du trafic par catégorie acoustique d'aéronefs

Les catégories acoustiques des aéronefs sont établies par référence aux normes de l'OACI, par chapitre et selon les marges de conformité (ou marges acoustiques cumulées) par rapport aux limites admissibles des chapitres 3, 4, 5 et 14 de l'annexe 16 à la Convention relative à l'aviation civile internationale.

Par suite d'un changement de base de données par Groupe ADP en 2011, les marges considérées pour les années antérieures à 2010 d'une part, et depuis 2011 d'autre part, sont légèrement différentes. En effet :

- Pour les années antérieures à 2011, la marge acoustique cumulée non corrigée, c'est-à-dire conforme au calcul défini dans l'annexe 16 de l'OACI, est prise en compte,
- Pour les années 2011 et suivantes, la marge acoustique cumulée corrigée est prise en compte (voir la définition de la marge corrigée en annexe 3 – Article 1).

92% des mouvements de 2021 ont été réalisés par des avions de marge supérieure à 13 EPNdB. (89% en 2020) et 8% par des avions de marge comprise entre 8 et 13 EPNdB (10% en 2020).

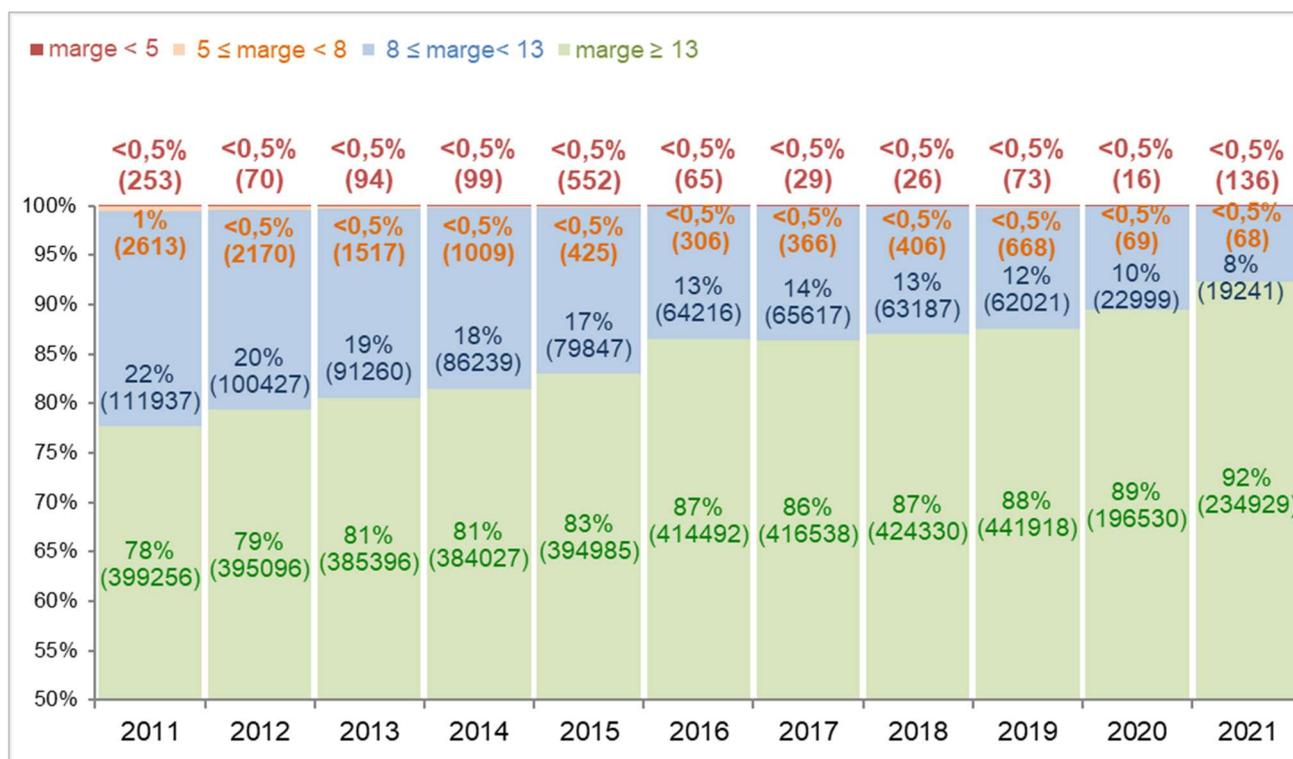


Figure 6 : Évolution de la répartition des mouvements selon les différentes catégories acoustiques

La part des avions de marge inférieure à 8 EPNdB étant négligeable, tant en termes de mouvements que d'énergie sonore, la suite de l'analyse ne porte que sur les avions de marge supérieure à 8 EPNdB. Pour ces avions, les évolutions entre 2020 et 2021 sont présentées en fonction de la phase de vol (atterrissages ou décollages) à travers les données suivantes :

- « % mouvement » : pourcentage des mouvements d'une catégorie acoustique par rapport à l'ensemble des mouvements sur la période de journée considérée (jour/soirée/nuit) ;

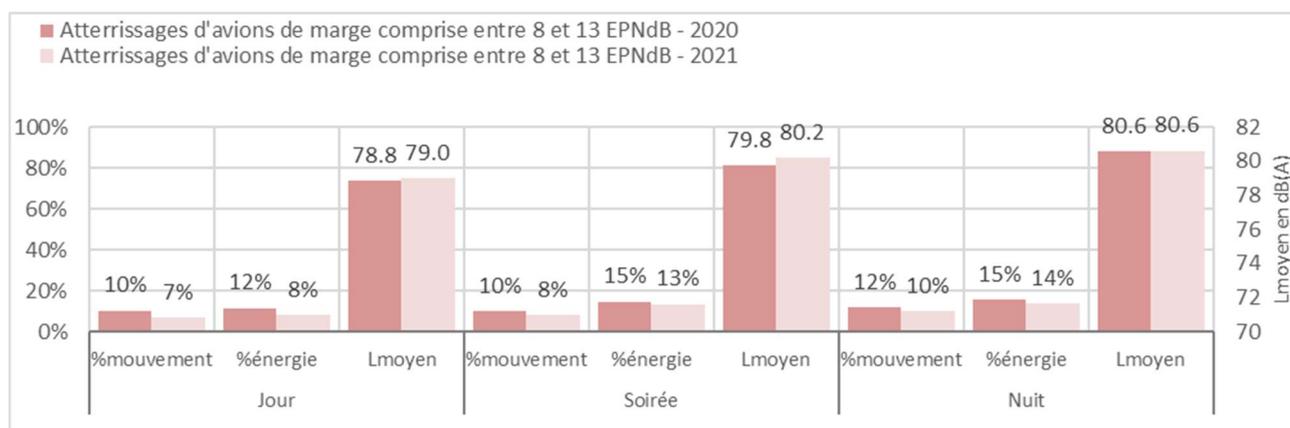
- « % énergie » : pourcentage d'énergie sonore émise par la catégorie acoustique par rapport à l'ensemble de l'énergie sonore émise sur la période de journée considérée (jour/soirée/nuite) ;
- « Lmoyen » : niveau de bruit moyen corrigé en distance au sein de la catégorie acoustique sur la période de journée (jour/soirée/nuite), calculé à partir de la moyenne de l'énergie non pondérée.

### **Avions de marge comprise entre 8 et 13 EPNdB :**

Sur la période « jour », les atterrissages d'avions de marge comprise entre 8 et 13 EPNdB représentent 7% des atterrissages effectués sur cette période (10% en 2020). Ces mouvements représentent 8% de l'énergie sonore émise par les atterrissages sur cette période (contre 12% en 2020). Le niveau sonore moyen est de 79.0 dB contre 78.8 dB en 2020.

Sur la période « soirée », les atterrissages d'avions de marge comprise entre 8 et 13 EPNdB représentent 8% des atterrissages effectués sur cette période (10% en 2020). Ces mouvements représentent 13% de l'énergie sonore émise par les atterrissages sur cette période (15% en 2020). Le niveau sonore moyen est de 80.2 dB contre 79.8 dB en 2020.

Sur la période « nuit », les atterrissages d'avions de marge comprise entre 8 et 13 EPNdB représentent 10% des atterrissages effectués sur cette période (12% en 2020). Ces mouvements représentent 14% de l'énergie sonore émise par les atterrissages sur cette période (15% en 2020). Le niveau sonore moyen est identique à celui de 2020 (80.6 dB).



*Figure 7 : Évolution de la part en mouvements et en énergie sonore des atterrissages d'avions de marge acoustique comprise entre 8 et 13 EPNdB*

Sur la période « jour », les décollages d'avions de marge comprise entre 8 et 13 EPNdB représentent 8% des décollages effectués sur cette période (11% en 2020). Ces mouvements représentent 13% de l'énergie sonore émise par les décollages sur cette période (contre 17% en 2020). Le niveau sonore moyen est de 75.7 dB contre 75.1 en 2020.

Sur la période « soirée », les mouvements d'avions de marge comprise entre 8 et 13 EPNdB représentent 7% des décollages effectués sur cette période (9% en 2020). Ces mouvements représentent 15% de l'énergie sonore émise par les décollages sur cette période (16% en 2020). Le niveau sonore moyen est de 76.4 dB contre 75.6 en 2020.

Sur la période « nuit », les mouvements d'avions de marge comprise entre 8 et 13 EPNdB représentent 8% des décollages effectués sur cette période (comme en 2020). Ces mouvements représentent 17% de l'énergie sonore émise par les décollages sur cette période (contre 19% en

2020). Le niveau sonore moyen est de 77.8 dB contre 78.1 en 2020.

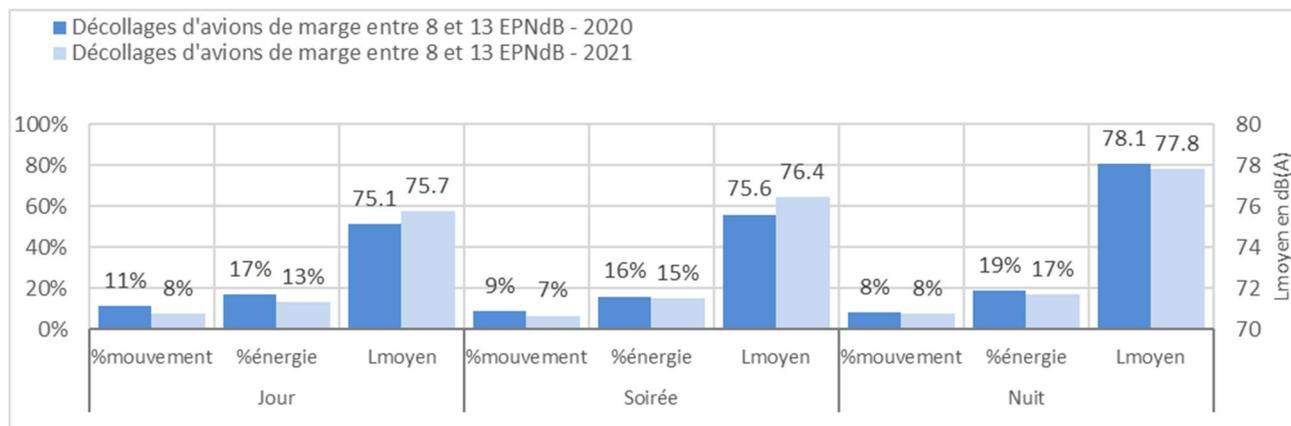


Figure 8 : Évolution de la part en mouvements et en énergie sonore des décollages d'avions de marge acoustique comprise entre 8 et 13 EPNdB

### Avions de marge supérieure à 13 EPNdB :

Sur la période « jour », les atterrissages d'avions de marge supérieure à 13 EPNdB représentent 93% des atterrissages effectués sur cette période (90% en 2020). Ces mouvements représentent 91% de l'énergie sonore émise par les atterrissages sur cette période (contre 88% en 2020). Le niveau sonore moyen est de 78.1 dB contre 78.3 dB en 2020.

Sur la période « soirée », les atterrissages d'avions de marge supérieure à 13 EPNdB représentent 92% des atterrissages effectués sur cette période (90% en 2020). Ces mouvements représentent 86% de l'énergie sonore émise par les atterrissages sur cette période (85% en 2020). Le niveau sonore moyen est de 77.8 dB contre 77.9 dB en 2020.

Sur la période « nuit », les atterrissages d'avions de marge supérieure à 13 EPNdB représentent 90% des atterrissages effectués sur cette période (88% en 2020). Ces mouvements représentent 86% de l'énergie sonore émise par les atterrissages sur cette période (84% en 2020). Le niveau sonore moyen est de 79.0 dB contre 79.2 dB en 2020.

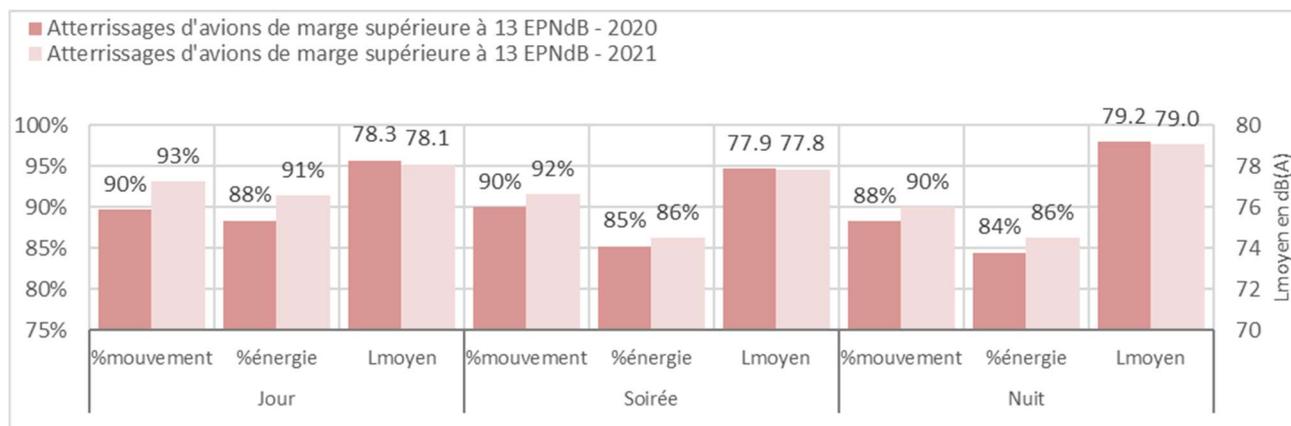


Figure 9 : Évolution de la part en mouvements et en énergie sonore des atterrissages d'avions de marge acoustique supérieure à 13 EPNdB

Sur la période « jour », les décollages d'avions de marge supérieure à 13 EPNdB représentent 92% des décollages effectués sur cette période (89% en 2020). Ces mouvements représentent 87% de l'énergie sonore émise par les décollages sur cette période (contre 83% en 2020). Le niveau sonore moyen est identique à celui de 2020 (73.2 dB).

Sur la période « soirée », les mouvements d'avions de marge supérieure à 13 EPNdB représentent 93% des décollages effectués sur cette période (91% en 2020). Ces mouvements représentent 84% de l'énergie sonore émise par les décollages sur cette période (comme en 2020). Le niveau sonore moyen est de 72.4 dB contre 72.7 dB en 2020.

Sur la période « nuit », les mouvements d'avions de marge supérieure à 13 EPNdB représentent 92% des décollages effectués sur cette période (comme en 2020). Ces mouvements représentent 83% de l'énergie sonore émise par les décollages sur cette période (contre 81% en 2020). Le niveau sonore moyen est identique à celui de 2020 (73.9 dB).

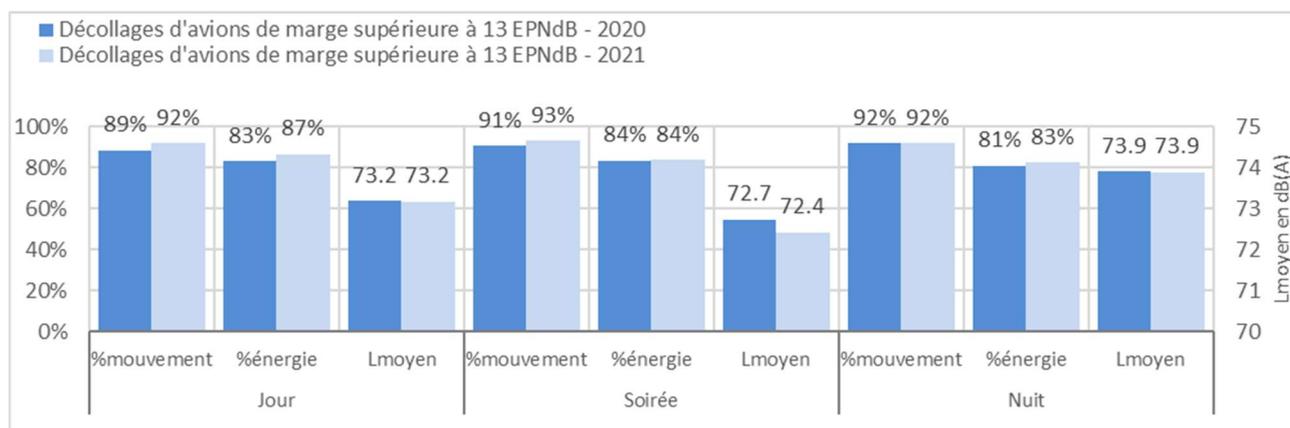


Figure 10 : Évolution de la part en mouvements et en énergie sonore des décollages d'avions de marge acoustique supérieure à 13 EPNdB

### 5.3. Répartition Jour / Soirée / Nuit

Cette section détaille la répartition par période de la journée :

- Des mouvements<sup>1</sup> (paragraphe 5.3.1) ;
- De l'énergie sonore globale pondérée (paragraphe 5.3.2) ;
- De l'énergie sonore moyenne non pondérée (paragraphe 5.3.3).

#### 5.3.1. Répartition des mouvements selon la période de la journée :

##### 5.3.1.1. Répartition du total des mouvements selon la période de la journée :

Le trafic a augmenté globalement de 16% (+35 411 mouvements) entre 2020 et 2021. Sur les périodes jour, soirée et nuit, l'augmentation est respectivement de +18%, +10% et +15% par rapport à 2020 qui est une année particulière.

La répartition des mouvements sur les trois périodes de la journée est sensiblement identique à celle de 2020. Les mouvements de la période « jour » représentent 66% des mouvements annuels, les mouvements de la période « soirée » 19% et les mouvements de la période « nuit » (15%).

<sup>1</sup> Les mouvements de chaque période prennent en compte l'ajustement indiqué en §3.3

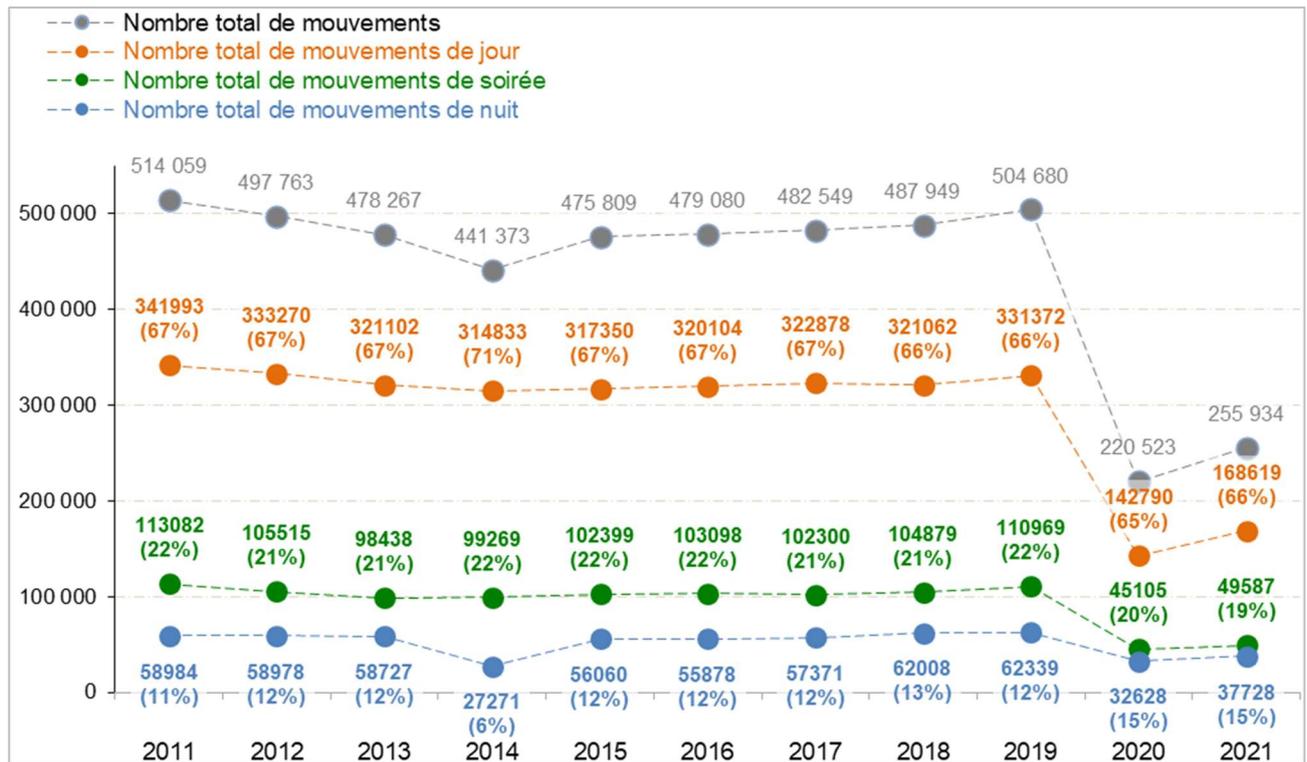


Figure 11 : Évolution du nombre et de la répartition jour/soirée/nuit du total des mouvements

### 5.3.1.2. Répartition des atterrissages selon la période de la journée :

Le nombre d'atterrissages augmente de 20% sur la période « jour », de 6% sur la période « soirée » et de 15% sur la période « nuit » par rapport à 2020.

La répartition des atterrissages selon la période de la journée évolue légèrement entre 2020 et 2021 avec une augmentation de la part des atterrissages de la période jour (66% contre 64%) et une diminution de la part de la période « soirée (19% contre 21%). La part des atterrissages de nuit reste identique à celle de 2020 (15%).

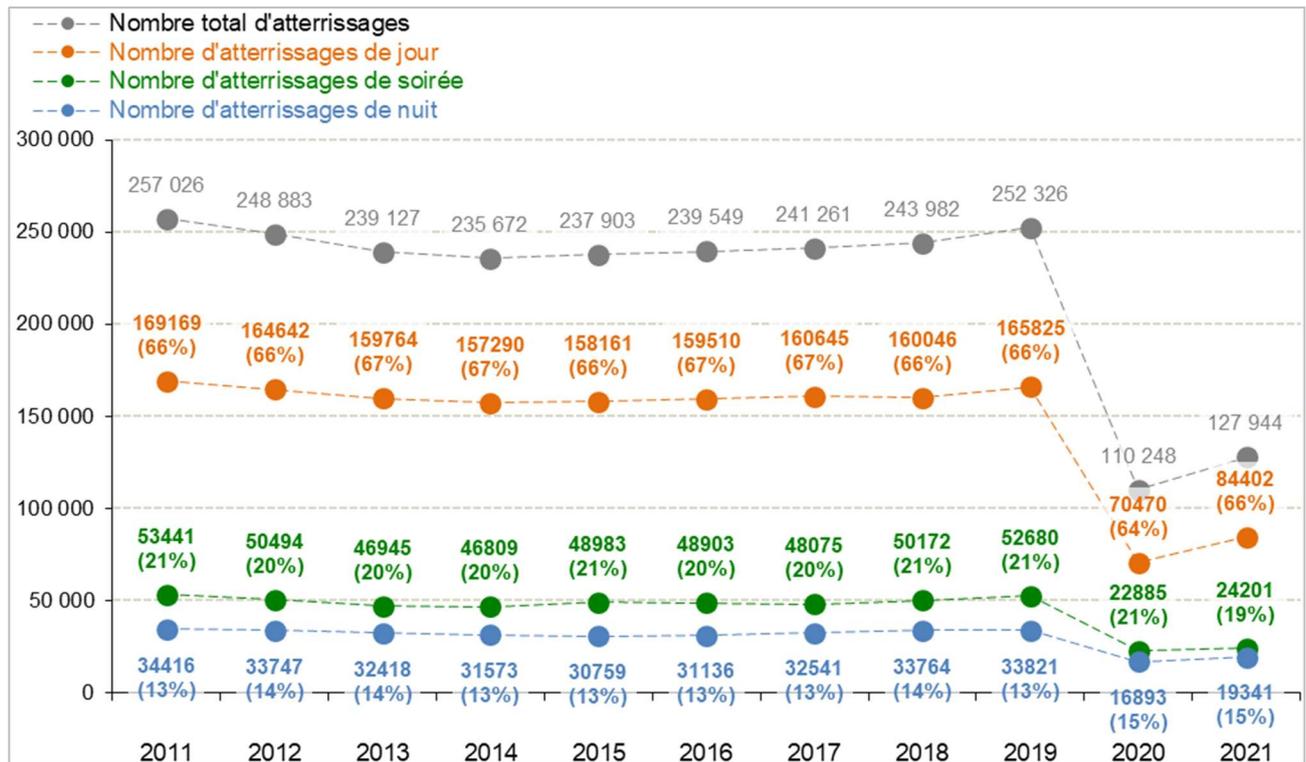


Figure 5 : Évolution du nombre et de la répartition jour/soirée/nuit des atterrissages

### 5.3.1.3. Répartition des décollages selon la période de la journée :

Le nombre de décollages augmente de 16% sur la période « jour », de 14% sur la période « soirée » et de 17% sur la période « nuit » par rapport à 2020.

La répartition des décollages selon la période de la journée est identique à celle de 2020. Les décollages de la période « jour » représentent 66% des décollages annuels, les décollages de la période « soirée » 20% et les décollages de la période « nuit » 14%.

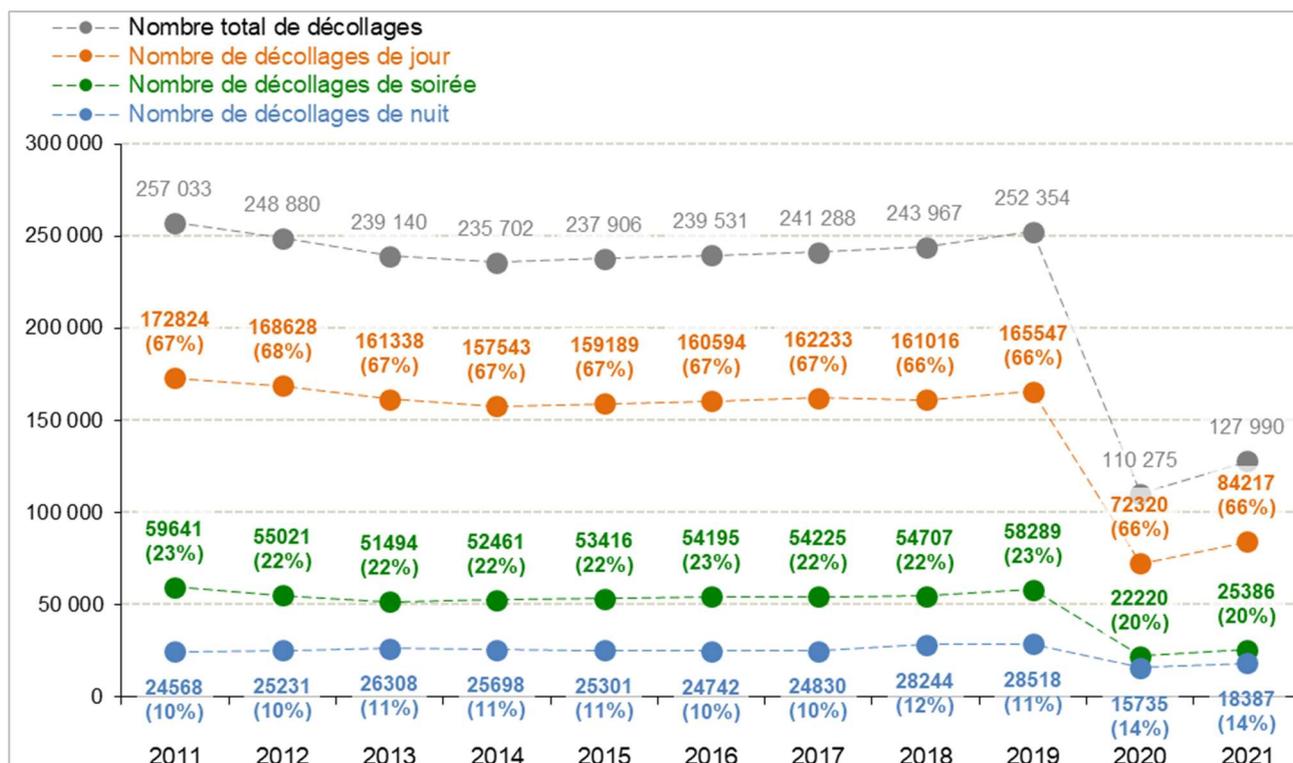


Figure 13 : Évolution du nombre et de la répartition jour/soirée/nuit des décollages

### 5.3.2. Répartition de l'énergie sonore pondérée selon la période de la journée :

#### 5.3.2.1. Répartition de l'énergie sonore pondérée totale selon la période de la journée :

L'énergie sonore pondérée totale augmente globalement de 11% par rapport à 2020. Sur les périodes jour, soirée et nuit, l'augmentation est respectivement de +15%, +6% et +11%.

La répartition de l'énergie sonore pondérée totale selon la période de la journée est sensiblement identique à celle de 2020. L'énergie pondérée totale de la période « jour » représente 21% de l'énergie sonore pondérée totale, celle de la période « soirée » 19% et celle de la période « nuit » 60%.



Figure 14 : Évolution du nombre et de la répartition jour/soirée/nuit des atterrissages

### 5.3.2.2. Répartition de l'énergie sonore pondérée des atterrissages selon la période de la journée :

L'énergie sonore pondérée des atterrissages augmente de 10% par rapport à 2020. Sur les périodes jour, soirée et nuit, l'augmentation est respectivement de +15%, +5% et +10%.

La répartition de l'énergie sonore pondérée des atterrissages selon la période de la journée est sensiblement identique à celle de 2020. L'énergie pondérée totale de la période « jour » représente 21% de l'énergie sonore pondérée totale, celle de la période « soirée » 18,5% et celle de la période « nuit » 60,5%.

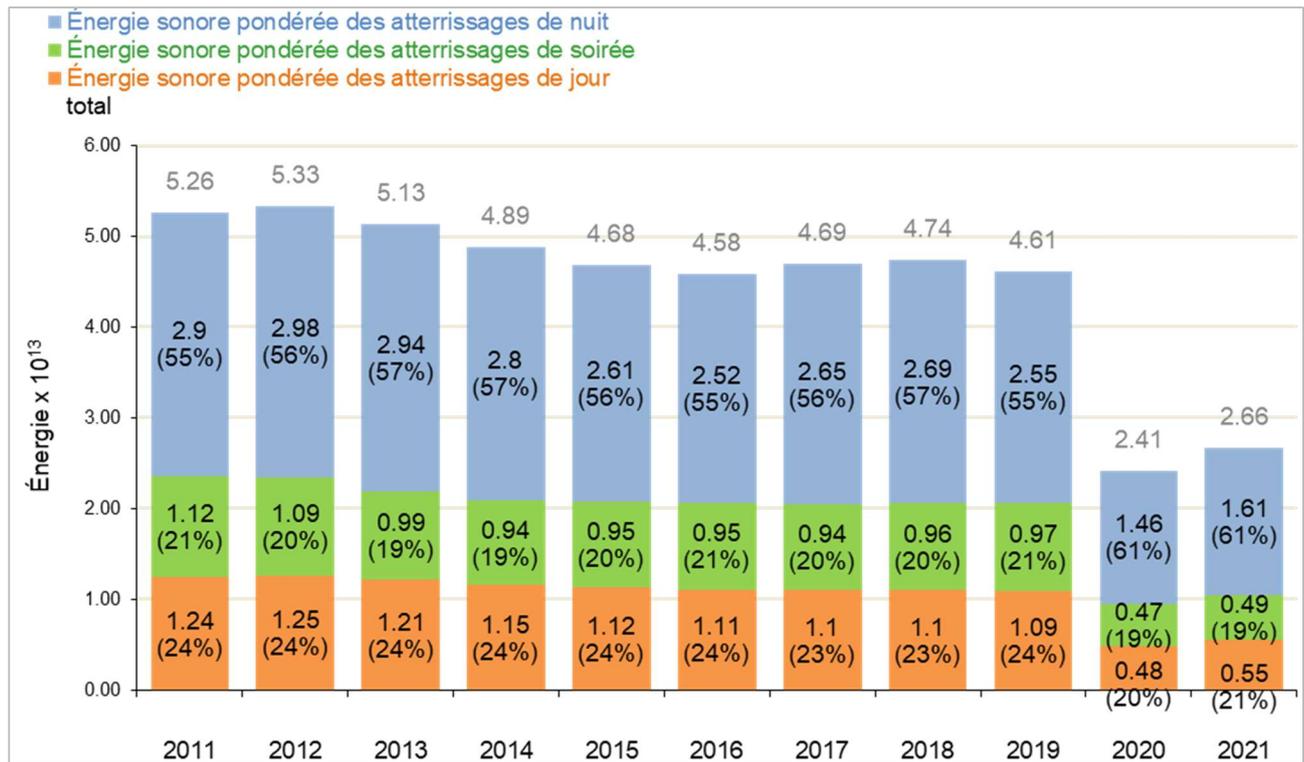


Figure 6 : Évolution de l'énergie sonore pondérée et de la répartition jour/soirée/nuit des atterrissages

### 5.3.2.3. Répartition de l'énergie sonore pondérée des décollages selon la période de la journée :

L'énergie sonore pondérée des décollages augmente de 14% par rapport à 2020. Sur les périodes jour, soirée et nuit, l'augmentation est respectivement de +16%, +9% et +15%.

La répartition de l'énergie sonore pondérée des décollages selon les périodes de la journée est identique à celle de 2020. L'énergie pondérée totale de la période « jour » représente 22% de l'énergie sonore pondérée totale, celle de la période « soirée » 19% et celle de la période « nuit » 59%.

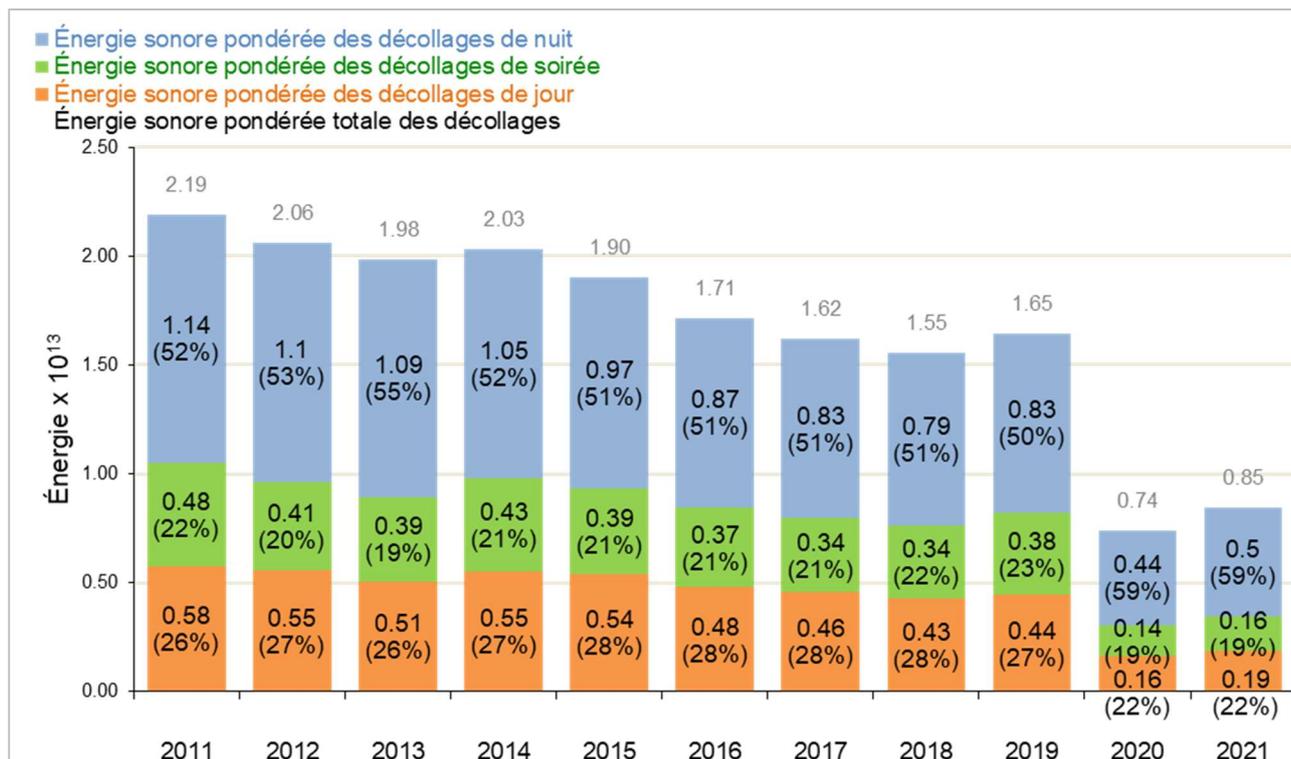


Figure 7 : Évolution de l'énergie sonore pondérée et de la répartition jour/soirée/nuit des décollages

### 5.3.3. Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée selon la période de la journée :

L'énergie sonore moyenne non pondérée est toujours plus importante pour les mouvements de nuit que pour ceux de jour et de soirée, ceci peut s'expliquer par le fait que le trafic fret qui est plus important la nuit utilise une flotte d'avions de masse ou de taille supérieure mais aussi de génération antérieure à ceux utilisés le jour et en soirée.

La typologie de la flotte représentant les 10 premiers contributeurs à l'énergie sonore émise est indiquée pour chaque phase de vol (atterrissages ou décollages). La donnée « part énergie » correspond au pourcentage d'énergie sonore émise par l'ensemble type – moteur – groupe considéré par rapport au total de l'énergie sonore émise sur la période de journée indiquée. La donnée « niveau de bruit moyen » correspond au niveau de bruit moyen corrigé en distance calculé à partir de la moyenne de l'énergie sonore non pondérée.

#### 5.3.3.1. Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée des atterrissages selon la période de la journée :

L'énergie sonore moyenne non pondérée des atterrissages est en diminution sur les trois périodes de la journée (-4% sur la période « jour », -0,6% sur la période « soirée », -3,6% sur la période « nuit »).

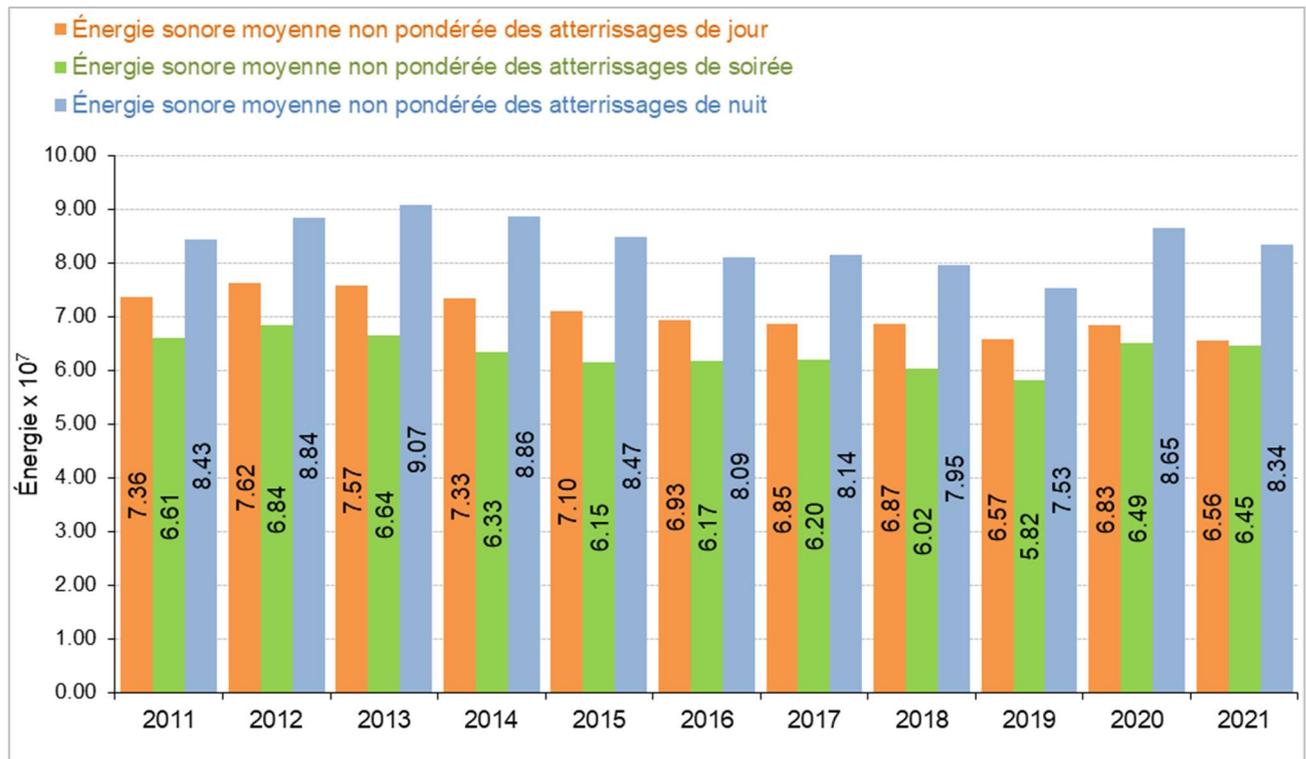


Figure 8 : Évolution de l'énergie sonore moyenne non pondérée des atterrissages selon la période de la journée

Les dix ensembles type – moteur – groupe les plus contributeurs à l'énergie sonore des atterrissages de l'année 2021 sont indiqués dans les tableaux suivants. A titre de comparaison les données 2020 sont rappelées.

Rapport de présentation de l'indicateur global mesuré pondéré de l'énergie sonore émise pour l'année 2021 pour l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle (IGMP 2021)

2020 - atterrissages de jour							2021 - atterrissages de jour						
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen		type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	5339	14.9%	81.3	1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	6980	17.1%	81.3
2	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	7116	7.6%	77.1	2	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	14634	15.1%	77.6
3	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A	5489	7.0%	77.9	3	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	9007	8.1%	77.0
4	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	4300	4.9%	77.4	4	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A	6696	5.9%	76.9
5	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	4092	4.1%	76.9	5	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	5636	5.3%	77.1
6	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	5A	2839	3.5%	77.7	6	Airbus A350-900 (RR)	TRENT XWB-84	5A	3758	4.1%	77.9
7	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	1324	3.1%	80.6	7	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	1569	3.4%	80.7
8	Airbus A350-900 (RR)	TRENT XWB-84	5A	2019	2.5%	77.7	8	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A	2820	3.2%	78.0
9	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4	1024	2.3%	80.3	9	Embraer 170LR	CF34-8E5	5A	5120	3.2%	75.3
10	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A	1562	2.0%	77.9	10	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4	1335	2.3%	79.8
2020 - atterrissages de soirée							2021 - atterrissages de soirée						
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen		type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	2915	10%	77.0	1	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	5485	19.6%	77.5
2	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A	2214	9%	77.7	2	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	3703	11.5%	76.9
3	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	1910	7%	77.3	3	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	1140	7.9%	80.3
4	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	1005	7%	80.1	4	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	918	7.4%	81.0
5	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	812	7%	81.0	5	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	1825	5.9%	77.0
6	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	1470	5%	76.6	6	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A	1776	5.4%	76.8
7	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	5A	1009	4%	77.7	7	Boeing (MDC) MD-11F(M) (GE)	CF6-80C2D1F	4	224	3.6%	84.0
8	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A	650	2%	77.0	8	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A	493	3.5%	80.4
9	Boeing (MDC) MD-11F(M)	CF6-80C2D1F	4	142	2%	83.6	9	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A	510	3.4%	80.2
10	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A	630	2%	76.9	10	Embraer 170LR	CF34-8E5	5A	1315	2.7%	75.0
2020 - atterrissages de nuit							2021 - atterrissages de nuit						
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen		type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	1548	15%	81.5	1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	2204	19.0%	81.4
2	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A	1775	13%	80.3	2	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A	1653	10.6%	80.1
3	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4	808	6%	80.1	3	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	2014	7.0%	77.5
4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535E4	5A	1426	5%	77.5	4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535E4	5A	1573	5.7%	77.7
5	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	473	4%	80.6	5	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A	854	5.5%	80.2
6	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	954	4%	77.5	6	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4	774	4.3%	79.6
7	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B7F	5A	372	3%	80.8	7	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	620	4.3%	80.5
8	Boeing 767-300ERF (GE)	CF6-80C2B6F	5A	334	2%	80.2	8	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A	698	3.7%	79.3
9	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A	559	2%	77.9	9	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B7F	5A	483	3.5%	80.6
10	ATR ATR 72-200F Bulk Freighter	PW124B	5A	993	2%	75.4	10	ATR ATR 72-200F Bulk Freighter	PW124B	5A	1070	3.0%	76.6

5.3.3.2. Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée des décollages selon la période de la journée :

L'énergie sonore moyenne non pondérée des décollages diminue sur les trois périodes par rapport à 2020 (-0,5% sur la période « jour », -4,5% sur la période « soirée », -1,6% sur la période « nuit »).

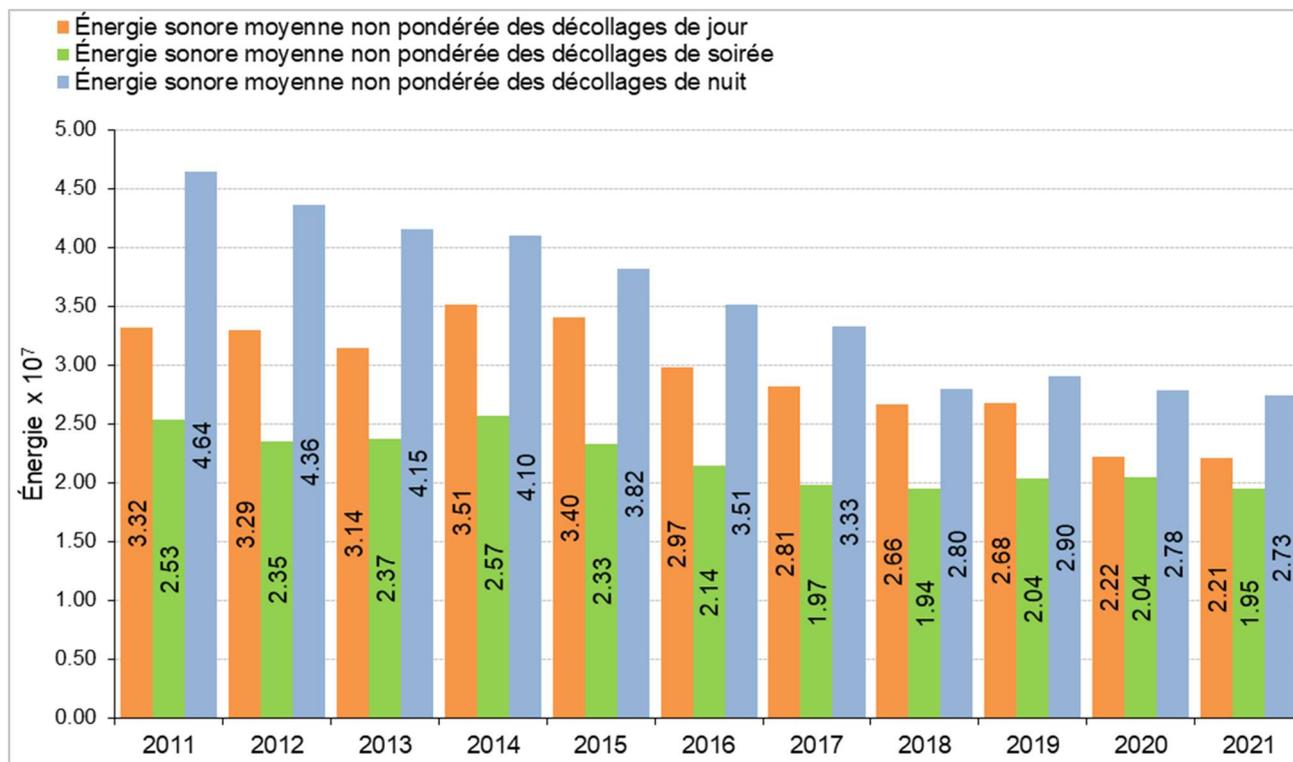


Figure 9 : Évolution de l'énergie sonore moyenne non pondérée des décollages selon la période de la journée

Les dix ensembles type – moteur – groupe les plus contributeurs à l'énergie sonore des décollages de l'année 2021 sont indiqués dans les tableaux suivants. A titre de comparaison les données 2020 sont rappelées.

Rapport de présentation de l'indicateur global mesuré pondéré de l'énergie sonore émise pour l'année 2021 pour l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle (IGMP 2021)

2020 - décollages de jour						2021 décollages de jour							
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen		type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	5058	13.9%	76.4	1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	7367	18.7%	76.7
2	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4	1788	7.1%	78.0	2	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	15807	12.2%	71.6
3	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	7870	5.9%	70.8	3	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4	2042	7.2%	78.2
4	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A	6001	5.3%	71.6	4	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	9537	6.8%	71.2
5	Airbus A380-860 (EA)	GP7270	5A	656	4.2%	80.1	5	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A	6245	4.6%	71.4
6	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	5099	4.0%	71.0	6	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A	2841	3.8%	73.9
7	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	5A	3106	2.8%	71.5	7	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A	1813	3.6%	75.7
8	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	4375	2.5%	69.6	8	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	5651	3.1%	70.1
9	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A	787	1.9%	75.8	9	Embraer 170LR	CF34-8E5	5A	4662	2.7%	70.3
10	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP	5A	1275	1.8%	73.5	10	Airbus A350-900 (RR)	TRENT XWB-84	5A	3308	2.7%	71.8

2020 - décollages de soirée						2021 décollages de soirée							
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen		type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	1479	15.6%	76.8	1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	1511	15.7%	77.1
2	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	725	6.0%	75.8	2	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	5370	14.4%	71.2
3	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A	1955	5.8%	71.3	3	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	3167	7.7%	70.8
4	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	2320	5.7%	70.5	4	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	828	6.4%	75.8
5	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	1767	4.7%	70.8	5	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A	2319	5.8%	70.9
6	Airbus A380-860 (EA)	GP7270	5A	141	2.8%	79.5	6	Boeing (MDC) MD-11F(M) (GE)	CF6-80C2D1F	4	232	4.2%	79.5
7	Boeing (MDC) MD-11F(M) (GE)	CF6-80C2D1F	4	131	2.7%	79.7	7	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	1776	3.3%	69.7
8	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	5A	814	2.5%	71.4	8	Embraer 170LR	CF34-8E5	5A	1691	3.3%	69.9
9	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	1280	2.4%	69.3	9	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4462	4	103	3.2%	81.9
10	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A	396	1.8%	73.2	10	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A	319	2.4%	75.7

2020 - décollages de nuit						2021 - décollages de nuit							
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen		type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	1442	12.8%	75.9	1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	1511	15.7%	77.1
2	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	1213	12.7%	76.6	2	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A	5370	14.4%	71.2
3	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A	1895	12.1%	74.5	3	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/P	5A	3167	7.7%	70.8
4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535E4	5A	1762	5.0%	70.9	4	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	828	6.4%	75.8
5	Boeing 767-300ERF (GE)	CF6-80C2B6F	5A	656	4.7%	75.0	5	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A	2319	5.8%	70.9
6	Boeing (MDC) MD-11F(M) (GE)	CF6-80C2D1F	4	137	3.7%	80.7	6	Boeing (MDC) MD-11F(M) (GE)	CF6-80C2D1F	4	232	4.2%	79.5
7	Airbus A380-860 (EA)	GP7270	5A	157	3.5%	79.8	7	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A	1776	3.3%	69.7
8	Boeing (MDC) MD-11F (GE)	CF6-80C2D1F	4	107	2.6%	80.3	8	Embraer 170LR	CF34-8E5	5A	1691	3.3%	69.9
9	Boeing 747-400ERF (P&W)	PW4062A	4	29	2.0%	84.9	9	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4462	4	103	3.2%	81.9
10	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4462	4	48	1.9%	82.3	10	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A	319	2.4%	75.7

### 5.4. Période « nuit »

La période « nuit » couvre la plage horaire 22h- 6h.

Sur cette période un indicateur « nuit » est calculé sur le même principe que l'indicateur global IGMP mais basé sur les énergies de référence *atterrissage* et *décollage* de la période « nuit » (indiquées dans les tableaux 3 et 4)

**L'indicateur « nuit » 2021 a une valeur de 43,4.** Il augmente de 4,7 points par rapport à 2020. L'énergie sonore pondérée des atterrissages de nuit augmente de 10% par rapport à 2020 et celle des décollages de 15%.

76% de l'énergie sonore totale émise sur la période nuit résultent des atterrissages.

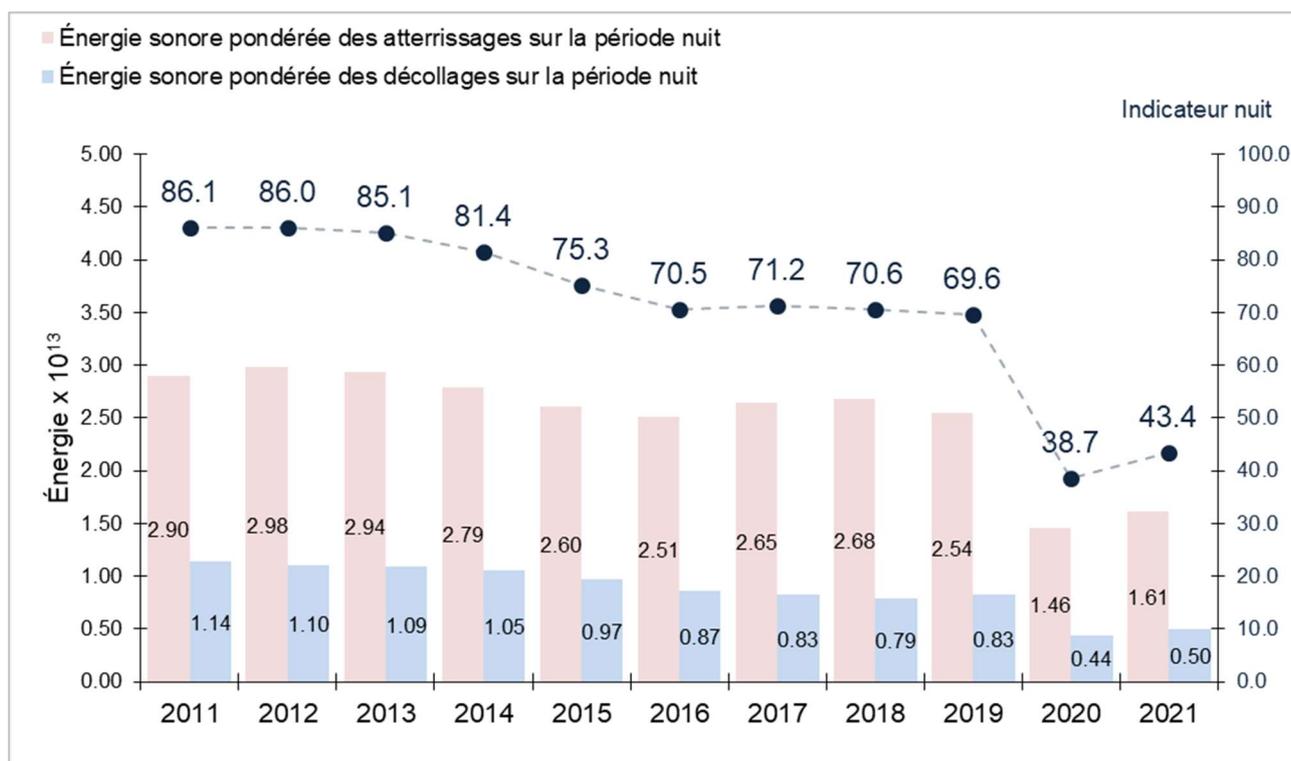


Figure 19 : Évolution de l'indicateur « nuit » et des énergies sonores pondérées associées.

L'évolution des énergies sonores pondérées de nuit est détaillée par tranche horaire dans la figure 20.

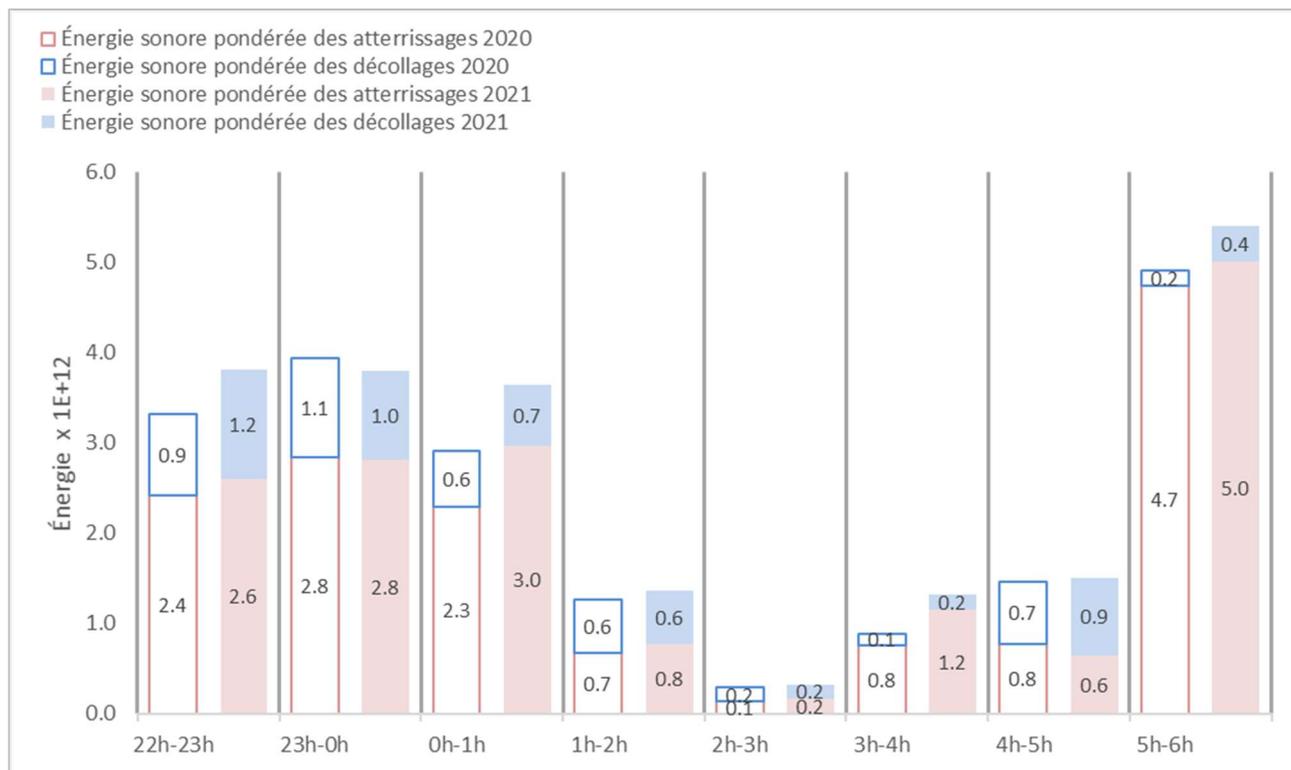


Figure 20 : Évolution de la répartition horaire de l'énergie sonore pondérée de nuit

Le nombre de mouvements de nuit augmente de 15% par rapport à 2020 (37 728 mouvements en 2021 contre 32 628 en 2020).

Le nombre d'atterrissages de nuit augmente de 14,5% par rapport à 2020 (19 341 mouvements en 2021 contre 16 893 en 2020).

Le nombre de décollages de nuit augmente de 17% par rapport à 2020 (18 387 mouvements en 2021 contre 15 735 en 2020).

L'évolution des mouvements de nuit par tranche horaire est illustrée par la figure 21.

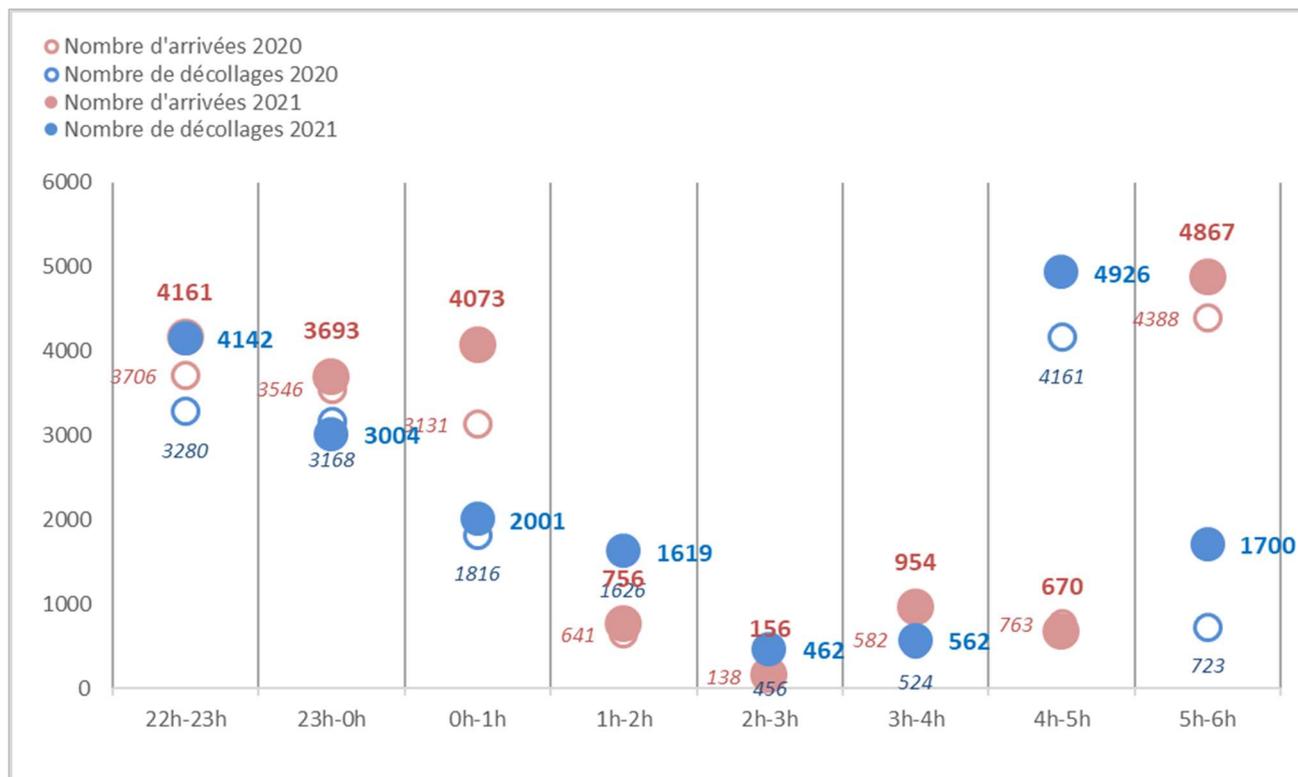


Figure 10 : Évolution de la répartition horaire des mouvements de la période « nuit »

### 5.5. Période « cœur de nuit »

Dans cette section, la période « cœur de nuit » est définie comme la période 0h15-5h15, avec comme référence horaire l'heure de survol de la station de mesure de bruit IGMP concernée.

*Note : Les nombres de mouvements indiqués dans cette section correspondent aux mouvements détectés (données non corrigées du nombre de mouvements officiel).*

Le nombre de mouvements total sur la période cœur de nuit a augmenté de 17% par rapport à 2020. Le nombre d'atterrissages a augmenté de 21% et le nombre de décollages de 14,5%.

Les décollages représentent 62% des mouvements réalisés sur cette période.

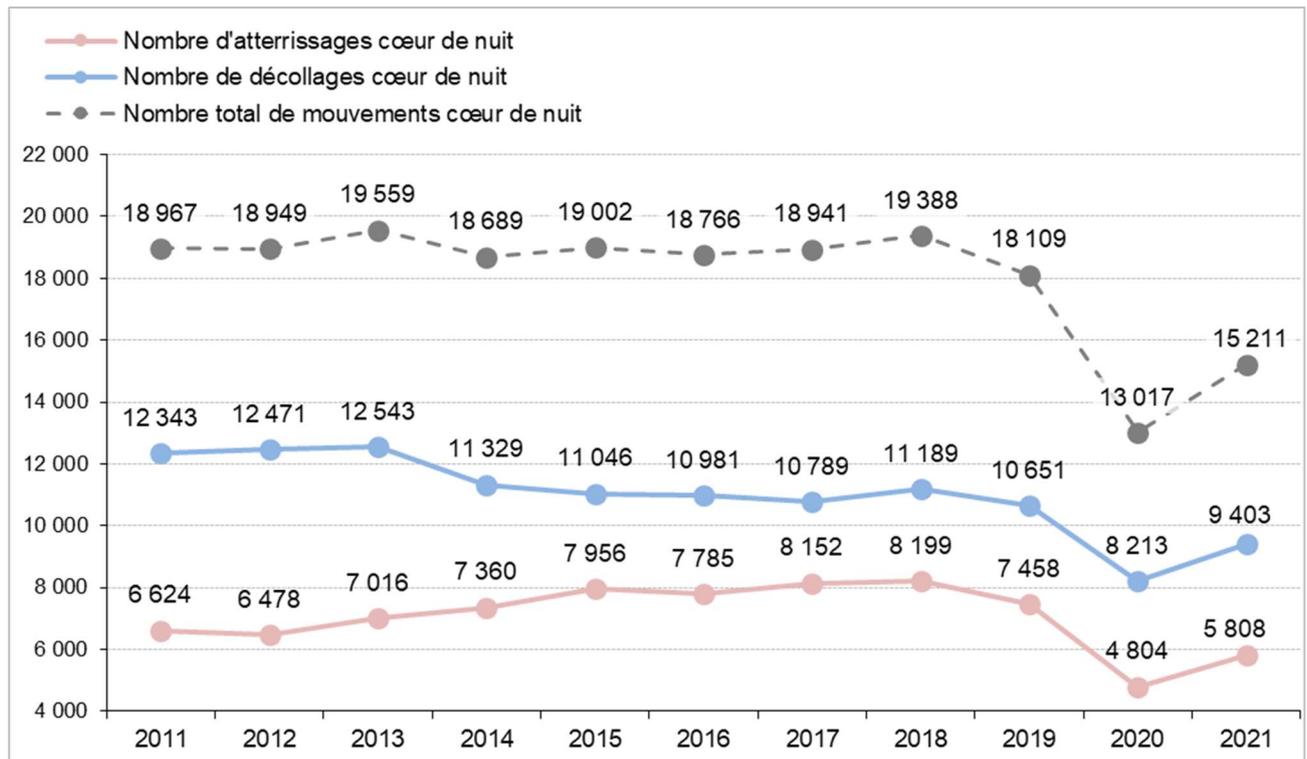


Figure 22 : Évolution du nombre de mouvements sur la période « cœur de nuit »

L'énergie sonore pondérée totale sur cette période augmente de 16% par rapport à 2020 (+17% pour les atterrissages et +13% pour les décollages).

Les atterrissages représentent 70% de l'énergie sonore émise sur cette période.

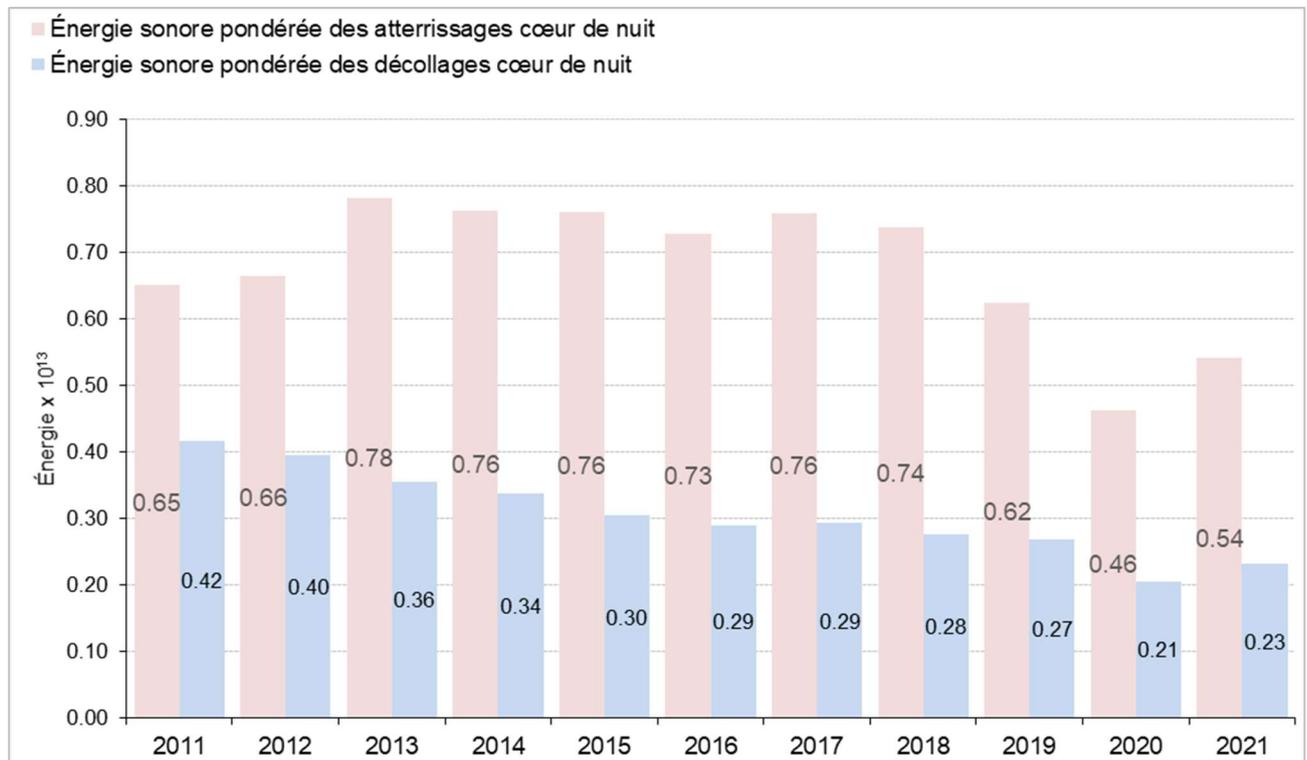


Figure 23 : Évolution des énergies sonores pondérées sur la période « cœur de nuit »

## 5.6. Comparaison nuit / cœur de nuit

Dans cette section, les énergies mentionnées, notées **énergies\***, sont des énergies sonores **non pondérées et moyennes** par mouvement.

L'énergie\* des atterrissages diminue sur les périodes « *nuit* » (-3,6%) et « *cœur de nuit* » (-3,2%) par rapport à 2020.

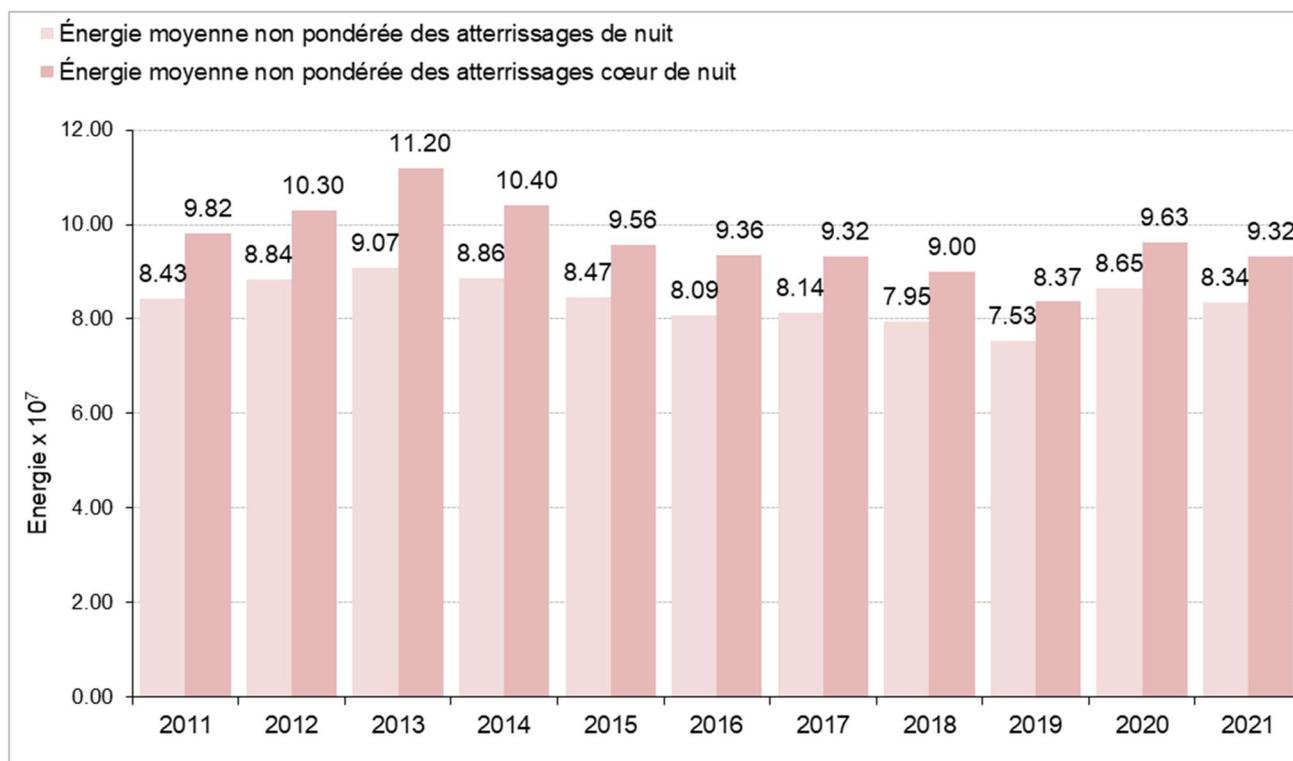


Figure 24 : Évolution de l'énergie sonore moyenne non pondérée des atterrissages sur les périodes « *nuit* » et « *cœur de nuit* »

Les dix ensembles type– moteur– groupe les plus contributeurs à l'énergie sonore des atterrissages de l'année 2021 sur la période « *cœur de nuit* » sont indiqués dans les tableaux suivants. A titre de comparaison les données 2020 sont rappelées.

2020 - atterrissages cœur de nuit						
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A	783	18.5%	80.4
2	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	355	10.5%	81.4
3	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B7F	5A	205	7.1%	82.1
4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535E4	5A	520	6.6%	77.7
5	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A	246	6.0%	80.5
6	Boeing 767-300ERF (GE)	CF6-80C2B6F	5A	219	5.1%	80.4
7	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	207	4.7%	80.2
8	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	5A	85	2.6%	81.4
9	ATR ATR 72-200F Bulk Freighter	PW124B	5A	316	2.5%	75.6
10	B763			109	2.3%	80.0

2021 - atterrissages cœur de nuit						
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A	649	12.6%	80.2
2	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A	466	9.8%	80.6
3	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535E4	5A	801	9.1%	77.9
4	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	326	8.0%	81.3
5	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	4	370	7.5%	80.4
6	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B7F	5A	245	7.1%	82.0
7	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26	5A	309	5.5%	79.9
8	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	220	4.7%	80.6
9	ATR ATR 72-200F Bulk Freighter	PW124B	5A	359	3.3%	76.9
10	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	5A	112	2.9%	81.4

L'énergie\* des décollages diminue sur les périodes « nuit » (-1,6%) et « cœur de nuit » (-1,4%) par rapport à 2020.

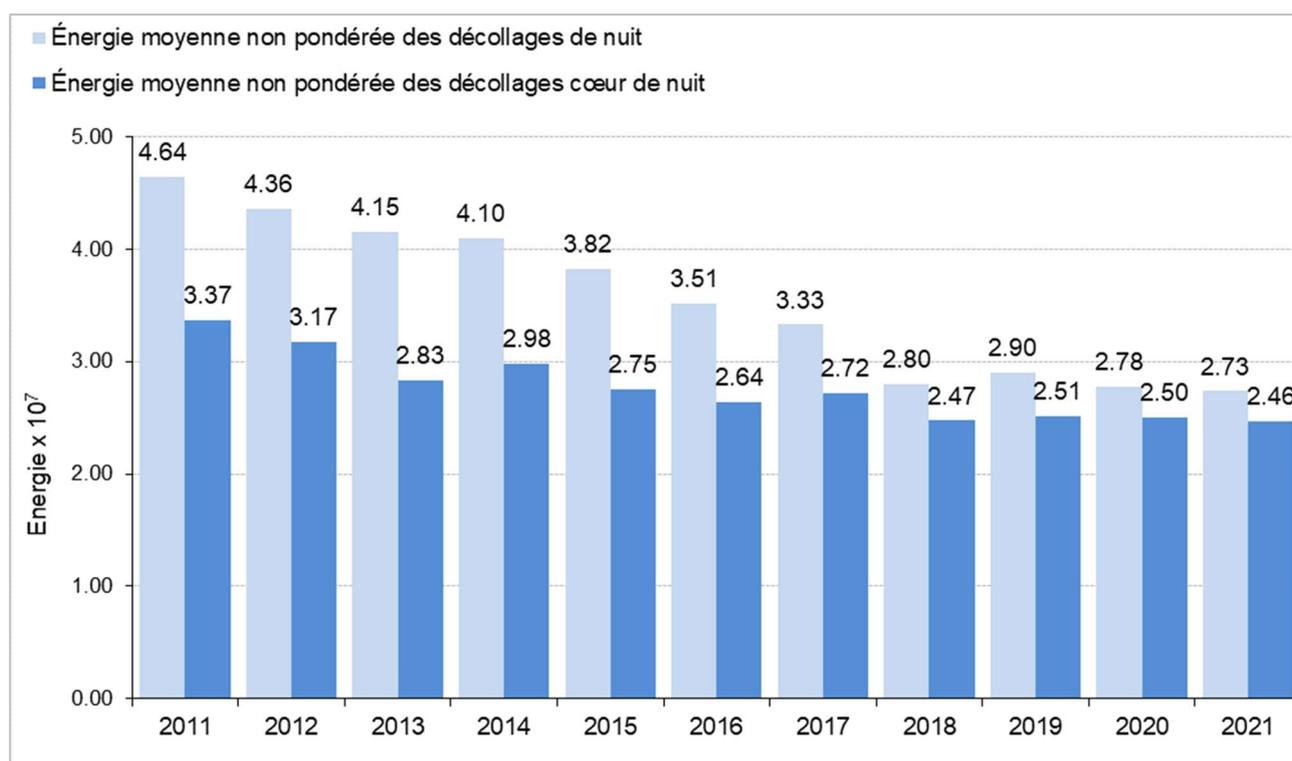


Figure 25 : Évolution de l'énergie sonore moyenne non pondérée des décollages sur les périodes « nuit » et « cœur de nuit »

Les dix ensembles type– moteur– groupe les plus contributeurs à l'énergie sonore des décollages de l'année 2021 sur la période « cœur de nuit » sont indiqués dans les tableaux suivants. A titre de comparaison les données 2020 sont rappelées.

2020 - décollages cœur de nuit						
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A	1638	22.3%	74.5
2	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	967	19.1%	76.1
3	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535E4	5A	1489	9.3%	71.1
4	Boeing 767-300ERF (GE)	CF6-80C2B6F	5A	569	9.2%	75.2
5	Boeing (MDC) MD-11F(M) (GE)	CF6-80C2D1F	4	97	5.1%	80.3
6	Boeing (MDC) MD-11F (GE)	CF6-80C2D1F	4	77	3.5%	79.7
7	Boeing 737-300QC	CFM56-3C1	5A	220	3.4%	75.0
8	ATR ATR 72-200F Bulk Freighter	PW124B	5A	968	2.4%	67.2
9	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	84	2.3%	77.5
10	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4462	4	29	2.1%	81.8

2021 - décollages cœur de nuit						
	type	moteur	groupe	nbre	part énergie	niveau de bruit moyen
1	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A	1 237	24.1%	76.6
2	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A	1 453	17.4%	74.4
3	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A	887	12.9%	75.3
4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535E4	5A	1 599	8.9%	71.1
5	Boeing (MDC) MD-11F(M) (GE)	CF6-80C2D1F	4	108	4.7%	80.0
6	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4462	4	55	4.4%	82.7
7	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	4	396	3.8%	73.5
8	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26	5A	401	3.7%	73.3
9	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A	135	3.2%	77.5
10	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26E	5A	271	2.5%	73.3

## 5.7. Interprétation de l'IGMP 2021

### 5.7.1. Principaux facteurs contributifs à l'évolution de l'IGMP

L'augmentation de l'indicateur est liée à la reprise partielle du trafic aérien en 2021 par rapport à 2020 (+16%). La répartition des mouvements selon la période de la journée a peu évolué et n'affecte donc pas de manière significative l'évolution de l'IGMP entre 2020 et 2021. A noter l'augmentation de la part de mouvements d'avions de marge acoustique supérieure à 13 EPNdB qui a un effet limitant sur l'augmentation de l'indicateur.

### 5.7.2. Sensibilité et incertitude de l'IGMP

L'IGMP est obtenu selon une méthode de calcul complexe définie par le groupe de travail (GT) établi en 2006 entre l'Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA), la Direction générale de l'aviation civile (DGAC), la Mission Bruit de la Direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR) et le Laboratoire de Groupe ADP.

Cette méthode de calcul est fixée et rigoureusement reproduite à l'identique chaque année, suivant la procédure de calcul de l'IGMP.

Les données d'entrée du calcul de l'IGMP sont les suivantes :

- La liste des mouvements détectés avec les niveaux de bruit mesurés,
- La liste des avions de substitutions,
- La liste des droites de régression,
- Le nombre d'atterrissages et de décollages total au niveau de la plateforme.

Ces données d'entrée peuvent mener à 3 causes de variations potentielles de l'indicateur :

- La variation liée à l'utilisation du modèle de régression linéaire, à travers le recours aux droites de régression,
- La variation liée à l'ajustement en nombre de mouvements,
- La variation liée à la mesure.

Alors que l'effet sur l'IGMP de l'utilisation des droites de régression n'est pas significatif, et que celui de l'ajustement en nombre de mouvement est négligeable, on constate que l'indicateur est particulièrement sensible aux niveaux mesurés.

L'évaluation de l'incertitude liée à la mesure sur l'évolution des énergies  $W_{A,n}$  et  $W_{D,n}$ , ainsi que son impact sur l'évolution de l'IGMP, conduisent à une contribution moyenne d'une année à l'autre de l'ordre de 3 points d'indice.

Il faut cependant relativiser ce résultat dans la mesure où :

- L'estimation de la contribution de la dérive fait l'objet de plusieurs surestimations,
- Cette contribution de la dérive est très faible en comparaison de l'incertitude d'une mesure ponctuelle et isolée pour l'IGMP,
- Depuis sa création, la baisse relativement régulière de l'IGMP a confirmé la tendance de son évolution et l'analyse détaillée des résultats a toujours permis d'expliquer ses variations. Malgré la marge d'incertitude qui semble relativement importante en regard de l'évolution constatée de l'IGMP, les résultats donnés par l'indicateur sont cohérents et représentatifs d'une réalité.

# ANNEXES

## **6. ANNEXE 1 – Liste des abréviations**

ACNUSA :	Autorité de Contrôle des NUisanceS Aéroportuaires
ADP :	Aéroports de Paris
DAST :	Direction des Affaires Stratégiques et Techniques de la DGAC (actuelle DTA)
DGAC :	Direction Générale de l'Aviation Civile
DGPR :	Direction Générale de la Prévention des Risques
DPPR :	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (actuelle DGPR)
DTA :	Direction du Transport Aérien de la DGAC
GT :	Groupe de travail
IGMP :	Indicateur Global Mesuré Pondéré
MMD :	Masse Maximale au Décollage
NBA :	Niveaux de Bruit des Aéronefs – Base utilisée par la DTA, qui regroupe les mouvements sur les principaux aéroports français, avec le détail de chaque aéronef associé
OACI :	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
QFU :	Orientation magnétique d'une piste arrondie à la dizaine de degrés
SDD :	Sous-Direction du Développement durable de la DTA
STAC :	Service Technique de l'Aviation Civile
TMG :	Ensemble d'avions ayant les mêmes type-avion, moteur et groupe acoustique

## **7. ANNEXE 2 – Arrêté du 28 janvier 2003**

JORF n°46 du 23 février 2003

Texte n°8

ARRETE

**Arrêté du 28 janvier 2003 instituant un indicateur représentatif de l'énergie sonore engendrée par l'activité aérienne de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle**

NOR: EQUA0201947A

Le ministre de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer,

Vu la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944, ensemble les protocoles qui l'ont modifiée, et notamment le protocole du 24 septembre 1968 concernant le texte authentique trilingue de la convention relative à l'aviation civile internationale ;

Vu le règlement (CEE) n° 2408/92 du Conseil du 23 juillet 1992 concernant l'accès des transporteurs aériens communautaires aux liaisons intracommunautaires, et notamment son article 8, paragraphe 2 ;

Vu le code de l'aviation civile, notamment ses articles L. 227-5 (7°) et R. 221-3 ;

Vu le code de l'environnement, notamment son article L. 571-13 ;

Vu l'avis de la commission consultative de l'environnement de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle en date du 25 novembre 2002 ;

Vu l'avis de l'Autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires en date du 6 décembre 2002,

Arrête :

### **Article 1**

Il est institué, dans les conditions définies ci-après, un indicateur représentatif de l'énergie sonore engendrée par l'activité aérienne de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle :

I. - Au sens du présent arrêté, on désigne par :

- « mouvement », tout décollage ou atterrissage d'un aéronef subsonique ;

- « type d'aéronef », la catégorie d'aéronef dont les principales caractéristiques figurant sur les documents de navigabilité sont homogènes ;

- « distances de référence », 9,2 kilomètres pour le décollage et 5 kilomètres pour l'atterrissage, mesurées à partir des seuils de piste ;

- « niveau de bruit LA<sub>max</sub> », le niveau de bruit équivalent maximal mesuré pendant une seconde exprimé en dB(A) à la décimale près ;

- « niveau de bruit mesuré », le niveau établi à partir du niveau de bruit  $LA_{max}$  mesuré à l'aide d'une station fixe, cette station étant installée dans l'axe de piste à des distances aux seuils de piste proches des distances de référence et ce niveau  $LA_{max}$  étant ramené au niveau d'une mesure équivalente effectuée à la distance de référence correspondant au mouvement considéré ;

- « niveau de bruit le plus fréquemment mesuré », le niveau de bruit établi pour chaque type d'aéronef suivant une méthode statistique basée sur un minimum de 100 valeurs de niveau de bruit mesuré ;

- « niveau de bruit modélisé », le niveau de bruit établi pour chaque type d'aéronef à l'aide d'un modèle de propagation du son sur la base des niveaux de bruit figurant dans les documents de navigabilité du type d'aéronef considéré ;

- « énergie sonore pondérée d'un mouvement d'aéronef », la valeur  $W$  obtenue par la formule  $W = 10^{L/10}$  où la valeur de  $L$  est :

- . celle du niveau de bruit mesuré du mouvement considéré ;
- . en l'absence d'une mesure de bruit valide, celle du niveau de bruit le plus fréquemment mesuré pour le type de l'aéronef considéré ;
- . en l'absence d'une mesure de bruit valide et d'un niveau de bruit le plus fréquemment mesuré, celle du niveau de bruit modélisé pour le type de l'aéronef considéré.

Par ailleurs, la valeur de  $L$  est :

- . augmentée de 5 dB pour les mouvements observés entre 18 heures et 21 h 59, heures locales ;
- . augmentée de 10 dB pour les mouvements observés entre 22 heures et 5 h 59, heures locales ;

- «  $W_{D,n}$  », le cumul des valeurs  $w$  des énergies sonores pondérées des décollages de l'année  $n$  ;

- «  $W_{D,0}$  », le tiers du cumul des valeurs  $w$  des énergies sonores pondérées des décollages des années 1999, 2000 et 2001 ;

- «  $W_{A,n}$  », le cumul des valeurs  $w$  des énergies sonores pondérées des atterrissages de l'année  $n$  ;

- «  $W_{A,0}$  », le tiers du cumul des valeurs  $w$  des énergies sonores pondérées des atterrissages des années 1999, 2000 et 2001.

II. - L'indicateur pour l'année  $n$  est la valeur  $I_n$  définie par la formule :

$$I_n = \frac{1}{2} \left( \frac{W_{A,n}}{W_{A,0}} + \frac{W_{D,n}}{W_{D,0}} \right) \times 100$$

## Article 2

L'indicateur défini à l'article 1er du présent arrêté ne peut dépasser, pour une année civile considérée, la valeur de 100.

## Article 3

Les conditions d'obtention des résultats annuels de l'indicateur défini à l'article 1er du présent

arrêté sont soumises à l'avis de l'Autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires. Cet avis et les résultats obtenus sont communiqués à la commission consultative de l'environnement de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle.

#### **Article 4**

Les conditions de mise en œuvre de l'indicateur défini à l'article 1er du présent arrêté feront l'objet d'une évaluation à l'issue de la première année. Cette évaluation sera communiquée à l'Autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires et présentée à la commission consultative de l'environnement de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle.

#### **Article 5**

Les dispositions du présent arrêté entrent en vigueur à compter du 1er janvier 2003.

#### **Article 6**

Le directeur général de l'aviation civile et le directeur général d'Aéroports de Paris sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 28 janvier 2003.

Gilles de Robien

## **8. ANNEXE 3 – Arrêté du 12 septembre 2008**

### ARRETE

#### **Arrêté du 12 septembre 2008 relatif à la classification acoustique des aéronefs à prendre en compte pour le calcul de la taxe sur les nuisances sonores aériennes**

NOR: DEVA0818513A

Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire,

Vu la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944, ensemble les protocoles qui l'ont modifiée et notamment le protocole du 30 septembre 1977 concernant le texte authentique quadrilingue de la convention relative à l'aviation civile internationale, publié par le décret n° 2007-1027 du 15 juin 2007 ;

Vu le code général des impôts, notamment son article 1609 quater viciés A ;

Vu le code de l'aviation civile, notamment son article R. 133-2 ;

Vu le décret n° 2004-1426 du 23 décembre 2004 pris pour l'application du III de l'article 1609 quater viciés A du code général des impôts relatif au tarif de la taxe sur les nuisances sonores aériennes, modifié par le décret n° 2007-1825 du 24 décembre 2007, Arrête :

#### **Article 1**

Au sens du présent arrêté, on entend par « marge corrigée » d'un aéronef la marge cumulée des niveaux de bruit certifiés de l'aéronef considéré, diminuée de 5 EPNdB pour les quadrimoteurs, de 3 EPNdB pour les trimoteurs, par rapport aux limites admissibles définies dans les chapitres 3 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 à la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944, dont cet aéronef relève.

#### **Article 2**

La répartition des aéronefs dans les groupes acoustiques prévus au II de l'article 1er du décret du 23 décembre 2004 susvisé est la suivante :

Groupe 1 :

— Les aéronefs qui ne sont pas mentionnés dans les groupes acoustiques 2, 3, 4, 5 a et 5 b définis ci-après ;

Groupe 2 :

— Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 3 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée et dont la marge corrigée est inférieure à 5 EPNdB ;

Groupe 3 :

— Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 3, 4 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée et dont la marge corrigée est supérieure ou égale à 5 EPNdB et inférieure à 8 EPNdB ;

Groupe 4 :

— Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 3, 4 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée et dont la marge corrigée est supérieure ou égale à 8 EPNdB et inférieure à 13 EPNdB ;

Groupe 5 a :

— Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 3, 4 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée et dont la marge corrigée est supérieure ou égale à 13 EPNdB ;

Groupe 5 b :

— Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 6, 8, 10 ou 11 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée.

### **Article 3**

L'arrêté du 23 décembre 2004 modifié relatif à la classification acoustique des aéronefs à prendre en compte pour le calcul de la taxe sur les nuisances sonores aériennes est abrogé.

### **Article 4**

Les dispositions du présent arrêté entrent en vigueur le 1er janvier 2009.

### **Article 5**

Le présent arrêté sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 12 septembre 2008.

Pour le ministre et par délégation :  
Le directeur du transport aérien,  
P. Schwach

## **9. ANNEXE 4 – Méthode d'exclusion des valeurs aberrantes**

*Cette méthode d'exclusion est dérivée d'une méthode statistique utilisée en électronique pour éliminer des composants ayant des caractéristiques anormales (méthode Part Average Testing, définie dans le document AEC-Q001 de l'Automotive Electronics Council). Cette méthode s'appuie sur l'application d'une part d'un filtre large aux limites fixes, et d'autre part d'un filtre plus fin aux limites définies par calcul statistique. Dans le cadre de l'IGMP, les limites de chacun des filtres ont été définies sur la base d'analyse et calculs statistiques sur les données de bruit spécifiques à l'indicateur.*

La méthode d'exclusion des valeurs aberrantes actée par le groupe de travail IGMP lors de la réunion du 9 novembre 2011 est basée sur l'application de deux filtres :

- Un premier filtre large, que l'on notera F1, appliqué sur l'ensemble des données,
- Un second filtre, que l'on notera F2, appliqué sur chaque ensemble de données correspondant à un aéronef donné, pour un type de mouvement et une station donnée.

A partir de l'IGMP 2011, cette méthode sera appliquée chaque année en 3 phases :

- Phase 1 – Application de F1 sur la table des données de niveaux de bruit et mouvements de l'année n<sup>1</sup>, extraite de la base ADP IGMP glissant.
- Phase 2 – Application de F2 sur la table des données de niveaux de bruit et mouvements de l'année n, extraite de la base ADP IGMP glissant.
- Phase 3 – Pour le calcul des nouvelles droites de régression, application de F2 sur la base de données de niveaux de bruit et mouvements de référence des années 2005 à n.

La définition de base de données « de référence », est présentée dans la section suivante.

### **Définitions préliminaires**

On désignera sous le nom de « niveau de bruit » le niveau LA<sub>max</sub> mesuré « brut », c'est-à-dire non corrigé de l'effet de distance.

Un niveau exclu sera substitué par le niveau le plus fréquemment mesuré, c'est-à-dire la valeur L<sub>9200</sub> ou L<sub>5000</sub> de la droite de régression propre à l'aéronef ou, à défaut, de celle de l'aéronef de substitution.

Pour les exclusions, les niveaux de bruit de la base de données seront considérés sans les arrondir.

On notera « base de données de référence » la base dans laquelle :

- les LA<sub>max</sub> « hors filtres » sont mis à 0 suite à l'application des phases 1 et 2 de la méthode d'exclusion,

---

<sup>1</sup> Dans ce document on notera année n une année donnée supérieure ou égale à 2011

- et tous les traitements et exclusions « habituelles », c'est-à-dire équivalentes à celles effectués lors des années antérieures à 2011 (notamment : exclusions des bruits parasites, exclusions métrologiques, exclusions multi-vols/multi-événements) ont été effectués par ADP, les LAmix correspondants étant aussi mis à 0 dans la base de données.

C'est cette base de données de référence qui sera fournie au STAC par ADP. L'information sur la nature des exclusions figurera soit dans la base de données dans un champ commentaire (idéalement), ou à défaut dans une base séparée où les mouvements exclus seront bien identifiés.

De plus, les exclusions seront tracées de la façon suivante :

- soit au moyen d'une colonne supplémentaire dans la base de données de référence qui comprendra tous les LAmix « initiaux » (c'est-à-dire avant exclusion), qu'ils soient ou non exclus par la suite,
- soit au moyen d'une base de données supplémentaire, contenant les mêmes informations que la base de référence, mais avec tous les LAmix « initiaux » (avant exclusion) qu'ils soient ou non exclus par la suite. Cette base de données sera aussi fournie au STAC.

### **Synthèse de la méthode d'exclusion**

Le tableau suivant présente la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes dans les grandes lignes, chaque étape étant décrite en détails dans la suite du document.

Phase	Filtre	Données concernées	Groupe de données	Centre du filtre	Bornes du filtre	Traitement niveaux hors filtre dans la base de données
Phase 1	F1	Données de l'année n base IGMP glissant	Toutes données	/	55 dB 105 dB	Mis à 0 (valeur substituée)
Phase 2	F2	Données de l'année n base IGMP glissant	Groupe par : • TMG • station • type de mvt	Médiane	Médiane - 9dB Médiane + 9dB	Mis à 0 (valeur substituée)
Phase 3	F2	Données de référence de l'année 2005 à n	Groupe par : • TMG • station • type de mvt	Médiane	Médiane - 9dB Médiane + 9dB	Non pris en compte pour calcul de DR mais conservé dans la base

Avec :

- TMG : Type avion, Moteur, Groupe acoustique
- DR : Droite de Régression

### **Phase 1**

La première phase consiste en l'application du filtre F1 sur les données ADP IGMP glissant, avec exclusion :

- Des niveaux <55 dB
- Des niveaux >105 dB

Les niveaux «  $N$  » tels que  $55 \text{ dB} \leq N \leq 105 \text{ dB}$  sont conservés.

Concrètement, après application de F1 les LAm<sub>ax</sub> exclus sont mis à 0 dans la base de données des niveaux de bruit et des mouvements. Ils seront ensuite substitués par le niveau le plus fréquemment mesuré. Une trace des LAm<sub>ax</sub> avant exclusion sera systématiquement conservée (voir section : Définitions préliminaires).

### **Phases 2 et 3**

Les deuxième et troisième phases de la méthode d'exclusion sont basées sur l'application du filtre F2, qui sera appliqué sur chaque ensemble de données de l'année  $n$  correspondant à la fois au même :

- type avion,
- moteur,
- groupe acoustique,
- type de mouvement (décollage ou atterrissage),
- station.

Dans cette section on nommera « ensemble » un tel groupe de données.

#### **➤ Conditions d'application de F2**

Le filtre F2 ne sera appliqué que sur les ensembles qui dénombrent au moins 3 mouvements.

En particulier, les données suivantes ne sont pas prises en compte pour l'application du filtre F2 :

- Les ensembles de 1 ou 2 mouvements,
- Les données référencées par leur type court uniquement.

#### **➤ Définition du filtre F2**

Le filtre F2 sera centré sur la médiane de l'ensemble, et aura comme bornes :

- B1 = médiane – 9dB
- B2 = médiane + 9dB

#### **➤ Traitement des niveaux hors filtre**

Les niveaux  $N$  « hors filtre », c'est-à-dire tels que :

- $N < B1$

- ou  $N > B2$

Sont considérés comme aberrants et sont exclus de certaines étapes de calcul, comme détaillé ci-après.

Les niveaux  $N$  tels que  $B1 \leq N \leq B2$  sont conservés.

- *Traitement des niveaux hors filtre pour la phase 2*

(Phase 2 = Application du filtre sur la table des données de niveaux de bruit et mouvements de l'année  $n$ ).

Les niveaux hors filtre sont exclus au sens du calcul de l'IGMP et du calcul des droites de régression. Cela signifie qu'ils sont substitués par le niveau le plus fréquemment mesuré lors du calcul de l'IGMP et qu'ils ne sont pas pris en compte dans le calcul des droites de régression.

Concrètement, après application du filtre F2 pour la phase 2, les  $L_{Amax}$  exclus sont mis à 0 dans la base de données des niveaux de bruit et des mouvements. Une trace des  $L_{Amax}$  avant exclusion sera systématiquement conservée (voir section : Définitions préliminaires).

- *Traitement des niveaux hors filtre pour la phase 3*

(Phase 3 = Application du deuxième filtre sur la base de données de niveaux de bruit et mouvements de référence des années 2005 à  $n$ ). Ce traitement ne s'applique qu'au calcul de nouvelles droites (à l'année  $n$ ).

Les niveaux hors filtre sont exclus au sens du calcul des droites de régression. Cela signifie qu'ils ne sont pas pris en compte pour le calcul des nouvelles droites de régression.

Par contre, ces niveaux hors filtre ne doivent pas être mis à 0 dans la base des mouvements de référence de l'IGMP. La non prise en compte des valeurs hors filtre doit seulement être effective pour le calcul des nouvelles droites de régression de l'année  $n$ . Les mouvements non pris en compte doivent être identifiés et tracés.

## 10. ANNEXE 5 – Nouvelles droites de régression 2021

(Corrections des niveaux par rapport à la distance réelle et niveaux de bruit les plus fréquemment utilisés)

### 1. À L'ATERRISSAGE

Famille d'aéronefs				L <sub>Amax</sub> à la distance de référence 5000m (dB)	Corrections apportées au niveau mesuré à la station (en dB)								
Type	Moteur	Groupe acoustique	MMD moyenne (t)		E1	E2	E3	E4	W1	W2	W3	W4b	Att dB/100m
A220-100 (CS100)	PW1524G	5A		74.21	0.76	0.11	0.07	-0.12	0.14	0.52	-0.11	0.20	-0.040
A220-300 (CS300)	PW1524G-3	5A		74.36	3.45	0.49	0.31	-0.52	0.62	2.36	-0.48	0.91	-0.182
Airbus A321-230 (IAE)	2X V2533-A5SELECTONE	4		76.48	3.29	0.47	0.29	-0.50	0.59	2.25	-0.46	0.87	-0.174
Airbus A321-251N ACF (CFM)(neo)	LEAP-1A32	5A		75.75	3.31	0.47	0.30	-0.50	0.59	2.26	-0.46	0.87	-0.175
Airbus A321-271N ACF (P&W)(neo)	PW1133G-JM	5A		77.67	4.60	0.65	0.41	-0.70	0.82	3.15	-0.64	1.22	-0.243
Airbus A330-302E (GE)	CF6-80E1A4B	5A		80.30	7.38	1.05	0.66	-1.12	1.32	5.05	-1.03	1.95	-0.390
Airbus A330-303E (GE)	CF6-80E1A3	5A		79.84	5.43	0.77	0.49	-0.83	0.97	3.72	-0.76	1.44	-0.287
Airbus A330-320 (P&W)(SCD)	PW4168	5A		80.21	4.93	0.70	0.44	-0.75	0.88	3.37	-0.69	1.30	-0.261
Airbus A330-940 neo (RR)	TRENT 7000-72	4		78.69	4.15	0.59	0.37	-0.63	0.74	2.84	-0.58	1.10	-0.219
Airbus A330-940 neo (RR)	TRENT 7000-72	5A		78.82	5.07	0.72	0.45	-0.77	0.91	3.47	-0.71	1.34	-0.268
Airbus A350-1000 (RR)	TRENT XWB-97	5A		78.87	4.66	0.66	0.42	-0.71	0.83	3.19	-0.65	1.23	-0.246
Airbus A380-840 (RR)	TRENT 972-84EP3	5A		82.09	2.81	0.40	0.25	-0.43	0.50	1.92	-0.39	0.74	-0.148
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24/3	5A		76.83	4.98	0.71	0.44	-0.76	0.89	3.41	-0.69	1.32	-0.263
Boeing 757-200SF Winglets (RR)	RB211-535E4B	5A		78.00	4.79	0.68	0.43	-0.73	0.86	3.28	-0.67	1.27	-0.253
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4052	5A		80.57	2.10	0.30	0.19	-0.32	0.37	1.44	-0.29	0.55	-0.111
Boeing 787-10 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A		78.73	2.81	0.40	0.25	-0.43	0.50	1.92	-0.39	0.74	-0.149
Boeing 787-10 (GE)	GENX-1B76 PIP II	5A		78.19	4.85	0.69	0.43	-0.74	0.87	3.32	-0.68	1.28	-0.256
Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B76A PIP II	5A		77.86	3.87	0.55	0.35	-0.59	0.69	2.65	-0.54	1.02	-0.204

## 2. AU DÉCOLLAGE

Famille d'aéronefs				L <sub>Amax</sub> à la distance de référence 9200m (dB)	Corrections apportées au niveau mesuré à la station (en dB)				
Type	Moteur	Groupe acoustique	MMD moyenne (t)		E1	E2	W1	W2	Atténuation dB/100m
Airbus A321-251N ACF (CFM)(neo)	LEAP-1A32	5A		68.48	0.56	-1.75	-0.81	0.59	-0.144
Airbus A321-271N ACF (P&W)(neo)	PW1133G-JM	5A		73.58	0.37	-1.14	-0.53	0.38	-0.094
Airbus A330-302E (GE)	CF6-80E1A4B	5A		78.16	0.37	-1.14	-0.53	0.38	-0.094
Airbus A330-940 neo (RR)	TRENT 7000-72	5A		72.34	0.49	-1.52	-0.70	0.51	-0.125
Airbus A350-1000 (RR)	TRENT XWB-97	5A		71.40	0.47	-1.47	-0.68	0.49	-0.121
Airbus A380-840 (RR)	TRENT 972-84EP3	5A		78.82	0.18	-0.57	-0.26	0.19	-0.047
ATR ATR 72-600	PW127M	5A		67.89	0.26	-0.82	-0.38	0.28	-0.068
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24/3	5A		72.92	0.44	-1.36	-0.63	0.46	-0.111
Boeing 757-200SF Winglets (RR)	RB211-535E4B	5A		70.78	0.21	-0.66	-0.31	0.22	-0.055
Boeing 787-10 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A		73.74	0.37	-1.16	-0.53	0.39	-0.095
Boeing 787-10 (GE)	GENX-1B76 PIP II	5A		74.65	0.51	-1.58	-0.73	0.53	-0.130
Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B76A PIP II	5A		74.81	0.49	-1.51	-0.70	0.51	-0.124

## 11. ANNEXE 6 – Substitutions

### 1. SUBSTITUTIONS TYPE COMPLET 2021

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
A220-300 (CS300)	PW1524G-3	4	2	A220-300 (CS300)	PW1524G-3	5A
Airbus A300-600RF (M) (GE)	CF6-80C2A5	5A	32	Airbus A300-600RF (M) (GE)	CF6-80C2A5	4
Airbus A310-300F (GE)	CF6-80C2A8	4	26	Airbus A310-300F (GE)	CF6-80C2A2	4
Airbus A319 ACJ (CFM)	CFM56-5B7/P	5A	6	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B7/P	5A
Airbus A320 ACJ neo (CFM)	LEAP-1A29CJ	5A	2	Airbus A320-251 neo (CFM)	LEAP-1A26	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	4	64	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3 PIP	5A
Airbus A320-251 neo (CFM)	LEAP-1A26	4	47	Airbus A320-251 neo (CFM)	LEAP-1A26	5A
Airbus A321-130 (IAE)	2X V2530-A5	5A	72	Airbus A321-130 (IAE)	V2530-A5	5A
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B2/P	4	14	Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/P	4
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B2/P	5A	6	Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/P	5A
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B3/3 PIP	3	10	Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B3/3 PIP	4
Airbus A321-230 (IAE)	2X V2533-A5SELECTONE	4	69	Airbus A321-230 (IAE)	2X V2533-A5SELECTONE	5A
Airbus A321-251N ACF (CFM)(neo)	LEAP-1A32	4	20	Airbus A321-251N ACF (CFM)(neo)	LEAP-1A32	5A
Airbus A330-202E (GE)	CF6-80E1A4B	4	101	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A
Airbus A330-202E (GE)	CF6-80E1A4B	5A	236	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A
Airbus A330-320 (P&W)(SCD)	PW4168	5A	220	Airbus A330-320 (P&W)	PW4168	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Airbus A330-840 neo (RR)	TRENT 7000-72	5A	44	Airbus A330-343E (GE)	Trent 772B-60EP	5A
Airbus A330-940 neo (RR)	TRENT 7000-72	4	641	Airbus A330-940 neo (RR)	TRENT 7000-72	5A
Airbus A340-210 ACJ (CFM)	CFM56-5C2	5A	2	Airbus A340-210 (CFM)	CFM56-5C2G	5A
Airbus A340-210 ACJ (CFM)	CFM56-5C3/F	5A	2	Airbus A340-210 (CFM)	CFM56-5C2G	5A
Airbus A340-540 ACJ (RR)	TRENT 553-61	5A	6	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A340-640 ACJ (RR)	Trent 556A2-61	5A	5	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A400M	APA TP400-D6	3	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
ATR ATR 72-600	PW127M	5A	343	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
BAe 146-300QT	4X ALF502 R-5	5A	6	BAe 146-300QT	ALF502R-5	5A
BAe ATP Freighter (LFD)	PW126A	5A	10	BAe ATP Bulk Freighter	PW126A	5A
Beechcraft Premier 1A	FJ-44-2A	5A	4	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
BOEING (DOUGLAS) DC-8-50	JT3D3B	2	4	B747-200	CF6-50E2	2
BOEING (DOUGLAS) DC-8-50	JT3D3B	4	6	B747-200	CF6-50E2	2
BOEING (DOUGLAS) DC-8-71CF	CFM562C	4	4	B747-400	CF6-80C2B1F	4
Boeing 737 BBJ1	CFM56-7B27/B3	4	1	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737 Max 8	LEAP-1B25	5A	213	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737 Max 8	LEAP-1B27	5A	22	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737 Max 8	LEAP-1B28	5A	194	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-400SF	CFM56-3B2	4	14	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	4
Boeing 737-400SF	CFM56-3B2	5A	130	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	3	32	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	4
Boeing 737-500	CFM56-3B2	4	34	Boeing 737-500	CFM56-3B1	4
Boeing 737-500	CFM56-3B2	5A	59	Boeing 737-500	CFM56-3B1	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22/3	4	4	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22/3	5A
Boeing 737-700C Winglets	CFM56-7B26E	4	60	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700C Winglets	CFM56-7B26E	5A	51	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B27/B1	5A	29	Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26/3	5A
Boeing 737-900 Winglets	CFM56-7B26	4	88	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	5A	6	Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	4
Boeing 747-200SF (RR)	RB211-524D4	2	61	B747-400	RB211-524G/H	5
Boeing 747-400ERF (GE)	CF6-80C2B5F	5A	1	Boeing 747-400ERF (GE)	CF6-80C2B5F	3
Boeing 747-400ERF (P&W)	PW4062A	4	123	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400F (P&W)	PW4056	2	2	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400F (P&W)	PW4056	4	12	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400SF (GE)	CF6-80C2B1F	3	14	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
Boeing 747-400SF (GE)	CF6-80C2B1F	4	10	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
Boeing 757-200SF (P&W)	PW2037	2	44	Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	5A
Boeing 757-200SF (P&W)	PW2037	5A	469	Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	5A
Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535C	5A	279	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535C	4
Boeing 767-200 MMTT (P&W)	PW4062	5A	2	Boeing 767-200ER (P&W)	PW4056	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 767-200ER (GE)	CF6-80C2B6F	5A	3	Boeing 767-200ER (GE)	CF6-80C2B4	5A
Boeing 767-300ER BCF (P&W)	PW4060	5A	30	Boeing 767-300ER (P&W)	PW4060	5A
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4052	5A	118	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	5A	1	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70/75 PIP II	5A	32	Boeing 787-8 (GE)	GENX 1B70/75 PIP II	5A
Boeing 787-8 (RR)	TRENT 1000-67 B (G/01A)	5A	406	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B67 PIP II	5A
Boeing 787-8 (RR)	TRENT 1000-67 TEN (G3)	5A	190	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B67 PIP II	5A
Boeing 787-8 (RR)	TRENT 1000-70/74 C (D2)	5A	421	Boeing 787-8 (GE)	GENX 1B70/75 PIP II	5A
Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-74/76 TEN (K3)	5A	2	Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-74 TEN (J3)	5A
Bombardier (Canadair) Challenger 850	CF34-3B1	5A	28	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ1000ER NextGen	CF34-8C5A1	5A	22	Bombardier (Canadair) CRJ1000EL NextGen	CF34-8C5A1	5A
Bombardier Global 7000	PASSPORT 20-18BB1A	5A	17	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Bombardier Global Express 6000	BR710A2-20	5A	21	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Bombardier Global Express 6000	BR710A2-20	5B	1	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Canadair Challenger 605	CF34-3B	5A	24	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Canadair Continental	HTF7000	5A	8	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Caravan II	PT6A-112	5B	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
CASA C-295MPA	PW127G	4	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
CASA/IPTN CN-235-200	CT7-9C	5A	4	ATR ATR 72-200	PW124B	5A
Cessna 525A CitationJet 2+	FJ-44-3A-24	5A	5	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525B Citationjet 3	FJ-44-3A	5A	10	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525C Citationjet 4	FJ-44-4A	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 550 Citation Bravo	PW530A	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 650 Citation III	TFE731-3B-100S	4	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 650 Citation III	TFE731-3B-100S	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 680A Citation Latitude	PW306D	5A	19	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 750 Citation X (Winglets)	AE 3007 C1	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation Encore+ (C560)	PW535B	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation Mustang	PW615F	5A	14	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation XLS+	PW545C	5A	52	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Challenger 350	HTF7350	5A	27	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 EX EASy	PW308C	5A	11	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 50	TFE731-3-1C	2	6	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 7X	PW307A	4	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Dassault Falcon 7X	PW307A	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 8X	PW307D	5A	6	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Embraer 190 E2	PW1919G	5A	174	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A
Embraer 195LR	CF34-10E5A1	4	40	Embraer 195LR	CF34-10E5A1	5A
Embraer EMB-121A Xingu	PT6A-28	5B	2	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
Embraer ERJ-135 Legacy 600	AE 3007 A1E	5A	7	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135 Legacy 650E	AE 3007 A2	5A	10	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135ER	AE 3007 A1/3	5A	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135LR	AE 3007 A1/3	5A	4	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-145LR	AE 3007 A1/1	5A	2	Embraer ERJ-145LU	AE 3007 A1	5A
Embraer Legacy 500	HTF7500E	5A	4	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer Phenom 100	PW617F-E	5A	6	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer Phenom 300	PW535E	5A	38	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Extra 500	HTF7500E	5A	2	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
Fairchild/Dornier 328	PW119C	5A	5	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
Fairchild/Dornier 328Jet	PW306B	5A	2	FOKKER70	TAY MK620-15	5
Fokker 100	2X TAY MK 650-15	5A	10	Fokker 100	RB183 TAY MK 650-15	5A
Fokker 50 Freighter (LCD)	PW125B	5A	40	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
Gulfstream 280	HTF7250G	5A	2	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Gulfstream G450	2X TAY MK 611-8C	5A	6	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream G550	BR710C4-11	5A	11	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream G650ER	BR725	5A	7	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Harbin ERJ-145LI	AE 3007 A1	5A	23	Embraer ERJ-145LU	AE 3007 A1	5A
Hawker 125 Srs.900XP	TFE731-50R	5A	7	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Hawker 4000	PW308A	5A	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
HondaJet Ha-420	HONDA HF-120	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
IAI Gulfstream G150	TFE731-40AR-200G	5A	6	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
IAI Gulfstream G200	PW306A	5A	2	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Il	PT6A-66B	5B	4	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Ilyushin Il-96-400VPU	PS-90 A2	2	1	B747-200	CF6-50E2	2
King Air B200	PT6A-42	5B	30	Embraer EMB-120FC Brasilia	PW118	5A
Learjet 45	TFE731-20	5A	5	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 60XR	PW305A	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 75	TFE731-40BR	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Lockheed C-130H Hercules	T56A-15	2	18	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
NG	PT6A-67P	5B	26	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
PC-24	FJ-44-4A	5A	4	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
PILATUS PC-12/45 WINGLETS	PT6E67XP	5B	3	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Saab 340B	CT7-9B	5A	8	Saab 2000	AE2100-A	5A
Sukhoi Superjet 100-95B	SAM-146 1S17	5A	28	Embraer 175ST	CF34-8E5	4
TBM 700	PT6A-64	5B	2	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
Tupolev Tu-204-300 (Tu-234)	PS-90 A	3	2	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535C	4
VULCANAIR (PARTENAVIA) P68 SPARTACUS	IO360A1B	5B	2	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B

## 2. SUBSTITUTIONS TYPE COURT 2021

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
A20N	7	Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	5A
A21N	30	Airbus A321-271N ACF (P&W)(neo)	PW1133G-JM	4
A306	2	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	4
A310	10	Airbus A310-320F (P&W)	PW4152	4
A318	45	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A
A319	73	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/3	5A
A320	172	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A
A321	27	Airbus A321-230 (IAE)	V2530-A5	5A
A332	75	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4
A333	11	Airbus A330-320 (P&W)	PW4168A	5A
A339	11	Airbus A330-340 (RR)	TRENT 772B-60	5A
A343	1	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C2F	5A
A346	1	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
A359	39	Airbus A350-900 (RR)	TRENT XWB-84	5A
A35K	2	Airbus A350-900 (RR)	TRENT XWB-84	5A
A388	1	Airbus A380-860 (EA)	GP7270	5A
AT43	6	ATR ATR 42-300	PW120	5A
AT45	3	ATR ATR 42-500	PW127E	5A
AT72	21	ATR ATR 72-500	PW127F	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
AT75	15	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
AT76	1	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
ATLA	3	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
B190	1	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
B350	2	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
B38M	3	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24	5A
B733	12	Boeing 737-300	CFM56-3C1	5A
B734	78	Boeing 737-400	CFM56-3C1	5A
B735	3	Boeing 737-500	CFM56-3C1	4
B737	16	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
B738	137	Boeing 737-800	CFM56-7B26	5A
B739	1	Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	4
B742	1	B747-400	RB211-524G/H	5
B744	18	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	5A
B748	6	Boeing 747-8F (GE)	GENX-2B67B	5A
B752	46	Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	4
B762	1	Boeing 767-200ER (GE)	CF6-80C2B2	5A
B763	59	Boeing 767-300ER (P&W)	PW4062	4
B772	51	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A
B77L	75	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A
B77W	160	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115B	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
B788	15	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP II	5A
B789	66	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A
B78X	4	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A
BCS3	15	A220-300 (CS300)	PW1521G	5A
BE20	10	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
BN2P	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C130	4	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C182	7	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
C208	1	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
C25A	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C25B	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C27J	4	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C30J	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C56X	13	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C650	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C680	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C68A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CL30	1	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
CL35	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CL60	7	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CN35	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
CRJ9	1	Bombardier (Canadair) CRJ900LR	CF34-8C5	5A
CRJX	1	Bombardier (Canadair) CRJ900LR	CF34-8C5	5A
D328	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
DH8D	3	Bombardier (DHC) Dash 8-400	PW150A	5A
E135	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E145	20	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1/1	5A
E170	35	Embraer 170ST	CF34-8E5	5A
E190	51	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
E195	2	Embraer 195LR	CF34-10E5	5A
E2	2	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A
E35L	7	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E3CF	6	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
E50P	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E55P	4	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
F100	2	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
F2TH	5	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
F406	2	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
F50	4	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
FA10	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
FA50	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
FA8X	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
GL5T	6	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GL7T	3	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLEX	4	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLF5	3	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLF6	3	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
H25B	3	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
IL96	1	B747-200	CF6-50E2	2
LJ45	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
M600	56	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
MD11	23	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4460	4
P46T	1	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
PA31	1	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B
PC12	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
PC24	1	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
S22T	7	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
SF34	2	Saab 2000	AE2100-A	5A
SR20	7	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
SR22	18	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
TBM7	2	Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B

## 12. ANNEXE 7 – Calcul des droites de régression

Les mesures effectuées sur site ne sont pas directement comparables, du fait de :

- l'impossibilité physique d'implanter les stations à une distance rigoureusement identique par rapport aux seuils de piste ;
- l'inégalité des longueurs des pistes.

De ce fait, conformément à l'arrêté, le niveau de bruit L<sub>Amax</sub> mesuré doit être ramené au niveau d'une mesure équivalente qui serait effectuée à la distance de référence correspondant au mouvement considéré, de façon à déterminer le « niveau de bruit mesuré ». Pour ce faire, une méthode statistique de correction de distance, s'appuyant sur le calcul de « droites de régression », a été établie par le groupe de travail qui s'est réuni en 2006 rassemblant l'ACNUSA, la DGAC, la DGPR et ADP.

### 1) Principe des droites de régression :

Le principe des droites de régression repose sur le fait que le bruit à la source émis par un avion à proximité de l'aéroport n'est pas constant : en approche par exemple, la vitesse de l'avion diminue et entraîne la diminution du bruit aérodynamique. Par conséquent, la loi d'évolution du bruit en fonction de la distance entre l'avion et le sol composée d'un terme d'atténuation géométrique en  $\log(D/D_0)$  et d'un terme d'absorption atmosphérique, qui est valable pour un bruit à la source constant, ne peut pas être appliqué afin de ramener le bruit d'un avion mesuré à la station IGMP à un bruit qui serait mesuré à la distance de référence.

Le groupe de travail a donc retenu une méthode de correction en distance basée sur une régression linéaire calculée à partir de mesures aux différentes stations IGMP. Cette méthode est justifiée par le fait que les stations de mesure de bruit IGMP sont situées au voisinage immédiat des distances de référence.

### 2) Calcul des droites de régression :

Les droites de régression sont établies pour chaque ensemble « type avion – motorisation – groupe acoustique » et par type de mouvement (décollage ou atterrissage) suivant la méthode ci-dessous :

Pour chacune des stations utilisées pour le sens considéré (atterrissage ou décollage), les moyennes énergétiques des mesures enregistrées sont calculées par type avion - motorisation – groupe acoustique. On dispose dès lors, pour chaque ensemble « type avion – motorisation – groupe acoustique », de  $n$  moyennes des bruits mesurés (une par station), correspondant à chacune des distances différentes des stations de mesure par rapport aux seuils de piste.

A partir de ces moyennes, est déduite par régression linéaire une droite, **appelée droite de régression (DR)**.

Une droite de régression ne peut être créée que si l'on dispose d'un nombre minimum de mesures : une droite est établie pour un type-moteur-groupe et sens de mouvement donnés lors de la première année pour laquelle on dispose au moins 25 mesures par station sur au moins 4 stations (au fil des années, la base des mesures par station s'enrichit).

Lorsqu'une droite de régression est calculée pour l'année  $n$ , elle est reprise à l'identique pour les années suivantes.

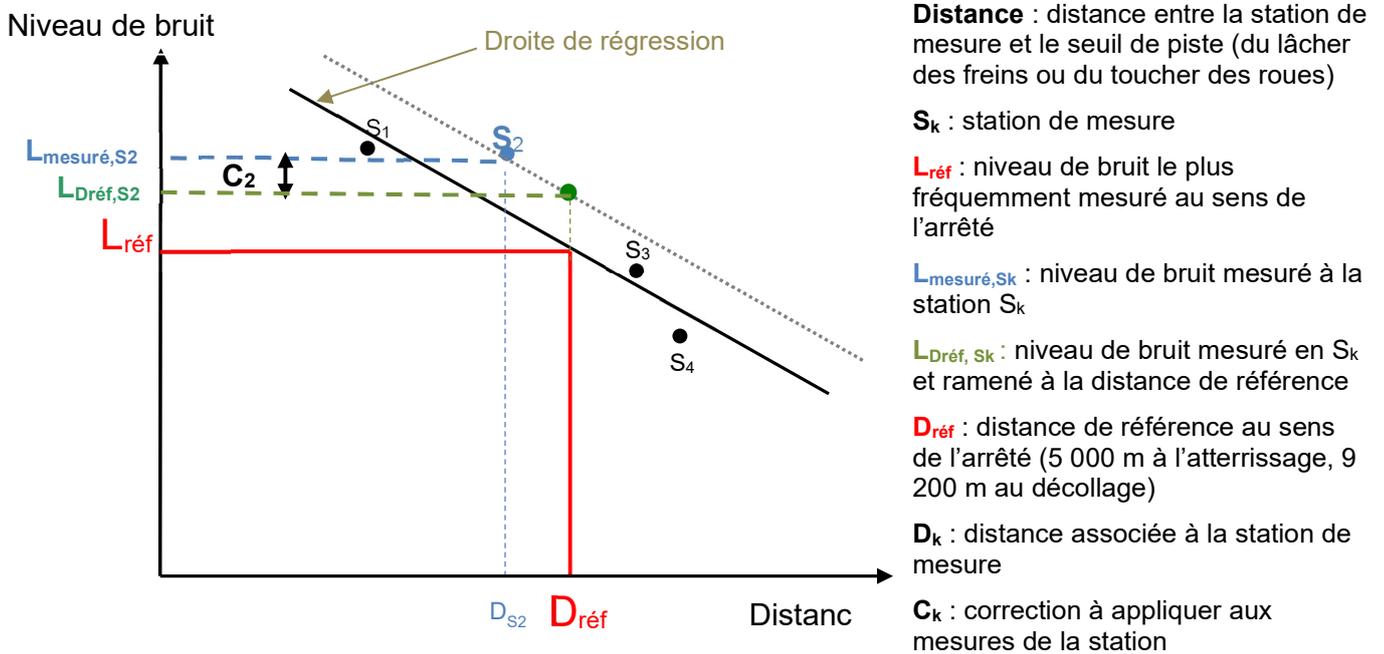
### 3) Niveau de bruit ramené à la distance de référence à l'aide de la droite de régression :

Pour les avions dont on dispose d'une mesure de bruit, le niveau de bruit mesuré à la station IGMP est corrigé en distance à l'aide de la pente de la droite de régression, afin de le ramener au niveau qui serait mesuré à la distance de référence.

On a alors :  $L_{Dréf} = L_{mesuré} + \text{Pente}_{DR} * (\text{Distance}_{réf} - \text{Distance}_{station})$

Cette correction est illustrée sur le schéma ci-dessous pour la station S2.

Pour les avions dont on ne dispose pas d'une mesure de bruit, le niveau considéré pour le calcul de l'IGMP est le niveau lu sur la droite de régression pour la distance de référence ( $L_{réf}$ ), aussi appelé « niveau de bruit le plus fréquemment mesuré ».



#### 4) Exemple :

Le graphique suivant permet de déterminer pour l'Airbus 319 avec des réacteurs CFM56-5B6/2P à l'atterrissage le niveau le plus fréquemment mesuré pour la distance de référence :  $L_{\text{réf}} = 80,02$  dB(A).

